

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS I.A.S.A.**

REACCION FENOLOGICA Y AGRONOMICA DE DOS  
CULTIVARES DE ZANAHORIA (*Daucus carota*) A LA  
INOCULACION DE CEPAS DE MICORRIZA EN CAMPO

**Previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario**

.....

**Elaborado por: CARLOS ANDRES CARRANZA DURAN**

**Sangolquí – Ecuador**

**2006**

**REACCION FENOLOGICA Y AGRONOMICA DE DOS CULTIVARES DE  
ZANAHORIA (*Daucus carota*) A LA INOCULACION DE CEPAS DE  
MICORRIZA EN CAMPO**

**CARLOS ANDRES CARRANZA DURAN**

**CRNL. ING. RONALD RUNRUIL  
DECANO**

**Ing. MSc. Marco Barahona  
DIRECTOR DE INVESTIGACION**

**Ing. MSc. Emilio Basantes  
CODIRECTOR DE INVESTIGACION**

**Ing. MSc. Gabriel Suarez  
BIOMETRISTA**

**CERTIFICO QUE ESTE TRABAJO FUE PRESENTADO EN ORIGINAL  
(ELECTROMAGNETICAMENTE) E IMPRESO EN DOS EJEMPLARES.**

**Dr. Marco Peñaherrera  
SECRETARIO ACADEMICO**

**REACCION FENOLOGICA Y AGRONOMICA DE DOS CULTIVARES DE  
ZANAHORIA (*Daucus carota*) A LA INOCULACION DE CEPAS DE  
MICORRIZA EN CAMPO**

**CARLOS ANDRES CARRANZA DURAN**

**CALIFICACION**

**FECHA**

**Ing. MSc. Marco Barahona  
DIRECTOR DE INVESTIGACION**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Ing. MSc. Emilio Basantes  
CODIRECTOR DE INVESTIGACION**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**CERTIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADOS EN  
ESTA SECRETARIA ACADEMICA.**

**Dr. Marco Peñaherrera  
SECRETARIO ACADEMICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
I.A.S.A.**

**REACCION FENOLOGICA Y AGRONOMICA DE DOS CULTIVARES DE  
ZANAHORIA (*Daucus carota*) A LA INOCULACION DE CEPAS DE  
MICORRIZA EN CAMPO**

2006

## RESUMEN

El constante deterioro del medio ambiente y la falta de recursos como el agua en distintas zonas nos obligan a buscar nuevas tecnologías que puedan evitar el rompimiento del equilibrio que existe en el planeta, es por esto que se encuentra en los microorganismos una alternativa tecnológica que permita incrementar la producción sin la necesidad de recurrir a la agricultura tradicional en donde el uso de agroquímicos pueden causar daños en la salud de las personas y la destrucción de zonas aptas para la agricultura.

Las micorrizas son una simbiosis que se encuentra ampliamente distribuida y que puede infectar a la mayoría de plantas de interés agronómico, como es el caso de la zanahoria; que en el Ecuador ocupa una superficie mayor a las 4000 ha, siendo las principales provincias productoras: Chimborazo con 1350 ha sembradas, Pichincha con 870 ha, Bolívar con 480 ha y Cotopaxi con 446 ha.

En la presente investigación se evaluó un inoculo de micorriza comercial en distintas dosis para averiguar las reacciones que se presentan en dos variedades de zanahoria (Nantes-Express y Chantenay-Royal). Las dosis se aplicaron después que la planta desarrollo su sistema radical, porque la micorriza infecta esta zona, todas las labores realizadas posteriores a la inoculación son las que se conocen y realizan habitualmente en éste cultivo. Los mejores resultados se obtuvieron con la inoculación de 1125 g de micorriza en la variedad Nantes-express, que produjo un rendimiento 100% mayor en comparación con el testigo que no recibió la micorriza.

## SUMMARY

The constant deterioration of the environment and the lack of resources like the water in different areas force us to look for new technologies that can avoid the break of the balance that exists in the planet, it is for this reason that it is in the microorganisms a technological alternative that allows to increase the production without the necessity of appealing to the traditional agriculture where the chemical use can cause damages in the health of people and the destruction of capable areas for the agriculture.

The micorrizas is a symbiosis that is broadly distributed and that it can infect to most of plants of agronomic interest, like it is the case of the carrot; that occupies a bigger surface at 4000 ha in the Ecuador there is, being the main counties producers: Chimborazo with 1350 ha sowed, Pichincha with 870 ha, Bolivar with 480 ha and Cotopaxi with 446 ha.

In the present investigation it was evaluated a inoculate of commercial micorrhiza in different doses to discover the reactions that are presented in two carrot varieties (Nantes-Express and Chantenay-Royal). The doses were applied after the plant development their radical system, because the micorriza infects this area, all the later carried out works to the inoculation are those that know each other and they habitually carry out in this cultivation. The best results were obtained with the inoculation of 1125 g of micorriza in the variety Nantes-express that produced a yield 100% bigger in comparison with the witness that didn't receive the micorrhiza.

## DEDICATORIA

A mi Madre por su  
comprensión, amor, por su  
esfuerzo y dedicación  
incondicional que ha permitido  
mi formación y me ha enseñado  
que todo es posible y que  
ningún obstáculo es difícil de  
vencer.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Madre por todos sus consejos y ayuda a lo largo de mi vida.

A mi Padre por enseñarme que solo con esfuerzo podemos lograr nuestras metas.

A mis Tías Katy y Carmen que siempre han estado cerca para brindarnos su apoyo.

A mi Tío Carlos que siempre me ha escuchado.

A toda mi familia por su guía y consejos en los momentos más oportunos.

A Verónica por estar a mi lado, por su ayuda y comprensión durante todo este tiempo.

A Marco Barahona por su ayuda en la ejecución del proyecto.

A Emilio Basantes por su ayuda en la ejecución del proyecto.

A Gabriel Suárez por su colaboración para culminar el presente proyecto con éxito.



**ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS I.A.S.A**

**“GRAD. CARLOMAGNO ANDRADE PAREDES”**

**REACCION FENOLOGICA Y AGRONOMICA DE DOS CULTIVARES DE  
ZANAHORIA (*Daucus carota*) A LA INOCULACION DE CEPAS DE MICORRIZA EN  
CAMPO**

**CARLOS ANDRES CARRANZA DURAN**

**INFORME TECNICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION**

**2006**

## Índice de contenidos

I.	INTRODUCCION.....	19
II.	OBJETIVOS .....	22
2.1.	General.....	22
2.2.	Específicos .....	22
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	23
3.1.	EL CULTIVO DE LA ZANAHORIA .....	23
3.1.1.	Origen e historia .....	23
3.1.2.	Clasificación botánica y taxonómica .....	23
3.1.3.	Requerimientos climáticos .....	25
3.1.4.	Requerimientos edáficos .....	26
3.1.5.	Variedades.....	27
3.1.5.1.	Chantenay .....	27
3.1.5.2.	Flakee .....	27
3.1.5.3.	Emperador .....	28
3.1.5.4.	Miniaturas.....	28
3.1.5.5.	Nantes.....	28
3.1.5.6.	Redonda.....	29
3.1.5.7.	Antares.....	29
3.1.6.	Preparación del suelo y siembra .....	29
3.1.6.1.	Preparación del terreno.....	29
3.1.6.2.	Siembra.....	30
3.1.6.3.	Abonado y fertilización .....	30
3.1.7.	Labores Culturales .....	31
3.1.7.1.	Control de malezas.....	31
3.1.7.2.	Escarda, aclareo, aporque y riego .....	32
3.1.8.	Cosecha y poscosecha.....	33
3.1.8.1.	Recolección.....	33
3.1.8.2.	Calidad.....	34
3.1.8.3.	Lavado y acondicionado.....	35
3.1.8.4.	Embalaje .....	36
3.1.8.5.	Conservación .....	37
3.1.9.	Plagas .....	38
3.1.9.1.	Mosca de la zanahoria ( <i>Psylla rosae</i> ) .....	38
3.1.9.2.	Pulgonos ( <i>Aphis spp</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Cavariella aegopodii</i> ) .....	39
3.1.9.3.	Gusanos alambre ( <i>Agriotes obscurus</i> , <i>A. sputator</i> , <i>A. lineatus</i> ) .....	39
3.1.9.4.	Nemátodos ( <i>Heterodera carotae</i> , <i>Meloidogyne spp.</i> ).....	40
3.1.10.	Enfermedades .....	40
3.1.10.1.	Mildiu ( <i>Plasmopara nivea</i> ) .....	40
3.1.10.2.	Oidio ( <i>Erysiphe umbelliferarum</i> , <i>Leveillula taurica</i> ) .....	41
3.1.10.3.	Picado o cavity-spot ( <i>Pythium violae</i> , <i>P. sulcatum</i> , <i>P. intermedium</i> , <i>P. rostratum</i> ) .....	42
3.1.10.4.	Quemadura de la hoja ( <i>Alternaria dauci</i> ).....	42
3.1.10.5.	Tizón bacteriano ( <i>Xanthomonas campestris</i> ).....	43
3.1.10.6.	Septoriosis ( <i>Septoria apiicola</i> ) .....	43
3.2.	LAS MICORRIZAS .....	43
3.2.1.	Definición.....	43

3.2.2.	Fisiología.....	45
3.2.3.	Tipos de interfase.....	46
3.2.4.	Tipos de micorriza.....	47
3.2.5.	Características de la ectomicorriza.....	48
3.2.6.	Micorriza vesículo arbuscular.....	48
3.2.7.	Taxonomía.....	49
3.2.8.	Morfología externa.....	50
3.2.9.	Morfología interna.....	51
3.2.9.1.	Arbúsculos.....	51
3.2.9.2.	Vesículas.....	52
3.2.10.	Etapas de la simbiosis.....	52
3.2.10.1.	Activación de los propágulos del hongo.....	52
3.2.10.2.	Estimulación rizosférica.....	53
3.2.10.3.	Unión y penetración de la hifa.....	53
3.2.10.4.	Progresión de la infección.....	53
3.2.10.5.	Crecimiento del micelio externo.....	54
3.2.11.	Absorción de macro y micronutrientes.....	54
3.2.11.1.	Fósforo (P).....	54
3.2.11.2.	Nitrógeno.....	55
3.2.11.3.	Micronutrientes.....	56
3.2.12.	Efecto en el nivel hormonal de la planta.....	56
3.2.13.	Especificaciones del inoculo.....	58
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	59
4.1.	CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	59
4.1.1.	Ubicación geográfica.....	59
4.1.2.	Características agroclimáticas.....	59
4.2.	MATERIALES.....	60
4.2.1.	Materiales de campo.....	60
4.2.2.	Materiales de laboratorio.....	60
4.3.	MÉTODOS.....	61
4.3.1.	Factores en estudio.....	61
4.3.2.	Tratamientos.....	62
4.3.3.	Procedimientos.....	63
4.3.3.1.	Diseño experimental.....	63
4.3.3.2.	Características de la unidad experimental.....	63
4.3.3.3.	Análisis estadístico.....	64
4.3.3.4.	Análisis económico.....	66
4.3.4.	Toma de datos y método de evaluación.....	66
4.3.4.1.	Altura de planta.....	66
4.3.4.2.	Numero de hojas.....	66
4.3.4.3.	Diámetro de raíz.....	66
4.3.4.4.	Longitud de raíz.....	67
4.3.4.5.	Número de plantas por hilera.....	67
4.3.4.6.	Peso de raíz.....	67
4.3.4.7.	Peso por cama.....	67
4.3.4.8.	Color de raíz.....	67
4.4.	MÉTODOS ESPECÍFICOS DEL MANEJO DEL EXPERIMENTO EN CAMPO.....	68
4.5.	MÉTODOS DEL MANEJO EN EL LABORATORIO.....	69

V.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	70
5.1.	ALTURA DE PLANTA .....	70
5.2.	NUMERO DE HOJAS POR PLANTA.....	73
5.3.	DIAMETRO DE RAIZ.....	76
5.4.	LONGITUD DE RAÍZ.....	79
5.5.	NUMERO DE PLANTAS POR PARCELA UTIL .....	82
5.6.	PESO DE RAIZ DE LAS PLANTAS MUESTREADAS.....	86
5.7.	PESO POR CAMA.....	88
5.8.	REGRESIONES Y CORRELACIONES DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO.....	92
5.9.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	93
VI.	CONCLUSIONES .....	95
VII.	RECOMENDACIONES.....	97
VIII.	ANEXOS .....	103

Listado de tablas	PAG
Tabla 3.1: Clasificación taxonómica de la zanahoria	25
Tabla 3.2: Nombre comercial, dosis y presentación de fitoquímicos para el control de malezas en el cultivo de zanahoria en preemergencia	32
Tabla 3.3: Nombre comercial, dosis y presentación de fitoquímicos para el control de malezas en el cultivo de zanahoria en postemergencia.	32
Tabla 3.4: Principales taxomas de la micorriza vesículo arbuscular.	50
Tabla 4.1: Características agroclimáticas de la zona donde se llevo a cabo el experimento.	59
Tabla 4.2: Dosis y cultivares que se utilizaron en el experimento.	62
Tabla 4.3: Descripción de la nomenclatura que se utilizo en el experimento.	62
Tabla 4.4: Esquema del análisis de variancia utilizado en el ensayo.	65

Listado de cuadros	PAG
Cuadro 5.1: Análisis de variancia para altura de planta de dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus Carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo. I.A.S.A. Rumiñahui, Pichincha, 2005.	70
Cuadro 5.2: Comportamiento de la altura de planta en dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo. DMS al 5%.	71
Cuadro 5.3: Efecto de las dosis de micorrizas sobre altura de planta en el cultivo de la zanahoria.	72
Cuadro 5.4: Prueba de Tukey al 5% para altura de planta en zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de cuatro dosis de micorriza.	72
Cuadro 5.5: Análisis de variancia para número de hojas en dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus Carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	74
Cuadro 5.6: Número de hojas de dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	74
Cuadro 5.7: Efecto de la dosis de micorrizas en el número de hojas por planta de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ).	75
Cuadro 5.8: Promedios del número de hojas por planta de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo la inoculación de cepas micorriza en campo para cada tratamiento. Tukey al 5%.	75
Cuadro 5.9: Análisis de variancia para diámetro de raíz en dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus Carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	76
Cuadro 5.10: Diámetro de raíz de dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo. DMS al 5%.	77
Cuadro 5.11: Efecto de la dosis de micorrizas en el diámetro de raíz.	77
Cuadro 5.12: Prueba de Tukey al 5% para diámetro de raíz de la zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ) bajo el efecto de la inoculación de micorriza para cada tratamiento.	78
Cuadro 5.13: Análisis de variancia para la longitud de raíz de dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus Carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	79

	PAG
Cuadro 5.14: Longitud de raíz en dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo. DMS al 5%.	80
Cuadro 5.15: Efecto de la micorriza sobre la longitud de raíz en la zanahoria. Tukey al 5%.	81
Cuadro 5.16: Promedios de longitud de raíz en zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ) bajo el efecto de cepas de micorriza en campo. Tukey 5%.	82
Cuadro 5.17: Análisis de variancia para número de plantas por parcela útil de dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus Carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	83
Cuadro 5.18: Número de plantas por parcela útil de dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	84
Cuadro 5.19: Efecto de la dosis de micorrizas para el número de plantas por parcela útil en el cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ).	84
Cuadro 5.20: Prueba de Tukey al 5% para número de plantas por parcela útil en el cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ) para cada tratamiento.	85
Cuadro 5.21: Análisis de variancia para el peso de raíz de 20 plantas muestreadas en dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	86
Cuadro 5.22: Promedios de los pesos de raíz por planta muestreada de dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	87
Cuadro 5.23: Efecto de la dosis de micorrizas en el peso de raíz de las plantas muestreadas en el cultivo de zanahoria.	87
Cuadro 5.24: Promedios del peso de raíz de plantas muestreadas al azar del cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ) para cada tratamiento.	88
Cuadro 5.25: Análisis de variancia para el peso por cama de dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	89

	PAG
Cuadro 5.26: Promedios del peso por cama de dos variedades de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.	89
Cuadro 5.27: Efecto de las dosis de micorrizas sobre el peso por cama de la zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ).	90
Cuadro 5.28: Prueba de Tukey al 5% para peso por cama en el cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ) para cada tratamiento.	91
Cuadro 5.29: Regresiones y Correlaciones entre dosis de micorrizas y las variables en estudio.	92
Cuadro 5.30: Beneficio Bruto de las variables en estudio.	93
Cuadro 5.31: Costo Variable y Beneficio Neto de las variables en estudio.	94
Cuadro 5. 32: Análisis de dominancia por tratamientos.	94



Listado de Figuras	PAG
Figura 5.1: Altura de planta comparativa de dos variedades de zanahoria.	71
Figura 5.2: Comparación de la altura de planta en once tratamientos en el cultivo de zanahoria	73
Figura 5.3: Comparación del diámetro de raíz en dos variedades de zanahoria que presentaron significación estadística en el análisis de variancia.	77
Figura 5.4: Efecto de los tratamientos sobre el diámetro de la raíz de zanahoria.	79
Figura 5.5: Comparación de la longitud de raíz en dos variedades de zanahoria.	80
Figura 5.6: Efecto de las dosis de micorriza sobre el largo de la raíz de la zanahoria.	81
Figura 5.7: Promedios de longitud de raíz para los tratamientos en estudio.	82
Figura 5. 8: Efecto de las micorrizas sobre el número de plantas por parcela útil.	84
Figura 5. 9: Comparación de los tratamientos en el número de plantas por parcela útil.	85
Figura 5.10: Efecto de las dosis de micorriza sobre el peso promedio por cama del cultivo de zanahoria.	90
Figura 5.11: Efecto de los tratamientos en las variedades en estudio de zanahoria.	91

## XVIII

### Listado de anexos

Anexo a: Plantas de zanahoria a los 14 días de la siembra.

Anexo b: Inoculo de micorrizas utilizado en el proyecto.

Anexo c: Aplicación del producto en cada cama.

Anexo d: Cama inoculada con micorrizas.

Anexo e: Bosque donde se obtuvieron las micorrizas de la zona.

Anexo f: Vista panorámica del cultivo de zanahoria a los 71 días después de la siembra.

Anexo g: Desarrollo de las plantas de zanahoria a los 71 días de la siembra.

Anexo h: Preparación de las placas para ser observadas al microscopio.

Anexo i: Placas preparadas de los tratamientos dispuestos en el campo.

Anexo j: Raíz infectada con micorriza vista al microscopio.

Anexo k: Infección de micorrizas en la raíz de zanahoria.

Anexo l: Vista panorámica del sembrío.

Anexo m: Zanahorias al momento de la cosecha.

## I. INTRODUCCION

El constante deterioro del ecosistema y el efecto negativo en la salud humana, debido al creciente uso de agroquímicos nos lleva a la búsqueda de nuevas tecnologías que nos permitan conservar los ecosistemas y disminuir los crecientes problemas que se presentan en el modelo de la agricultura convencional. Una vía de salida para estos problemas es el uso de organismos mutualistas en la producción agrícola para mejorar la conservación del ecosistema y la salud humana.

Para medir el efecto de métodos alternativos en la agricultura se ha seleccionado a la zanahoria ya que es una hortaliza de raíz de mucha importancia; se cultiva en grandes extensiones para suplir una demanda creciente, las principales provincias productoras en nuestro país son Chimborazo con 1350 ha sembradas , Pichincha con 870 ha, Bolívar con 480 ha y Cotopaxi con 446 ha (Internet 1); esta especie es muy apetecida por sus propiedades curativas, el alto contenido de nutrientes, siendo el más importante el beta caroteno que es el precursor de la vitamina A, también tiene tiamina y riboflavina, se la utiliza en fresco para la elaboración de ensaladas y jugos. En Ecuador la superficie cultivada es de alrededor de 4000 ha, superficie que va incrementándose debido a que existe una mayor demanda con el paso del tiempo.

Se conoce que en el suelo existen hongos formadores de micorriza arbuscular que se caracterizan por producir a lo largo de su ciclo de vida, estructuras conocidas como arbuscúlos y vesículas. Las vesículas son estructuras globosas e irregulares que actúan como órganos de reserva de lípidos. Los arbuscúlos son las estructuras responsables de la

transferencia bidireccional de nutrientes entre los simbioses, realizada en la interfase planta-hongo producida a este nivel.

La micorriza arbuscular es la simbiosis de mayor importancia y la que más ampliamente se encuentra distribuida tanto a nivel geográfico como dentro del Reino Vegetal. Este tipo de micorriza se encuentra en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos de interés agronómico, está presente en casi todos los ambientes, siendo las familias *Chenopodiaceae* y *Cruciferae*, las excepciones de mayor importancia dentro de los cultivos comerciales. La asociación simbiótica de MA (Micorriza Arbuscular) se forma en muchas especies de árboles perennes. Se ha comprobado que desempeña un papel importante en la nutrición y en la sanidad vegetal que la ubican como una alternativa competitiva en la producción y la protección del medio ambiente (Duchicela y González, 2003). Se sabe que la micorriza arbuscular penetra en la epidermis de la raíz y se desarrolla inter e intracelularmente, formando ramificaciones o arbusculos en la raíz llamadas vesículas, ayuda al fortalecimiento de las defensas naturales de la planta, evita que agentes patógenos afecten el desarrollo especialmente de la raíz. El desarrollo de micelios exteriores es otra de las formas como se presenta esta simbiosis, estos actúan como prolongaciones de la raíz ampliando la superficie de contacto para facilitar la absorción de nutrientes disponibles en el suelo, facilita la captación de agua, consecuentemente las plantas presentan una mayor resistencia a la sequía; convierte elementos fijados en el suelo en sustancias solubles para una fácil absorción de las raíces, aumenta la resistencia a la salinidad del suelo, favorece la síntesis de hormonas que estimulan el crecimiento, aumenta la resistencia a determinados patógenos, permite la disminución de productos tóxicos para el control de plagas y enfermedades. (Duchicela y González, 2003).

Lo indicado anteriormente ha generado la necesidad de investigar en el Ecuador como actúa la micorriza arbuscular en el campo de las hortalizas y dentro de esta en el cultivo de zanahoria, para lo cual se plantean los siguientes objetivos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. General**

Determinar la influencia en la fenología y en la agronomía de las variedades Nantes – Express y Chantenay – Royal a la inoculación en campo de un consorcio micorrícico, para lograr mayor productividad y calidad comercial, en las zonas dedicadas al cultivo de zanahoria en el Ecuador.

### **2.2. Específicos**

Cuantificar el comportamiento fenológico y agronómico de las plantas de zanahoria inoculadas con micorriza.

Determinar el efecto de los niveles micorrícicos sobre la fenología, agronomía y producción de los cultivares en estudio.

Cuantificar la mejor alternativa económica, para que sea utilizada por los productores de esta Apiaceae.

### **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1. EL CULTIVO DE LA ZANAHORIA**

##### **3.1.1. Origen e historia**

La zanahoria se deriva de las formas silvestres nativas del centro asiático, Africa y el Mediterráneo, algunos expertos especifican a Afganistán como el centro de origen exacto, debido a la mayor diversidad de formas silvestres que se encuentran en ese país, el resto de las áreas de la zona señalada serían centros secundarios de diversidad y domesticación.(Internet 2) Su amplia utilización como alimento aparece solo a partir del siglo XVI, antes de esta época su utilización se limitaba a la cura de ciertas enfermedades. La mayoría de las especies del género *Daucus* provienen de los centros antes citados, aunque algunas especies son de América del Norte y del Sur. Muchas de las variedades actuales provienen de los trabajos de fitomejoramiento del científico francés Vilmorín quien logro raíces de mayor grosor que las especies originales. (Internet 3)

##### **3.1.2. Clasificación botánica y taxonómica**

La zanahoria es una hortaliza herbácea, dicotiledónea, bianual y alógama, en la primera etapa de crecimiento la raíz almacena la mayor parte de las reservas nutricionales; mientras que en la segunda parte, luego de un periodo de descanso denominado vernalización se desarrollan los tallos florales. (Internet 3)

La raíz es tuberosa con presencia de pequeñas ramificaciones secundarias, se presenta compacta y de consistencia carnosas, la coloración va desde amarilla hasta roja. Su longitud es de 12 a 18 cm. dependiendo de la variedad. La sección transversal de la raíz es succulenta, muestra dos regiones distintas: la exterior y la interior. Los tejidos exteriores constan de un peridermo delgado y una banda relativamente ancha de tejido almacenador. El peridermo reduce la transpiración a un mínimo y resiste los ataques de organismos invasores; el tejido almacenador de las raíces maduras acumula cantidades relativamente grandes de almidón, caroteno y cantidades moderadas de azúcar, tiamina y riboflavina. La región interior o corazón, consta de un xilema y médula. Las zanahorias de alta calidad contienen un corazón interior relativamente pequeño. Los científicos han demostrado que los tejidos exteriores contienen más caroteno que los interiores.

El tallo es pequeño aplanado y rudimentario alcanza de 1.0 a 2.5 cm. medidos desde la base hasta la inserción de la primera hoja. (Barahona, 2003) Las hojas son compuestas por hojuelas pequeñas y hendidas bipinasectas y tripinasectas con la presencia de segmentos dentados y lobulados, con pecíolos largos y afilados. El número de hojas es de seis a diez y miden de 25 a 40 cm. de largo; a medida que la planta emite nuevas hojas, las más viejas se van amarilleando e inclinándose.

Las flores son de color blanco a excepción de las centrales de cada umbela que se presentan de color rosado o púrpura; cada flor está compuesta de cinco pétalos, cinco estambres y dos pistilos, es hermafrodita, pero en algunas ocasiones puede haber flores masculinas y femeninas, las flores están agrupadas en inflorescencias en umbela compuesta subglobosa. (Internet 2)



El fruto es un diaquenio soldado por su cara plana, (Internet 4) son secos e indehiscentes, provistos de aguijones curvados en los extremos, conservan su poder germinativo de 3 a 4 años, en una onza hay aproximadamente 8.500 semillas. Su clasificación taxonómica se especifica en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1: Clasificación taxonómica de la zanahoria**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Umbelliferales
<b>Familia</b>	Umbelliferae
<b>Género</b>	Daucus
<b>Especie</b>	Carota
<b>Nombre científico</b>	<i>Daucus carota</i> . var. Nantes, Chantenay
<b>Nombre común</b>	Zanahoria

Fuente: Rueda, 2004

### 3.1.3. Requerimientos climáticos

Es una planta bastante rústica, tiene preferencia por los climas templados, sin embargo, se puede cultivar en temperaturas cálidas y durante todo el año. La temperatura de germinación es mayor a 5 °C, emergiendo la semilla en estas condiciones de 12 a 15 días. La variación de temperatura óptima para el crecimiento de la parte aérea es de 18.3 a 23.9 °C, y la necesaria para el crecimiento de raíces y tallos se encuentra entre 15.5 a 21.1 °C. (Edmond, Senn, Andrews, 1988) Puesto que el contenido de caroteno de las raíces carnosas dependen del tamaño y salud del follaje, las temperaturas comparativamente altas

durante la etapa de plántula permiten el desarrollo de un follaje abundante, y las temperaturas algo inferiores después de que la parte aérea a alcanzado su completo desarrollo, permiten la formación de raíces grandes e intensamente coloreadas. Por tratarse de una planta bianual, durante el primer año es aprovechada por sus raíces y durante el segundo año, inducida por las bajas temperaturas, inicia las fases de floración y fructificación. La temperatura mínima de crecimiento está en torno a los 9 °C. Soporta heladas ligeras; en reposo las raíces no se ven afectadas hasta -5 °C lo que permite su conservación en el terreno. Las temperaturas elevadas provocan una aceleración en los procesos de envejecimiento de la raíz, pérdida de coloración y otros síntomas. (Internet 1)

En este mismo punto, lo fundamental con respecto al rendimiento es que este depende de la cantidad de crecimiento vegetativo que alcancen las plantas antes de formar la raíz carnosa; cuando el desarrollo vegetativo es pobre, sus rendimientos también lo serán y esto esta correlacionado con temperatura y precipitación de 500 a 600 mm. La humedad del suelo juega un papel importante en el crecimiento de la raíz. (Barahona, 2003).

#### **3.1.4. Requerimientos edáficos**

Prefiere los suelos arcillo arenosos, ligeros, aireados y frescos, bien drenados, ricos en materia orgánica y en potasio, la profundidad efectiva debe ser mayor a los 80 cm, el contenido de materia orgánica no debe ser menor al 3.5%, el drenaje es uno de los factores importantes para evitar los encharcamientos y posteriores problemas sanitarios, la topografía debe ser plana con una pendiente no mayor al 15%, la conductividad eléctrica debe estar en un rango de 4 a 10 mmho con un pH comprendido entre 5.8 y 7, lo que indica que es una planta resistente a la salinidad, la presencia de microorganismos benéficos ayudan al correcto desarrollo. (Internet 4)

Los terrenos compactos y pesados originan raíces fibrosas, de menor peso, calibre y longitud, incrementándose además el riesgo de podredumbres. Los suelos pedregosos originan raíces deformes o bifurcadas y los suelos con excesivos residuos orgánicos dan lugar a raíces acorchadas.

La zanahoria es un cultivo exigente, por tanto no conviene repetir el cultivo al menos en 4-5 años. Como cultivos precedentes habituales están los cereales, papa o girasol. Aunque los cereales pueden favorecer la enfermedad del picado; como cultivos precedentes indeseables otras umbelíferas como por ejemplo el apio. Son recomendables como cultivos precedentes el tomate, el puerro y la cebolla. (Internet 4)

### **3.1.5. Variedades**

#### **3.1.5.1. Chantenay**

Raíz de tamaño medio, con un peso cercano a los 150 g, de un largo variable entre 12 y 17 cm, de forma cilindro-cónica y de color naranja, con hombro púrpura-verdoso. Además del cultivar tradicional que da el nombre al grupo, existen otros mejorados a partir del mismo como Chantenay Red Cored, Chantenay Andina y Royal Chantenay.

#### **3.1.5.2. Flakee**

Raíz de gran tamaño, con un peso superior a 250 g con un largo mayor a 25 cm, de forma levemente cónica y truncada, de color naranja suave, alto contenido de sólidos solubles. Es de tipo tardío, altamente resistente a heladas, es muy usado en Europa para

almacenamiento al estado natural y para la agroindustria de congelación y conservería. Cultivares representativos son Autumn King (Colmar), Flacoro y Topweight. También se puede incluir en el tipo a Danvers 126, cuya forma es más aguzada, pero se usa con los mismos fines. (Internet 4)

### **3.1.5.3. Emperador**

Son raíces largas y delgadas, con un peso cercano a 150 g, su largo superior a 20 cm, de forma aguzada, de color naranja intenso y acentuado sabor dulce. Los cultivares más conocidos son Emperador 58, de Saint Valéry y Spartan 80.

### **3.1.5.4. Miniaturas**

Este tipo presenta raíces pequeñas, con un peso de pocos gramos y un largo inferior a 10 cm. cuando son cultivadas para la obtención de miniaturas ("baby carrots"), de forma cilíndrica con punta redondeada, y de color naranja intenso. Los principales cultivares usados para este fin son Amsterdam Forcing, Lady Finger y Minicor.

### **3.1.5.5. Nantes**

Raíces de tamaño medio, con un peso cercano a 150 g, de un largo variable entre 15 a 20 cm. y un grosor de 3 cm, de forma cilíndrica, de color naranja intenso. Son las zanahorias que dominan el mercado para consumo fresco en muchos países, principalmente en Europa. Aparte de numerosas selecciones de Nantes, como Scarlet Nantes, cultivares conocidos son Romosa, Slendero, Express, Tip Top y Toudo .

### **3.1.5.6. Redonda**

Raíces de forma esférica y pequeñas, se usan en la comida "gourmet" y en la agroindustria de congelados y enlatados. Cultivares representativos del tipo son Early French Frame, Redonda de París y Thumbelina.

### **3.1.5.7. Antares**

Se adapta a los cultivos de verano, especialmente en siembras de marzo a mayo. Su forma es cilíndrico-cónica, con resistencia a la rotura. (Internet 4)

## **3.1.6. Preparación del suelo y siembra**

### **3.1.6.1. Preparación del terreno**

La preparación consiste en una labor profunda con subsolado o vertedera, seguida de una labor superficial. El lecho de siembra se prepara con una labor de rotocultivador y un conformador adaptado, dependiendo si el cultivo se realiza en llano, surcos o meseta; las labores de preparación del terreno pueden ser hechas manualmente en extensiones pequeñas con la elaboración de camas que tienen dimensiones de un metro de ancho por 10 metros de largo con una altura de 20 cm. del suelo para evitar encharcamientos y facilitar el drenaje de las aguas, se debe agregar materia orgánica en una cantidad de 30 Tn. por hectárea dependiendo de los análisis de suelo. (Internet 4)

### **3.1.6.2. Siembra**

Se realiza durante todo el año, su sistema de propagación es sexual; esta hortaliza es eminentemente de siembra directa, el transplante casi nunca es efectivo el porcentaje de prendimiento es menor al 15%, las plantas que logran sobrevivir al transplante tienen serios problemas de malformaciones y retrasos en el crecimiento en comparación con el resto de la población., la recomendación en siembra manual es de 4 a 5 kg/ha y de 2.5 a 3.5 kg/ha con sembradora. (Barahona 2003) Es necesario un tratamiento de pre-germinación sumergiendo la semilla en agua a una temperatura de 20 °C por un periodo de tres días. Si la siembra es hecha al voleo debe quedar una distancia definitiva entre plantas de 15 x 20 cm, lo que hace suponer que si se quedan a distancias inferiores tendrá que procederse al aclareo de plantas. La semilla deberá quedar a una profundidad de unos 4 mm. Con las cantidades de semillas especificadas se puede llegar a tener entre 800000 a 950000 plantas por hectárea con distancias de 60 a 90 cm. entre surcos y en doble hilera, las distancias entre hilera van de 20 a 30 cm. y entre doble hileras 1 m, la distancia entre planta va de 4 a 8 cm. (Barahona, 2003)

### **3.1.6.3. Abonado y fertilización**

Al igual que todas las hortalizas de raíz, requiere para su cultivo suelos sueltos, fértiles y con bastante materia orgánica, por lo que es importante la incorporación de estiércol descompuesto, humus, bioles u otros complementos orgánicos, es necesaria la fertilización mineral como complemento. Se recomienda incorporar, al momento del preparado del suelo, 10 Tn/ha de estiércol, debiendo estar bien descompuesto para evitar bifurcaciones y asperezas en la raíz. (Internet 3)

La fertilización del cultivo debe hacerse en base a los resultados del análisis de suelo ya que las cantidades presentes de los elementos pueden estar en los rangos de alto medio y bajo, para lo cual existen distintas especificaciones en la aplicación de los elementos. La zanahoria responde a la fertilización de potasio y nitrógeno, como también a las aplicaciones de calcio y magnesio, se ha establecido que la zanahoria es sensible a la carencia de boro.

En base a los análisis de suelo los requerimiento de nitrógeno fósforo y potasio pueden ser altos, en cuyo caso las dosis son de 160, 80 y 200 kg/ha respectivamente, medio la fertilización es de 120, 60 y 150 kg/ha, bajo se aplica 80, 40 y 100 kg/ha. El calcio y el magnesio deben ser calculados en base a la extracción de los nutrientes por la planta que son de 24.6 kg/ha por parte de la raíz en el caso del calcio y de 12.3 kg/ha en el caso del magnesio. La extracción de nutrientes que están destinados al follaje son de 235.2 y 11.2 kg/ha para el calcio y el magnesio. (Barahona, 2003)

### **3.1.7. Labores Culturales**

#### **3.1.7.1. Control de malezas**

La zanahoria es una de las hortalizas más sensible a la competencia de las malas hierbas, debido a su lento crecimiento en las primeras semanas especialmente, por tanto la protección durante las primeras fases es fundamental, por lo cual se recomiendan los productos registrados en la tabla 3.2 y 3.3.

En preemergencia del cultivo pueden utilizarse los siguientes herbicidas.

**Tabla 3.2: Nombre comercial, dosis y presentación de fitoquímicos para el control de malezas en el cultivo de zanahoria en pre-emergencia**

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	<b>DOSIS (ha)</b>	<b>PRESENTACIÓN</b>
Diquat	1.5-4 l	Concentrado soluble
Paraquat	1.5-3 l	Concentrado soluble
Terbutrina	2-4 l	Suspensión concentrada

Fuente: Vademécum Agrícola, 2004

En postemergencia a partir del estado de 2-3 hojas del cultivo pueden aplicarse los siguientes productos:

**Tabla 3.3: Nombre comercial, dosis y presentación de fitoquímicos para el control de malezas en el cultivo de zanahoria en post-emergencia.**

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	<b>DOSIS (ha)</b>	<b>PRESENTACIÓN</b>
Metribuzin	0.5-0.75 l	Concentrado soluble
Linuron 45%	1.5-2 l	Suspensión concentrada
Linuron 50%	1.5-2 l	Polvo mojable
Trifluralina	1.2-2.4 l	Concentrado emulsionable

Fuente: Vademécum agrícola, 2004

### **3.1.7.2. Escarda, aclareo, aporque y riego**

La escarda es una de las prácticas más importantes en el manejo de las hortalizas de bulbo y raíz en especial cuando los suelos en los que se cultiva son pesados; la primera se la practica a los 40 días de la siembra. (Barahona, 2003)



El aclareo se lo realiza cuando la zanahoria tiene de tres a cuatro hojas verdaderas y consiste en dejar a las plantas con un distanciamiento que puede ser de 4 a 8 cm. dependiendo del cultivar para permitir el correcto desarrollo, se deben practicar dos aclareos con un intervalo de 10 días.

Para evitar el verdeo de la planta por el contacto con los rayos solares se la debe aporcar, dependiendo del tipo de suelo se puede realizar a los 30 días después de la siembra; esta labor se la puede realizar semimecánica o con maquinaria y consiste en arrimar la tierra a las plantas por los dos lados.

El riego es importante en todo el periodo del cultivo, este puede ser por gravedad o por aspersión, la demanda de agua es mayor en la germinación y en la primera etapa de desarrollo, los riegos posteriores deben realizarse de acuerdo al clima y al requerimiento del cultivo; debe evitarse el encharcamiento en todas las etapas del ciclo vegetativo ya que es una especie bastante susceptible a la pudrición de la raíz provocada principalmente por *Erwinia*, el cultivo requiere de 500 a 600 mm. de agua desde la siembra hasta la cosecha. (Internet 3)

### **3.1.8. Cosecha y poscosecha**

#### **3.1.8.1. Recolección**

La recolección se efectúa antes que la raíz alcance su completo desarrollo. La cosecha esta determinada en gran medida por las necesidades del mercado, el cual determina el tamaño, calidad, presentación y el cultivar que llene todas las necesidades son

las más importantes. El periodo entre siembra y recolección varía según las variedades, el uso final del producto y la época del año, siendo en general un intervalo de 3 a 7 meses. Las operaciones de recolección son el arrancado, la limpieza, el corte del follaje. Existen tres tipos de recolección: la recolección manual, se emplea únicamente en parcelas muy reducidas; la recolección semi-mecánica, mediante herramientas acopladas al tractor (arado, cuchillas o máquina arrancadora-alineadora); y la recolección mecánica, muy desarrollada actualmente. (Internet 4)

La recolección mecánica es cada vez más común debido a sus considerables ventajas como: ahorro de mano de obra y menor costo de producción. Existen dos tipos de máquinas que se utilizan según la presencia o ausencia de follaje en el momento de la recolección, ambas desplazándose mediante un tractor, aunque también existen máquinas autopropulsadas. Las máquinas arrancadoras por empuje se utilizan para arrancar las zanahorias desprovistas de follaje, por tanto son indicadas para variedades de follaje poco frondoso o raíces de pequeño tamaño. La eliminación del follaje se realiza previamente o en la misma operación de recolección, acoplando la herramienta al tractor. En nuestro país la recolección es netamente manual en la mayoría de explotaciones, esta labor se la acostumbra hacer en horas de la tarde si no se cuenta con un cuarto frío.

### **3.1.8.2. Calidad**

Existen características visuales y organolépticas que diferencian a las diversas variedades de zanahoria tanto para mercado fresco como para la transformación agroindustrial. En general las zanahorias deben ser:

- Firmes (no flácidas).
- Rectas con un adelgazamiento uniforme.
- Color naranja brillante.
- Ausencia de residuos de raicillas laterales.
- Ausencia de "corazón verde" por exposición a la luz solar durante la fase de crecimiento.
- Bajo amargor por compuestos terpénicos.
- Alto contenido de humedad y azúcares reductores es deseable para consumo en fresco.

Los defectos por calidad incluyen falta en la firmeza, forma no uniforme, aspereza, desarrollo pobre del color, grietas, corazón verde, quemado del sol y calidad pobre del corte de tallo. (Internet 4)

### **3.1.8.3. Lavado y acondicionado**

Las operaciones de lavado y acondicionado se realizan en la zona de selección, normalmente con maquinaria específica para evitar golpes en la zanahoria. Para las raíces sin hojas existen líneas que permiten mecanizar la mayoría de las operaciones: lavado, selección, calibrado y envasado. Las zanahorias con hojas se lavan, seleccionan y acondicionan en manojos. Estas operaciones deben ser lo más minuciosas posible, pues de ellas depende el resultado final del producto, el proceso consta de las siguientes fases:

- 1. Recepción de raíces:** se realiza en tolvas llenas de agua, para evitar los daños que puedan producirse en el producto.

2. **Separación de piedras:** los separadores de piedras son unas cubas por las cuales circula agua, y mediante una turbina impulsan las raíces hacia la periferia por la fuerza centrífuga, quedando las piedras en el centro. (Internet 4)
  
3. **Lavado:** se realiza de forma manual o con lavadoras, que pueden ser cilindros giratorios, lavadoras por burbujeo o por aspersión. El principal inconveniente de las lavadoras es el peligro de dañar las raíces. Para evitarlo existen "lavadoras suaves", equipadas por cilindros rotativos semi-sumergidos, especialmente indicados para las variedades tempranas.
  
4. **Selección:** en esta fase se separan restos de follaje mediante una cinta transportadora, y también los trozos o zanahorias partidas con un tambor giratorio, con orificios que permiten el paso de los trozos pequeños. (Internet 4)

En nuestro país los procesos mencionados no se los realiza por los altos costos, salvo determinadas empresas que destinan el producto para la transformación y permiten dar un valor agregado.

#### **3.1.8.4. Embalaje**

La zanahoria es uno de los pocos productos hortícolas que mejor se presta al embalaje. En el mercado, las zanahorias se presentan en paquetes o en bolsas de polietileno o polipropileno con formatos de medio kilo y superiores, con orificios de ventilación. La variedad de zanahoria a embolsar ha de tener las siguientes características: precoces, color

intenso, uniformidad y buen acabado en el campo, resistentes al lavado y a Alternaria, este tipo de embalaje tiene las siguientes ventajas:

- Presencia atractiva.
- Fácil envasado y pesado por parte de la manipuladora.
- Oferta del producto con mayor frescura.
- Permite ver de forma clara la mercancía.
- Larga conservación del producto.
- Fácilmente se puede realizar la publicidad, tanto gráficamente como por etiqueta adherida.

En líneas generales un tren de embalaje comprende:

- Pesado del producto.
- Llenado de bolsas.
- Cerrado de la bolsa.
- Control del peso correcto, con desvío de las bolsas no aptas.
- Envasado en cajas de expedición. (Internet 4)

#### **3.1.8.5. Conservación**

La vida en almacenaje a 0 °C se la realiza:

- Atadas: 10-14 días
- Raíces inmaduras: 4-6 semanas
- Cortadas frescas: 3-4 semanas
- Raíces maduras: 7-9 meses

Las condiciones de almacenaje a largo plazo raramente logran mantener la temperatura óptima para prevenir pudriciones, brotación y deshidratación. A temperaturas de almacenaje de 3-5 °C, las zanahorias maduras pueden ser almacenadas con un desarrollo mínimo de pudriciones por 3-5 meses. Las zanahorias empacadas en "Cello-pack" son inmaduras y pueden ser guardadas exitosamente durante 2-3 semanas a 3-5 °C. Las zanahorias atadas son muy perecibles debido a la presencia de los tallos. Generalmente se logra mantener una buena calidad con solo 8-12 días, aún en contacto con hielo. (Internet 4) Las zanahorias no procesadas (frescas-cortadas, peladas) pueden mantener una buena calidad por 2-3 semanas a 3-5 °C.

La humedad relativa óptima oscila entre 98-100%, pues es esencial una humedad relativa alta para prevenir deshidratación y pérdida de consistencia. La humedad libre del proceso de lavado o la condensación no evaporada, habitual en las bolsas de plástico, promueven el desarrollo de pudriciones. (Internet 4)

### **3.1.9. Plagas**

#### **3.1.9.1. Mosca de la zanahoria (*Psylla rosae*)**

El adulto mide 4.5 mm, presenta cabeza parda y abdomen alargado y negro. La larva es de color blanco amarillento brillante, y de 7-8 mm. de longitud. Inverna en el suelo en estado pupario, haciendo su aparición en condiciones adecuadas para su desarrollo. Este parásito ovoposita en el suelo u otros cultivos. A los diez a doce días, salen las larvas que penetran en el interior de la raíz, excavando una galería descendente que llega hasta el final de la raíz. Transcurrido un mes, se transforman en ninfas. Las galerías que hacen en la

parte exterior de la raíz posteriormente serán origen de pudriciones, si las condiciones son favorables se produce una pérdida del valor comercial de las raíces atacadas. Para el control de esta plaga se desinfecta el suelo y/o la semilla. Se recomienda la aplicación de Teflutrin 0.5%, presentado como gránulo a dosis de 10-15 kg/ha. (Internet 4)

### **3.1.9.2. Pulgones (*Aphis spp*, *Myzus persicae*, *Cavariella aegopodii*)**

Además del daño directo que ocasionan, los pulgones son vectores de enfermedades viróticas, por tanto son doblemente peligrosos. Se alimentan picando la epidermis, por lo que producen fuertes abarquillamientos en las hojas que toman un color amarillento.

El control biológico es una alternativa viable, existen numerosos depredadores de pulgones como *Coccinella septempunctata*, *Chrysopa* y algunos parásitos himenópteros que desarrollan sus larvas en el interior del pulgón. El método de control químico es la aplicación de productos de contacto en el caso de que los pulgones no estén protegidos en el interior de las hojas abarquilladas, empleando como materias activas: Malation en una dosis de 500 g por 100 litros de agua, sin exceder la dosis. (Vademécum Agrícola, 2004).

### **3.1.9.3. Gusanos alambre (*Agriotes obscurus*, *A. sputator*, *A. lineatus*)**

Atacan las raíces de la zanahoria produciendo galerías que, en ocasiones generan podredumbre. En el momento de la siembra se recomienda depositar Diazinon en una dosis de 0.5a 0.7 litros por hectárea, este producto puede ser utilizado en la planta ya que es un producto de contacto, puede ser asimilado por la planta pero no se desplaza en el tejido vascular. (Vademécum Agrícola, 2004)

#### **3.1.9.4. Nemátodos (*Heterodera carotae*, *Meloidogyne spp.*)**

*Heterodera carotae* es una plaga muy importante y extendida en climas templados, los síntomas de su ataque son plantas con follaje muy reducido y hojas de color rojizo. Las raíces se reducen y aparecen bifurcadas, provocando una cabellera anormal de raicillas oscuras.

*Meloidogyne spp.* Se extiende en climas cálidos, produciendo importantes daños sobre las raíces, transformándolos en agallas. Para el control de estos problemas se recurre a un método físico que resulta muy eficaz, y empleado tanto en semilleros como en invernaderos, es tratar la tierra con agua caliente, pues los nemátodos mueren a temperaturas de 40-50 °C. Entre los métodos culturales se destacan las enmiendas del suelo a base de materia orgánica, rotación de cultivos (intercalando plantas no sensibles), desinfectar los instrumentos de labranza, las ruedas de máquinas, que hayan estado trabajando en campos contaminados y limpieza de malas hierbas, pues muchas especies de nemátodos son polípagos y tienen una amplia gamma de plantas hospedantes. (Internet 3)

#### **3.1.10. Enfermedades**

##### **3.1.10.1. Mildiu (*Plasmopara nivea*)**

Para su control es muy conveniente el empleo de fungicidas como medida preventiva o bien a los inicios de los primeros síntomas de la enfermedad. La frecuencia de los tratamientos debe ser en condiciones normales cada 12-15 días. Si durante el intervalo que va de tratamiento en tratamiento lloviese, debe aplicarse otra pulverización



inmediatamente después de las lluvias. Se puede aplicar mancozeb en la dosis de un Kg por hectárea cada 10 días, siguiendo las especificaciones. (Vademécum Agrícola, 2004)

### **3.1.10.2. Oidio (*Erysiphe umbelliferarum*, *Leveillula taurica*)**

Este hongo una vez que entra en contacto con la planta, por ser un hongo xerófito, no requiere agua libre sobre la hoja para germinar y penetrar en los tejidos; sin embargo, si precisa de una alta humedad relativa. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por temperaturas cálidas y tiempo seco.

Los síntomas en la superficie de las hojas son manchas circulares y blanquecinas, inicialmente aisladas y que pueden unirse y cubrir toda la superficie foliar, tanto del haz como del envés. Estas manchas pueden aparecer en los tallos, pecíolos zarcillos y sobre la corteza de los frutos jóvenes. Las hojas infectadas gradualmente se tornan amarillentas y eventualmente adquieren una textura papelosa. (Internet 4)

Las medidas de combate culturales son la eliminación de plantas hospederas y rotar los cultivos, se puede también sembrar variedades resistentes. El control químico se lo hace con productos fungicidas a base de triazoles, pirimidinas, morfollinas. (Vademécum Agrícola, 2004)

### **3.1.10.3. Picado o cavity-spot (*Pythium violae*, *P. sulcatum*, *P. intermedium*, *P. rostratum*)**

Se trata de una de las enfermedades más problemáticas en el cultivo de la zanahoria. Los daños sobre la raíz son pequeñas manchas elípticas y translúcidas con contornos delimitados. Estas manchas evolucionan rápidamente a depresiones de color marrón claro, provocando un hundimiento y oscurecimiento de los lechos de células superficiales. Las medidas preventivas se basan en: diseñar un buen sistema de drenaje, evitar los suelos pesados, rotaciones de cultivos y fertilización nitrogenada razonada. Para su control se recomienda aplicar metalaxil 5%, presentado como gránulo en una dosis de 20-40 g/ha. (Internet 4)

### **3.1.10.4. Quemadura de la hoja (*Alternaria dauci*)**

Esta enfermedad aparece en ambientes húmedos y calurosos. Los síntomas se presentan primero en forma de pequeñas manchas parduscas, aureoladas de amarillo y diseminadas por el borde de las hojas. Al aumentar el número de las manchas mueren los tejidos intermedios, con lo que se deseca el foliolo completo. La planta aparece como quemada por el sol o por un tratamiento mal efectuado. Para el control conviene utilizar semillas tratadas, entre los productos químicos que se pueden utilizar se destacan, Bravo 500 en dosis de 2.5 kg/ha, Kocide 2 kg/ha. (Vademécum Agrícola, 2004)

#### **3.1.10.5. Tizón bacteriano (*Xanthomonas campestris*)**

Esta enfermedad se caracteriza por producir manchas foliares necróticas que destruyen gran parte de la hoja. Para su control se recomienda la utilización de cultivares tolerantes o productos preventivos como el Kocide en una dosis de 2.5 kg/ha y/o Kasumin, 15 kg/ha. (Barahona, 2003)

#### **3.1.10.6. Septoriosis (*Septoria apiicola*)**

Las hojas viejas son las que principalmente se encuentran afectadas con lesiones necróticas esféricas para luego tomar un aspecto atizonado. Para su control se utiliza Maneb y Benlate en dosis de 2 y 0.5 kg/ha respectivamente. (Barahona, 2003)

### **3.2. LAS MICORRIZAS**

#### **3.2.1. Definición**

Es la simbiosis producida entre un hongo y la raíz de la planta. El hongo, coloniza biotróficamente la corteza de la raíz y llega a ser parte integrante de ella (Azcon, 2000), desarrollando un micelio extenso que a modo de sistema radical cubre una mayor cantidad de espacio dentro de la tierra, esta asociación se presenta altamente efectiva, ayuda a la planta a adquirir nutrientes minerales y agua del suelo permitiendo un desarrollo óptimo de las plantas colonizadas.

A cambio, la planta le proporciona al hongo que es heterótrofo por naturaleza, incapaz de producir su propio alimento, un nicho ecológico y los nutrientes orgánicos necesarios para su existencia, este mutualismo supone una relación beneficiosa para los dos organismos implicados, 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, el transporte de los elementos aprovechados por el hongo son llevados al interior de la planta por el floema y el xilema.

Dentro de este mismo marco referencial, se trata de una simbiosis prácticamente universal, no sólo porque la mayoría de las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas; sino también, porque puede estar presentes en la mayoría de hábitats naturales. Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; estimándose que aproximadamente el 90% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos micorrícicos que están en el suelo o son transportados por agua. (Internet 5)

El descubrimiento y función mutualista, ha abierto nuevos horizontes en el campo de la agricultura sustentable en donde la conservación del medio ambiente se torna en la parte fundamental de la producción. Es por eso, desde hace varias décadas se ha desarrollado una gran investigación en torno a este tema.

### 3.2.2. Fisiología

El beneficio que aporta la simbiosis micorrízica a las plantas está determinado por la actividad del micelio externo del hongo, ya que éste posee una mayor capacidad de absorción de nutrientes del suelo mediante una extensa red de hifas que el hongo pueda generar. De este modo, la actividad del micelio coadyuva en la función de la raíz sobre todo cuando ésta ha agotado los nutrientes de la zona del suelo adyacente. Además de este beneficio la simbiosis, también puede participar como agente de biocontrol al ataque de patógenos. Como se ve, el beneficio no sólo se debe al establecimiento de los hongos en el sistema radical, sino que también intervienen diversos factores edáficos y ambientales. A pesar de que las plantas reciben beneficios que afectan directamente su fisiología, se genera una interfase que favorece el intercambio nutrimental entre los dos simbioses. (Smith; Gianinazzi-Pearson; Koide; Cairney, 1994) Este tipo de actividad fúngica representa un costo para la planta y es el aporte de fuentes energéticas carbonadas, para que se facilite la actividad metabólica del hongo. Se ha hecho la estimación de que aproximadamente entre 10 y 30 % de los fotosintatos producidos se requieren para la formación, mantenimiento y funcionalidad de las estructuras micorrízicas (Marschner y Dell, 1994), generándose así un sistema de beneficio mutuo. De manera general, la actividad y el beneficio de los hongos micorrízicos son mayores cuando éstos se encuentran en suelos con deficiencias en fósforo; en esta situación las plantas con inoculación presentan mayores tasas de crecimiento que aquéllas sin el hongo. El principal beneficio que las plantas reciben de los hongos micorrízicos es la aportación de fósforo. Otro mecanismo relacionado con el incremento en la capacidad de absorción de fósforo se refiere a la eficiencia con la que las raíces micorrizadas exploran el perfil del suelo, mediante la capacidad de extensión de las hifas más allá de la zona de agotamiento que

rodea a las raíces absorbentes y sus pelos radicales (Abbott y Robson, 1991). Así, la modificación de las propiedades de absorción nutrimental de las raíces micorrizadas depende de: a) el desarrollo de hifas en el suelo, b) absorción de fósforo por las hifas, c) traslocación del fósforo a través de las hifas a distancias considerables y d) la transferencia del fósforo desde el hongo hacia las células radicales. (Bolan, 1991)

Entre ambos componentes de la simbiosis se establecen diversos procesos fisiológicos y bioquímicos, de modo que la planta hospedante puede presentar cambios en la morfología de la raíz (Hetrick, 1991). Este aspecto al parecer está relacionado con la capacidad que tienen los hongos micorrízicos para producir hormonas como ácido abscísico, giberelinas, auxinas y citoquininas. También podemos destacar estudios que sugieren que las plantas micorrizadas utilizan el nitrógeno de una manera más eficiente, fenómeno que tiene la exudación de iones hidrógeno tanto por las hifas como por las raíces, esto puede reducir el pH de la rizósfera y así aumentar la disponibilidad de fósforo provenientes de fuentes de lenta solubilidad como la roca fosfórica. (Duchicela y González, 2003)

### **3.2.3. Tipos de interfase**

Uno de los requisitos para el movimiento de los nutrientes entre los simbioses es el desarrollo de una interfase distintiva, la cual es modificada, estructural y funcionalmente, para promover la transferencia. En una asociación el desarrollo de la simbiosis es un proceso dinámico, el cual puede resultar en la formación de diferentes tipos de interfaces en diferentes tiempos y que la función de estas interfaces puede variar considerablemente. Generalmente, son dos tipos de interfase que están involucradas en el transporte de

nutrientes entre los simbioses, denominados intercelular e intracelular. El desarrollo intercelular es ejemplificado por asociaciones ectomicorrízicas, en las cuales el contacto entre el hongo y el hospedante puede ser entre la envoltura del hongo y la capa externa de células de la raíces o entre las células corticales y la hifa de la red de “Harting” (o ambos). Solo en estados tardíos de desarrollo el hongo penetra en las células corticales de la raíz.

En algunas asociaciones se ramifica la hifa intercelularmente, penetra la pared de la célula hospedante y crece entre ésta, formando la fase intracelular tales como arbuscúlos o hifas. En muchos de los casos es únicamente la pared, que es penetrada, la membrana plasmática de la célula hospedante mantiene intacta de tal manera que el microsimbionte se encuentra en el apoplasto intercelular. En algunas asociaciones de micorrizas vesículo arbusculares, la fase intercelular es reducida, la hifa pasa directamente de una célula cortical a otra, formando espirales o arbuscúlos. (Smith; Gianinazzi-Pearson; Koide; Cairney, 1994)

#### **3.2.4. Tipos de micorriza**

En la naturaleza existen seis tipos bien definidos de micorriza y su distribución esta influenciada por aspectos ecológicos relacionados con el clima, disponibilidad nutrimental y especificidad hacia algunas familias de plantas pero en si, los dos tipos de micorriza más importantes desde el punto vista forestal, agrícola, frutícola y hortícola son: la ectomicorriza y la endomicorriza arbuscular (Internet 5)

### **3.2.5. Características de la ectomicorriza**

Esta se forma en las raíces, es posible observarla a simple vista y se pueden encontrar diferentes formas que van desde una estructura simple, bifurcada, coraloide hasta pinnada, mismas que se pueden caracterizar por el color que presentan. En la ectomicorriza, el micelio de los hongos formadores de esta estructura, recubren las raíces laterales (manto fúngico) y que al penetrar la epidermis, entre las células corticales, el micelio crece de tal forma que forma una extensa red de hifas denominada red de Harting. Así, el micelio que esta fuera de la raíz contribuye en la absorción de agua y nutrimentos a partir del suelo, los cuales son dirigidos hacia el interior de la raíz, de forma que la planta los aprovecha en forma más eficiente. (Internet 6) A su vez, los hongos ectomicorrízicos, a través de su micelio externo, pueden llegar a generar cuerpos fructíferos, tanto en la superficie del suelo como subterráneos y pueden ser utilizados para la identificación de las diversas especies de hongos. La ectomicorriza es una simbiosis obligada, es decir, la planta de pino o cualquier conífera, no es capaz de crecer si no es colonizada por los hongos formadores de esta estructura. A pesar de encontrarse en la naturaleza más de 1500 especies de hongos formadores de ectomicorriza que están incluidos en diferentes grupos. Estos hongos presentan cierta especificidad hacia árboles tanto de clima templado como tropical. (Internet 6)

### **3.2.6. Micorriza vesículo arbuscular**

La MVA (Micorriza Vesículo Arbuscular) es una asociación mutualista que se establece entre la raíz de la planta superior y ciertos hongos del suelo. Se trata de una simbiosis universal, ya que el 95% de las especies vegetales la establecen de forma natural



en hábitats muy diversos. El mutualismo supone una relación beneficiosa para ambos simbios: el hongo micorrícico suministra a la planta nutrientes minerales y agua que extrae del suelo, a través de su red externa de hifas, mientras que la planta proporciona al hongo carbohidratos producidos por la fotosíntesis. El hongo coloniza biotróficamente la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta, llegando a ser fisiológica y morfológicamente, parte integrante de dicho órgano. Los hongos MVA son un importante grupo de microorganismos del suelo que contribuyen sustancialmente al establecimiento, productividad, y longevidad de ecosistemas, tanto artificiales como naturales. Estos hongos son abundantes bajo cualquier rango de fertilidad del suelo, aunque el grado de colonización micorrítica aumenta cuando la fertilidad declina (Wilcox, 1996).

Los hongos arbusculares no producen cambios visibles en la morfología de la raíz de sus hospederos. Su presencia puede ser detectada mediante observaciones al microscopio óptico después de realizar un proceso de tinción del micelio que se encuentra dentro de las células. Esta asociación simbiótica ayuda a la planta en la absorción de los nutrientes, permitiendo que la raíz posea un mecanismo alternativo que explore mayor volumen de suelo. Este micelio puede formar estructuras microscópicas que favorecen la propagación de los hongos, éstas son las esporas que pueden estar libres o agrupadas. Una vez que alguna hifa del hongo penetra la raíz, crece a lo largo del tejido radical y llega a formar estructuras típicas de esta simbiosis.

### **3.2.7. Taxonomía**

Las micorrizas tipo arbuscular, tienen la siguiente taxonomía. (Sieverding, 1984), (Schubler, 2001)

**Tabla 3.4: Principales taxomas de la micorriza vesículo arbuscular.**

<b>Clase</b>	Glomeromycetes
<b>Orden</b>	Glomerales, Paraglomerales, Archaeosporales, Diversisporales
<b>Familia</b>	Glomeraceae, Paraglomeraceae, Archaeosporaceae, Diversisporaceae, Acaulosporaceae, Gigasporaceae.
<b>Géneros</b>	Glomus, Paraglomus, Archaeospora, Geosiphon, Acaulospora, Entrophospora, Gigaspora, Scutellospora.

### 3.2.8. Morfología externa

La MVA está rodeada por una red de hifas que puede extenderse en el suelo hasta 100 cm. Las hifas crecen a lo largo de la superficie de la raíz adherida a la epidermis. Sin embargo, ellas no son lo suficientemente abundantes para formar un manto fúngico comparable a las micorrizas ectotróficas. Las hifas externas son dimórficas y están compuestas por una pared irregular y gruesa. Las hifas no septadas de ramas laterales poseen una pared más delgada. Las ramas laterales son de corta vida y vuelven a septarse cuando ellas mueren. Las hifas del suelo son capaces de producir vesículas y esporas de gruesa pared.

La infección de MVA produce una muy pequeña o ninguna modificación en la morfología externa de la raíz. En algunas especies como maíz, arveja, cebolla, tomate, o varias solanáceas, las micorrizas pueden ser reconocidas por su color amarillo luminoso que contrasta grandemente con las raíces micorrizadas blancas. Este color desaparece rápidamente en exposición a la luz; sin embargo, no es aparente en especies con raíces gruesas. En algunas especies, las raíces micorrizadas pueden ser más gruesas, quebradizas, torcidas y ramificadas, pero estas diferencias normalmente son de menor valor al

diferenciar raíces infectadas de las no infectadas. Una falta o una reducción del número de pelos radicales también se han atribuido a la infección por MVA. (Internet 7)

### **3.2.9. Morfología interna**

La presencia de micelio intracelular se caracteriza por formar estructuras dentro de la raíz que son los arbusculos y las vesículas. Las hifas penetran las células de la epidermis de raíces jóvenes. La hifa puede crecer por completo intracelularmente o su crecimiento puede ser principalmente intercelular, lo cual es posible que dependa de la especie hospedera. Las hifas son sumamente variables en tamaño e irregulares en forma; la anastomosis (rollos complejos), y las vueltas cerradas ocurren entre y dentro de las células. (Internet 7)

#### **3.2.9.1. Arbúsculos**

Son normalmente terminales, se forman cuando una hifa penetra la pared celular de la raíz y se llega a establecer el tronco principal, se presenta una ramificación continua en forma dicotómica y se forma el arbúsculo, pero en algunos huéspedes se forman lateralmente en hifas. Usualmente son encontrados en la corteza interna; son formados a partir de una hifa penetrante que repetidamente forma una estructura de tipo arbustiva con ramas progresivamente más gruesas. (Wilcox, 1996) Las últimas ramas tienen menos de una micra de diámetro y son difíciles de ver con el microscopio de luz. Ciertos cambios tienen lugar en el contenido de células en el que se forma el arbúsculo, el almidón desaparece y los núcleos se agrandan considerablemente. El núcleo puede volverse más de dos veces su tamaño normal en algunos huéspedes, y también puede dividirse. (Internet 7)

### **3.2.9.2. Vesículas**

Las vesículas son normalmente ovaladas, terminales y estructuras esféricas que contienen gotas de un aceite amarillento. Ellas son íter o intracelulares, dependiendo de la especie del huésped. Las vesículas funcionan como órganos de alimentación y almacenamiento de energía en forma de lípidos y azúcares; además, también ellas pueden formar clamidosporas de gruesa pared asumiendo una función reproductora. (Gerdeman, 1968)

### **3.2.10. Etapas de la simbiosis**

Las principales etapas de la simbiosis entre los hongos endomicorrizicos y las plantas se resumen en cinco hechos claves del proceso (Barea, 1999).

#### **3.2.10.1. Activación de los propágulos del hongo**

La raíz de una planta susceptible con un ambiente adecuado, puede infectarse con micorrizas, si está presente una estructura infectiva del hongo (Esporas, raíces micorrizadas previamente e hifas que sobreviven en el suelo), las cuales son estimuladas al germinar la raíz. La infección micorrícica, se produce más rápidamente a partir de raíces micorrizadas que a partir de esporas y en menor grado de hifas.

### **3.2.10.2. Estimulación rizosférica**

Existe una estimulación de las hifas, especialmente de las procedentes de esporas en germinación, cuando llegan a la rizósfera, por la presencia de exudados radicales, esto se visualiza por la formación de una estructura de preinfección que consiste en una especie de abanico de hifas cortas y gruesas, que se tabican si no se logra infectar la raíz. (Barea, 1999)

### **3.2.10.3. Unión y penetración de la hifa**

Una vez que la hifa infectiva llega a la superficie de la raíz, se forma un apresorio sobre las células de la epidermis, el número de puntos de entrada por la longitud de raíz es muy variable y se han descrito hasta 20 por mm. de raíz.

### **3.2.10.4. Progresión de la infección**

El hongo que ha penetrado en o entre las células epidérmicas, coloniza la corteza de la raíz mediante hifas que se distribuyen y ramifican ínter e intracelularmente. A los dos o tres días de iniciada la infección y por división dicotómica repetida de hifas intracelularmente se forman los arbuscúlos y cuando se ha establecido el micelio interno se forman las vesículas. La duración de este proceso dura entre diez días a varias semanas, hasta que la distribución del hongo en la raíz sea uniforme, dependiendo de las condiciones físicas y químicas del suelo (Sieverding, 1984).

### **3.2.10.5. Crecimiento del micelio externo**

Simultáneamente al desarrollo intraradical del hongo, las hifas de penetración se ramifican exteriormente y dan lugar a una red tridimensional de micelio. A través del micelio externo, el hongo absorbe los nutrientes y los transporta a la raíz y es en este momento cuando la simbiosis empieza a funcionar en forma benéfica para la planta, después de uno a cuatro meses el hongo forma esporas asexuales en el micelio externo. (Sieverding, 1984)

### **3.2.11. Absorción de macro y micronutrientes**

#### **3.2.11.1. Fósforo (P)**

La MVA puede mejorar considerablemente el suministro de P para la planta hospedante mediante el uso de la capacidad absorbente de la extensa red de hifas externas asociadas a la raíz infectada. Las hifas ligadas a la raíz, se extienden más allá de la zona de agotamiento de fósforo que se desarrolla en los suelos que presentan deficiencias, ya que la raíz absorbe iones fosfato más rápidamente de lo que se pueden difundir por el suelo para reabastecer el suministro a nivel de la superficie de la raíz. El movimiento de fosfatos que está mediado por las micorrizas ocurre en tres etapas: la absorción por la hifa en el suelo, la translocación a la hifa dentro de la corteza radical mediante los puntos de entrada y la liberación hacia la planta. El hongo probablemente toma el fosfato del suelo, principalmente en la forma de iones ortofosfato. (Internet 5)

Se cree que la translocación de este fosfato a la raíz ocurre principalmente mediante flujo citoplasmático de los gránulos polifosfatados en las vacuolas del hongo. La MVA mejora sustancialmente el crecimiento de las plantas a las cuales se les ha suministrado fuentes de fósforo relativamente insolubles. Por consiguiente, las micorrizas aseguran una mejor utilización del fósforo disponible.

El fosfato está presente en el suelo en tres formas: a) fósforo inorgánico soluble, b) fósforo inorgánico insoluble encontrado en estructuras cristalinas, y c) componentes orgánicos. El fósforo en el suelo es relativamente inmóvil y se difunde lentamente a las raíces de la planta. Es importante señalar que, en suelos con baja disponibilidad de este elemento, las zonas de depleción se desarrollan alrededor de las raíces. En los suelos la cantidad de P que es disponible es poca y la cantidad es cerca del 1 al 5% del total del contenido de P. (Internet 5)

### **3.2.11.2. Nitrógeno**

Las investigaciones de fijación de nitrógeno en plantas infectadas con MVA han sido realizadas en leguminosas. Cuando la MVA esta presente mejora la nutrición de fósforo en la planta hospedante, esto puede corresponder a un incremento en la nodulación, fijación de N<sub>2</sub> y desarrollo. En vista de los altos requerimientos de fósforo para la nodulación, muchas especies de leguminosas que se desarrollan en suelos bajos de P son altamente dependientes de la infección de la MVA, sin embargo, la simbiosis impone una gran competencia por los fotosintatos, usualmente a expensas del crecimiento de las raíces. De acuerdo a los efectos benéficos en la fijación con Nitrógeno son uno u otro confinados a suelos con bajo fósforo. (Internet 5)

### **3.2.11.3. Micronutrientes**

La movilidad de Cu, Zn, Mn y Fe en suelos es baja. Como resultado, la toma de estos nutrientes por las raíces es limitada. Cuando no hay adición de estos micronutrientes al suelo, la disponibilidad es aún más baja y se forman zonas de depleción alrededor de las raíces. Las plantas micorrizadas pueden tomar más nutrientes vía hifa extraradical, la cual ocupa grandes áreas de superficie. La toma de Zn está influenciada por la distribución y longitud de la hifa. La alta densidad de la hifa en el suelo presenta una gran superficie de absorción, acorta distancias de los metales para difundirse y la efectividad de plantas micorrizadas para absorber nutrientes metales poco móviles, se potencia notablemente.

### **3.2.12. Efecto en el nivel hormonal de la planta**

Las micorrizas promueven la formación de fitohormonas permitiendo un mejor desarrollo de las plantas. (Dorrego; Hernández, 2000) indica que la MVA es capaz de producir compuestos de naturaleza hormonal, aunque se desconoce si estos compuestos son absorbidos por la planta hospedera. Señala que la MVA altera el nivel de sustancias reguladoras del crecimiento en los tejidos de las plantas y su transporte de unos tejidos a otros. En la mayoría de los casos, parece existir un efecto hormonal, pero resulta extremadamente difícil diferenciar los efectos producidos por las hormonas del hongo, de los producidos por las hormonas vegetales y los producidos indirectamente por el estado nutricional de las plantas como consecuencia de la micorrización.

La citoquinina, promueve la síntesis de proteínas, la división y la expansión celular; además desempeña un papel importante como mediadora de la correlación entre las



concentraciones de fósforo y las funciones de la planta, como pueden ser, el desarrollo vegetativo, la fotosíntesis y el almacenamiento de almidón. Se dice que estas fitohormonas son las mediadoras más importantes de la infección con endomicorrizas por ser sintetizadas primariamente en los meristemos radicales. Un aumento en el número y actividad de los primordios, puede inducir un aumento en la producción de citoquinina. La micorrización, al igual que la aplicación de fósforo al suelo, produce un aumento del crecimiento de la planta y de la raíz, y, por tanto, del número de extremos o primordios radicales.

Los niveles de etileno que estimulan la formación y desarrollo de las MVA pueden estar relacionados con la resistencia de la planta hospedera 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. (Dorrego; Hernández, 2000)

El sinergismo con otros microorganismos es otro de los puntos importantes. El fomento de la mineralización de la materia orgánica que se encuentra alrededor de la rizósfera con microorganismos que pueden solubilizar los fosfatos como *Bacillus*, *Pseudomonas*, y la intervención de bacterias fijadoras de nitrógeno mejoran la transformación del P y el N para una mejor síntesis dentro de la planta.

### **3.2.13. Especificaciones del inóculo**

Géneros presentes en el producto (Micorrizafer): Glomus, Acaulospora, Entrophospora, Scutellospora. La presentación viene de diez kilos, la concentración mínima es de 230 esporas por gramo de producto, la vida útil es seis meses.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

#### 4.1.1. Ubicación geográfica

El proyecto se llevo a cabo en huertos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias I.A.S.A. que esta ubicado en:

PROVINCIA: PICHINCHA

CANTON: RUMIÑAHUI

PARROQUIA: LORETO

HACIENDA: EL PRADO

El terreno tiene una pendiente del 1.5% , el pH es de 5.95 y la textura del suelo es franco.

#### 4.1.2. Características agroclimáticas

**Tabla 4.1: Características agroclimáticas de la zona donde se llevo a cabo el experimento.**

Temperatura media	14.25 °C
Temperatura máxima	20.09 °C
Temperatura mínima	8.25 °C
Precipitación anual	1223.68 mm.
Altitud	2750m.s.n.m.

## **4.2. MATERIALES**

### **4.2.1. Materiales de campo**

- Semilla de zanahoria variedad Nantes cultivar Express y variedad Chantenay cultivar Royal
- Inoculo comercial (Micorrizafer)
- Azadillas
- Análisis de suelo
- Fertilizantes
- Botas de caucho
- Guantes plásticos
- Mascarilla
- Bomba de mochila
- Balanza
- Flexómetro
- Vernier
- Equipo de riego
- Cámara fotográfica
- Regadera
- Rastrillo

### **4.2.2. Materiales de laboratorio**

- Vasos plásticos

- Balanza electrónica
- Vasos de precipitación
- Agua destilada
- Porta objetos
- Cubre objetos
- Cajas petri
- KOH
- HCL
- Ácido láctico
- Azul de metileno
- Solución de sacarosa 2M
- Glicerina
- Bisturí
- Gotero
- Microscopio compuesto
- Cámara fotográfica

### **4.3. METODOS**

#### **4.3.1. Factores en estudio**

Los factores en estudio fueron las dosis de micorriza aplicada.

**Tabla 4.2: Dosis y cultivares que se utilizaron en el experimento.**

<b>DOSIS DE MICORRIZA</b>	<b>CULTIVARES</b>
D0= Sin micorriza	V1= NANTES-EXPRESS
D1= 562.5 g de micorriza/cama/10m <sup>2</sup>	V2= CHANTENAY-ROYAL
D2= 1125 g de micorriza/cama/10m <sup>2</sup>	
D3= 1687.5 g de micorriza/cama/10m <sup>2</sup>	
MZ= (Micorriza de la zona) 12000 g /cama/10m <sup>2</sup>	

#### 4.3.2. Tratamientos

Los tratamientos fueron las combinaciones de los dos factores en estudio con un tratamiento que tenía las micorrizas de la zona y un testigo con la fertilización más alta recomendada.

**Tabla 4.3: Descripción de la nomenclatura que se utilizo en el experimento.**

<b>N° DE TRATAMIENTO</b>	<b>NOMENCLATURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
T1	V1D0	Nantes + 0 g de micorrizas
T2	VID1	Nantes + 562.5 g micorriza/cama
T3	V1D2	Nantes + 1125 g micorriza/cama
T4	V1D3	Nantes + 1687.5 g micorriza/cama
T5	V2D0	Chantenay + 0 g de micorriza
T6	V2D1	Chantenay + 562.5 g micorriza/cama
T7	V2D2	Chantenay + 1125 g micorriza/cama
T8	V2D3	Chantenay + 1687.5 g micorriza/cama
T9	V1MZ	Nantes + 12000 g MZ/cama
T10	V2MZ	Chantenay + 12000 g MZ/cama
T11	V1D0	Nantes + Toda la fertilización

### **4.3.3. Procedimientos**

#### **4.3.3.1. Diseño experimental**

##### **1. Tipo de diseño**

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar en arreglo factorial  $2 \times 4 + 3$ .

##### **2. Número de repeticiones**

El ensayo tuvo 3 repeticiones.

#### **4.3.3.2. Características de la unidad experimental**

##### **1. Número de unidades experimentales**

El ensayo constó de 33 unidades experimentales.

##### **2. Área de las camas**

El área total por cama fue de 10 metros cuadrados, con un área neta de 3 metros cuadrados.

### **3. Área del ensayo**

El ensayo tuvo un área de 330 metros cuadrados.

### **4. Forma**

La forma del sembrío fue rectangular, con camas de 1 por 10 metros.

### **5. Distancia de siembra**

La distancia de siembra fue de 20 cm. entre hileras con 8 cm. entre planta, 50 cm. entre camas, con tres hileras de siembra.

### **6. Control de parcelas adyacentes**

El efecto borde de cada unidad experimental lo constituyeron las dos hileras laterales y las primeras cinco plantas de los extremos de cada cama.

#### **4.3.3.3. Análisis estadístico**

##### **1. Esquema del análisis de variancia**



**Tabla 4.4: Esquema del análisis de variancia utilizado en el ensayo.**

<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>
TOTAL	32
REPETICIONES	2
TRATAMIENTOS	10
VARIETADES	1
DOSIS	3
V*D	3
TESTIGO vs RESTO	1
T10 vs T9,T11	1
T9 vs T11	1
ERROR	20

## **2. Análisis funcional**

En el análisis funcional se utilizó la prueba de Tukey al 5% para dosis de micorrizas y tratamientos y DMS al 5% para variedades.

## **3. Regresiones y correlaciones**

Se realizó regresiones y correlaciones de los niveles de micorriza con las diferentes variables en estudio dentro de cada variedad.

#### **4.3.3.4. Análisis económico**

El análisis económico para los tratamientos en estudio se realizó en base a la metodología del análisis de presupuesto parcial según Perrin *et al* (1976), para lo cual se tomaron todos los costos variables.

#### **4.3.4. Toma de datos y método de evaluación**

##### **4.3.4.1. Altura de planta**

La altura de planta se registró en cm. a los 30, 60, 90, 120 días y a la cosecha, se tomaron de las plantas marcadas previamente aleatorizadas, desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más alta con un flexómetro, las alturas entre 30 a 120 días sirvieron para los análisis de regresiones y correlaciones.

##### **4.3.4.2. Numero de hojas**

Se contaron el número de hojas de las plantas marcadas el momento de la cosecha.

##### **4.3.4.3. Diámetro de raíz**

Se utilizó un vernier para medir el diámetro en centímetros, tomado el momento de la cosecha.

#### **4.3.4.4. Longitud de raíz**

Se registro en cm. el momento de la cosecha utilizando un flexómetro en las plantas marcadas.

#### **4.3.4.5. Número de plantas por hilera**

Se contaron las plantas de las hileras centrales de todas las camas el momento de la cosecha.

#### **4.3.4.6. Peso de raíz**

De las plantas marcadas se procedió a pesar todas para luego sacar un promedio del peso de cada una de ellas, estos datos fueron tomados a la cosecha.

#### **4.3.4.7. Peso por cama**

Se pesaron las plantas que se cosecharon en cada cama.

#### **4.3.4.8. Color de raíz**

El color de raíz se determino comparando raíces de cada variedad con la escala colorimétrica de Vilmorin.

#### **4.4. METODOS ESPECIFICOS DEL MANEJO DEL EXPERIMENTO EN CAMPO**

El terreno fue labrado con dos rastradas y una labor de nivelación, posteriormente se trazaron 33 camas de 10 metros de largo por 1 metro de ancho, una vez preparadas las camas se procedió a la fertilización utilizando el 50% de la recomendación comercial, la dosis por cama fue 726.86 g, que contenía una mezcla de nitrógeno, fósforo y potasio calculado según el análisis de suelo previamente realizado y con el doble de fertilización en las tres camas de los testigos, terminada la fertilización se realizó la siembra de las variedades Nantes-Express y Chantenay-Royal, previamente la semilla fue lavada para liberarla de cualquier producto químico que afecte el desarrollo del inóculo de micorrizafer, la incorporación de las micorrizas se practicó a los 27 días de la siembra. La primera actividad para la inoculación de las micorrizas fue regar el área hasta lograr la capacidad de campo, luego se procedió a la aplicación del producto en drench, en suelo suelto; terminado esto en la siguiente actividad, se encendieron los aspersores por 30 minutos para una homogenización en la aplicación. Complementariamente se controló las malezas manualmente con una secuencia quincenal para evitar su proliferación, el raleo se realizó 45 días después de la siembra. A los tres meses de la siembra se aplicó 50 gramos de Koccide y 50 gramos de fertilizante foliar (Rosasol) en todo el ensayo (330 m<sup>2</sup>), el Koccide es un protectante de contacto que no afecta el normal desarrollo de la micorriza. Los datos de altura de planta se registraron en las fechas indicadas. La cosecha se realizó a los 137 días de la siembra y aquí se tomaron los datos de cada una de las variables en estudio.

#### **4.5. METODOS DEL MANEJO EN EL LABORATORIO**

Como se menciona anteriormente el experimento tuvo dos fases: una de campo y otra en laboratorio en donde se comprobó la presencia de micorriza en el cultivo de zanahoria, las muestras se tomaron diferenciando cada uno de los tratamientos y se siguió el siguiente protocolo para la observación del microorganismo.

Se extrajo de la planta las raíces teniendo cuidado de no causar daño, luego lavándolas en un tamiz para reducir la pérdida de raíces. Las muestras fraccionadas se depositaron en vasos desechables en donde se les aplicó KOH al 10% hasta cubrir los trozos de raíz, aquí permanecieron por 24 horas, luego se lavaron tres veces con agua destilada finalmente se aplicó HCl 1 N por un tiempo de 15 minutos, con el propósito de blanquear la muestra, luego se retiró el exceso de HCl con agua destilada. A las muestras preparadas se les agregó azul de metileno 0.05% en lactoglicerol por un día, posteriormente se lavaron con agua destilada tres veces y se dejaron en lactoglicerina por un día, para extraer el exceso de colorante. La observación al microscopio permitió identificar la infección de las raíces y la asociación planta hongo, las raíces que presentaron las micorrizas eran las que habían sido inoculadas mientras que las plantas que tenían una dosis de cero no presentaban la infección. En los campos infectivos se observaron las estructuras del hongo como son: arbusculos, hifas, vesículas y esporas en formación.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. ALTURA DE PLANTA

Al establecer el análisis de variancia para altura de planta, no se detecto diferencia estadística entre repeticiones mientras; que los tratamientos se diferenciaron a nivel del 1%, desglosando los grados de libertad entre tratamientos se encontró diferencias para variedades y en la comparación T10 vs T9, T11 al nivel del 1%. (Cuadro 5.1)

**Cuadro 5.1: Análisis de variancia para altura de planta de dos variedades de zanahoria (*Daucus Carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo. I.A.S.A. Rumiñahui, Pichincha, 2005.**

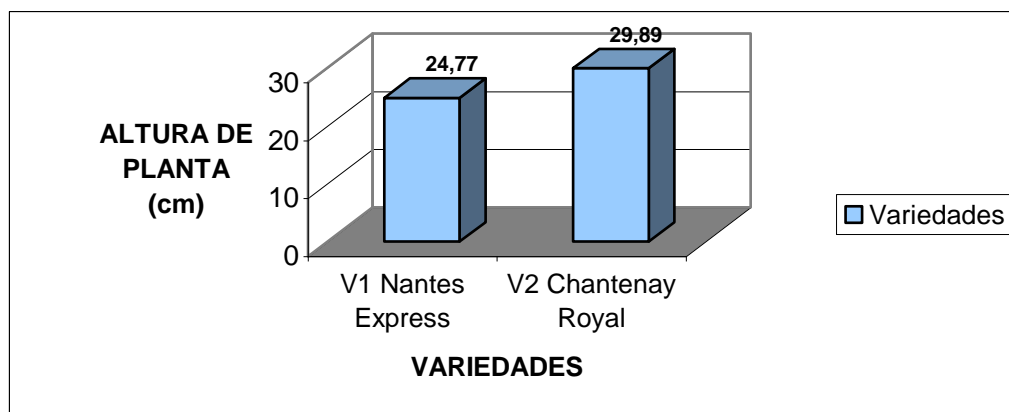
FUENTES DE VARIACIÓN	GL	ALTURA DE PLANTA (cm.)		
		Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F
TOTAL	32	573.21		
REPETICIONES	2	27.42	13.71	1.45 <sub>ns</sub>
TRATAMIENTOS	(10)	356.31	35.63	3.75 <sup>**</sup>
VARIETADES	1	157.13	157.13	16.60 <sup>**</sup>
DOSIS	3	66.95	22.31	2.36 <sub>ns</sub>
V*D	3	38.78	12.93	1.37 <sub>ns</sub>
TESTIGO vs RESTO	1	2.07	2.07	0.22 <sub>ns</sub>
T10 vs T9,T11	1	85.50	85.50	9.02 <sup>**</sup>
T9 vs T11	1	5.86	5.86	0.62 <sub>ns</sub>
ERROR	20	189.48	9.47	
X (cm.)	27.17			
CV(%)	11.33			

El promedio general de la altura de planta de zanahoria fue de 27.17 cm, con un coeficiente de varianza de 11.33%.

La variedad Chantenay-Royal manifestó tener una mayor altura de planta que Nantes-Express característica que se refleja también en la comparación T10 vs T9 - T11, por lo tanto la altura de planta es una característica exclusivamente varietal. (Cuadro 5.2)

**Cuadro 5.2: Comportamiento de la altura de planta en dos variedades de zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo. DMS al 5%.**

VARIETADES	ALTURA DE PLANTA (cm.)	
V1 Nantes-Express	24.77	b
V2 Chantenay-Royal	29.89	a



**Figura 5.1: Altura de planta comparativa de dos variedades de zanahoria.**

En el Cuadro 5.3, se presentan las dosis de micorrizas, apreciando un leve incremento de la altura de planta a medida que se incrementa la dosificación de micorrizas a 1125 gramos, para luego presentar un leve decremento pero sin diferenciarse estadísticamente.

**Cuadro 5.3: Efecto de las dosis de micorrizas sobre altura de planta en el cultivo de la zanahoria.**

DOSIS	ALTURA DE PLANTA (cm.)
D0= 0 g de micorriza	25.02
D1= 562.5 g de micorriza/cama	26.92
D2= 1125 g de micorriza/cama	29.68
D3= 1687.5 g de micorriza/cama	27.69

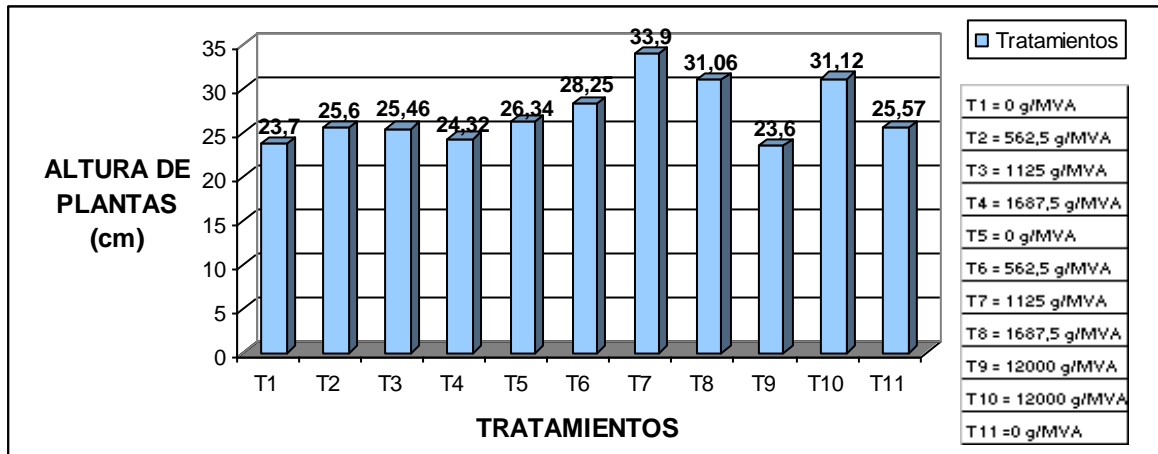
**Cuadro 5.4: Prueba de Tukey al 5% para altura de planta en zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de cuatro dosis de micorriza.**

TRATAMIENTOS	ALTURA DE PLANTA (cm.)	
T1 Nantes + 0 g de micorrizas	23.70	b
T2 Nantes + 562.5 g micorriza/cama	25.60	ab
T3 Nantes + 1125 g micorriza/cama	25.46	ab
T4 Nantes + 1687.5 g micorriza/cama	24.32	b
T5 Chantenay + 0 g de micorriza	26.34	ab
T6 Chantenay + 562.5 g micorriza/cama	28.25	ab
T7 Chantenay + 1125 g micorriza/cama	33.90	a
T8 Chantenay + 1687.5 g micorriza/cama	31.06	ab
T9 Nantes + 12000 g MZ/cama	23.60	b
T10 Chantenay + 12000 g MZ/cama	31.12	ab
T11 Nantes + Toda la fertilización	25.57	ab

Al analizar los resultados se determinó que la menor altura de planta corresponde a la variedad Nantes-Express inoculada con micorrizas de la zona; mientras que, la mayor altura se registró en la variedad Chantenay-Royal con 1125 gramos de micorriza por cama.



Por otro lado vale, manifestar que dentro de la variedad Chantenay-Royal la menor altura de planta también se obtuvo cuando no se inoculó la micorriza arbuscular, esto nos permite afirmar que la inoculación con micorriza es una alternativa para mejorar el desarrollo del cultivo de la zanahoria. (Cuadro 5.4)



**Figura 5.2: Comparación de la altura de planta en once tratamientos en el cultivo de zanahoria**

## 5.2. NUMERO DE HOJAS POR PLANTA

El análisis de variancia para número de hojas no presentó diferencias estadísticas para ninguna fuente de variación ni al desglosar los grados de libertad para tratamientos. (Cuadro 5.5)

El promedio general para el número de hojas por planta en el cultivo de zanahoria fue de 14.30 mientras que el coeficiente de variancia alcanzó 11.67%. (Cuadro 5.5)

**Cuadro 5.5: Análisis de variancia para número de hojas en dos variedades de zanahoria (*Daucus Carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	NUMERO DE HOJAS		
		Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F
TOTAL	32	82.38		
REPETICIONES	2	12.70	6.35	2.28 <sub>ns</sub>
TRATAMIENTOS	(10)	13.96	1.40	0.50 <sub>ns</sub>
VARIEDADES	1	0.26	0.26	0.09 <sub>ns</sub>
DOSIS	3	5.22	1.74	0.62 <sub>ns</sub>
V*D	3	4.48	1.49	0.54 <sub>ns</sub>
TESTIGO vs RESTO	1	0.03	0.03	0.01 <sub>ns</sub>
T10 vs T9,T11	1	3.73	3.73	1.33 <sub>ns</sub>
T9 vs T11	1	0.24	0.24	0.09 <sub>ns</sub>
ERROR	20	55.72	2.78	
X (N°)	14.30			
CV(%)	11.67			

Prácticamente los dos genotipos presentan similar número de hojas. (Cuadro 5.6)

**Cuadro 5.6: Número de hojas de dos variedades de zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.**

VARIEDADES	NUMERO DE HOJAS
V1 Nantes-Express	14.43
V2 Chantenay-Royal	14.21

En el Cuadro 5.7, no se aprecia un efecto considerable de las dosis de micorrizas sobre el número de hojas; sin embargo, se puede apreciar un menor número en el testigo, donde no hubo inoculación.

**Cuadro 5.7: Efecto de la dosis de micorrizas en el número de hojas por planta de zanahoria (*Daucus carota*).**

DOSIS	NUMERO DE HOJAS
D0= 0 g de micorriza	13.95
D1= 562.5 g de micorriza/cama	15.12
D2= 1125 g de micorriza/cama	14.05
D3= 1687.5 g de micorriza/cama	14.16

**Cuadro 5.8: Promedios del número de hojas por planta de zanahoria (*Daucus carota*), bajo la inoculación de cepas micorriza en campo para cada tratamiento. Tukey al 5%.**

TRATAMIENTOS	NUMERO DE HOJAS
T1 Nantes + 0 g de micorriza	14.08
T2 Nantes + 562.5 g micorriza/cama	14.83
T3 Nantes + 1125 g micorriza/cama	14.85
T4 Nantes + 1687.5 g micorriza/cama	13.93
T5 Chantenay + 0 g de micorriza	13.81
T6 Chantenay + 562.5 g micorriza/cama	15.40
T7 Chantenay +1125 g micorriza/cama	13.25
T8 Chantenay +1687.5g micorriza/cama	14.39
T9 Nantes + 12000 g MZ/cama	13.60
T10 Chantenay + 12000 g MZ/cama	15.16
T11 Nantes + Toda la fertilización	14.00

De igual forma a lo ocurrido en el Cuadro 5.7, tampoco se detecto diferencias estadísticas para tratamientos; los promedios más bajos para número de hojas se presentan inoculando micorrizas, esto nos indica que el número de hojas esta en función de características genéticas de los cultivares en estudio, por lo tanto no se manifestó ningún efecto significativo. (Cuadro 5.8)

### 5.3. DIAMETRO DE RAIZ

En el Cuadro 5.9, donde se presenta el análisis de variancia para diámetro de raíz se detecto diferencias estadísticas al nivel del 1% para repeticiones y para tratamientos, al desglosar los grados de libertad por tratamientos las diferencias estadísticas están presentes en variedades y en la comparación T10 vs T9, T11, ambas al nivel del 1% en la diferencia estadística.

**Cuadro 5.9: Análisis de variancia para diámetro de raíz en dos variedades de zanahoria (*Daucus Carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.**

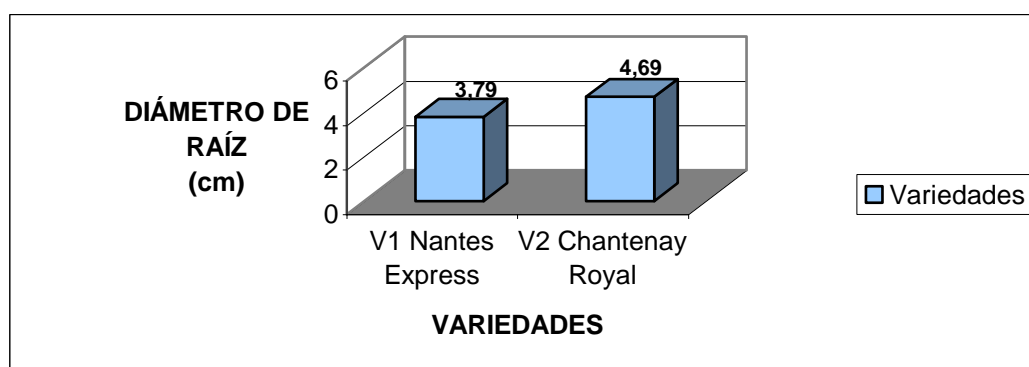
FUENTES DE VARIACIÓN	GL	DIAMETRO DE RAIZ (cm.)		
		Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F
TOTAL	32	12.07		
REPETICIONES	2	1.85	0.93	9.60 <sup>**</sup>
TRATAMIENTOS	(10)	8.29	0.83	8.60 <sup>**</sup>
VARIETADES	1	4.91	4.91	51.18 <sup>**</sup>
DOSIS	3	0.26	0.09	0.94 <sub>ns</sub>
V*D	3	0.23	0.08	0.08 <sub>ns</sub>
TESTIGO vs RESTO	1	0.21	0.21	2.15 <sub>ns</sub>
T10 vs T9, T11	1	2.58	2.58	26.77 <sup>**</sup>
T9 vs T11	1	0.08	0.08	0.82 <sub>ns</sub>
ERROR	20	1.93	0.096	
X (cm.)	4.19			
CV(%)	7.41			

El promedio general para el diámetro de raíz es de 4.19 cm. mientras que el coeficiente de variación es de 7.41%.

**Cuadro 5.10: Diámetro de raíz de dos variedades de zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo. DMS al 5%.**

<b>VARIEDADES</b>	<b>DIAMETRO DE RAIZ (cm.)</b>
V1 Nantes-Express	3.79 b
V2 Chantenay-Royal	4.69 a

Chantenay-Royal presentó un mayor diámetro con relación a Nantes-Express; característica que se hace extensiva a la comparación T10 vs T9, T11 por lo tanto el comportamiento diferente del material genético no está dado por la acción de las micorrizas sino por las características propias de los materiales en estudio. (Cuadro 5.10)



**Figura 5.3: Comparación del diámetro de raíz en dos variedades de zanahoria que presentaron significación estadística en el análisis de variancia.**

**Cuadro 5.11: Efecto de la dosis de micorrizas en el diámetro de raíz.**

<b>DOSIS</b>	<b>DIAMETRO DE RAIZ (cm.)</b>
D0= 0 g de micorriza	4.21
D1= 562.5 g de micorriza/cama	4.11
D2= 1125 g de micorriza/cama	4.40
D3= 1687.5 g de micorriza/cama	4.25

En el Cuadro 5.11, se encuentran los promedios de los diámetros de raíz que se manifestaron en las diferentes dosis aplicadas; aunque no mostraron diferencias estadísticas se aprecia un leve incremento en la dosis 2 con 1125 gramos de micorriza para luego decrecer con la mayor dosis aplicada.

**Cuadro 5.12: Prueba de Tukey al 5% para diámetro de raíz de la zanahoria (*Daucus carota*) bajo el efecto de la inoculación de micorriza para cada tratamiento.**

TRATAMIENTOS	DIAMETRO DE RAIZ (cm.)
T1 Nantes + 0 g de micorriza	3.81 bc
T2 Nantes + 562.5 g micorriza/cama	3.75 bc
T3 Nantes + 1125 g micorriza/cama	3.96 abc
T4 Nantes + 1687.5g de micorriza	3.63 c
T5 Chantenay + 0 g micorriza/cama	4.59 ab
T6 Chantenay + 562.5 g micorriza/cama	4.47 abc
T7 Chantenay + 1125 g micorriza/cama	4.84 a
T8 Chantenay + 1687.5 g micorriza/cama	4.86 a
T9 Nantes + 12000 g MZ/cama	3.80 bc
T10 Chantenay + 12000 g MZ/cama	4.82 a
T11 Nantes + Toda la fertilización	3.57 c

Al comparar los tratamientos se observa que el menor diámetro de raíz, se presentó en el tratamiento 11, donde se aplicó toda la fertilización sin la inoculación de micorrizas; por otro lado el mayor diámetro muestra el tratamiento 8 con la variedad Chantenay-Royal y la aplicación de 1687.5 gramos de micorriza, dentro de esta misma variedad el menor diámetro corresponde a la aplicación de 562.5 g de micorriza incrementándose en los dos tratamientos con mayor dosis, esto permite decir que el efecto de la micorriza en la variedad Chantenay permitió el incremento del diámetro. (Cuadro 5.12)

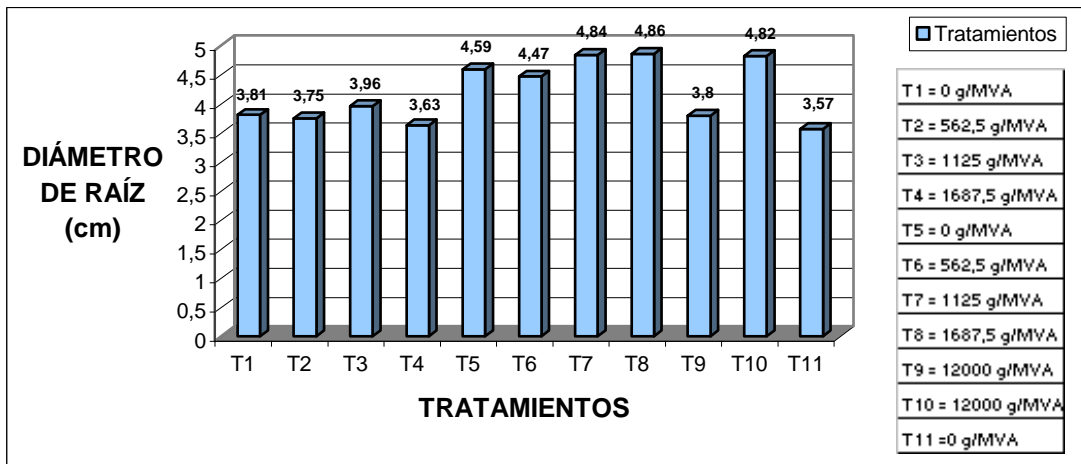


Figura 5.4: Efecto de los tratamientos sobre el diámetro de la raíz de zanahoria.

#### 5.4. LONGITUD DE RAÍZ

Cuadro 5.13: Análisis de variancia para la longitud de raíz de dos variedades de zanahoria (*Daucus Carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	LONGITUD DE RAÍZ (cm.)		
		Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F
TOTAL	32	219.72		
REPETICIONES	2	23.18	11.59	8.31**
TRATAMIENTOS	(10)	168.65	16.87	12.10**
VARIEDADES	1	97.12	97.12	69.67**
DOSIS	3	19.07	6.359	4.56*
V*D	3	8.53	2.845	2.04 <sub>ns</sub>
TESTIGO vs RESTO	1	4.38	4.380	3.14 <sub>ns</sub>
T10 vs T9,T11	1	27.80	27.80	19.94**
T9 vs T11	1	11.73	11.73	8.41**
ERROR	20	27.89	1.394	
X (cm.)	17.32			
CV(%)	6.82			

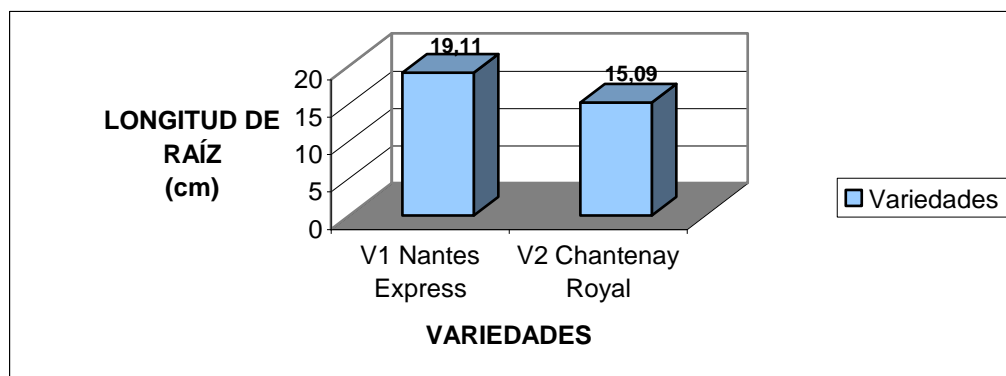
El análisis de variancia para la longitud de raíz presentó diferencias estadísticas al nivel del 1% en repeticiones, tratamientos. Dentro de tratamientos se detectó diferencias al mismo nivel entre variedades, así como también en T10 vs T9, T11 y en T9 vs T11, en las dosis la diferencia estadística fue de 5%. (Cuadro 5.13)

El promedio general para la longitud de raíz es de 17.32 cm y coeficiente de variancia es de 6.82%.

**Cuadro 5.14: Longitud de raíz en dos variedades de zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo. DMS al 5%.**

VARIETADES	LONGITUD DE RAÍZ (cm.)
V1 Nantes-Express	19.11 a
V2 Chantenay-Royal	15.09 b

En el Cuadro 5.14 se aprecia los promedios de la longitud de raíz, Nantes-Express muestra una mayor longitud de raíz con relación a Chantenay-Royal, lo mismo se observa en las comparaciones T10 vs T9, T11 y T9 vs T11; por lo tanto la longitud de raíz es una expresión varietal, que está en función de sus características genéticas.



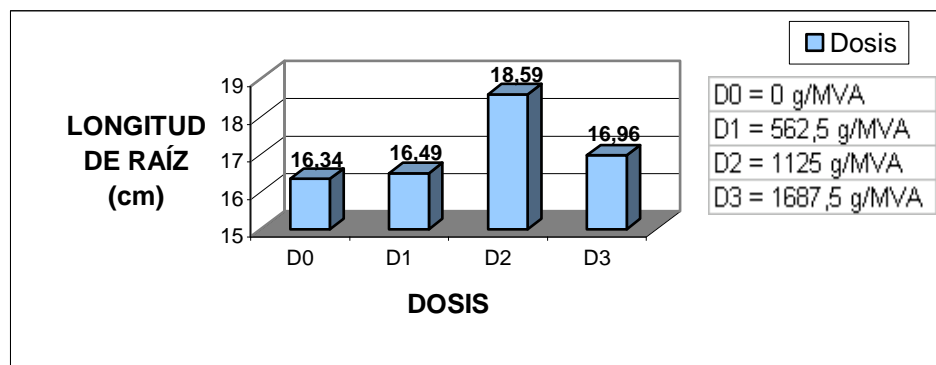
**Figura 5.5: Comparación de la longitud de raíz en dos variedades de zanahoria.**



En el Cuadro 5.15, se muestra como las micorrizas afectan la longitud de raíz, apreciando un incremento con aplicaciones de micorrizas hasta llegar a la dosis 2 en la que se aplico 1125 gramos de micorriza por cama, para luego disminuir con la máxima dosis de 1687.5 gramos de micorriza arbuscular.

**Cuadro 5.15: Efecto de la micorriza sobre la longitud de raíz en la zanahoria. Tukey al 5%.**

DOSIS	LONGITUD DE RAIZ (cm.)
D0= 0 g de micorriza	16.34 b
D1= 562.5 g de micorriza/cama	16.49 b
D2= 1125 g de micorriza/cama	18.59 a
D3= 1687.5 g de micorriza/cama	16.96 ab

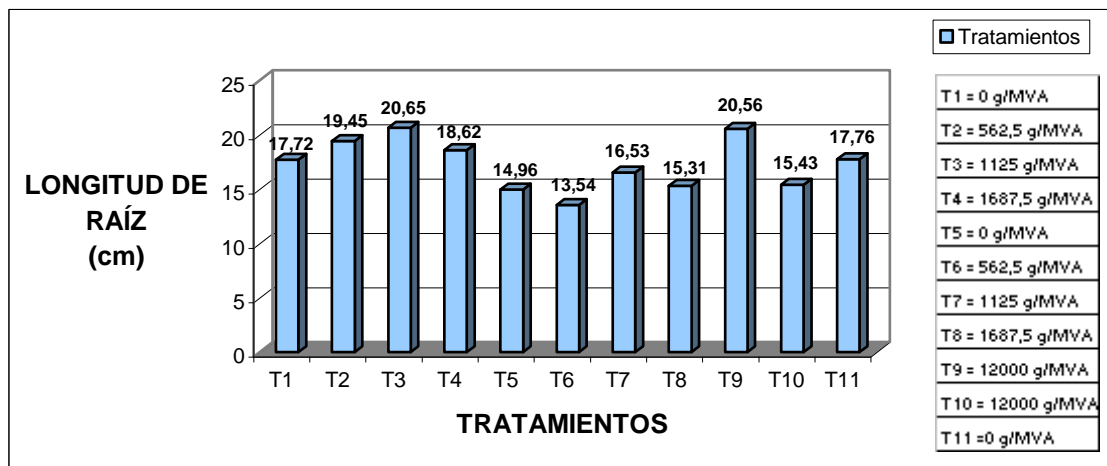


**Figura 5.6: Efecto de las dosis de micorriza sobre la longitud de la raíz de la zanahoria.**

Analizando los tratamientos se determino que la menor longitud de raíz fue para la variedad Chantenay-Royal en el tratamiento 6; mientras que, la mayor longitud se presenta en el tratamiento 3 con 1125 gramos de micorriza, por otro lado la figura 5.7, confirma que la menor longitud de Nantes-Express se tiene cuando no se inoculo micorriza; con esto podemos afirmar, que la micorriza ejerce una acción positiva en el desarrollo de la raíz. (Cuadro 5.16)

**Cuadro 5.16: Promedios de longitud de raíz en zanahoria (*Daucus carota*) bajo el efecto de cepas de micorriza en campo. Tukey 5%.**

TRATAMIENTOS	LONGITUD DE RAIZ (cm.)
T1 Nantes + 0 g de micorriza	17.72 abc
T2 Nantes + 562.5 g micorriza/cama	19.45 ab
T3 Nantes + 1125 g micorriza/cama	20.65 a
T4 Nantes + 1687.5 g micorriza/cama	18.62 abc
T5 Chantenay + 0 g de micorriza	14.96 de
T6 Chantenay + 562.5 g micorriza/cama	13.54 e
T7 Chantenay + 1125 g micorriza/cama	16.53 bcde
T8 Chantenay + 1687.5 g micorriza/cama	15.31 cde
T9 Nantes + 12000 g MZ/cama	20.56 a
T10 Chantenay + 12000 g MZ/cama	15.43 cde
T11 Nantes + Toda la fertilización	17.76 abcd



**Figura 5.7: Promedios de longitud de raíz para los tratamientos en estudio.**

## 5.5. NUMERO DE PLANTAS POR PARCELA UTIL

En el cuadro 5.17, se aprecia el análisis de variancia para número de plantas por parcela útil, mostrando una diferencia estadística al nivel del 1% en repeticiones y al nivel

del 5% para tratamientos, desglosando los grados de libertad para tratamientos, se encontró una diferencia al nivel del 1% para dosis.

El promedio general del número de plantas por hilera fue 50.18 y el coeficiente de variancia fue de 16.60%.

**Cuadro 5.17: Análisis de variancia para número de plantas por parcela útil de dos variedades de zanahoria (*Daucus Carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	NUMERO DE PLANTAS POR PARCELA UTIL (3m <sup>2</sup> )		
		Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F
TOTAL	32	5194.91		
REPETICIONES	2	2109.82	1054.91	15.21 <sup>**</sup>
TRATAMIENTOS	(10)	1697.58	169.76	2.45 <sup>*</sup>
VARIEDADES	1	18.37	18.37	0.26 <sub>ns</sub>
DOSIS	3	1099.12	366.37	5.28 <sup>**</sup>
V*D	3	382.79	127.59	1.84 <sub>ns</sub>
TESTIGO vs RESTO	1	3.28	3.28	0.05 <sub>ns</sub>
T10 vs T9,T11	1	98.00	98.00	1.41 <sub>ns</sub>
T9 vs T11	1	96.00	96.00	1.38 <sub>ns</sub>
ERROR	20	1387.52	69.37	
X (N°)	50.18			
CV(%)	16.60			

La variedad Chantenay-Royal mostró un mayor número de plantas por hilera aunque no se diferencio estadísticamente. (Cuadro 5.18)

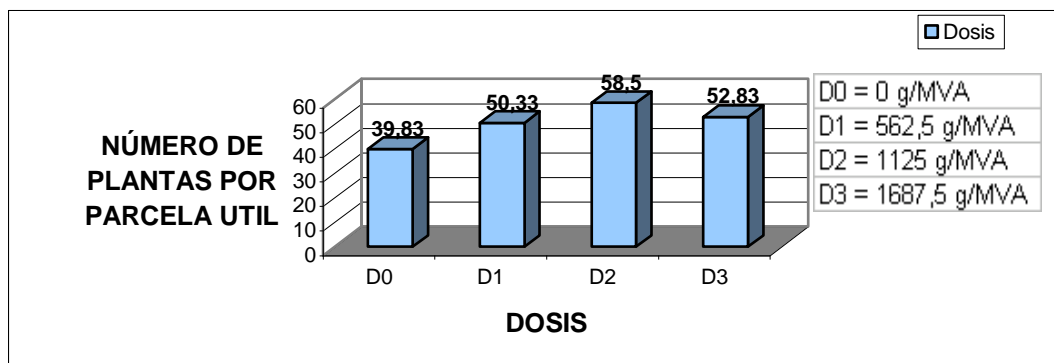
**Cuadro 5.18: Número de plantas por parcela útil de dos variedades de zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.**

VARIETADES	NUMERO DE PLANTAS PARCELA UTIL (3m <sup>2</sup> )
V1 Nantes-Express	49.50
V2 Chantenay-Royal	51.25

En el Cuadro 5.19, podemos apreciar las dosis y los promedios del número de plantas, en el se aprecia un incremento a medida que los niveles de micorriza aumenta, sin embargo cuando llega a los 1125 gramos de micorriza, sufre un decremento con la dosis 3.

**Cuadro 5.19: Efecto de la dosis de micorrizas para el número de plantas por parcela útil en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*).**

DOSIS	NUMERO DE PLANTAS POR PARCELA UTIL (3m <sup>2</sup> )
D0= 0 g de micorriza	39.83 b
D1= 562.5 g de micorriza/cama	50.33 ab
D2= 1125 g de micorriza/cama	58.50 a
D3= 1687.5 g de micorriza/cama	52.83 ab

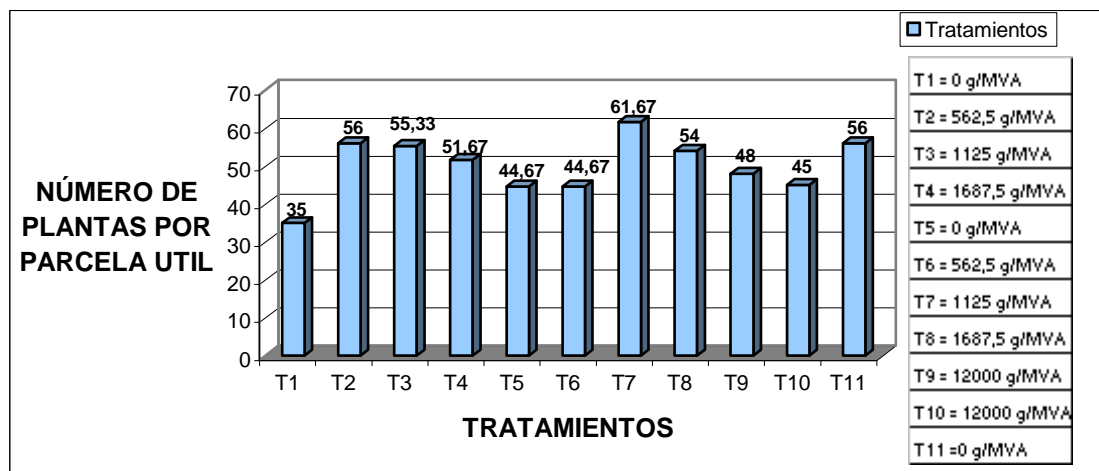


**Figura 5.8: Efecto de las micorrizas sobre el número de plantas por parcela útil.**

**Cuadro 5.20: Prueba de Tukey al 5% para número de plantas por parcela útil en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*) para cada tratamiento.**

TRATAMIENTOS	NUMERO DE PLANTAS POR PARCELA UTIL (3m <sup>2</sup> )
T1 Nantes + 0 g de micorriza	35.00 b
T2 Nantes + 5625 g micorriza/cama	56.00 ab
T3 Nantes + 1125 g micorriza/cama	55.33 ab
T4 Nantes + 1687.5 g micorriza/cama	51.67 ab
T5 Chantenay + 0 g de micorriza	44.67 ab
T6 Chantenay + 562.5 g micorriza/cama	44.67 ab
T7 Chantenay + 1125 g micorriza/cama	61.67 a
T8 Chantenay + 1687.5 g micorriza/cama	54.00 ab
T9 Nantes + 12000 g MZ/cama	48.00 ab
T10 Chantenay + 12000 g MZ/cama	45.00 ab
T11 Nantes + Toda la fertilización	56.00 ab

En el Cuadro 5.20, se observan los tratamientos evaluados en el experimento, en el se aprecia que el menor promedio es de 35 plantas por parcela útil y pertenece al tratamiento sin micorrizas; mientras que, el mejor comportamiento es con la aplicación de 1125 g de micorriza por cama en Chantenay-Royal.



**Figura 5.9: Comparación de los tratamientos en el número de plantas por parcela útil.**

## 5.6. PESO DE RAÍZ DE LAS PLANTAS MUESTREADAS

El análisis de variancia realizado para el peso de raíz de 20 plantas muestreadas al azar arrojó como resultado diferencias estadísticas para las repeticiones al nivel del 1%.

(Cuadro 5.21)

El promedio general para el peso de raíz por planta muestreada fue de 0.17 kg con un coeficiente de variancia de 14.96.

**Cuadro 5.21: Análisis de variancia para el peso de raíz de 20 plantas muestreadas en dos variedades de zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	PESO DE RAÍZ (Kg.)		
		Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F
TOTAL	32	0.04		
REPETICIONES	2	0.01	0.01	11.93 <sup>**</sup>
TRATAMIENTOS	(10)	0.01	0.01	1.80 <sub>ns</sub>
VARIETADES	1	0.00	0.00	0.00 <sub>ns</sub>
DOSIS	3	0.01	0.003	3.00 <sub>ns</sub>
V*D	3	0.003	0.001	1.00 <sub>ns</sub>
TESTIGO vs RESTO	1	0.00	0.00	0.14 <sub>ns</sub>
T10 vs T9,T11	1	0.00	0.00	0.70 <sub>ns</sub>
T9 vs T11	1	0.00	0.00	0.65 <sub>ns</sub>
ERROR	20	0.01	0.001	
X (Kg/planta)	0.17			
CV(%)	14.96			

En el cuadro 5.22, se muestra las variedades de zanahoria, siendo ligeramente mayor la variedad Chantenay-Royal pero sin mostrar una diferencia estadística al ser comparadas.

**Cuadro 5.22: Promedios de los pesos de raíz por planta muestreada de dos variedades de zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.**

<b>VARIEDADES</b>	<b>PESO DE RAÍZ (Kg.)</b>
V1 Nantes-Express	0.161
V2 Chantenay-Royal	0.167

En la dosis 2 se presenta el mejor rendimiento con la aplicación de 1125 g de micorriza por cama para luego disminuir con la aplicación de 1687.5 g de MVA, cabe destacar que en la dosis 2 y 3 se presentaron los mejores rendimientos. Los incrementos en el peso son muy importantes con relación a los 150 g de peso que la literatura indica para estos dos genotipos. (Cuadro 5.23)

**Cuadro 5.23: Efecto de la dosis de micorrizas en el peso de raíz de las plantas muestreadas en el cultivo de zanahoria.**

<b>DOSIS</b>	<b>PESO DE RAÍZ (Kg.)</b>
D0= 0 g de micorriza	0.148
D1= 562.5 g de micorriza/cama	0.141
D2= 1125 g de micorriza/cama	0.193
D3= 1687.5 g de micorriza/cama	0.175

En el cuadro 5.24 se observó que el menor peso de raíz por planta muestreada se presentó en la variedad Nantes-Express sin la aplicación de micorriza; mientras que, el mayor peso de raíz corresponde al tratamiento 3 con la inoculación de 1125 gramos de

micorriza, esto nos permite afirmar que la inoculación de micorriza es positiva para el incremento del rendimiento en comparación con los testigos.

**Cuadro 5.24: Promedios del peso de raíz de plantas muestreadas al azar del cultivo de zanahoria (*Daucus carota*) para cada tratamiento.**

TRATAMIENTOS	PESO POR PLANTA MUESTREADA (Kg.)
T1 Nantes + 0 g de micorriza	0.140
T2 Nantes + 562,5 g micorriza/cama	0.180
T3 Nantes + 1125 g micorriza/cama	0.210
T4 Nantes + 1687.5 g micorriza/cama	0.160
T5 Chantenay + 0 g de micorriza	0.160
T6 Chantenay + 562.5 g micorriza/cama	0.150
T7 Chantenay + 1125 g micorriza/cama	0.180
T8 Chantenay + 1687.5 g micorriza/cama	0.190
T9 Nantes + 12000 g MZ/cama	0.170
T10 Chantenay + 12000 g MZ/cama	0.180
T11 Nantes + Toda la fertilización	0.150

### 5.7. PESO POR CAMA

En el análisis de variancia del peso por cama se detecto una diferencia estadística en repeticiones al nivel del 1% al igual que para tratamientos, desglosando los grados de libertad la diferencia estadística se evidencio en dosis de micorriza al 1% y en V\*D al nivel del 5%. (Cuadro 5.25)

El promedio general fue de 23.93 kg por cama con un coeficiente de variancia de 17.69%.



**Cuadro 5.25: Análisis de variancia para el peso por cama de dos variedades de zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	PESO POR CAMA (Kg.)		
		Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F
TOTAL	32	2210.29		
REPETICIONES	2	1052.35	526.174	29.38**
TRATAMIENTOS	(10)	799.77	79.98	4.47**
VARIEDADES	1	1.82	1.815	0.10 <sub>ns</sub>
DOSIS	3	568.362	189.454	10.58**
V*D	3	215.808	71.936	4.02*
TESTIGO vs RESTO	1	4.88	4.88	0.27 <sub>ns</sub>
T10 vs T9,T11	1	6.36	6.36	0.36 <sub>ns</sub>
T9 vs T11	1	2.53	2.53	0.14 <sub>ns</sub>
ERROR	20	358.17	17.909	
X (Kg)		23.93		
CV(%)		17.69		

La variedad Chantenay-Royal mostró un mayor peso por cama que la variedad Nantes-Express pero que no presento una diferencia estadística significativa. (Cuadro 5.26)

**Cuadro 5.26: Promedios del peso por cama de dos variedades de zanahoria (*Daucus carota*), bajo el efecto de la inoculación de micorrizas en campo.**

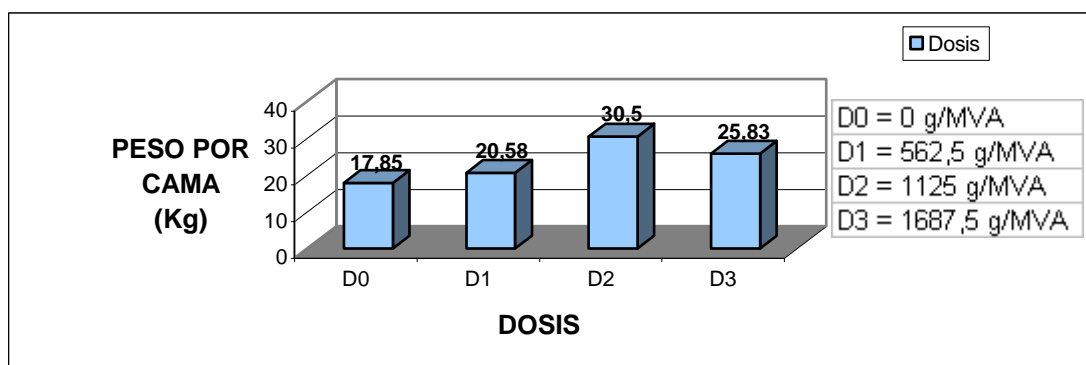
VARIEDADES	PESO POR CAMA (Kg.)
V1 Nantes-Express	23.42
V2 Chantenay-Royal	23.97

El cuadro 5.27, se detecto que la dosis de micorriza que proporciona un mayor rendimiento en peso por cama fue con la inoculación de 1125 gramos de micorriza para

luego disminuir al aplicar 1687.5 gramos, este incremento es considerable y mantiene un alto nivel en las diferencias.

**Cuadro 5.27: Efecto de las dosis de micorrizas sobre el peso por cama de la zanahoria (*Daucus carota*).**

DOSIS	PESO POR CAMA (Kg.)
D0= 0 g de micorriza	17.85 c
D1= 562.5 g de micorriza/cama	20.58 ab
D2= 1125 g de micorriza/cama	30.50 bc
D3= 1687.5 g de micorriza/cama	25.83 ab

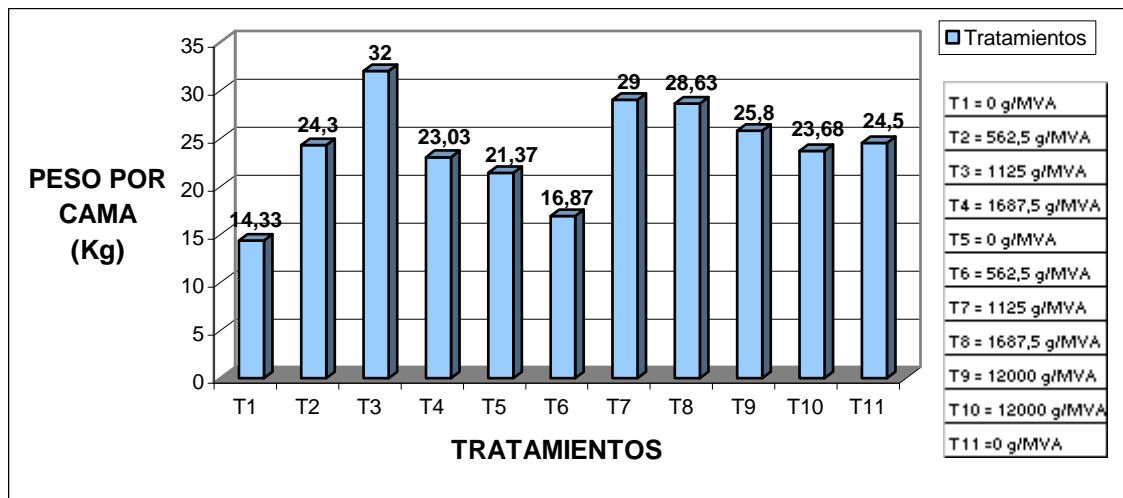


**Figura 5.10: Efecto de las dosis de micorriza sobre el peso promedio por cama del cultivo de zanahoria.**

En el cuadro 5.28, se presentan los mejores promedios con la inoculación de 1125 gramos de micorriza en Nantes-Express y Chantenay-Royal, mientras que el menor promedio corresponde al tratamiento sin micorrizas, con estos resultados podemos afirmar que la inoculación de micorrizas es una alternativa para el incremento de la producción inoculando la dosis media del presente estudio.

**Cuadro 5.28: Prueba de Tukey al 5% para peso por cama en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*) para cada tratamiento.**

TRATAMIENTOS	PESO POR CAMA (Kg.)
T1 Nantes + 0 g de micorriza	14.33 c
T2 Nantes + 562,5 g micorriza/cama	24.30 abc
T3 Nantes + 1125 g micorriza/cama	32.00 a
T4 Nantes + 1687.5 g micorriza/cama	23.03 abc
T5 Chantenay + 0 g de micorriza	21.37 abc
T6 Chantenay + 562.5 g micorriza/cama	16.87 bc
T7 Chantenay + 1125 g micorriza/cama	29.00 ab
T8 Chantenay + 1687.5 g micorriza/cama	28.63 ab
T9 Nantes + 12000 g MZ/cama	25.80 abc
T10 Chantenay + 12000 g MZ/cama	23.68 abc
T11 Nantes + Toda la fertilización	24.50 abc



**Figura 5.11: Efecto de los tratamientos en las variedades en estudio de zanahoria.**

## 5.8. REGRESIONES Y CORRELACIONES DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

**Cuadro 5.29: Regresiones y Correlaciones entre dosis de micorrizas y las variables en estudio.**

VARIABLES	VARIEDADES	
	NANTES	CHANTENAY
Altura de planta a la cosecha	Y = 24.51+0.12x r = 0.08 ns	Y = 29.25+0.65x r = 0.34 ns
Numero de hojas	Y = 14.49-0.03x r = -0.03 ns	Y = 14.28-0.03x r = 0.03 ns
Diámetro de raíz	Y = 3.84-0.02x r = -0.12 ns	Y = 4.52+0.08x r = 0.38 ns
Largo de raíz	Y = 18.52+0.26x r = 0.28 ns	Y = 14.48+0.27x r = 0.31 ns
Numero de plantas de la hilera	Y = 42.10+3.29x r = 0.48 ns	Y = 44.50+3.00x r = 0.40 ns
Peso plantas muestreadas	Y = 0.15+0.01x r = 0.42 ns	Y = 0.15+0.01x r = 0.37 ns
Peso de plantas por parcela	Y = 18.35+2.25x r = 0.47 ns	Y = 18.88+2.26x r = 0.48 ns
Altura de planta a los 30 días	Y = 2.16-0.13x r = -0.60 *	Y = 2.14-0.10x r = -0.55 ns
Altura de planta a los 60 días	Y = 6.66-0.02x r = -0.03 ns	Y = 6.61+0.10x r = 0.13 ns
Altura de planta a los 90 días	Y = 13.65+0.13x r = 0.13 ns	Y = 13.44+0.27x r = 0.18 ns
Altura de planta a los 120 días	Y = 20.75+0.43x r = 0.26 ns	Y = 21.56+1.50x r = 0.45 ns

En el cuadro 5.29 se observa que no existe significación estadística en ninguna variable a excepción de la altura de planta a los 30 días que presenta una significación al nivel del 5%.

## 5.9. ANÁLISIS ECONÓMICO

Siguiendo la metodología de análisis de presupuesto parcial según Perrín, *et al* 1982 se procedió a obtener el beneficio bruto multiplicando el rendimiento por el precio. Por otro lado se obtuvo el costo variable de cada uno de los tratamientos.

**Cuadro 5.30: Beneficio Bruto de las variables en estudio.**

TRAT.	RENDIMIENTO Tn/ha	PRECIO Kg \$	BENEFICIO BRUTO \$
T1	11.46	0,16	1834.24
T2	19.44	0,16	3110.40
T3	25.60	0,16	4096.00
T4	18.42	0,16	2947.84
T5	17.09	0,16	2735.36
T6	13.49	0,16	2159.36
T7	23.20	0,16	3712.00
T8	22.90	0,16	3664,64
T9	20.64	0,16	3302.40
T10	18.94	0,16	3031.04
T11	19.60	0,16	3136.00

Colocando los beneficios netos de cada uno de los tratamientos en orden descendente y comparando sus costos variables se procedió a realizar el análisis de dominancia; donde

el tratamiento dominado es aquel que igual o menor beneficio neto presenta un mayor costo variable.

**Cuadro 5.31: Costo Variable y Beneficio Neto de las variables en estudio.**

FERTILIZANTES \$	MICORRIZA \$	MANO DE OBRA \$	TOTAL CV \$	BENEFICIO NETO \$
135,52	0	485	620,52	1213,72
135,52	675	485	1295,52	1814,88
135,52	1350	485	1970,52	2125,48
135,52	2025	485	2645,52	302,32
135,52	0	485	620,52	2114,84
135,52	675	485	1295,52	863,84
135,52	1350	485	1970,52	1741,48
135,52	2025	485	2645,52	1019,12
135,52	0	490	625,52	2676,88
135,52	0	490	625,52	2405,52
271,04	0	485	756,04	2379,96

**Cuadro 5.32: Análisis de dominancia por tratamientos.**

BENEFICIO NETO \$		COSTO VARIABLE \$
2676,88	T9	625,52
2405,52	T10	625,52*
2379,96	T11	756,04*
2125,48	T3	1970,52*
2114,84	T5	620,52
1814,88	T2	1295,52*
1741,48	T7	1970,52*
1213,72	T1	620,52*
1019,12	T8	2645,52*
863,84	T6	1295,52*
302,32	T4	2645,52*

La mejor alternativa económica es T9 por tener un mayor Beneficio Neto en comparación con los otros tratamientos en estudio.

## VI. CONCLUSIONES

- La inoculación con micorriza en el cultivo de zanahoria no ejerce ningún efecto tanto en altura como en número de hojas por planta. Esto se debe a que estas dos características obedecen a condiciones genéticas de los cultivares.
- Aplicaciones de micorrizas ejercen efectos positivos en características cuantitativas en la zanahoria como es el caso del diámetro y longitud de raíz especialmente con inoculaciones de 112,5 g/m<sup>2</sup>.
- El rendimiento del cultivo fue afectado positivamente en Nantes-Express y Chantenay-Royal con la inoculación de la dosis media de micorriza (1125 g de micorriza/cama).
- La inoculación de micorrizas en el campo se muestra como una alternativa viable para disminuir las dosis de fertilización y obtener un mejor desarrollo del cultivo.
- El desarrollo de la zanahoria en el campo y las pruebas de laboratorio realizadas para determinar la presencia de micorriza, establecen que esta especie hortícola es altamente susceptible a la micorrización lo que se traduce en un incremento muy significativo del rendimiento.
- El inoculo comercial tiene mayor efectividad que las micorrizas de la zona, por tener una mayor cantidad de esporas y agentes de infección que permiten la proliferación del hongo.

- La presencia de micorrizas en la mayoría de plantas y zonas ecológicas nos permite concluir que es una de las mejores alternativas para la producción de alimentos y la disminución del uso de productos tóxicos que afectan la salud de las personas y permite preservar el medio ambiente, ya que se logro altos rendimientos con el 50% de los requerimientos nutricionales según el análisis de suelo.
  
- La producción se incremento en un 100% con la inoculación de 1125 g de micorriza por cama en la variedad Nantes-express, en comparación con el testigo que no recibió el inoculo, esto nos permite afirmar que la micorriza afecta de una manera positiva en la producción de zanahoria.



## VII. RECOMENDACIONES

- En base con el estudio realizado se recomienda hacer nuevas investigaciones bajando al 25% la recomendación comercial de la fertilización, para analizar el comportamiento de los genotipos y la eficacia de la simbiosis producida por la micorriza.
- Es importante considerar en nuevas investigaciones otras cepas de inóculo para determinar la eficiencia y comparar los beneficios de cada una de ellas.
- Se debe emprender en la búsqueda e identificación de cepas nativas que arrojen resultados mucho más satisfactorios aprovechando las ventajas que pueden presentar al estar adaptadas a las distintas zonas de nuestro país.
- Identificar la eficiencia de la micorriza realizando investigaciones en condiciones adversas como, sequía, erosión, salinidad en distintos tipos de cultivos que sean susceptibles de ser micorrizados.
- Empezar en una campaña de información de los beneficios que generan las tecnologías basadas en el uso de microorganismos para una agricultura sustentable.
- Implementar el uso de micorrizas en el manejo y producción sustentable del cultivo de zanahoria.

- Es necesario realizar investigaciones donde se usen distintos tipos de microorganismos a la vez para conocer las bondades que pueden presentar al trabajar en conjunto.
  
- Considerar que de acuerdo al comportamiento de la micorriza, la cual tiende a aumentar la población en el suelo, garantiza el manejo de este hongo con dosificaciones menores a las utilizadas al comenzar un plan de enriquecimiento, para mejorar la potencialidad de un cultivo.

## VII. BIBLIOGRAFIA

INTERNET 1: [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)

INTERNET 2: [www.agronegocios.gob.sv](http://www.agronegocios.gob.sv)

INTERNET 3: [www.maca.gov.bo](http://www.maca.gov.bo)

INTERNET 4: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

INTERNET 5: [www.wanadoo.com](http://www.wanadoo.com)

INTERNET 6: [www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)

INTERNET 7: [http://www.avocadosource.com/papers/Chile\\_Papers\\_A-Z/G-H-I/HernandezClaudio2001.pdf](http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/G-H-I/HernandezClaudio2001.pdf).

INTERNET 8 : <http://200.13.202.26:90/pronatta/proyectos/pdf/951520265inf.pdf>.

INTERNET 9 : <http://kogi.udea.edu.co/revista/18/18-2-7.pdf>.

INTERNET10 : <http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia/numeroespecial/8hongos.pdf>.

ABBOT, L y ROBSON, A; 1991; Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular micorrizas; *Agric. Ecosistem Environ*; 35: 121-150.

AZCON, C; 2000; Papel de la simbiosis micorrícica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola; In: *Ecología Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular*; Alarcón, A y Ferrera, C; Mundi Prensa; Mexico; pp 1-15.

BARAHONA, M; 2003; Manual de horticultura; Quito-Ecuador; pp 47-51.

BAREA, J; 1999; Potencialidad de las micorrizas como biofertilizantes y bioprotectores en eco y agroecosistemas degradados; In: *Lombricultura y Abonos Orgánicos*; Simposium Internacional; Colegio de Postgraduados; México; 1: 39-46.

BAREA, J AND AZCON-AGUILAR; 1983; Micorrizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants; In: *Advances in Agronomy*; 36: 1-54.

BOLAN, N; 1991; A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants; *Plant soil* 134: 189-207.

CALVET, C; PERA J; ESTAÚN, V Y CAMPRUBI, C; 1989; Vesicular-arbuscular mycorrhizae on kiwifruit in an agricultural soil: inoculation of seedlings and hardwood cuttings with *Glomus mosseae*; *Agronomie*; 9: 181-185.

DECLERCK, S; PLENCHETTE, C Y STRULLU,D; 1995; Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*); Plant Soil 176: 183-187

DORREGO, A; HERNÁNDEZ, A; 2000; Las micorrizas; [www.terraia.com](http://www.terraia.com)

DUCHICELA, J ; GONZALEZ, C ; 2003 ; Monografía ; La Micorriza Arbuscular en la agricultura sustentable; CEINCI; Sangolquí-Ecuador; 25 Pag.

EDMOND, B; SENN, L; ANDREWS, S; 1988; Principios de horticultura; Editorial continental; Mexico; pp 476-478.

GERDEMAN, J; 1968; Vesicular arbuscular micorrhiza and plant growth Annu; Rev; Phytopathology; 6: 397-418.

HETRICK, B; 1991; Micorrhyzas and root architecture; Experientia; 47:355-362.

MARSCHNER, H; DELL, B; 1994; Nutrient uptake in micorrhizal simbiosis; 159: 89-102.

RUEDA, D; 2004; Botánica sistemática curso interactivo; Quito – Ecuador; Impresión grupo compunor; pp 125-134.

SCHUBERT, A; BODRINO, C; GRIBANDO, I; 1992; Vesicular arbuscular micorrhyzal inoculation of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*) micropropagated plants; Agronomie; 12: 847-850.

SCHUBLER, A; SCHWARZOTT Y WALTER; 2001; A new fungal phylum; Glomeromycota phylogeny and evolution; *Micological Research*; 105: 1413-1421.

SIEVERDING, E; *Et al*; 1984; Investigaciones sobre micorrizas en Colombia; Universidad Nacional de Colombia; Facultad de ciencias agropecuaria; Palmira; 275 pag.

SMITH, E; GIANINAZZI - PEARSON; KOIDE, R Y CAIRNEY, J; 1994; Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbiosis; pp. 103-113.

WILCOX, H; 1996; Micorrizae In: Yoav Waisel, AmramEshel; Uzi Kafkafi; *Plants roots, the hidden half*; New Cork, Marcel Decker; Inc; pp 680-721.

Vademecum Agricola; 2004; Edifarm; Ecuador; 920 pag.

## **VIII. ANEXOS**