



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y  
LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
SANTO DOMINGO**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**AUTOR: REINOSO ALARCÓN, RANDY MARCELO**

**TEMA:  
“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL  
FERTILIZANTE QUÍMICO POR ZEOLITA Y MICORRIZA EN  
LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea L Vr.  
Botrytis*), COTOPAXI – ECUADOR”**

**DIRECTOR: ING. FREDDY ENRÍQUEZ. Mg. Sc.  
CODIRECTOR: ING. GUSTAVO NÚÑEZ. Mg. Sc.**

**SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS - ECUADOR  
2014**

**“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL  
FERTILIZANTE QUÍMICO POR ZEOLITA Y MICORRIZA EN  
LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea L Vr.  
Botrytis*), COTOPAXI – ECUADOR”**

**REINOSO ALARCÓN, RANDY MARCELO**

**REVISADO Y APROBADO**

---

**Ing. Alfredo Valarezo Loaiza  
DIRECTOR DE CARRERA**

---

**Ing. Freddy Enríquez Mg. Sc.  
DIRECTOR**

---

**Ing. Gustavo Núñez. Mg. Sc.  
CODIRECTOR**

---

**Ing. Vinicio Uday. Mg. Sc.  
BIOMETRISTA**

---

**Dr. Ramiro Cueva Villamarín.  
SECRETARIO ACADÉMICO**

## CERTIFICACIÓN

Los suscritos, docentes de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Santo Domingo, certificamos que el proyecto de Investigación de grado titulado “**EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL FERTILIZANTE QUÍMICO POR ZEOLITA Y MICORRIZA EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea L Vr. Botrytis*), COTOPAXI – ECUADOR**”, cumple las disposiciones reglamentarias establecidas, en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Esta Investigación desarrollada por el egresado REINOSO ALARCÓN RANDY MARCELO, fue guiada en forma permanente por nuestra parte y en las conclusiones y recomendaciones de este documento, se destaca la importancia para el sector cacaoero de la zona.

Santo Domingo de los Tsachilas, Mayo 2014

---

**Ing. Freddy Enríquez. M. Sc.**  
**DIRECTOR**

---

**Ing. Gustavo Núñez Mg. Sc.**  
**CODIRECTOR**

## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Reinoso Alarcón Randy Marcelo

### **Declaro que:**

El proyecto de investigación de grado denominado **“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL FERTILIZANTE QUÍMICO POR ZEOLITA Y MICORRIZA EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea L Vr. Botrytis*), COTOPAXI – ECUADOR”**, fue desarrollado con base a una investigación profunda, respetando derechos intelectuales de tenerlos, conforme a las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Santo Domingo de los Tsachilas, Mayo 2014

---

Reinoso Alarcón Randy Marcelo

## AUTORIZACIÓN

Reinoso Alarcón Randy Marcelo

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo **“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL FERTILIZANTE QUÍMICO POR ZEOLITA Y MICORRIZA EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea L Vr. Botrytis*), COTOPAXI – ECUADOR”**, manifestando que el contenido, ideas y discusiones son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Santo Domingo de los Tsachilas, Mayo 2014

---

Reinoso Alarcón Randy Marcelo

## **DEDICATORIA**

A Dios por guíame por su camino en cada etapa de mi vida y en especial por darme sabiduría y fortaleza para obtener cada uno de mis objetivos.

A mis padres, Marcelo y Silvia, por bríndame todo su apoyo incondicional, así como ejemplo de lucha, superación personal y profesional.

A mi hermana Cynthia por su cariño y muestra de que con esfuerzo se llega a la cima más alta.

A mi querida Abuela, que con su infinito amor y dedicación desde mi infancia sembró los mejores valores en mí.

A mi amada esposa e hija, que con su amor y confianza que han depositado en mí han sido el motor principal de superación y lucha constante.

A un apreciado amigo, Olmedo Borja, por su gentileza y apoyo para poder desarrollar en su propiedad la fase de campo de dicha investigación.

Y a todas aquellas personas que incidieron en mi formación académica para ser posible la obtención de mi título y bases para desarrollarme profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTO**

A la prestigiosa Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y su Carrera de Ingeniería Agropecuaria, así como a su personal Docente,

A los Ingenieros Freddy Enríquez y Gustavo Núñez como Director y Codirector en la dirección de Tesis, así como al Ing. Vinicio Uday en su dirección como Biométrista

Al Ing. Alfredo Valarezo como Director de Carrera de la facultad de ciencias agropecuarias IASA II en dicho periodo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
I. INTRODUCCION .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. EL CULTIVO DE BROCOLI .....	4
2.1.1. Aspectos generales .....	4
2.1.2. Cultivares .....	4
2.1.3. Requerimientos agroecológicos .....	5
2.1.3. Labores culturales.....	5
2.1.4. Desinfestación del Suelo.....	6
2.1.5. Fertilización.....	6
2.3. MICORRIZAS .....	9
2.3.1. Que son las micorrizas.....	9
2.3.2. Morfología y Desarrollo de la Simbiosis .....	10
2.3.3. Tipos de Micorrizas. ....	11
2.3.4. Morfología del Hongo Dentro de la Raíz. ....	12
2.3.5. Importancia de las MA para el Ecosistema.....	12
2.3.6. Efecto de las MA Sobre el Crecimiento de las Plantas. ....	13
2.3.7. Efectos de la MVA Sobre la Nutrición de la Plantas. ....	14
2.3.8. Efecto de las MVA en el Suelo. ....	15
2.3.9. Efecto de las MVA en la Captación de Agua. ....	15
2.3.10. Efecto de las MA en la Protección contra Patógenos. ....	16
2.4. ZEOLITA .....	18
2.4.1. Características generales .....	18
2.4.2. Características Físico – Químicas .....	19
2.4.3. Aplicación en la Agricultura .....	20
2.4.4. Beneficios del Uso.....	20
III. MATERIALES Y METODOS .....	23
3.1. UBICACIÓN POLÍTICA.....	23
3.2. UBICACIÓN ECOLÓGICA .....	23
3.3. MATERIALES E INSUMOS.....	23
3.4. MÉTODOS.....	24



3.4.1. Diseño Experimental .....	24
3.5. Análisis Estadístico .....	26
3.5.1. Esquema del análisis de varianza .....	26
3.5.2. Análisis Económico .....	26
3.5.3. Datos a Tomar .....	26
3.5.4. Manejo Específico del Ensayo. ....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
4.1. PRENDIMIENTO.....	38
4.2. LONGITUD DE TALLO .....	41
4.3. DIÁMETRO DE TALLO.....	42
4.4. NUMERO DE HOJAS .....	47
4.5. LONGITUD DE HOJA.....	52
4.6. ANCHO DE HOJA.....	56
4.7. NUMERO DE PELLAS / PARCELA .....	63
4.8. PESO DE PELLAS / PARCELA .....	63
4.9. PESO DE PELLA .....	65
4.10. RENDIMIENTO POR HECTAREA .....	68
4.11. PORCENTAJE DE COLONIZACION.....	69
5. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	69
VI. CONCLUSIONES.....	73
VII. RECOMENDACIONES .....	75
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	76

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No.</b>		<b>Página</b>
Cuadro 1.	Tabla de interpretación de resultados de análisis nutrimentales para el cultivo de brócoli .....	7
Cuadro 2.	Interacciones de las micorrizas arbusculares con microorganismos del suelo .....	18
Cuadro 3.	Dosis de nutrientes y fertilizantes comerciales (primera aplicación), para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli, Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	32
Cuadro 4.	Dosis de nutrientes y fertilizantes comerciales (segunda aplicación), para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli, Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	33
Cuadro 5.	Dosis de nutrientes y fertilizantes comerciales (tercera aplicación), para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli, Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	33
Cuadro 6.	Dosis de nutrientes y fertilizantes comerciales (cuarta aplicación), para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli, Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	34
Cuadro 7.	Dosis total de nutrientes y fertilizantes comerciales en el ensayo para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	35
Cuadro 8.	Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para porcentaje de prendimiento en el ensayo “Efecto de	

	la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”. .....	39
Cuadro 9.	Resumen del ADEVA, expresando el cuadrado medio y el nivel de significación para la variable Longitud de Tallo en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”...41	
Cuadro 10.	Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para diámetro de tallo en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”. .....	43
Cuadro 11.	Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para la variable número de hojas, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”. .....	48
Cuadro 12.	Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para la variable longitud de hoja en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”. .....	52
Cuadro 13.	Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significación para la variable ancho de hoja en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”. .....	57
Cuadro 14.	Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para la variable Peso de Pellas / Parcela en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”...64	
Cuadro 15.	Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para la variable Peso de Pella en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”. .....	66

Cuadro 16.	Rendimiento por Hectárea en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	68
Cuadro 17.	Porcentaje de Colonización Micorrízica en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	69
Cuadro 18.	Beneficio Neto Parcial en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	70
Cuadro 19.	Análisis de Dominancia, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	71
Cuadro 20.	Tasa de Retorno Marginal, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Porcentaje de Prendimiento entre Tratamientos en plantas de Brócoli en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	39
Figura 2. Porcentaje de Prendimiento dentro del DG1 en plantas de Brócoli en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	40
Figura 3. Porcentaje de Prendimiento dentro del DG7 en plantas de Brócoli en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	40
Figura 4. Longitud de tallo en plantas de Brócoli en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	42
Figura 5. Diámetro de tallo entre Tratamientos en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	44
Figura 6. Diámetro de Tallo entre Grupos en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	45
Figura 7. Diámetro de Tallo entre Grupo 1 vs Grupo 2 – 7 en plantas de Brócoli en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	45

- Figura 8. Diámetro de tallo dentro del Grupo 1, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....46
- Figura 9. Diámetro de tallo dentro del Grupo 4, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....47
- Figura 10. Diámetro de tallo dentro del Grupo 7, en plantas de Brócoli en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....47
- Figura 11. Numero de hojas, segunda evaluación de acuerdo a los Tratamientos en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador.2009.....49
- Figura 12. Numero de hojas, segunda evaluación de acuerdo a los Grupos en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador.2009.....50
- Figura 13. Numero de hojas, segunda evaluación de acuerdo al G1 vsG2-G7, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.....50
- Figura 14. Numero de hojas, segunda evaluación, dentro del Grupo 4, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.....51
- Figura 15. Numero de hojas, segunda evaluación, dentro del Grupo 7, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.....51

- Figura 16. Longitud de hoja de acuerdo a los tratamientos, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....53
- Figura 17. Longitud de hoja de acuerdo a los Grupos, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....54
- Figura 18. Longitud de hoja, de acuerdo al Grupo 1vs Grupo 2 -7, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.....54
- Figura 19. Longitud de hoja, dentro del Grupo 1, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....55
- Figura 20. Longitud de hoja, dentro del Grupo 4, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....56
- Figura 21. Longitud de hoja, dentro del Grupo 7, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....56
- Figura 22. Ancho de hoja de acuerdo a los Tratamientos, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....58
- Figura 23. Ancho de Hoja, entre Grupos, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.....59
- Figura 24. Ancho de Hoja, de acuerdo al Grupo 1 vs Grupo 2-7, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante

químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.....	59
Figura 25. Ancho de Hoja entre en Grupo 3 y Grupo 4, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	60
Figura 26. Ancho de Hoja, dentro del Grupo 1, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	61
Figura 27. Ancho de Hoja dentro del Grupo 3, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador.2009.....	61
Figura 28. Ancho de Hoja, dentro del Grupo 4, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	62
Figura 29. Ancho de Hoja, dentro del Grupo 6, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	62
Figura 30. Ancho de Hoja, dentro del Grupo 7, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....	63
Figura 31. Peso de Pella promedio por Parcela, dentro del Grupo1, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.....	64
Figura 32. Peso de pella promedio por Parcela, dentro del Grupo 7, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.....	65



- Figura 33. Peso de Pella dentro del Grupo 4, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....66
- Figura 34. Peso de Pella dentro del Grupo 5, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....67
- Figura 35. Peso de Pella dentro del Grupo 7, en plantas de Brócoli en el ensayo Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009. ....67

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo No.</b>	<b>Páginas</b>
Anexo 1. Costo de Producción de acuerdo a la fertilización, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> l vr. <i>botrytis</i> ), Cotopaxi – Ecuador 2009” .....	82
Anexo 2. Costos de Producción por Tratamientos, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> l vr. <i>botrytis</i> ), Cotopaxi – Ecuador 2009” .....	85
Anexo 3. Analisis de Suelos. ....	86
Anexo 4. Inoculación de Micorrizas (Fungifert), en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> l vr. <i>botrytis</i> ), Cotopaxi – Ecuador 2009” .....	88
Anexo 5. Trasplante de plántulas en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> l vr. <i>botrytis</i> ), Cotopaxi – Ecuador 2009” . ....	89
Anexo 6. Toma de Muestra de Suelo y Calculo de Fertilizante para en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> l vr. <i>botrytis</i> ), Cotopaxi – Ecuador 2009” .....	90

## RESUMEN

El uso de microorganismos eficientes como las micorrizas vesículo arbusculares MVA se han constituido una alternativa para incrementar la eficiencia en el rubro más importante de los cultivos que es la nutrición, ya que su uso tiene importantes beneficios en la agricultura. El objetivo principal de esta investigación fue establecer el efecto de las micorrizas arbusculares y a su vez disminuir la dosis de fertilizante en un 10, 20 y 30% y sustituyendo este porcentaje por zeolita. Los tratamientos evaluados se organizaron en siete grupos según su inoculación o no con micorrizas, su porcentaje de fertilización química y porcentaje de zeolita, dando un total de 14 tratamientos. Los resultados obtenidos en dicha investigación indican que en cuanto a prendimiento, longitud y diámetro de tallo, longitud y ancho de hoja sobresalen los tratamientos inoculados con micorrizas. Exceptuando la longitud de tallo el T1 (100% fertilización química + micorrizas) que ocupó el primer rango de significación estadística con los mejores promedios. En relación a prendimiento todos los tratamientos inoculados con micorrizas presentaron mejor respuesta. El rendimiento obtenido por hectárea en el T1 resultó con el mayor TRM con 212,25% seguido del T13 (70% fertilización química + micorrizas) con 100,87% y en cuanto al porcentaje de colonización micorrícica T1 tiene el mayor porcentaje con el 18,52% versus el T13 con 5,08%. De esta manera se recomienda aplicar el Tratamiento 1 (100% fertilización química + Micorrizas) para obtener una alta productividad en el cultivo de Brócoli.

### Palabras Claves:

- Micorrizas Vesículo Arbusculares
- Fertilización
- Zeolita
- Brócoli

## SUMMARY

The efficient use of microorganisms such as mycorrhizae MVA have become an alternative to increase efficiency in the most important category of crops that is the nutrition, knowing that the use has some important benefits in agriculture. The main objective of this research was to establish the effect of arbuscular mycorrhizae and in turn decrease the dose of fertilizer by 10, 20 and 30 % and this percentage replace for zeolite. The treatments evaluated were organized into seven groups by inoculation with mycorrhizal or not, the percentage of chemical fertilization and percentage of zeolite, giving a total of 14 treatments. The results obtained in this research indicate that in terms of engraftment, length and diameter of stem, leaf length and width stand the treatments inoculated with mycorrhizae. Except the stem length T1 (100% chemical fertilization + mycorrhizae) occupied the first rank of statistical significance with the best averages. Regarding arrest all treatments inoculated with mycorrhizae showed better response. The yield obtained per hectare in T1 resulted in higher TRM with 212.25 % followed by T13 (70 % chemical fertilizer + mycorrhiza) with 100.87 % and the percentage of mycorrhizal colonization T1 has the highest percentage with 18,52 % versus the T13 with 5,08%. Thus it is recommended to apply the treatment 1 (100 % chemical fertilizer + mycorrhizae) for high productivity in the broccoli.

### **Keywords:**

- Vesicular Arbuscular Mycorrhizae
- Fertilization
- Zeolite
- Broccoli

## **“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL FERTILIZANTE QUÍMICO POR ZEOLITA Y MICORRIZA EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L Vr. *Botrytis*), COTOPAXI – ECUADOR 2009”**

### **I. INTRODUCCIÓN**

El brócoli *Brassica oleracea* var. *Botrytis*, también llamado *brécol* o *brócoli*, pertenece a la familia de las crucíferas, especie cultivada en el Ecuador durante todo el año, principalmente en zonas agroclimáticas del callejón Interandino, cuya demanda en el mercado internacional es cada vez más creciente debido a sus cualidades de ser la hortaliza de mayor valor nutritivo por unidad de peso de producto comestible, es excelente fuente de vitaminas A, C, E, B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub> (niacina) y B<sub>12</sub> (ácido fólico) y cantidades significativas de minerales (Infoagro, 2001).

La superficie cultivada de brócoli en año 2004 fue de 3.359 hectáreas, alcanzando una producción aproximada de 50 mil toneladas y un rendimiento promedio de 14,6 t/ha, superficie que se han incrementado a 5000 hectáreas para el año 2006 (SICA 2005; citado por Haro 2007).

La masificación de la agricultura tecnificada de países como China e India, la nacionalización de yacimientos de fertilizantes en Europa Occidental, el alto consumo de fertilizantes para la producción de materias primas para la elaboración de biocombustibles, el elevado costo de los fletes y transporte, entre otros, han producido un dramático incremento en los costos de los fertilizantes que representa el 35 % del costo de operación del cultivo, obligando la búsqueda de alternativas modernas para reducir el impacto de dicho costo, esto es posible con la utilización de algunos insumos orgánicos y biológicos que desbloqueen los minerales naturales del suelo, los trasformen en asimilables y además potencialicen la acción de los fertilizantes para ser usados en menor dosis sin disminuir los rendimientos (Haro, 2007).

Maldonado y Haro (2009), quienes además mencionan que son conocidas las bondades de las micorrizas y las zeolitas en la agricultura dentro de un manejo integrado, las mismas que ya son utilizadas en varios países del mundo,

coincidiendo con lo enunciado por Bioamecsa (2007) en su tríptico informativo de Micorrizas donde señalan las ventajas y cualidades principales en el uso de las micorrizas en la nutrición de las plantas, transferencia de resistencia a la sequía, desbloqueo de nutrientes y transformación a sustancias asimilables, colonización de la rizósfera, exploración nutricional, desarrollo radicular, generación de resistencia a enfermedades, síntesis de hormonas estimulantes del crecimiento e incremento en la producción.

Por ello, en la búsqueda constante de nuevas tecnologías y metodologías de manejo en el sector agro-productivo del país, desmotivados por el incremento desmesurado de los costos de producción de fertilizantes y agroquímicos, y en virtud de que el brócoli representa un producto con alta demanda a nivel mundial y escasas zonas aptas para su desarrollo técnico. Surge la inquietud de investigar sobre los aspectos nutricionales del cultivo, que es uno de los rubros de mayor costo, el objetivo de disminuir y optimizar el uso de fertilizantes químicos, acompañando a esto con un producto natural (micorrizas) y uno mineral (zeolita).

Las micorrizas arbusculares, a pesar de ser un microorganismo nativo de la mayoría de los suelos, con su adición al suelo en cantidades moderadas cumple un factor importante en la producción agrícola, teniendo en cuenta que no está basada únicamente en un factor químico sino también biológico, lo importante de tener un equilibrio biológico y nutricional en el suelo.

En cuanto a la zeolita por ser un mineral inerte con la capacidad de captar los nutrientes y humedad tiene la facultad de retener en su porosidad e ir liberando lentamente a medida que se vayan cambiando las condiciones climáticas y agroecológicas se ha considerado como una alternativa dentro del manejo de los cultivos.

El estudio tuvo como objetivos específicos establecer el efecto de micorrizas arbusculares en el rendimiento del cultivo de brócoli, verificar la respuesta de la asociación micorriza más zeolita en la disponibilidad de los nutrientes y determinar el o los mejores tratamientos para justificar económicamente su uso en la producción comercial de brócoli.

Para dicho estudio se seleccionó la zona con mayor área cultivada y productiva de Brócoli del País, que es la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Mulaló, sector Quisinche, Hacienda Quisinche.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. EL CULTIVO DE BRÓCOLI

#### 2.1.1. Aspectos generales

Infoagro (2008), el origen del brócoli es en el Mediterráneo Oriental y hace un par de décadas los romanos ya cultivaban esta planta, pertenece al Reino: Plantae; Clase: Dicotiledónea; Orden: Rhodales; Familia: Cruciferae; Genero: Brassica; Especie: Oleracea; Nombre Científico: *Brassica oleracea*; Nombre Común: Brócoli, Bróculi.

El brócoli pertenece a la familia *Cruciferaea* y su nombre botánico es *Brassica oleracea* L., variedad *Botrytis*. Es una planta similar a la coliflor, (Haro 2007), su raíz es profunda, con zona radicular bien amplia que le permite un buen anclaje y alta capacidad de absorción de agua y nutrientes Sakata (s/f). El tallo principal con un diámetro de 2 a 6 cm, una longitud de 20 a 50 cm, con hojas en intervalos cortos, que termina en una inflorescencia apical llamada “Pella” (Hidalgo 2006, citado por Basantes 2009). Las flores son perfectas, actinomorfas con cuatro pétalos libres de color amarillo y dispuestas en forma de cruz, que son de polinización cruzada y la realizan los insectos (Hidalgo, 2006, citado por Basantes, 2009).

#### 2.1.2. Cultivares

Maldonado y Haro (2009), mencionan los principales híbridos y las empresas que producen, los cuales han sido y se siguen cultivando en mayor escala en Ecuador: Marathon (Sakata), Domador (Siminis), Máximo (Sakata), Avenger (Sakata), Coronado (Bejo) y Legacy (Seminis); éste último se cultivó para esta investigación, el cual se caracteriza por producir plantas de gran vigor y alto potencial de rendimiento, los tallos son fuertes y prácticamente sin ramificaciones laterales, las cabezas son domos bien formados de grano liso que se adaptan muy bien tanto para mercado fresco doméstico y exportación, y se adaptan mejor a regiones de clima frío



### **2.1.3. Requerimientos agroecológicos**

El área óptima para el cultivo de brócoli es aquella cuya temperatura anual oscila entre 12 - 22°C, una precipitación anual alrededor de los 800 mm, pH 6 – 6,8, suelo de textura media o francos con valores medios de materia orgánica superiores a 4%, de textura suelta y que se encuentre en zonas donde las granizadas no sean muy frecuentes. Requiere que las temperaturas durante la fase de crecimiento oscile entre 20°C y 24°C; para poder iniciar la fase de inducción floral necesita entre 10°C y 15°C durante varias horas del día, la humedad relativa óptima oscila entre 60 y 75%. (Maldonado y Haro 2008); la mejor altitud en las zonas de producción ecuatorianas están entre 2600 – 3000 msnm la planta crece más firme y compacto a mayor altitud, asegurando uniformidad y mejores cortes. También provee una prevención natural contra plagas y enfermedades y su especial luminosidad en la zona ecuatorial favorece la intensidad de color verde de las pellas (APROFEL, 2008).

### **2.1.3. Labores culturales**

#### **2.1.3.1. Preparación del suelo**

En terrenos que han estado en descanso (potreros viejos, barbechos, etc.) se recomienda aplicar primeramente herbicida sistémicos Glifosato 48% a una dosis de 2 litros de producto comercial por hectárea, que sirve para el control de gramíneas y hojas anchas, al cabo de dos o tres semanas se recomienda hacer un volteo con arado, dejar varios días para que se descomponga, luego hacer varios pases de rastra durante unos 30 días, tiempo en el cual podría estar listo. En sistemas de monocultivo de brócoli, una vez terminada la cosecha se debe virar inmediatamente mediante dos pases de rastra a una profundidad de 25 a 30 cm, sirve para picar los restos vegetales, incorporar, desmenuzar terrones y favorecer la rápida descomposición por al menos dos semanas, con ello se evita problemas de barrenadores y hongos del suelo, tiempo en el cual está listo para surcar y sembrar (Haro, 2009).

#### **2.1.4. Desinfestación del Suelo.**

La aplicación de enmiendas cálcicas ayudan a más de mejorar el pH a impedir la diseminación de *Plasmodiophora brassicae*, a controlar otros hongos de suelo como *Phoma*, *Rhizoctonia*, *Phytium*, etc. Es el caso específico de utilizar como enmienda el óxido de calcio o “cal viva”, este producto es aplicado a una dosis de 2.0 toneladas por hectárea, es capaz de elevar el pH en medio punto, pero además, al reaccionar con el agua, produce un gran desprendimiento de calor que mata esporas de hongos y bacterias presentes en el suelo, la aplicación de cal viva se debe realizar antes del último pase de rastra, antes del surcado, vale recordar que es necesario añadir agua a la cal, por lo que un pequeño riego es suficiente (Maldonado y Haro, 2009).

#### **2.2.4.1. Manejo de Malezas.**

Se acostumbra en cultivos extensivos de brócoli la aplicación de herbicidas antes del trasplante como el Oxifluorfen, entre 0,7 a 1,0 litros de producto comercial por hectárea. Otra alternativa es Alaclhor, entre 3,2 a 4,0 litros de producto comercial por hectárea (Maldonado y Haro, 2009).

#### **2.1.5. Fertilización.**

Domínguez (1997), define fertilización como una técnica cuyo objetivo es lograr que la alimentación de la planta sea lo más adecuada posible a los fines que persigue el cultivo de la misma, siendo la fertilización el componente fundamental de la nutrición vegetal cuya definición resume como el proceso mediante el cual la planta absorbe del medio que le rodea las sustancias que le son necesarias para llevar a cabo su metabolismo y, en consecuencia, desarrollarse y crecer.

Alzate 1982 citado por Bastidas (2009), indica que las formulas y los sistemas de aplicación de fertilizantes deben tener una base científica, para devolver al suelo lo que extrae el cultivo, y proporcionar a la planta los elementos nutritivos tales como: N, P, K, Ca, S, Mg y micro-nutrientes.

### 2.1.5.1. Niveles de elementos en el área foliar.

Reinoso (2009), extracta en la transparencia # 21 de su conferencia sobre Manejo de Brócoli, citando a Wolf, Jones y Mills (1990), como los autores de “Tables of Interpretative Plant Analysis Data”, donde se aprecia los valores para determinar los diferentes niveles de elementos nutritivos según el análisis foliar, calificados como bajo, suficiente y altos, que sirve para conocer el contenido nutricional del cultivo de brócoli así:

Cuadro 1. Tabla de interpretación de resultados de análisis nutrimentales para el cultivo de brócoli

ELEMENT	LOW	SUFFICIENT	HIGH
%			
<b>N</b>	2,7 - 3,1	3,2 - 5,5	> 5,5
<b>P</b>	0,20 - 0,29	0,3 - 0,75	> 0,75
<b>K</b>	1,5 - 1,9	2,0 - 4,0	> 4,0
<b>Ca</b>	0,7 - 0,9	1,0 - 2,5	> 2,5
<b>Mg</b>	0,20 - 0,24	0,25 - 0,75	> 0,75
<b>S</b>	0,25 - 0,29	0,3 - 0,75	> 0,75
ppm			
<b>B</b>	25 - 29	3,0 - 100	> 100
<b>Cu</b>	3	5 - 15	> 15
<b>Fe</b>	50 - 69	70 - 300	> 300
<b>Mn</b>	20 - 24	25 - 200	> 200
<b>Mo</b>			
<b>Zn</b>	20 - 34	35 - 200	> 200

Fuente: (Wolf, Jones y Mills 1990, citado por Reinoso 2009)

### 2.1.5.2. Requerimientos nutricionales del cultivo de brócoli

Rincón *et al.* (1999), dice que la mayoría de estudios sobre fertilización de brócoli se han centrado en la aplicación de nitrógeno, sobresaltando los niveles aplicados por varios autores para alcanzar la máxima producción, cita a Magnifico *et al.* (1979), quien aplicó 540 kg/ha de nitrógeno, Greenwood *et al.* (1980) con 400 kg/ha, Kowalenko, Hall (1987) con 250 kg/ha, cantidad similar a los 270 kg/ha de Letey *et al.* (1983) y los 224 kg/ha aportados por Hipp (1974).

Rincón *et al.* (1999), en su investigación realizada en la zona de Murcia España con la variedad Marathon, sembrada a una densidad de 5 plantas /m<sup>2</sup>, fertirrigada por sistema de goteo, obtuvo a los 87 días después del trasplante un rendimiento de 19,2 t/ha de inflorescencias comerciales en tres recolecciones, determinando por medio de muestreos permanentes cada 15 y 20 días que la absorción de macronutrientes por el cultivo, expresadas en Kg/ha, fueron de: 243,9 N, 28, 7 P, 240,9 K, 221, 3 Ca y 23 Mg.

Bertsch (2003), indica en sus cuadros la cantidad de nutrimentos requeridos en forma total y por cosecha por diferentes rendimientos en (kg/ha) y por una tonelada (en kg/t) de Brócoli, expone varios rendimientos como ejemplo para la producción de 11,2 t/ha, el cultivo absorbe en forma total (kg/ha): 185 de N, 11 de P y 235 de K y, la cosecha extrae (kg/ha): 22 N, 2 P y 50 K, mientras que para una producción de 48,4 t/ha, absorbe o extrae en forma total (kg/ha): 345 N, 19 P, 246 K, 119 Ca y 23 Mg y la cosecha absorbe (kg/ha): 157 N, 8 P, 107 K, 27 Ca y 6 de Mg. A su vez determina que la cantidad en Kg de N, P y K que se requiere para producir una tonelada de Brócoli en forma total y por cosecha (kg/t): 3,4 N; 0,8 P y 3,5 K.

Sakata (s/f), al referirse a fertilización dice que está determinada por el tipo de suelo, pH, CE y CIC. En la región del Bajío mexicano la fertilización más utilizada y recomendada en unidades puras de elementos es la siguiente: 350 N, 105 P, 70 K, 30 Ca, 25 Mg y 125 de Fierro, recomienda repartir la fertilización en 3 épocas, terminado a los 50 días después del trasplante.

### **2.1.5.3. Métodos y épocas de fertilización**

Haro y Maldonado (2009) al referirse a este tema, recomiendan que la fertilización se ha basado en un método científico, partiendo del análisis de suelos. Una vez definido los niveles a ser aplicados, recomiendan realizar la fertilización edáfica, repartida en cuatro épocas de aplicación. La primera en forma mecanizada con el uso de baldan antes del trasplante, si es manual a los tres y hasta los 20 días del trasplante. La segunda época en banda a los 25 - 40 días, cuando las plantas tengan de cinco a ocho hojas verdaderas, se aprovecha para cubrir el fertilizante a la

vez que se airea el suelo con el paso del implemento llamado tiller; la tercera o segunda cobertera a los 40 -60 días del trasplante, los días depende del híbrido utilizado y zona de cultivo, se realiza en forma manual y se aprovecha esta labor para realizar un aporque. Finalmente la cuarta o cobertera pre-cosecha a los 60 – 70 días de la siembra, aplicando el fertilizante al boleado entre líneas, especialmente recomendada para corrección de nitrógeno y acelerar el crecimiento, se hace cuando el botón floral tiene 1 cm de diámetro, no se recomienda tapar y hay que hacerlo posterior a una lluvia o aplicar luego un buen riego.

Sakata (s/f) en su guía del cultivo de brócoli, recomienda realizar la 1ra. Fertilización: En el momento del surcado o de base incorporando 500 kg de la fórmula 10 - 21 - 10, con un total de 50 N, 105 P, 50 K unidades puras/ha. Segunda fertilización: Se realiza de 20 a 25 días después de la plantación con 400 kg. de Nitrato de amonio y 50 kg. de Nitrato de calcio con un total de 141 N, y 20 K “unidades por hectárea” y la 3ra. Fertilización: Se realiza a los 50 días después de plantado con 400 kg. de Nitrato de amonio, y 50 kg de Nitrato de calcio, lo que corresponde a un total de 141 N, y 20 K unidades por hectárea.

## **2.3. MICORRIZAS**

### **2.3.1. Que son las micorrizas**

El término micorriza fue acuñado por el botánico alemán Albert Bernard Frank en 1885, y procede del griego *mykos* que significa hongo y del latín *rhiza* que significa raíz, es decir, que literalmente quiere decir “hongo-raíz”, definiendo así la asociación simbiótica, o mutualista, entre el micelio de un hongo y las raíces o rizoides de una planta terrestre (Barea y Azcon-Aguilar 1983; citado por Franco 2008).

(Frank 1885; citado por Franco 2008) menciona que al ser un fenómeno tan extendido el término «micorrizas» se ha convertido a nivel de usuarios en el nombre con el que se designan a los hongos implicados en su formación, aunque tal denominación no sea muy correcta, esas mismas rutinas coloquiales han llevado a

acuñar términos como «micorrizar»: poner en contacto los hongos micorrízicos con plantas y «micorrización»: para indicar el establecimiento de la simbiosis.

### **2.3.2. Morfología y Desarrollo de la Simbiosis**

La colonización del hongo se extiende por la epidermis y el parénquima cortical, nunca penetra en la endodermis ni en los tejidos vasculares y meristemáticos (Harley y Smith 1983, citado por Aguilera *et al.*, 2007); estableciendo una marcada diferencia con las infecciones radicales de hongos patógenos que sí penetran en los haces conductores y meristemáticos (Bolan y Abbott 1983, citado por Aguilera *et al.*, 2007).

Franco (2008), indica que el proceso de formación de la simbiosis comienza con la germinación de las esporas de resistencia en el suelo, cuando las condiciones ambientales de temperatura y humedad son favorables (Bolan y Abbott 1983, citado por Aguilera *et al.*, 2007), tras la emisión del tubo o tubos germinativos, el micelio del hongo crece hasta encontrar una raíz hospedadora, donde forma entonces una estructura similar a un apresorio y penetra entre las células epidérmicas o a través de los pelos radicales. En la Primera Etapa, se produce la diferenciación de la espora, propagación del hongo e identificación mutua entre la planta y el hongo. En la Segunda Etapa, consiste en el acercamiento y acoplamiento progresivo y gradual del micelio y la raicilla produciéndose el contacto intercelular. En la Tercera Etapa, se realiza la colonización, produciéndose cambios morfológicos y estructurales tanto en los tejidos colonizados por el hongo, como en la organización de la pared celular de la raíz.

La colonización del hongo puede extenderse también mediante hifas exteriores (runners) por la superficie de la raíz y penetrar en ésta a intervalos irregulares (Sieverding 1991, citado por Ecofintec 2007). Cuando la infección interna está bien establecida, las hifas del hongo pueden crecer externamente desde la raíz de la planta hacia el suelo (micelio externo) y explorar un volumen de suelo inaccesible a las raíces; con ello la planta aumenta considerablemente su superficie de absorción, de 100 a 1000 veces (Gil 1995, citado por Ecofintec 2007), y por tanto su capacidad de captación de nutrientes y de agua.

Una de las respuestas simbióticas de la planta con el hongo, es destinar fotosintatos en forma de sacarosa, para que el hongo pueda nutrirse heterotróficamente y para que pueda sintetizar azúcares propios tales como manitol, trehalosa, glicógeno (Harley 1971), el hongo a su vez le abastece de minerales (N, P, K, Ca, Mg) e incrementa la absorción de nutrimentos menores, protege contra patógenos, de ésta manera la planta incrementa su crecimiento (Reyes, 2002).

Para aumentar aún más la complejidad de estos organismos, investigaciones recientes han demostrado, la presencia de estructuras citoplásmicas, llamadas inicialmente organismos similares a bacterias (OSBs), observadas gracias a la microscopia electrónica en diferentes especies de hongos MA (*Glomus calidonium*, *Acaulospora lavis*, *Gigaspora margarita*, *G. gigantea*, *Scutellospora pèrsica*, *S. castanea* (Mosse 1970, MacDonald & Chanler 1981, citado por Reyes 2002).

### **2.3.3. Tipos de Micorrizas.**

Son varios los tipos de micorrizas que se distinguen actualmente, todos ellos basados en las características de la infección y en los organismos mutualistas que la establecen. Harley y Smith (1983) y Harley y Harley (1987) reconocen hasta siete tipos, pero a efectos prácticos se distinguen principalmente dos grandes tipos de micorrizas: Ectomicorrizas (micorriza ectotrófica) y Endomicorrizas (micorriza endotrófica), y un tercer grupo consisten en varios tipos menos importantes (Franco, 2008).

#### **2.3.3.1. Ectomicorrizas**

Según Barea (1999), menciona que las Ectomicorrizas son formadas por hongos Basidiomicetes y Ascomicetes, los cuales desarrollan una espesa cepa de micelio sobre la zona cortical de las raíces de la planta, además se producen principalmente sobre especies forestales y leñosas. Los principales géneros son: *Suillus*, *Cortinarius*, *Cenococcuym*, *Thelefora*, *Pisolithus*.

### **2.3.3.2. Endomicorrizas**

En las Endomicorrizas el micelio fúngico penetra en las células del córtex de la raíz, siendo el contacto más estrecho. Presentan un micelio sin tabicación (Franco, 2008) y forman estructuras vesículo – arbusculares (MVA), de forma que en las células de la corteza se introducen extremos de micelios que ramifican, de forma similar a un árbol (arbúsculos), y actúan en calidad de órganos nutritivos, mediante los cuales tiene lugar el metabolismo simbiótico entre hongo y planta. Además, se forman vesículas como órganos de reserva en el interior de las células.

### **2.3.4. Morfología del Hongo Dentro de la Raíz.**

Según Duchicela (2001), menciona que las tres estructuras características son: Hifas, Arbúsculos y Vesículas.

(Sieverding 1983, citado por Duchisela, 2001) menciona que las hifas provienen de esporas germinadas, penetran en la raíz y forman un apresorio en las capas más internas del parénquima cortical. Nunca penetran la endodermis, tejidos vasculares, meristemas, tejidos estáciles, clorofílicos. Partes viejas de la raíz, o en sistemas especializados de órganos vivos. La hifa invade la epidermis de la raíz y forma los “Arbúsculos” mediante ramificación dicotómica repetida de hifas intercelulares. Son las estructuras de intercambio de nutrientes por proceso de transporte activo. Los arbúsculos tienen una vida media de 15 días, ya que son digeridos rápidamente y su contenido es absorbido por el hospedero. La degeneración empieza a partir de los estrenos de las ramas hacia su base. Las “vesículas” son estructuras ovoides que contienen material lipídico, se forman poco después que los arbúsculos, son verdaderos órganos de reserva. Aparecen intracelular o intercelularmente.

### **2.3.5. Importancia de las MA para el Ecosistema**

Las micorrizas cumplen una función esencial en el ecosistema terrestre, desempeñando una serie de funciones esenciales para la salud de muchas plantas y cultivos, ya que la función del hongo es colonizar extensivamente la corteza de una



raíz determinada, sin causarle daño alguno, sino que se integra llegando a formar parte de ella. A su vez, el hongo también coloniza el suelo que rodea la raíz mediante su micelio externo, de manera que ayuda al huésped a adquirir nutrientes minerales y agua (Plantas y Hogar, 2005).

### **2.3.6. Efecto de las MA Sobre el Crecimiento de las Plantas.**

La simbiosis afecta a los procesos fisiológicos de las plantas y crea una planta más vigorosa que en condiciones desfavorables tiene un crecimiento superior al de la planta no micorrizada (Camprub *et al.*, 2007).

Barea y Azcón–Aguilar 1982; citado por Ecofintec (2007), demostraron que es capaz de producir compuestos de naturaleza hormonal, aunque se desconoce si estos compuestos son absorbidos por la planta hospedadora. Las MA alteran el nivel de sustancias reguladoras del crecimiento en los tejidos de las plantas (Allen *et al.*, 1982) y su transporte de unos tejidos a otros (Dixon *et al.*, 1988, citado por Ecofintec 2007). En árboles frutales se ha observado un adelanto en la ruptura de la latencia en los brotes de estacas micorrizadas. En la mayoría de los casos parece existir un efecto hormonal, pero resulta extremadamente difícil diferenciar los efectos producidos por las hormonas del hongo, los producidos por las hormonas vegetales y los producidos indirectamente por el estado nutricional de las plantas como consecuencia de la micorrización.

El efecto más importante que producen las MA en las plantas es un incremento en la absorción de nutrientes minerales del suelo, que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las mismas. La expansión del micelio externo del hongo por el suelo rizosférico es la causa principal de este efecto, permitiendo la captación de los nutrientes más allá de la zona de agotamiento que se crea alrededor de las raíces, por la propia absorción de la planta (Jakobsen 1992, Sanders y Tinker 1973, citado por Ecofintec 2007).

### 2.3.7. Efectos de la MVA Sobre la Nutrición de la Plantas.

El papel de la simbiosis es fundamental en la captación de elementos minerales de lenta difusión en los suelos, como los fosfatos solubles, el Zn y el Cu (George *et al* 1992, citado por Ecofintec 2007). La absorción de N también se favorece con la micorrización (Barea y Azcón-Aguilar 1987, citado por Ecofintec 2007). Otros elementos como el K y el Mg se encuentran a menudo en concentraciones más altas en las plantas micorrizadas (Sieverding, 1991, citado por Ecofintec 2007). La absorción del Ca es estimulada también con la simbiosis MA. (Plenchette *et al.*, 1983, citado por Ecofintec 2007). Por lo que respecta a los microelementos Zn, Cu y Bo., éstos son activamente absorbidos por las hifas del hongo y transportados hasta el hospedador (Gianinazzi-Pearson y Gianinazzi 1983, citado por Ecofintec 2007). Existen otros efectos producidos por la micorriza arbuscular entre los que destacan un aumento de la resistencia de la planta al estrés hídrico y a la salinidad, un aumento de la resistencia y/o tolerancia a determinados patógenos del suelo, un incremento de la supervivencia al trasplante y un incremento de la fijación del nitrógeno en leguminosas (Gerdemann, 1968, Linderman 1992, Smith 1987 y Roncadori 1997, citado por Ecofintec 2007).

Una condición limitante del suelo es el exceso de caliza, que contribuye a la fijación de oligoelementos, especialmente el hierro (Fe), cuya deficiencia causa la clorosis férrica. (Pinochet *et al.*, 1998, citado por Ecofintec 2007).

Las plantas micorrizadas tienen niveles de fósforo superiores a las no micorrizadas. El fósforo está presente en el suelo a baja concentración pero las micorrizas favorecen su absorción. Esta relación entre: “Absorción de P / Presencia de micorrizas” se ha demostrado en diferentes estudios (Elergonomista, 2003)

Por su parte, la planta proporciona al hongo compuestos carbonados que proceden de la fotosíntesis. Por este motivo, las micorrizas desarrollan un papel fundamental en el desarrollo y mantenimiento de muchos ecosistemas, por lo que se pueden encontrar en todos los suelos y en todos los climas terrestres. Debido a la función que ejercen las micorrizas, como protectoras de los cultivos, es posible

reducir los fertilizantes y los fitofármacos en aquellas plantas que las posean (Plantas y Hogar, 2005).

La importancia de los hongos micorrícicos en la captación de nutrimentos para las plántulas, radica en que las hifas extra-radicales de estos hongos tienen una mayor habilidad, comparado con las raíces, para explorar el suelo y tomar nutrimentos minerales que se difunden muy lento en la solución del suelo (Varma 1995, citado por Ecofintec 2007). En ambientes oligotróficos, es decir escasos en nutrimentos, la asociación de las plantas con hongos micorrícicos es muy importante, ya que las plántulas dependen de ésta para su establecimiento (Lovera & Cuenca 1996 y Cuenca *et al.*, 1998, citado por Ramos-Zapata 2004).

#### **2.3.8. Efecto de las MVA en el Suelo.**

Se ha evidenciado que las hifas del hongo de micorriza, en cooperación con otros microorganismos, interactúan en el proceso de formación de agregados del suelo, El micelio desarrolla un esqueleto que mantiene partículas adheridas, después, tanto las raíces como las hifas aportan productos orgánicos que se incorporan a la estructura en formación. (Barea 1999). Las micorrizas facilitan una mayor retención física de partículas del suelo, limitan los efectos dañinos de la erosión causada por el agua, regeneran suelos degradados, en zonas áridas y semiáridas las Micorrizas, pueden ayudar a las plantas simbiotas a captar agua para tolerar el estrés hídrico; en suelos afectados por los efectos negativos de los metales pesados, se ha comprobado que las plantas micorrizadas poseen mayor resistencia, gracias a la capacidad que obtiene para inmovilizar los metales en la raíz, impidiendo que éstos pasen a la parte aérea de la planta, interaccionan con diversos microorganismos del suelo, estableciendo provechosas cooperaciones con unos y compitiendo con otros generalmente de tipo patógeno (Paucar, 2009).

#### **2.3.9. Efecto de las MVA en la Captación de Agua.**

Los hongos micorrícicos influyen en el ambiente edáfico al prevenir la formación de claros entre las raíces y el suelo, lo que mantiene la continuidad del líquido a través de la interface suelo-raíz (Reid 1984; citado por Ramos-Zapata,

2004). Además, las hifas extra radicales incrementan la zona de captación de agua (Faber *et al.*, 1991, Davies *et al.*, 1992, Querejeta *et al.*, 2003, citado por Ramos-Zapata 2004), e incluso pueden tomar agua del suelo cuando ésta se encuentra con un valor de potencial hídrico no accesible para ser extraído por las raíces de las plantas (Bethlenfalvay 1992, citado por Ramos-Zapata 2004).

La asociación micorrícica altera las relaciones hídricas, independientemente del estadio de la planta, que se puede decir que es de gran valor ecológico ya que favorece el establecimiento, vigor, productividad y supervivencia de las plantas en un medio con condiciones limitadas de agua (Augé 2001, citado por Ramos-Zapata 2004). Se ha demostrado que las plantas micorrizadas sometidas a condiciones de déficit de agua se recuperan más rápidamente y resisten por más tiempo las condiciones de sequía (Azcón-Aguilar & Barea 1997, Augé 2001, citado por Ramos-Zapata, 2004).

#### **2.3.10. Efecto de las MA en la Protección contra Patógenos.**

Muchos son los trabajos que demuestran el beneficio de la micorriza para la planta contra la incidencia y severidad de hongos patógenos del suelo (Blancol 1997).

La asociación micorrícica cambia la estructura y fisiología de la planta a nivel radical, con lo que provoca cambios en la comunidad de organismos patógenos del suelo, al disminuir sus poblaciones (Newsham *et al* 1995; citado por Ramos-Zapata, 2004), la cantidad de sus propágulos infectivos (St-Arnaud *et al.*, 1994; citado por Ramos-Zapata 2004) y el grado de infección (Thomas *et al.*, 1994, citado por Ramos-Zapata 2004). Además, una planta que ha establecido una asociación con hongos micorrícicos es más resistente al ataque de los patógenos porque aumenta su estado nutrimental y se activan algunos mecanismos de defensa (Trotta *et al.*, 1996, Azcón-Aguilar & Barea 1997, citado por Ramos-Zapata 2004). La asociación micorrícica promueve una mayor protección a las plantas hospederas contra el ataque de fitopatógenos de las raíces (Dehne 1982, Varma 1995; citado por Ramos-Zapata, 2004).

En cuanto a los estudios realizados sobre micorrizas y control biológico se ha comprobado que la simbiosis puede reducir el efecto de patógenos de las raíces, aunque el incremento en la resistencia / tolerancia no es generalizable que ya la efectividad varia con el hongo micorrícico, el patógeno, el substrato y las condiciones ambientales. Como mecanismos sugeridos para explicar el efecto de la micorrizas en control biológico de patógenos del sistema radical, se han sugerido los siguientes: compensación de daños, competición por fotosintetizados, competición por sitios de colonización / infección, producción de cambios morfológicos y anatómicos en el sistema radical, inducción de cambios en las poblaciones de microorganismos en la micorrizosfera, activación de los mecanismos de defensa de la planta. La intervención real de cada uno de estos mecanismos es actualmente objeto de debate (Barea, 1999).

Blanco (1997), indica los ejemplos de beneficios se van dando en tomate contra *Fusarium oxysporum* (Caron *et al.*, 1986; citado por Blanco, 1997), *Pseudomonas syringae* y *Erwinia carotovora* (García-Garrido y Ocampo 1988, citado por Blanco 1997), y *Corticium rolfsii* (Vargas, 1991; citado por Blanco, 1997); en algodón contra *Verticillium dhaliae* (Liu 1995; citado por Blanco, 1997), en fresa contra *Fusarium oxysporum* (Vargas, 1991; citado por Blanco, 1997); en alfalfa contra *Verticillium albo-atrum* y *Fusarium oxysporum* (Hwang *et al.*, 1992; citado por Blanco, 1997); en pepino contra *Pythium ultimum* (Rosendahl y Rosendahl, 1990; citado por Blanco, 1997).

Las micorrizas afectan el establecimiento de microorganismos en la rizósfera. Los efectos físico y químico que inducen a los hongos simbióticos al colonizar el suelo entorno a la raíz crean una nueva dimensión en la rizósfera tanto desde el punto de vista biológico como espacial. En el cuadro 2 se resumen los distintos tipos de interacciones:

Cuadro 2. Interacciones de las micorrizas arbusculares con microorganismos del suelo

Asociación con otros Microorganismos	Resultado de la Interacción
Bacterias Fijadoras de N <sub>2</sub> ( <i>Rizobium</i> , <i>Frankia</i> )	Ciclado de N, fijación de N <sub>2</sub> y transferencia de N a las plantas no fijadoras ( <i>biofertilizantes</i> )
Microorganismos solubilizadores de fosfatos ( <i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> )	Ciclado de P, utilización de fosfatos minerales y orgánicos como fuente alternativa de P ( <i>biofertilizantes</i> )
Bacterias productoras de fitohormonas ( <i>Azospirillum</i> . PGPR)	Enraizamiento y establecimiento de las plantas ( <i>Fitoestimuladores</i> )
Agentes usados en control biológico de enfermedades ( <i>Trichoderma</i> , <i>Gliocadium</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> )	Incremento de la tolerancia / resistencia a hongos y nematodos patógenos de la raíz ( <i>agentes multifuncionales de biocontrol</i> )
Microorganismos relacionados con la formación de agregados estables.	Mejora la calidad del suelo. ( <i>mejoradores del ecosistema</i> )

Fuente. Barea (1999)

## 2.4. ZEOLITA

### 2.4.1. Características generales

EcoLogic (2007), en su información indica que las zeolitas son una familia de minerales aluminosilicatos cristalinos. La primera zeolita se describió en 1756, por Cronstedt, un mineralogista sueco, que les dio el nombre de origen griego “piedras hirviendo”, refiriéndose a la evolución del vapor de agua cuando la roca se calienta. Actualmente se conocen unas cincuenta zeolitas naturales y más de ciento cincuenta se sintetizan para aplicaciones específicas como la catálisis industrial o como carga en la fabricación de detergentes. La clinoptilolita es una zeolita natural formada por la desvitrificación de ceniza volcánica en lagos o aguas marinas hace millones de años. Este tipo es la más estudiada y considerada la de mayor utilidad.

La clinoptilolita, como otras zeolitas, tiene una estructura similar a una jaula, consistiendo en tetraedros de  $\text{SiO}_4$  y  $\text{AlO}_4$  unidos por átomos de oxígeno compartidos. Las cargas negativas de las unidades de  $\text{AlO}_4$  se equilibran con la presencia de cationes intercambiables, notablemente calcio, magnesio, sodio, potasio y hierro.

Estos iones pueden ser desplazados por otras sustancias, por ejemplo metales pesados e iones de amoníaco. Este fenómeno se le conoce como intercambio catiónico, y es esta capacidad de la clinoptilolita lo que le da las útiles propiedades. La clinoptilolita se conoce también como adsorbente de ciertos gases, como el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de azufre.

Debido al origen natural, la composición precisa de la clinoptilolita está sujeta a variación. Sin embargo podemos darle la fórmula empírica de  $(\text{Ca,Fe,K,Mg,Na})_{3-6}\text{Si}_{30}\text{Al}_6\text{O}_{72}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$ .

Ezcurra y Pérez (1989), indican que se conocen unos 40 tipos de la familia de los aluminosilicatos hidratados, destacando que en los yacimientos de Cuba se pueden encontrar 15 de ellos, resaltando la abundancia y los de mayor usos a la clinoptilolita y mordenita. EcoLogic (2007) dice que actualmente se conocen unas cincuenta zeolitas naturales y más de ciento cincuenta se sintetizan para aplicaciones específicas como la catálisis industrial o como carga en la fabricación de detergentes

#### **2.4.2. Características Físico – Químicas**

Ezcurra y Pérez (1989), resaltan las propiedades de los minerales zeolíticos por su poca densidad, (muy livianos), bajo peso volumétrico (1,7 a 1,8 g/cc), su elevada capacidad de intercambio (potasio por sodio y calcio por magnesio y otros metales pesados), su elevado poder de absorción y la gran facilidad de deshidratación, cuando esto ocurre su volumen está constituido hasta por el 50% de espacio poroso lo que es notable su absorción a baja presión, tampoco cambia su estructura, por lo que pueden rellenarse de líquidos y gases en ciclos repetidos, son resistentes a la pulverización, tienen baja resistencia a la abrasión y no se aterronan, alta capacidad de intercambio iónico de (0,55 hasta 3,10 meq/g).

### 2.4.3. Aplicación en la Agricultura

Haro (2007) dice que existe numerosos estudios realizados en el país y en el exterior, que han demostrado varios impactos que la zeolita provoca en la agricultura: 1) Economía en la fertilización. Al sustituir hasta un 20% de los fertilizantes convencionales por un producto más económico como la zeolita; 2) Incrementos de producción la zeolita potencializa la acción de los fertilizantes, inhibiendo las pérdidas de los elementos químicos por volatilización, lixiviación, fijación. Con esto, mayor cantidad de elementos nutritivos estarán a disposición de la planta.

Jhon *et al.*, (2007), menciona que las características físico- químicas de la zeolita constituye un recurso importante de gran aplicación en la agricultura, resulta una alternativa muy atractiva, por su contribución en la reducción de las pérdidas de nitrógeno en más de un 30% la disminución de los niveles de fertilizantes sin afectar los rendimientos y la calidad de los cultivos, así como la reducción de la contaminación ambiental.

EcoLogic (2007) indica que la zeolita es útil para la fabricación de Fertilizantes de liberación lenta ya que las zeolitas son los fertilizantes de liberación lenta que existen de forma natural. Además son utilizados como correctores del suelo, en donde la adición de zeolita en el suelo reduce significativamente la cantidad de agua y el coste en fertilizantes mediante la retención de nutrientes en la zona de las raíces. Las zeolitas forman un depósito permanente de agua, asegurando un efecto de humedad prolongada hasta en épocas de sequedad.

### 2.4.4. Beneficios del Uso.

Jhon *et al.*, (2007) señala varias de las cualidades ya enunciadas y adiciona otras de grandes beneficios de uso como:

- No permite pérdidas de materia orgánica por mineralización



- La estructura porosa de la zeolita ayuda a mantener el suelo aireado mejorando también su drenaje
- El nematodo no puede penetrar la zeolita, sin embargo la zeolita puede tomar el agua del medio donde está el nematodo, y este muere por falta de humedad.
- Contribuyen a mejorar la calidad del agua del agua de riego, reteniendo los elementos dañinos (sodio, metales pesados, algunos gérmenes patógenos).
- Al disminuir el uso de fertilizantes, también se disminuye la contaminación del medio ambiente.
- Reduce la migración de los nutrientes de la zona de las raíces hacia aguas profundas eliminando la posibilidad de contaminación ambiental.
- Puede combinarse con materias orgánicas (Bokashi, humus, compost, bioles y purinas), con miel cachaza y otros productos.
- Facilita las buenas relaciones entre los nutrientes.
- Incrementa la productividad de las cosechas entre 10% y 20%.
- Disminuye los costos de fertilización en un 15%

La zeolita se encuentra enmarcada dentro las buenas prácticas agrícolas y en la agricultura orgánica ya que es un producto 100 % natural. Mejora la producción de una variedad de plantas, los tomates, por ejemplo, producen en promedio 30% más cuando crecen en suelos enmendados con zeolitas. Estudios que han comparado la producción de más de 13000 plantas en suelos enmendados con zeolitas muestran incrementos de 20% a 40% en crecimientos de tomate, pimienta, pepino, maíz,

brócoli y sorgo. Este producto es una nueva alternativa para la producción agrícola y pecuaria que genera mejores productividades y reduce costos de producción (Haro 2007).

Zeonat (2001), indica que la zeolita en mezcla con el fertilizante se recomienda utilizar las siguientes dosis, de acuerdo al cultivo.

- |                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| • Caña de azúcar | Urea + 20% de Zeolita |
| • Tomate         | NPK + 15% de zeolita  |
| • Maíz           | NPK + 20% de zeolita  |
| • Banano         | NPK + 25% de zeolita  |

Como remediador de suelos agrícolas degradados y ácidos por su mal manejo de fertilizante químico.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN POLÍTICA, GEOGRÁFICA Y ECOLÓGICA

##### 3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

Provincia:	Cotopaxi
Cantón:	Latacunga
Parroquia:	Mulaló
Sector:	Quisinche
Hacienda:	Quisinche

##### 3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Latitud	0°46'58,8"S 78
Longitud	°34'01,2" W

##### 3.1.3. UBICACIÓN ECOLÓGICA<sup>1</sup>

Zona de vida:	BSMB
Altitud:	2900 m.s.n.m.
Temperatura media anual:	14°C
Precipitación media anual:	700 mm mensuales
Fuente: Ing. Ruth Ibarra, ECOFROZ, 2009.	

##### 3.1.3. MATERIALES E INSUMOS

Libro de campo, Calculadora, Balanza, Cámara, Lápiz Plántulas de brócoli cultivar Legacy, Agroquímicos, Micorriza "FUNGIFERT", Zeolita con granulometría fina (LA COLINA/INDUMINAS)

Insecticidas (I.A)

Imidacloprid, Dimetoatho, Metomil, Lambda Cialotrina, Beta Cyfultrin, *Bacillus thuringensis*, Cipermetrina y Clorpirifos.

Fungicidas (I.A)

Clorotalonil, Hidróxido de cobre, Azufre, Benomil, Sulfato de cobre pentahidratado, Azoxistribin, Maneb, Iprodione, Metalaxil y Fosetil aluminio.

### 3.4. MÉTODOS

#### 3.4.1. Diseño Experimental

##### 3.4.1.1. Factores en estudio

Fertilización Química (FQ)

100 % FQ ; 90 % FQ ; 80 % FQ ; 70 % FQ

Zeolita (Z)

0 % Z ; 10 % Z ; 20 % Z ; 30 % Z

Micorrizas (M)

Con Micorrizas ; Sin Micorrizas

##### 3.4.1.2. Tratamientos

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
(T1)	(T3)	(T5)	(T7)	(T9)	(T11)	(T13)
100% FQ	90% FQ	80% FQ	70% FQ	90% FQ	80% FQ	70% FQ
+ CM +	+ CM +	+ CM +	+ CM +	+ CM	+ CM	+ CM
0% Z	10% Z	20% Z	30% Z			
(T2)	(T4)	(T6)	(T8)	(10)	(T12)	(T14)
100% +	90% FQ	30% FQ	70% FQ	90% FQ	80% FQ	70% FQ
SM + 0%	+ SM +	+ SM +	+ SM +	+ SM	+ SM	+ SM.
Z.	10% Z	20% Z	30% Z			

FQ = Fertilización Química;

Z = Zeolita;

CM = Con Micorriza;

SM = Sin Micorriza

##### 3.4.1.3. Tipo de diseño.

Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar, en Análisis grupal.

#### 3.4.1.4. Repeticiones

El ensayo se instaló con tres repeticiones.

#### 3.4.1.5. Características de las unidades experimentales

Cada unidad experimental contó de 36 plantas, seis hileras con seis plantas, se tuvo una parcela neta de 16 plantas (cuatro hileras por cuatro plantas), de las cuales se tomaron datos de 10 plantas mezcladas al azar.

Número de Unidades Experimentales	42,00
Área de la unidad experimental	21,00 m <sup>2</sup>
Largo	5,00 m
Ancho	4,20 m
Área Neta	12,49 m <sup>2</sup>
Largo	4,46 m
Ancho	2,80 m
Área total del Ensayo	882,00 m <sup>2</sup>
Largo	77,00 m
Ancho	14,00 m
Área neta del Ensayo	524,58 m <sup>2</sup>

### 3.5. Análisis Estadístico

#### 3.5.1. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
TOTAL	41
REP	2
TRAT	13
ENTRE GRUPOS	6
G1 vs G2, G7	1
G2, G3, G4 vs G5, G6, G7	1
G2 vs G3, G4	1
G3 vs G4	1
G5 vs G6, G7	1
G5 vs G7	1
D/G1	1
D/G2	1
D/G3	1
D/G4	1
D/G5	1
D/G6	1
D/G7	1
Error Experimental	26

CV% y pruebas de Tukey al 5%.

#### 3.5.2. Análisis Económico

Se realizó el análisis de presupuesto parcial mediante el método de Perrín *et al* (1976), por lo cual se tomaron todos los costos variables.

#### 3.5.3. Datos a Tomar

##### 3.5.3.1. Prendimiento

A los 30 días después del trasplante, en la parcela neta se contaron las plantas muertas y se dividió para el número de plantas trasplantadas por cien.

$$P = \frac{NPM}{NPT} \times 100$$

Donde:

NPM = numero de plantas muertas

NPT = numero de plantas trasplantadas

### **3.5.3.2. Longitud de tallo**

Se registró en centímetros con un flexómetro desde el suelo al ápice en 10 plantas marcadas al azar dentro la parcela neta y se sacó un promedio, la única medición se realizó a los 60 días después de la siembra, ya que a los 21 y 70 días se pasa un tiller de aporque y aireación, el mismo que desnivela el terreno y la medición no es real.

### **3.5.3.3. Diámetro del tallo.**

Con un calibrador se midió el diámetro del tallo en 10 plantas marcadas de la parcela neta y se sacó un promedio, la medición se realizó a los 60 días del trasplante y se tomó como sitio de medición la mitad de la longitud del tallo.

### **3.5.3.4. Número de hojas.**

Se contó el número de hojas de las 10 planta marcadas de la parcela neta y se sacó un promedio absoluto. El primer conteo se realizó a los 30 días después del trasplante y el segundo a los 60 días respectivamente.

### **3.5.3.5. Peso de pella.**

Se cosechó la parcela neta y se sacó el peso promedio de pella dividiendo el peso total para el número de pellas, el peso se determinó en kilogramos y este valor se extrapoló a t/ha.

$$Pp = \frac{PT}{\text{Nro. P}}$$

Dónde:

PT = peso total

Nro. P = número de plantas

### **3.5.3.6. Rendimiento por hectárea.**

Se extrapoló el rendimiento de la parcela neta a t/ha.

### **3.5.3.7. Porcentaje de colonización micorrícica.**

Con una palilla se procedió a extraer la planta entera del suelo, se eliminó el área foliar y se envió la parte radicular a un laboratorio especializado para determinar el porcentaje de colonización micorrícica del mejor y peor tratamiento de acuerdo a los resultados obtenidos en las mediciones de las variables anteriores.

### **3.5.3.8 Análisis foliar.**

Al mejor tratamiento de acuerdo a las variables medidas se procedió a extraer el follaje y enviar al laboratorio para realizar un análisis foliar para observar los rangos de los elementos y compararlos con los del testigo al momento de la cosecha. La hoja que se tomó para dicho análisis fue la hoja más joven-madura que corresponde a la segunda hoja debajo de la pella.

## **3.5.4. Manejo Específico del Ensayo.**

### **3.5.4.1. Análisis de suelos.**

Para el análisis de suelo se tomó la muestra de suelo con 15 días de anterioridad al establecimiento del ensayo en campo (Anexo 3).

### **3.5.4.2. Preparación del terreno.**

Las labores de preparación de suelo, se realizó con tres pasadas de rastra de discos dentro de las dos semanas que la empresa acostumbra a dejar en descanso cada lote antes de la nueva siembra, se usó solo rastra por el tipo de suelo con alto contenido de arena.



#### **3.5.4.3. Enmienda**

Se realizó la enmienda para corrección de pH con Carbonato de Calcio el día 31 de julio del 2009, a una dosis de 1,000 kg/ha, aplicada al voleo antes del segundo pase de rastra y 15 días antes del trasplante, esta enmienda se aplicó para elevar el pH como medida preventiva para evitar ataque de *Plasmodiophora sp*, esta enmienda fue solicitada por los técnicos de ECOFROZ que es la empresa que procesa y compra la producción bajo contrato.

#### **3.5.4.4. Trazado**

Se procedió al trazado de los tratamientos y repeticiones experimentales, utilizando estacas y piola para la delimitación de cada uno, para este trazo se ha seleccionado una sección al interior del lote de producción que tenía topografía homogénea y buena exposición solar, dejando el suficiente espacio en los cuatro puntos cardinales como borde del ensayo. Para este proceso se siguió la metodología del productor, que es rastrar y luego pasa un equipo llamado baldan, que forma los surcos a las distancias programadas, deposita el fertilizante de fondo y tapa ligeramente a todo lo largo del lote, en este caso no se puso fertilizante por motivo del ensayo; se trazaron utilizando un flexómetro graduado en centímetros, se delimitó plenamente las parcelas con piolas y estacas y, se puso los letreros de identificación de cada parcela y repetición.

#### **3.5.4.5. Inoculación**

Las plántulas se adquirieron en la empresa pilonera PILVICSA, quien mantiene en vivero durante 30 días desde la siembra de la semilla, se recibió con planta endurecida, altura promedio de ocho centímetros y dos hojas verdaderas, tallo erecto, buen sistema radicular desarrollado alrededor del pilón, en general buena uniformidad de crecimiento y vigor adecuado.

Para realizar la inoculación con la micorriza, se utilizó el producto comercial denominado Micorriza FUNGIFERT<sup>®</sup> (Sustrato Micorrizogeno Comercial), se usó

cinco gavetas que contenían 1000 plántulas cada una, en las cuales se aspergió la cantidad de 100 g de sustrato micorrícico sobre ellas, esta cantidad corresponde a la dosis de 8 kg/ha; las partículas de granulometría fina del producto permitió aplicar directamente sobre las hojas y luego con un movimiento ligero con la mano se provocó la caída total del sustrato, el cual se adhirió fácilmente al pilón que tenía buena humedad (Anexo 4).

#### **3.5.4.6. Trasplante**

Una vez trazado y colocadas las estacas de limitación de los lotes se procedió a colocar piolas para delimitar las distintas parcelas y se procedió al trasplante colocando las plántulas en los huecos que se realizaron al fondo del canal que deja el paso de la surcadora, dicho canal no es profundo y tiene 10 cm aproximadamente, los huecos se hicieron con la ayuda de una herramienta fabricada para el efecto, que lo llaman en la propiedad hoyadora, construida en un chasis con tubos de 1 pulgada, tiene 1,50 m de alto y en la base tiene un ángulo de metal, donde se insertan 4 puntas metálicas distanciadas a 0,27 m, las puntas son de forma cónica de 5 cm de largo y 4 cm de ancho en parte superior y terminada en cono con una ligera punta redondeada al extremo, esta herramienta fue accionada por una persona. El distanciamiento de siembra fue de 0,27 m entre plantas, 0,50 m entre hileras dobles dentro de la “cama” y 0,70 m entre camas, el trasplante se realizó el 5 de agosto del 2009 (Anexo 5).

#### **3.5.4.7. Riego**

El riego del lote se inició un día antes del trazado y trasplante, con la finalidad de que el suelo tenga la humedad suficiente para evitar estrés y mortandad de las plántulas durante la siembra, de igual manera, una vez concluido esta operación se dio nuevamente otro pase de riego utilizando aspersores tipo F-100 por el tiempo de 1 hora. A partir de allí, durante las primeras 8 semanas del cultivo, se programaron dos riegos semanales, basados en la experiencia técnica de la propiedad con un tiempo de duración de 1 hora por parada, a partir de la novena semana, que coincidió con la fase de máximo desarrollo vegetativo del cultivo, las necesidades de agua se incrementaron a 1,5 y hasta dos horas por parada y dos veces por semana

utilizando siempre el mismo tipo de aspersor. Se puso mayor énfasis en el riego el día anterior a la cosecha, con la finalidad de hidratar de mejor manera las pellas, para evitar pérdidas de peso y turgencia durante la labor de cosecha y transporte a la planta que queda a 25 kg de la plantación.

El riego fue abundante y regular en la fase de crecimiento, mientras que en la fase de inducción floral y formación de pella, se redujo un poco para evitar exceso de humedad, al final se incrementó nuevamente especialmente antes de cosecha, lo que coincidió con la recomendación de Maldonado y Haro, (2008).

#### **3.5.4.8. Fertilización**

Para establecer el plan de fertilización primeramente se tomaron 10 sub-muestras de suelo con un barreno a 25 cm de profundidad en todo el lote destinado para la investigación, siguiendo el procedimiento en forma de zig-zag, se mezcló bien y se sacó una muestra de un kilogramo, se identificó y se llevó al Laboratorio de Suelos del SESA en Tumbaco, donde se realizaron los análisis químicos y físicos (Anexo 3).

El plan de Fertilización se realizó con los resultados del análisis de suelos, que fueron interpretados conjuntamente con dos expertos en el cultivo de Brócoli, Ing. Marcelo Reinoso “Bioamecsa S.A” e Ing. Milton Haro “Prodecoagro S.A”, y se determinó las dosis óptimas para este lote de investigación, las dosis se expresan en unidades puras en kg / ha, así: Nitrógeno (N) 220, Fosforo ( $P_2O_5$ ) 23, Potasio ( $K_2O$ ) 272, Ca 0, Mg 11, S 22.

Estas dosis están dentro de los requerimientos del cultivo, según reportes de (Haro y Maldonado 2008), quienes señalan que los requerimientos del cultivo de brócoli son de: Nitrógeno 190 a 230 kg/ha, máximo 250 kg/ha; Fosforo 46 a 69 kg/ha; Potasio 230 a 260 kg/ha, máximo 300 kg/ha.

En cuanto al elemento Ca se marcó en 0 por los niveles altos del reporte y como un adicional se consideró el aporte natural que pudiera hacer la liberación del calcio del carbonato de calcio utilizado como enmienda.

Las dosis de elementos puros se transformaron a elementos comerciales, los cuales se programaron para ser aplicados en cuatro épocas durante el ciclo de cultivo, a los 9, 14, 41 y 65 días después de la siembra, las épocas y porcentajes utilizados fueron según recomendación de los mencionados profesionales Reinoso y Haro que conocen el cultivo y los suelos de la Hacienda Quisinche. Los siguientes cuadros muestran la fecha de aplicación, dosis de elemento puro y cantidad correspondiente en elemento comercial según el fraccionamiento que se utilizó por época.

Cuadro 3. Dosis de nutrientes y fertilizantes comerciales (primera aplicación), para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli, Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

		N	P	K	Ca.	Mg.	S.	Total Fert/ Ensay. Kg / Fertilizante	
14/agosto/09	1ra. Fertilización (Kg/ Fert.)	40	23	52	0	11	22		
	NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	93						8,16	
	DAP (18 - 46 - 0)		50					4,41	
	SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)					100	100	8,82	
	MUREATO DE POTASIO (60 K)			50				4,41	
<b>Total</b>								<b>25,80</b>	
<b>Total / Parc. G</b>								<b>614</b>	

Tamaño c/parcela m2	Nro Parcelas	Total m2 ensayo
21	42	882

Nro Plantas / Trat y Rept.	Nro Plantas / Ensayo
111	4667

Gramos por planta	
	5,53

Tratamientos	Mezcla Fertiliz gr.	Zeolita gr.	Total
T1	614	0	614
T2	614	0	614
T3	553	61	614
T4	553	61	614
T5	491	123	614
T6	491	123	614
T7	430	184	614
T8	430	184	614
T9	553	0	553
T10	553	0	553
T11	491	0	491
T12	491	0	491
T13	430	0	430
T14	430	0	430

Dicha fertilización se realizó el día 14 de Agosto del 2009, que corresponde a nueve días después de la siembra, la fertilización se hizo con suelo húmedo con capacidad de campo por haberse presentado lluvia el día anterior, para la aplicación de fertilizante la dosis calculada por parcela y por planta se colocó en un canal realizado con un palo a 5 cm de profundidad y a 10 cm de distancia de la planta, con el objetivo de enterrar el fertilizante y evitar las pérdidas por escorrentías del riego y lluvia, por lo que después de colocado el fertilizante se procedió a tapar con el pie. La dosis de la mezcla de fertilizante comercial para la parcela es de 614 g y cada parcela contiene 111 plantas, lo que equivale a 5,5 g/planta, dosis que fue aforada en una balanza electrónica de precisión y colocada en un envase con la medida, para aplicar a cada planta.

Cuadro 4. Dosis de nutrientes y fertilizantes comerciales (segunda aplicación), para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli, Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

1/septiembre/09		N	P	K	Ca.	Mg.	S.	Total Fert/ Ensay. Kg / Fertilizante
2da. Fertilización (Kg/ Fert.)		80	0	100	0	0	0	21
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)		239						14,7
MUREATO DE POTASIO (60 K)				167				
								Total
								36
								Total / Parc. Gr
								851

Tamano c/parcela m2	Nro Parcelas	Total m2 ensayo
21	42	882

Nro Plantas / Trat y Rept.	Nro Plantas / Ensayo
111	4667

Gramos por Planta	
	7,67

Tratamientos	Mezcla Fertiliz gr.	Zeolita gr.	Total
T1	851	0	851
T2	851	0	851
T3	766	85	851
T4	766	85	851
T5	681	170	851
T6	681	170	851
T7	596	255	851
T8	596	255	851
T9	766	0	766
T10	766	0	766
T11	681	0	681
T12	681	0	681
T13	596	0	596
T14	596	0	596

La segunda fertilización se realizó el día 1 de Septiembre del 2009, correspondiente a 27 días del trasplante y 16 días después de la primera fertilización, después de la fertilización se realizó un pase de tiller, con la finalidad de tapar el abono y a su vez para airear el suelo del cultivo.

Cuadro 5. Dosis de nutrientes y fertilizantes comerciales (tercera aplicación), para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli, Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

16/septiembre/09		N	P	K	Ca.	Mg.	S.	Total Fert/ Ensay. Kg / Fertilizante
3ra. Fertilización (Kg/ Fert.)		60	0	120	0	0	0	16
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)		179						18
MUREATO DE POTASIO (60 K)				200				
								Total
								33
								Total / Parc. gr.
								796

Tamano c/parcela m2	Nro Parcelas	Total m2 ensayo
21	42	882

Nro Plantas / Trat y Rept.	Nro Plantas / Ensayo
111	4667

Gramos por planta	
	7,17

Tratamientos	Mezcla Fertiliz gr.	Zeolita gr.	Total
T1	796	0	796
T2	796	0	796
T3	717	79	796
T4	717	79	796
T5	637	159	796
T6	637	159	796
T7	557	239	796
T8	557	239	796
T9	717	0	717
T10	717	0	717
T11	637	0	637
T12	637	0	637
T13	557	0	557
T14	557	0	557

La tercera fertilización se ejecutó el día 16 de Septiembre del 2009, que corresponde a 41 días después del trasplante y 15 días después de la segunda fertilización, al igual que la anterior de pasó Tiller con el objetivo de romper la capa superficial del suelo, facilitando la aireación del suelo y tapando el fertilizante que se aplicó a un costado de cada planta.

Cuadro 6. Dosis de nutrientes y fertilizantes comerciales (cuarta aplicación), para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli, Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

		N	P	K	Ca.	Mg.	S.	Total Fert/ Ensay.
7/octubre/09	4ta. Fertilizacion (Kg/ Fert.)	40	0	0	0	0	0	Kg / Fertilizante
	NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	119						11
Total								11
Total / Parc. gr.								251

Tamaño c/parcela m2	Nro Parcelas	Total m2 ensayo
21	42	882

Nro Plantas / Trat y Rept.	Nro Plantas / Ensayo
111	4667

Gramos por planta	2.26
-------------------	------

Tratamientos	Mezcla Fertiliz gr.	Zeolita gr.	Total
T1	251	0	251
T2	251	0	251
T3	226	25	251
T4	226	25	251
T5	201	50	251
T6	201	50	251
T7	176	75	251
T8	176	75	251
T9	226	0	226
T10	226	0	226
T11	201	0	201
T12	201	0	201
T13	176	0	176
T14	176	0	176

Finalmente la cuarta fertilización se realizó el día 7 de Octubre del 2009, correspondiente a 65 días después del trasplante y 18 días después de la tercera fertilización.

Cuadro 7. Dosis total de nutrientes y fertilizantes comerciales en el ensayo para evaluar el “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

	N	P	K	Ca	Mg	S
TOTAL (Unid / Elemento)	220	23	272	0	11	22

TOTAL (Fertilizante Kg/Ha)

NITRATO DE AMONIO (33,5 N)	630					
DAP (18 - 46 - 0)		50				
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)					100	100
MURIATO DE POTASIO (60 K)			417			

En el cuadro se indica la cantidad total utilizada en unidades puras y kilogramos de fertilizante comercial.

#### 3.5.4.9. Correctivos

Se utilizó Zeolita de granulometría fina como correctivo y a su vez como potencializador en algunos tratamientos al disminuir el porcentaje de fertilizante y ser remplazado por este mineral, para ello, se utilizó zeolita cuyo nombre comercial es ATRAPADOR comercializado por empresa “La Colina”. Las cantidades se pesaron para cada tratamiento respectivamente y se colocaron dentro de una funda de plástico conteniendo los fertilizantes y zeolita de acuerdo al tratamiento, se mezcló bien y se aplicó la fertilización bajo la metodología descrita en las 3 primeras épocas de fertilización.

#### 3.5.4.10. Malezas

Esta labor muy importante se realizó antes del trasplante utilizando Oxifluorfen 24% “Goal 2 EC” a la dosis de 1 litro de producto comercial por hectárea. Este herbicida se aplicó con la bomba Jacto acoplada al toma de fuerza del tractor que tiene 10 boquillas de salida (Cónica Nro. 12) cubriendo todo el suelo, este tratamiento se realizó el día anterior al trasplante, una vez formado los surcos.

#### **3.5.4.11. Plagas y enfermedades**

El control de plagas y enfermedades en el cultivo de brócoli están dadas de acuerdo a un plan de manejo brindado por el técnico responsable de la hacienda brindado “gratuitamente” por la empresa compradora – comercializadora, dichas aplicaciones en su mayoría son en forma preventiva de acuerdo al plan de fumigación, además para reforzar el control se realizan monitoreos continuos al cultivo y en el caso de que existiere presencia de algún tipo de plaga o enfermedad se hace un recomendación adicional a la ya establecida en el plan.

Durante el monitoreo al cultivo de brócoli que se lo realiza de acuerdo a la metodología en zig zag en donde se establecen 9 puntos distintos en una hectárea distinguidos con una estaca, en donde se procede a analizar la planta ubicada, así como también a nueve plantas a la izquierda y nueve a la derecha, después de este monitoreo se detectaron las siguientes plagas: Pulgón (*Brevicoryne brassicae*), Plutella (*Plutella xylostella* L.) y Barrenador (*Hylemia brassicae*); en cuanto a enfermedades: Alternaria (*Alternaria brassicae*) y Mildiu (*Peronospora brassicae*). Una vez obtenido los datos se procedió a establecer el control fitosanitario necesario que estableció el técnico responsable de la Empresa ECOFROZ.

Los productos y dosis de los distintos plaguicidas utilizados fueron todos aquellos que se mencionan en la hoja de control del cultivo, donde se indica el nombre comercial, el ingrediente activo, la dosis a utilizada y la fecha en la cual se realizó el tratamiento.

#### **3.5.4.12. Cosecha**

Una vez que transcurrió el ciclo esperado de cultivo, se examinó todo el lote incluido las parcelas de investigación para observar características específicas que determinaron el momento oportuno de la cosecha, considerando parámetros conocidos como tamaño de pella adecuado, compactación, firme a la presión de la mano, flores cerradas y sin visos de inicio de floración, color verde oscuro brillante. La primera entrada se realizó el día 6 de noviembre del 2009, ósea 92 días después del trasplante, se procedió primeramente a definir número de pellas efectivas a



cosecha, luego se recolectó cada una de las parcelas y se pesaron en forma individual por tratamiento y repetición lo que constituyó el peso parcial y luego se sacó el peso total. Una vez concluida esta recolección se programó una más ya que por problemas climáticos posteriores con la presencia de granizo a los tres días (9 de noviembre del 2009) obligó a cosechar en una segunda entrada el resto de pellas consideradas como adecuadas con la finalidad de que el productor no perdiera producción y sea rechazada por posible presencia de pudrición por golpe del granizo. Para la labor de cosecha misma, se realizó un corte limpio con un cuchillo bien afilado a 5 cm abajo de la cabeza de la pella, se desajo las brácteas basales y se colocaron ordenadas en gavetas bien identificadas, se trasportó al filo del lote bajo sombra donde se tomaron los datos mencionados, una vez concluida esta labor se vació en los bins que se estaban recolectando el resto de pellas del lote para enviar a la planta de procesamiento de ECOFOROZ. Lo ideal hubiese sido realizar hasta tres entradas o cosechas, arrancando con un 30-35 % en el despunte, para en un segundo corte sacar el 50-60 % y terminar con un 20-25 % de la cosecha según recomiendan (Maldonado y Haro, 2008).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. PRENDIMIENTO**

El ADEVA para la variable porcentaje de prendimiento muestra diferencias estadísticas significativas para Tratamientos, DG1 que corresponde a los tratamientos con el 100% de fertilización química + 0% de zeolita y DG7 correspondiente al 70% de fertilización química (Cuadro 8).

El coeficiente de variación para esta variable es de 7,58% siendo muy aceptable para este tipo de investigación.

Dentro de Tratamientos se encontró que el único tratamiento con diferencias estadísticas es el T14 (70% fertilización química, sin micorrizas), siendo este el más bajo con un promedio de 72; mientras tanto el que se encuentra con el mejor promedio corresponde al T8 (70% fertilización química + 30% zeolita, sin micorrizas) (Figura 1).

Dentro del Grupo 1 que corresponde a los tratamientos con el 100% fertilización química T1 (con micorrizas) y T2 (sin micorrizas), mostrando el primero un 12% más de prendimiento que el segundo en una relación de 90% vs. 78% (Figura 2).

Dentro del Grupo 7 que corresponde al 70% fertilización química con el T13 (con micorrizas) y T14 (sin micorrizas), mostrando el primero con un promedio de 83%, y el segundo con 72%, siendo de esta manera el primero superior con una diferencia de 11%, muy similar a la comparación de DG1, (Figura 3); donde se puede notar que en los tratamientos que han sido inoculados con micorrizas tienen un mejor prendimiento las plántulas, información que se corrobora con lo mencionado por (Reyes, 2002) indicando que la MVA protegen a la planta contra el ataque de patógenos e incrementa la solubilidad de minerales del suelo, de esta manera la planta incrementa su adaptación al medio en donde se desarrolla el vegetal.

Cuadro 8. Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para porcentaje de prendimiento en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Repeticiones	2	32,17 ns
Tratamientos	13	86,89 *
Entre Grupos	6	108,60 ns
G1 vs G2-G7	1	53,78 ns
G2-G3-G4 vs G5-G6-G7	1	136,11 ns
G2 vs G3-G4	1	49,00 ns
G3 vs G4	1	96,33 ns
G5 vs G6-G7	1	28,44 ns
G6 vs G7	1	21,33 ns
DG1	1	216,00 *
DG2	1	0,00 ns
DG3	1	2,67 ns
DG4	1	42,67 ns
DG5	1	0,00 ns
DG6	1	24,00 ns
DG7	1	192,67 *
TOTAL	41	
ERROR	26	40,29
CV%		7,58

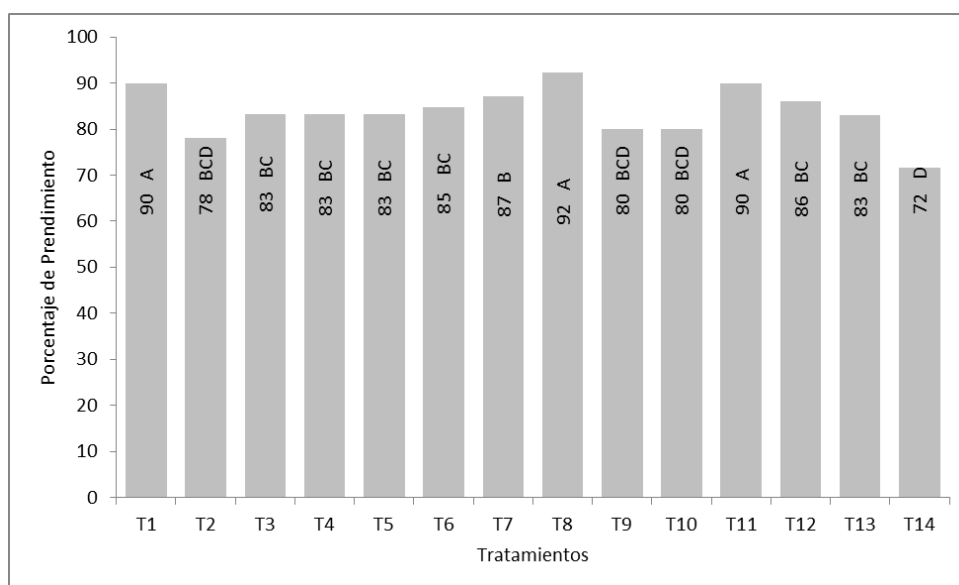


Figura 1. Porcentaje de prendimiento en los diferentes tratamientos en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.

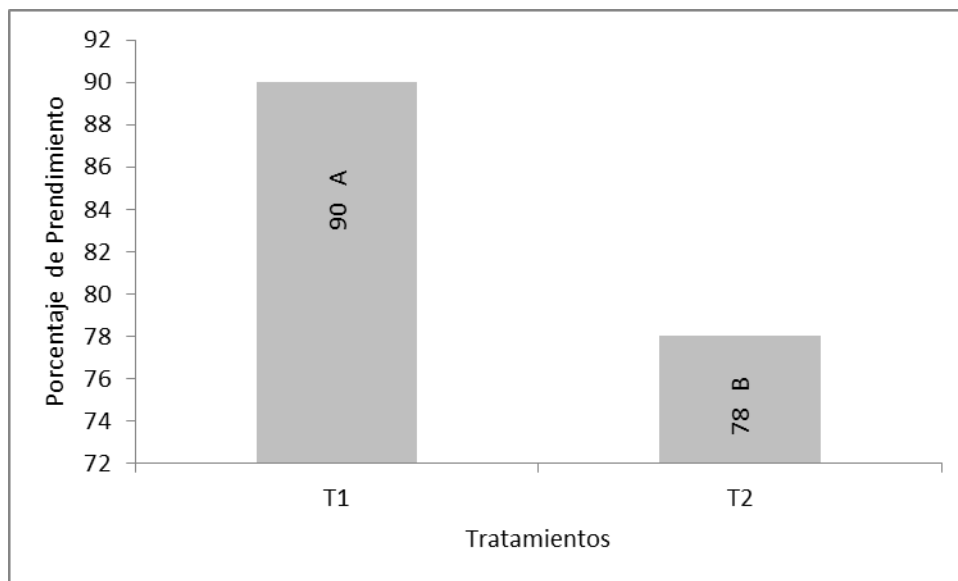


Figura 2. Porcentaje de prendimiento dentro del DG1 en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

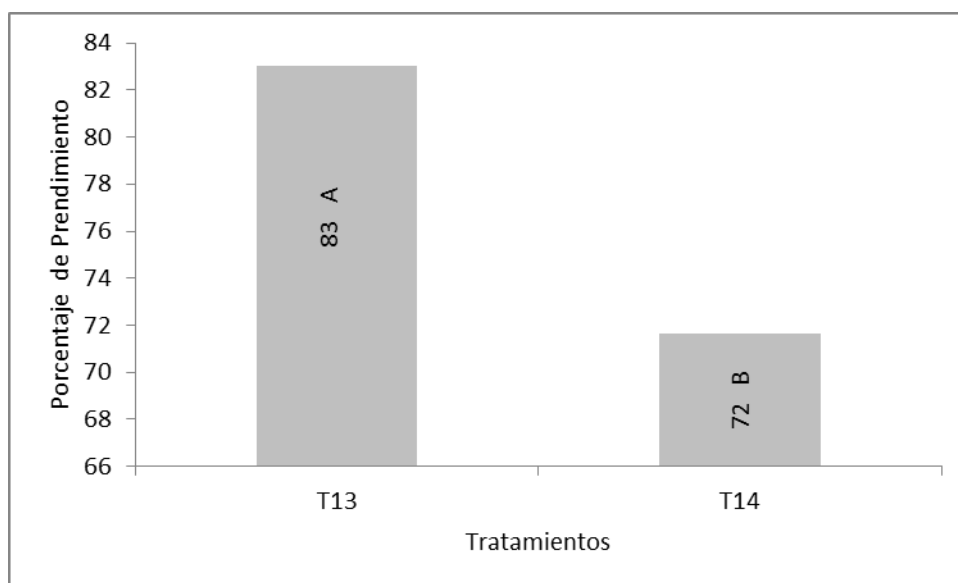


Figura 3. Porcentaje de prendimiento dentro del DG7 en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

## 4.2. LONGITUD DE TALLO

El ADEVA para la variable longitud de tallo tiene un coeficiente de variación de 25,22%, mostrando diferencias estadísticas altamente significativas únicamente para la variable dentro del Grupo 2 que corresponde al 90% de fertilización química + 10% de zeolita (Cuadro 9).

Dentro del grupo mencionado está T3 (con micorrizas) y T4 (sin micorrizas), mostrando el primero una mayor altura de planta de 8,78 cm en relación a 7,88 cm del segundo (figura 4). Los resultados muestran que el efecto de las micorrizas influyeron en el crecimiento, al encontrar plantas más altas dentro del G2 al tratamiento con Micorrizas, resultados que coinciden a lo manifestado por Camprub *et al.* (2007), donde ratifica que la simbiosis micorrícica afecta a los procesos fisiológicos de las plantas y crea una planta más vigorosa que en condiciones desfavorables tiene un crecimiento superior al de la planta no micorrizada.

Cuadro 9. Resumen del ADEVA, expresando el cuadrado medio y el nivel de significación para la variable Longitud de Tallo en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Repeticiones	2	4,4 ns
Tratamientos	13	6,81 ns
Entre Grupos	6	4,11 ns
G1 vs G2-G7	1	0,43 ns
G2-G3-G4 vs G5-G6-G7	1	8,43 ns
G2 vs G3-G4	1	14,11 ns
G3 vs G4	1	0,21 ns
G5 vs G6-G7	1	1,13 ns
G6 vs G7	1	0,34 ns
DG1	1	2,42 ns
DG2	1	43,63 **
DG3	1	0,53 ns
DG4	1	4,03 ns
DG5	1	2,08 ns
DG6	1	0,74 ns
DG7	1	10,43 ns
TOTAL	41	
ERROR	26	5,02
CV%		25,22

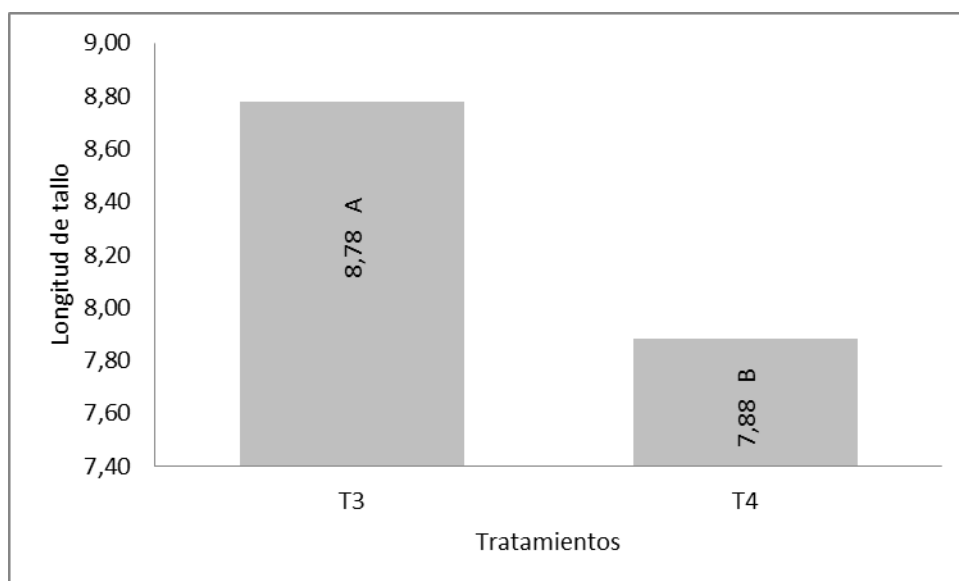


Figura 4. Longitud de tallo en los distintos tratamientos en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

### 4.3. DIÁMETRO DE TALLO

En el análisis de varianza para Diámetro de Tallo en las plantas de brócoli se detectó diferencias estadísticas altamente significativas para las variables entre Tratamientos, entre Grupos, G1 vs G2-G7, dentro del grupo G1, dentro del grupo G4 y dentro del grupo G7; en el resto de variables no se encontró diferencias estadísticas como se muestra en el (Cuadro 10).

El coeficiente de variación para esta investigación es de 5,86%, siendo un valor aceptable.

Cuadro 10. Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para diámetro de tallo en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Repeticiones	2	0,12 **
Tratamientos	13	0,05 **
Entre Grupos	6	0,03 *
G1 vs G2-G7	1	0,14 **
G2-G3-G4 vs G5-G6-G7	1	0
G2 vs G3-G4	1	0 ns
G3 vs G4	1	0,04 ns
G5 vs G6-G7	1	0,01 ns
G6 vs G7	1	0,01 ns
DG1	1	0,11 **
DG2	1	0,02 ns
DG3	1	0
DG4	1	0,12 **
DG5	1	0 ns
DG6	1	0 ns
DG7	1	0,18 **
TOTAL	41	
ERROR	26	0,01
CV%		5,86

En la Figura 5 se observa que todos los tratamientos comparten el mismo rango de significación estadística, exceptuando el T14 (70% fertilización química + sin micorrizas) que presentó el promedio más bajo con 9,30 cm de diámetro.

Sobresalen con los mejores promedios los tratamientos T1 (100% fertilización química + con micorrizas) y T13 (70% fertilización química + con micorrizas) con 11,87 y 11,43 cm de diámetro respectivamente, información que se corrobora con Paucar 2009; citado por Páez *et al.* 2006 ya que menciona que la inoculación de las plantas con hongos micorrícicos provoca, de manera general, un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrientes lo que da como resultado un mejor desarrollo fisiológico y vigor de las plantas.

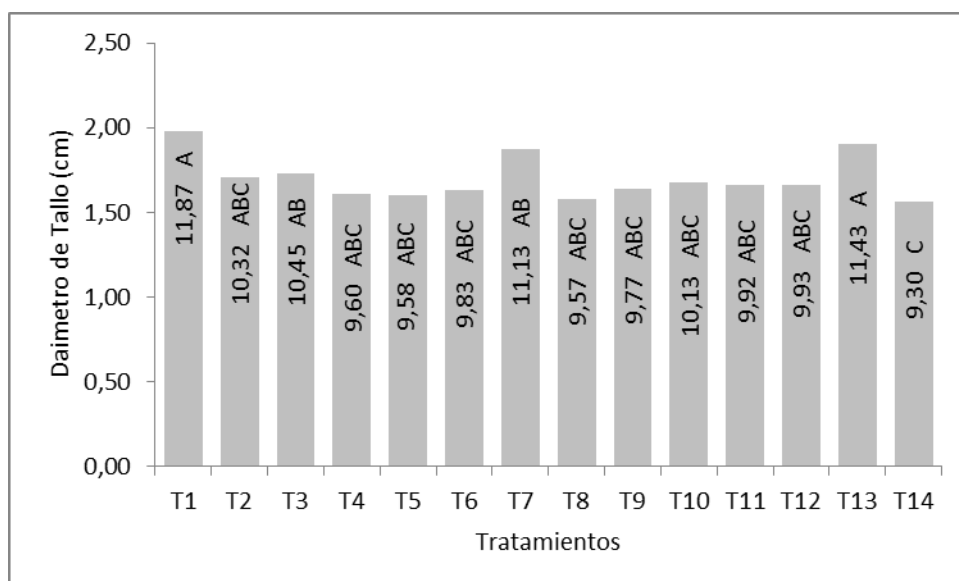


Figura 5. Diámetro de tallo en los distintos tratamientos en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009.”

En los diferentes grupos todos ocupan un mismo rango de significancia, sobresaliendo el G1 (100% fertilización química + 0% zeolita) con el mayor diámetro detallado de 1,85 (Figura 6).

En la comparación G1 vs G2-G7 (Figura 7) se determina que G1 (100% fertilización química + 0% zeolita) presenta el mayor diámetro de 1,85 cm en relación al promedio presentado entre G2 (90% fertilización química + 10% zeolita) y G7 (70% fertilización química) de 1,68 cm.



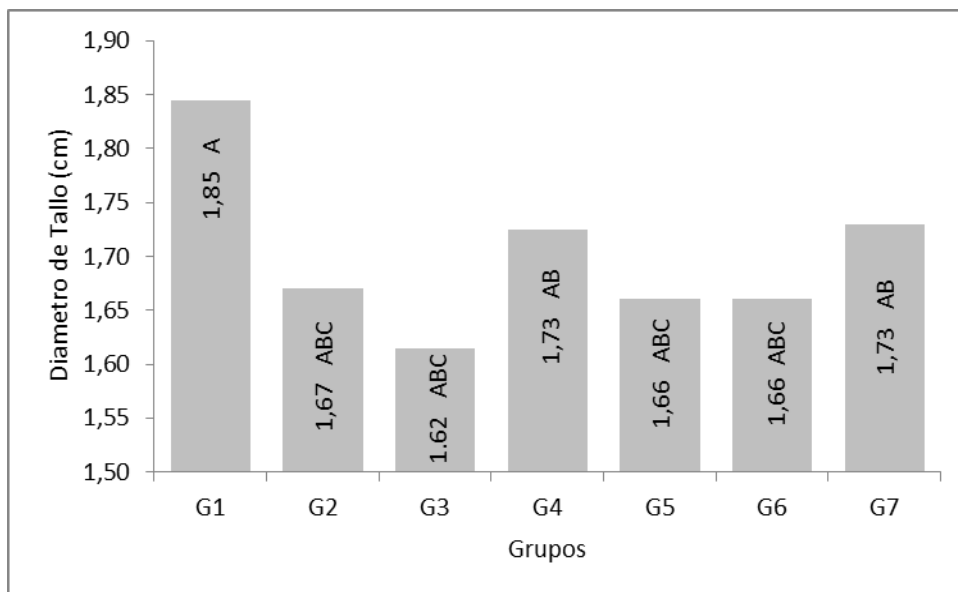


Figura 6. Diámetro de Tallo entre los distintos grupos en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”

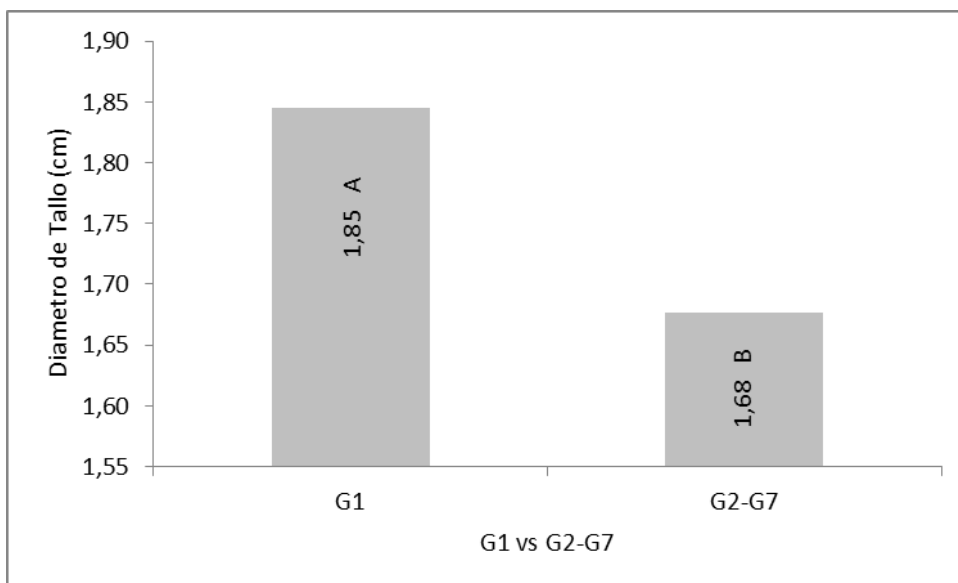


Figura 7. Diámetro de Tallo entre el grupo 1 vs grupo 2 – 7 en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Dentro de Grupo 1 (100% fertilización química + 0% zeolita) le correspondió el diámetro más alto a T1 (con micorrizas) con 1,98 cm y el valor más bajo a T2 (sin micorrizas) 1,71 cm (Figura 8).

Dentro de Grupo 4 (70% fertilización química + 30% zeolita) el tratamiento con mayor diámetro de 1,87 cm fue para T7 (con micorrizas), mientras que T8 (sin micorrizas) presentó el promedio más bajo de 1,58 cm (Figura 9).

Dentro de Grupo 7 (70% fertilización química) el tratamiento T13 (con micorrizas) resultó con mayor diámetro de 1,90 cm en relación a T14 (sin micorrizas) con 1,56 cm de diámetro (Figura 10).

En las diferentes variables evaluadas mediante Tukey, se puede deducir que el tratamiento con 100% fertilización química + 0% zeolita + con micorrizas sobresale del resto al presentar los valores más altos. Igualmente dentro de los grupos sobresalen aquellos tratamientos que recibieron la inoculación de micorriza comercial (FUNGIFERT®).

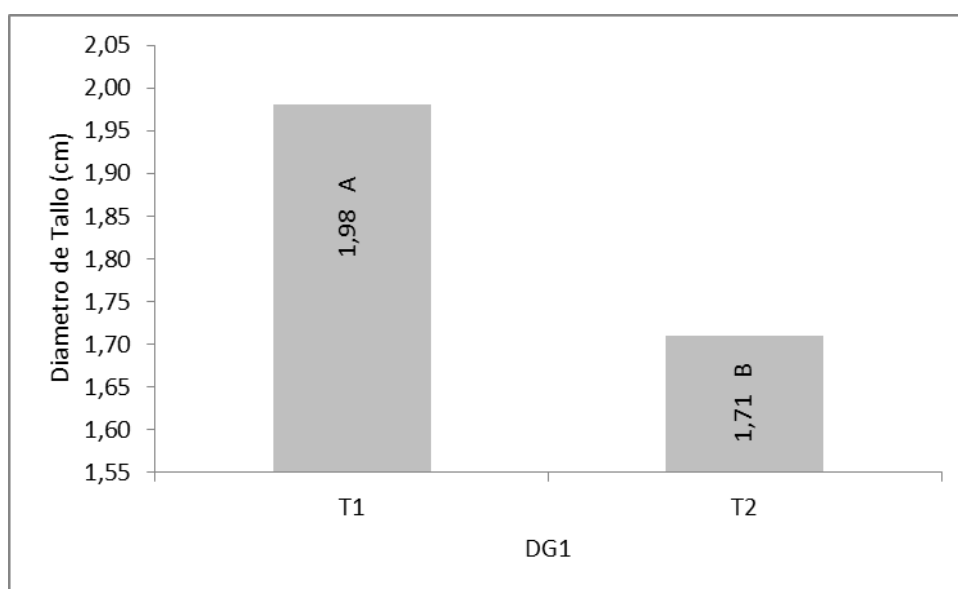


Figura 8. Diámetro de tallo dentro del grupo 1, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

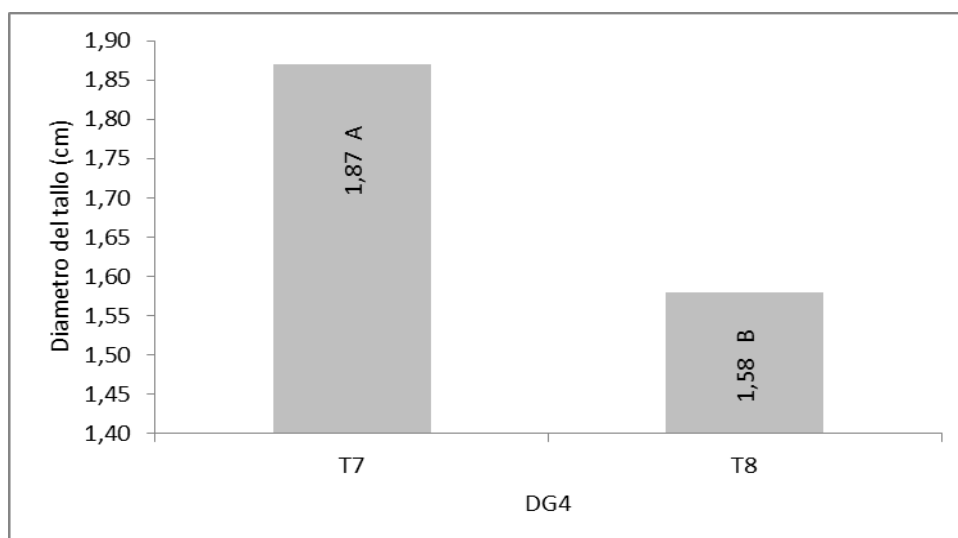


Figura 9. Diámetro de tallo dentro del grupo 4, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

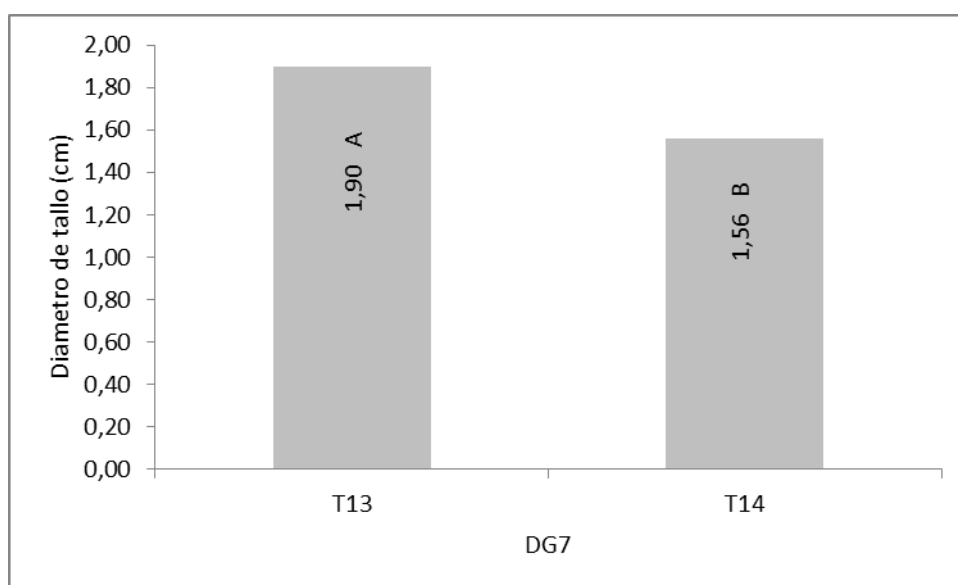


Figura 10. Diámetro de tallo dentro del grupo 7, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

#### 4.4. NUMERO DE HOJAS

En la primera evaluación a los 30 días no se pudo realizar el conteo de hojas debido a que se hizo un aporque, por lo tanto únicamente se realizó la segunda toma de datos. El análisis de varianza para Número de Hojas, determinó que existen

diferencias estadísticas entre los tratamientos, entre grupos, dentro del grupo 1, dentro del grupo 4 y dentro del grupo 7. En el resto de variables no se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 11)

El coeficiente de variación es de 3,33% siendo un valor aceptable para esta investigación.

Cuadro 11. Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para la variable número de hojas, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Repeticiones	2	1,31 ns
Tratamientos	13	13,86 **
Entre Grupos	6	7,67 *
G1 vs G2-G7	1	39,68 **
G2-G3-G4 vs G5-G6-G7	1	0,03 ns
G2 vs G3-G4	1	5,97 ns
G3 vs G4	1	0,02 ns
G5 vs G6-G7	1	0,1 ns
G6 vs G7	1	0,24 ns
DG1	1	0,49 ns
DG2	1	0,11 ns
DG3	1	0,62 ns
DG4	1	2,76 **
DG5	1	0,11 ns
DG6	1	0 ns
DG7	1	4,17 **
TOTAL	41	
ERROR	26	0,15
CV%		3,33

En la Figura 11, todos los tratamientos comparten el mismo rango de significación estadística a excepción del T14 (70% fertilización química, sin micorrizas) con el promedio más bajo de 9,87. T1 (100% fertilización química + 0% zeolita + con micorrizas) sobresale de todos con el mayor promedio de 11,28.

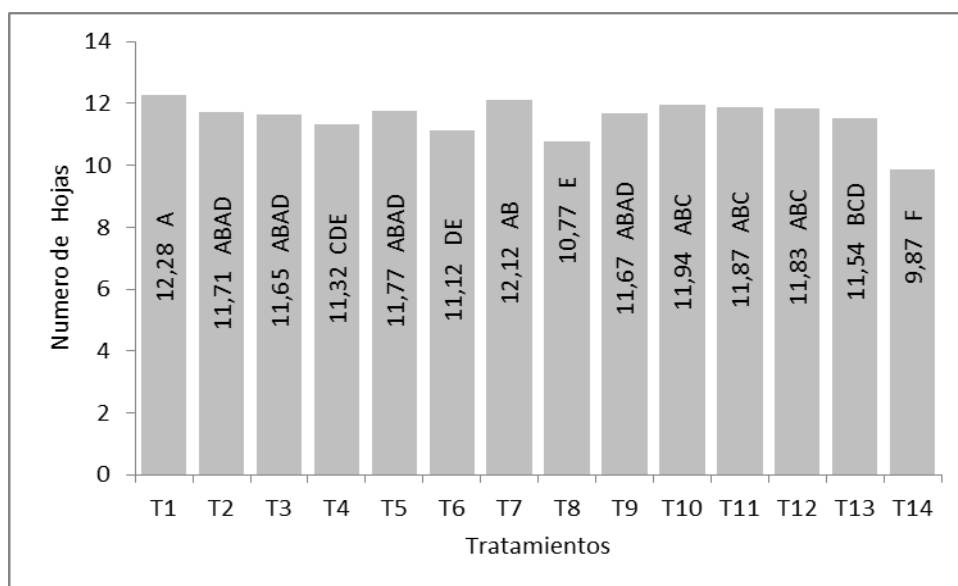


Figura 11. Numero de hojas en los diferentes tratamientos en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador.2009”.

Entre grupos, todos ocupan el mismo rango de significación a excepción del G7 (70% fertilización química + 0% zeolita) con el valor más bajo de 10,70 (Figura 12), mientras que el G1 (100% fertilización química + 0% zeolita) presentó el promedio más alto de 11,99.

En la comparación G1 vs G2-G7 (Figura 13), se determina que G1 (100% fertilización química + 0% zeolita) presenta el mayor rango con 12,00 con relación al número de hojas, mientras tanto que G2 (90% fertilización química + 10% zeolita) y G7 (70% fertilización química + 0% zeolita) con 11,46 hojas.

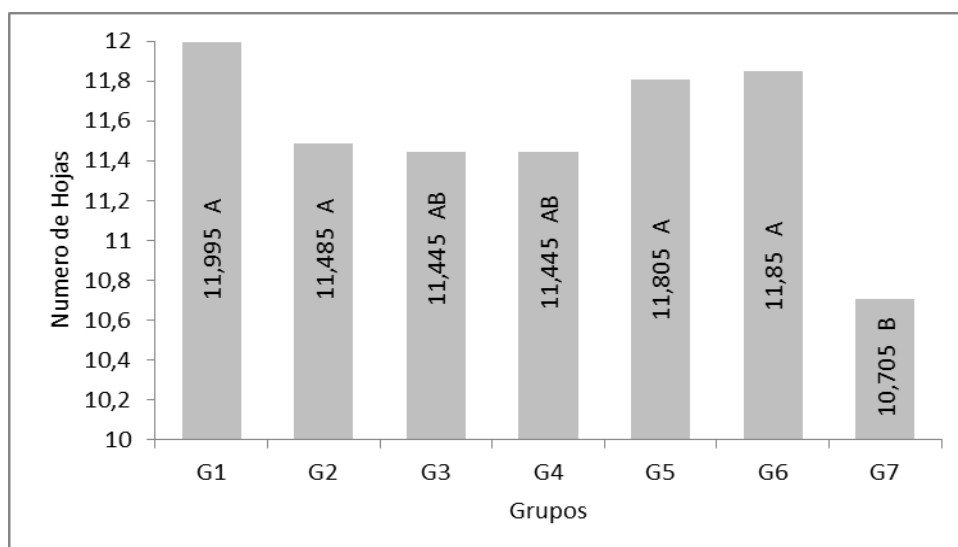


Figura 12. Numero de hojas en los distintos grupos en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador.2009”.

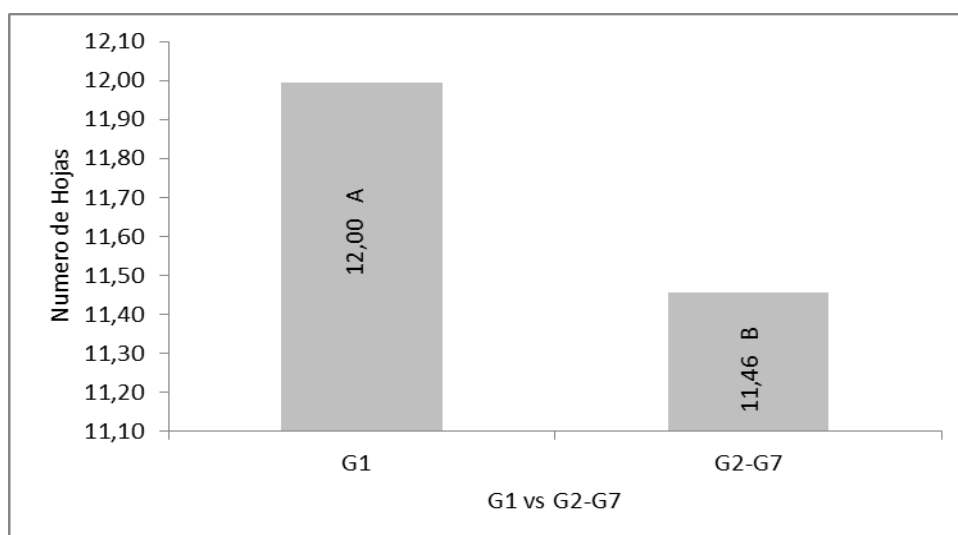


Figura 13. Numero de hojas de acuerdo al G1 vs G2-G7, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Dentro del grupo 4 (70% fertilización química + 30% zeolita), se determina que el T7 (con micorrizas) es el mejor tratamiento dentro del grupo con 12,12 hojas, mientras que el menor que corresponde al T8 (sin micorrizas) con 10,77 hojas. (Figura 14)

Dentro de G7 (70% fertilización química + 0% zeolita), el tratamiento con el mayor número de hojas corresponde al T13 (con micorrizas) con 11,54; mientras tanto que T14 (sin micorrizas) presento el promedio más bajo con 9,87 hojas. Con esto se corrobora que al igual que los tratamientos antes mencionados aquellos donde fueron inoculadas las micorrizas presentan los promedios más altos por lo que se puede ver el efecto benéfico de dicho microorganismo hacia el vegetal (Figura 15).

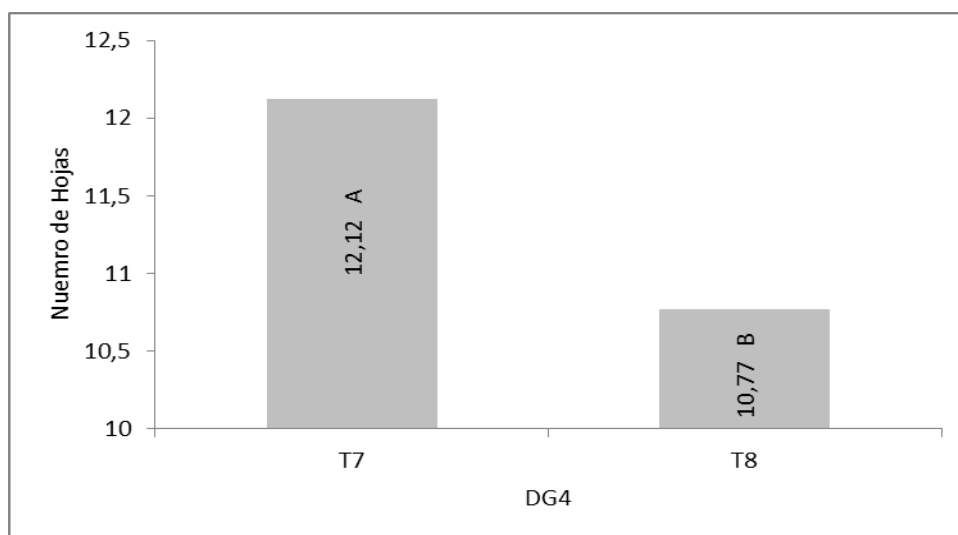


Figura 14. Numero de hojas dentro del grupo 4, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

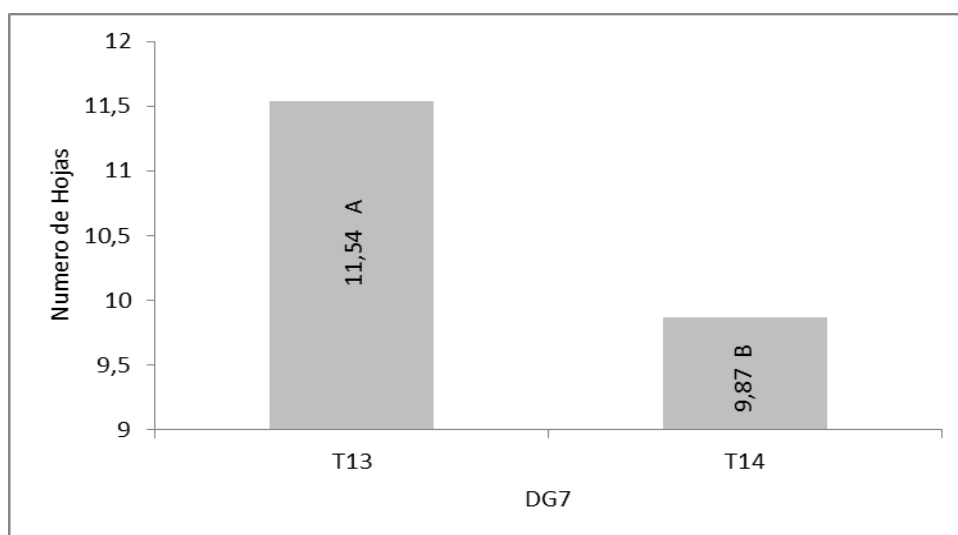


Figura 15. Numero de hojas dentro del grupo 7, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

#### 4.5. LONGITUD DE HOJA

El ADEVA para la variable longitud de hoja muestra diferencias estadísticas para las variables de tratamientos, entre grupos, G1 vs G2-G7, dentro del grupo G1, dentro del grupo G4 y dentro del grupo G7, para el resto de variables no se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 12). El coeficiente de variación es 6,10%, siendo aceptable para esta investigación.

Cuadro 12. Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para la variable longitud de hoja en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Repeticiones	2	1,31 ns
Tratamientos	13	13,86 **
Entre Grupos	6	7,67 *
G1 vs G2-G7	1	39,68 **
G2-G3-G4 vs G5-G6-G7	1	0,03 ns
G2 vs G3-G4	1	5,97 ns
G3 vs G4	1	0,02 ns
G5 vs G6-G7	1	0,1 ns
G6 vs G7	1	0,24 ns
DG1	1	44,61 **
DG2	1	1,06 ns
DG3	1	2,07 ns
DG4	1	41,61 **
DG5	1	5,88 ns
DG6	1	0,23 ns
DG7	1	38,71 **
TOTAL	41	
ERROR	26	2,68
CV%		6,1

En la figura 16, se observa que T1 (100% fertilización química + 0% Zeolita, con micorrizas) y T7 ocupan el mismo rango de significación, siendo el primero el de mejor promedio con 31,97 cm, mientras que el último rango con el valor más bajo de 24,04 cm lo ocupó T14 (70% fertilización química + 0% zeolita, sin micorrizas).



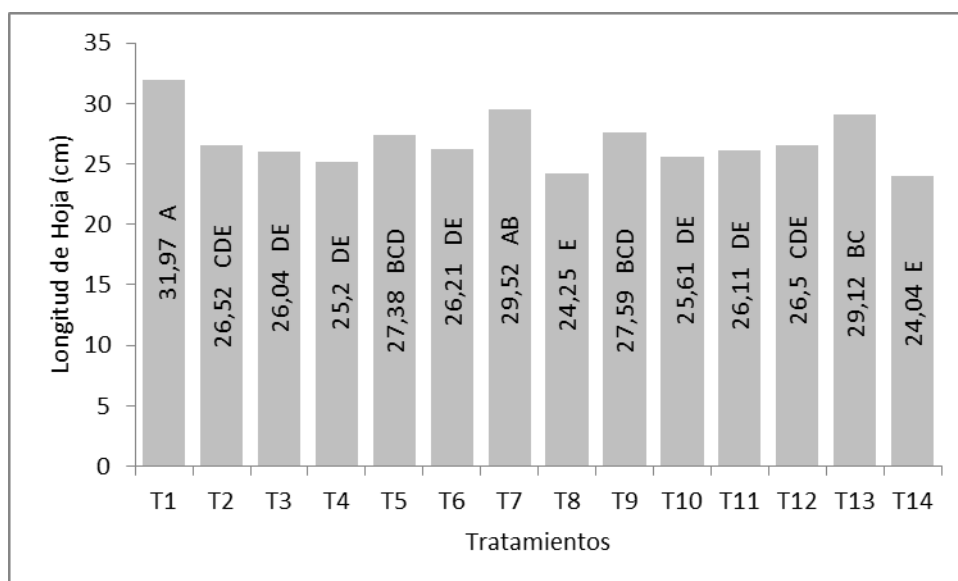


Figura 16. Longitud de hoja en los distintos tratamientos, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

En los diferentes grupos podemos ver que el grupo con mayor promedio corresponde al G1(100% fertilización química + 0% zeolita) con 29,25 cm, mientras tanto que el grupo con el menor promedio correspondiente a G2 (90% fertilización química+ 10% zeolita) con 25,62 cm (Figura 17).

En la comparación G1 vs G2-G7 (Figura 18), se determina que G1 (100% fertilización química + 0% zeolita) presenta la mejor longitud de hoja de 29,25 cm; en relación al promedio presentado entre G2 (90% fertilización química + 10% zeolita) y G7 (70% fertilización química + 0% zeolita) con 26,46 cm

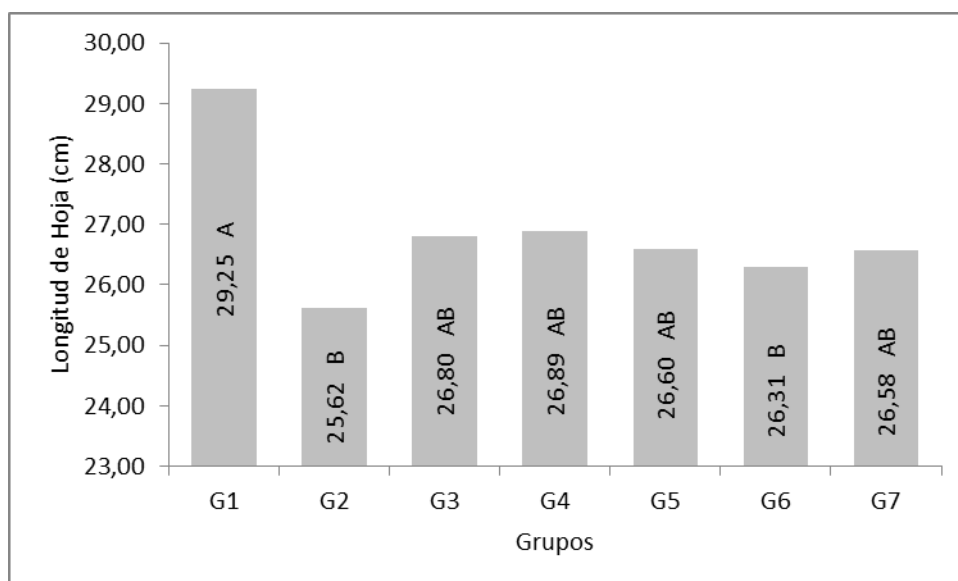


Figura 17. Longitud de hoja en distintos Grupos, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

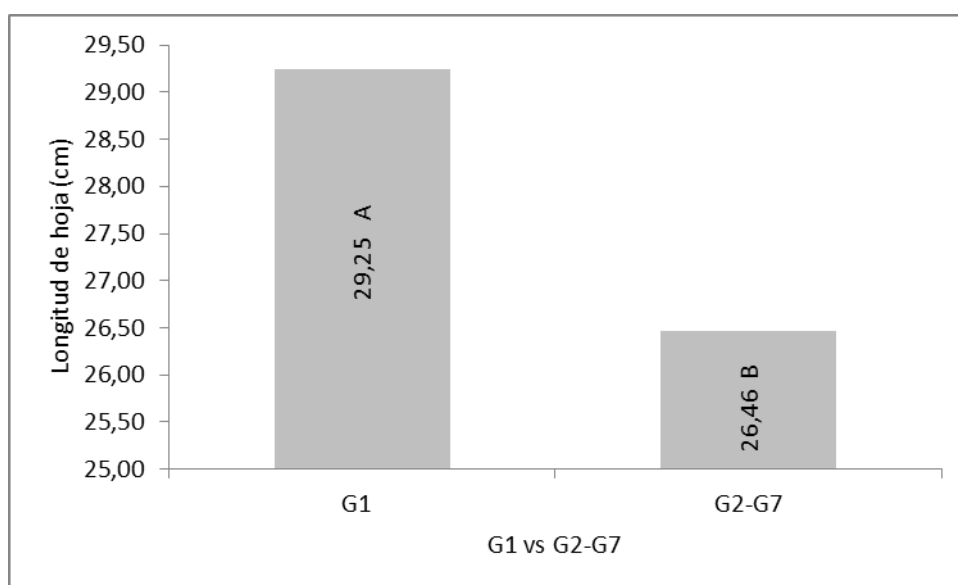


Figura 18. Longitud de hoja, de acuerdo al G1 vs G2 - G7, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Dentro de G1 (100% fertilización química + 0% zeolita) le correspondió la longitud de hoja más larga a T1 (con micorrizas) con 31,97 cm y el valor más bajo a T2 (sin micorrizas) con 26,52 cm (Figura 19).

Dentro de G4 (70% fertilización química + 30% Zeolita) el tratamiento con mayor longitud de hoja con 29,52 cm le corresponde a T7 (con micorrizas), mientras que T8 (sin micorrizas) presento el promedio más bajo 24,25 cm (Figura 20).

Dentro de G7 (70% fertilización química), el tratamiento T13 (con micorrizas) resulto con la mejor longitud de hoja de 29,12 cm en relación al T14 (sin micorrizas) con 24,04 cm (Figura 21). información coincide con lo mencionado por Camprub *et al* (2007), donde expone que la simbiosis micorrícica afecta a los procesos fisiológicos de las plantas y crea una planta más vigorosa que en condiciones desfavorables tiene un crecimiento superior al de la planta no micorrizada, de igual manera (Jakobsen 1992; Sanders y Tinker 1973; citado por Ecofintec 2007) señala que el efecto más importante que producen las MA en las plantas es un incremento en la absorción de nutrientes minerales del suelo, que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las mismas.

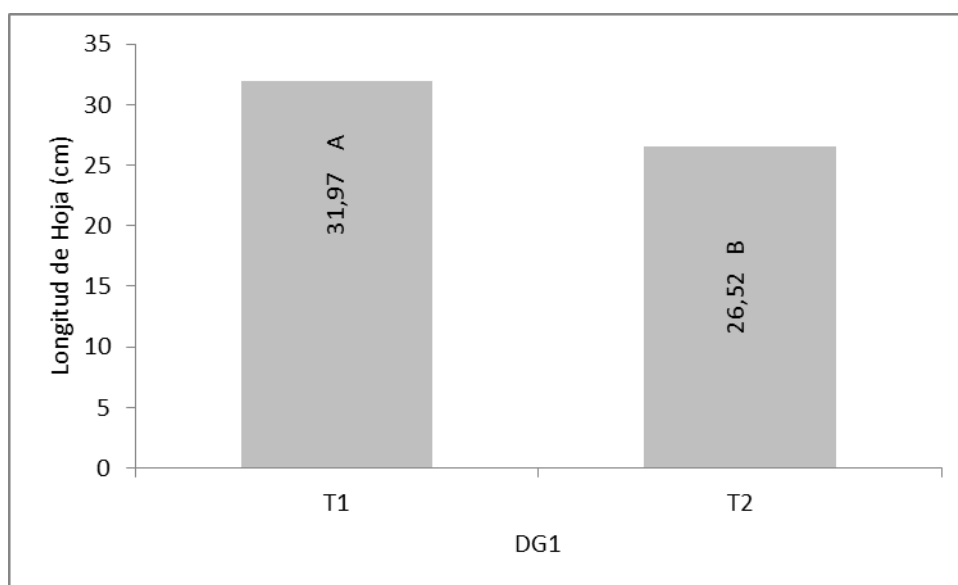


Figura 19. Longitud de hoja dentro del grupo 1, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

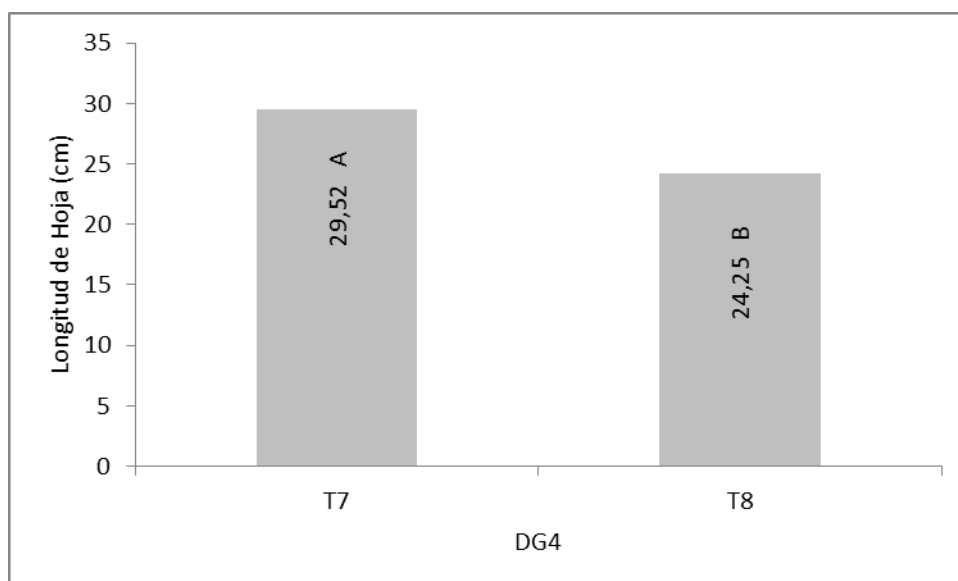


Figura 20. Longitud de hoja, dentro del grupo 4, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

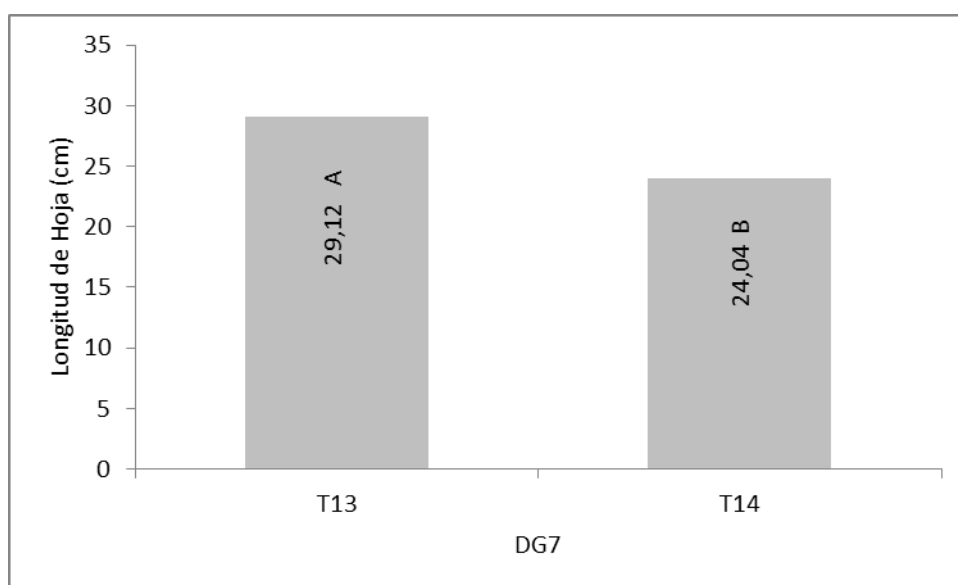


Figura 21. Longitud de hoja, dentro del grupo 7, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

#### 4.6. ANCHO DE HOJA

El ADEVA para la variable Ancho de Hoja, determina que hay diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos, entre grupos, entre G1 vs

G2-G7, dentro del grupo 1, dentro del grupo 3, dentro del grupo 6 y diferencias estadísticas en G3 vs G4, dentro del grupo 4 y dentro del grupo 7. En el resto de variables no se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 13).

El coeficiente de variación para esta investigación es de 4,87%, siendo aceptable para esta investigación.

Cuadro 13. Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significación para la variable ancho de hoja en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Repeticiones	2	0,15 ns
Tratamientos	13	2,88 **
Entre Grupos	6	2,70 **
G1 vs G2-G7	1	11,57 **
G2-G3-G4 vs G5-G6-G7	1	0,01 ns
G2 vs G3-G4	1	0,95 ns
G3 vs G4	1	1,94 *
G5 vs G6-G7	1	1,37 ns
G6 vs G7	1	0,34 ns
DG1	1	4,75 **
DG2	1	0,10 ns
DG3	1	4,23 **
DG4	1	2,31 *
DG5	1	1,57 ns
DG6	1	5,40 **
DG7	1	2,94 *
TOTAL	41	
ERROR	26	0,45
CV%		4,87

En la Figura 22 se observa que todos los tratamientos comparten el mismo rango de significación estadística. el que más resalta es T1 (100% fertilización química + 0% zeolita) con 15,96 cm, mientras que el menor T12 (80% fertilización química + 0% zeolita) con 12,25 cm.

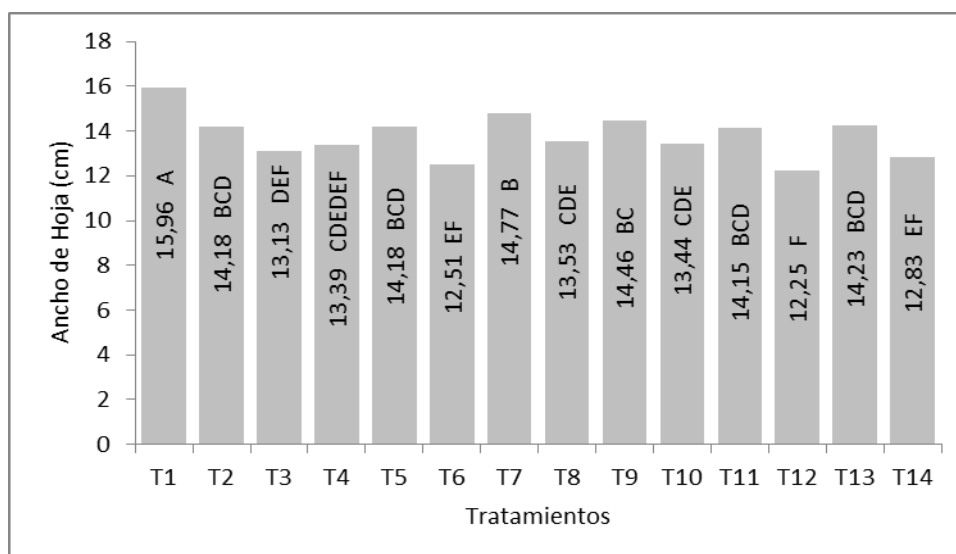


Figura 22. Ancho de hoja en los diferentes tratamientos, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

En los diferentes grupos todos ocupan el mismo rango de significación, sobresaliendo el G1 (100% fertilización química) con 15,07 cm a comparación del menor G6 (80% fertilización química + 20% zeolita) con 13,20 cm (Figura 23).

En la comparación G1 vs G2-G7 (Figura 24), se determinó que G1 (100% fertilización química) presenta el mejor ancho de hoja en comparación con G2 (90% fertilización química + 10% zeolita) y G7 (70% fertilización química) de 13,57 cm., información que se corrobora con los resultados anteriores, ya que existe una estrecha relación entre el ancho y largo de la hoja, así mismo, Barea y Azcón–Aguilar 1987; citado por Ecofintec 2007, menciona que la absorción de N también se favorece con la micorrización, de igual forma Hernández 2004; Calvet y Camprubi *et al* 1996; Francl *et al* 1993; citado por Ecofintec, 2007, indican que varios estudios demuestran que la inoculación artificial con hongos MA a especies de interés agrícola, incrementa la nutrición y el crecimiento de la planta, y le permite a su vez superar situaciones de estrés biótico y abiótico.

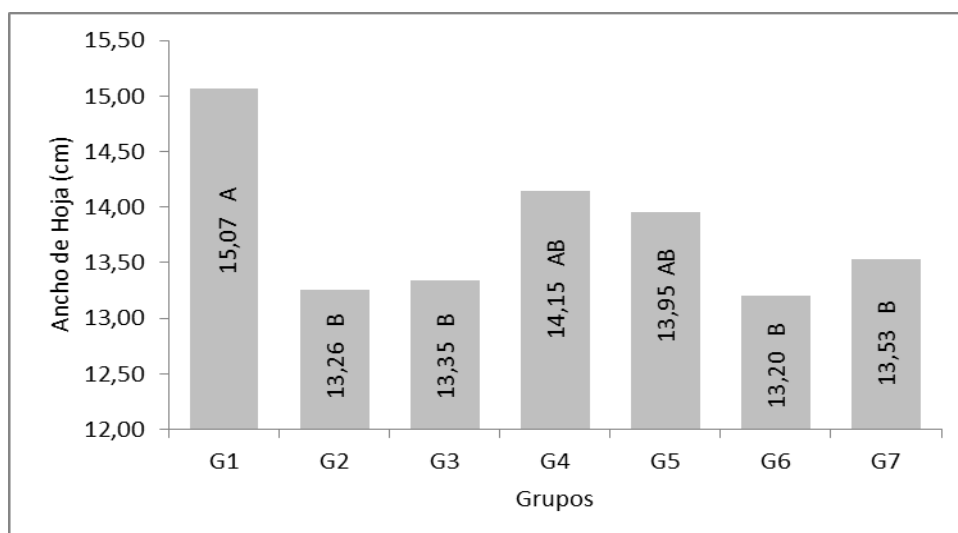


Figura 23. Ancho de Hoja, entre los distintos grupos, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

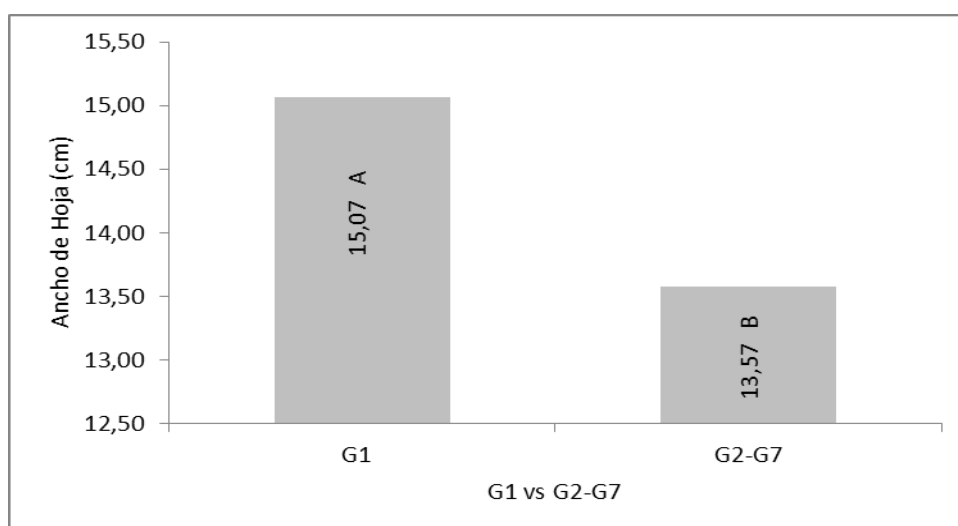


Figura 24. Ancho de Hoja, de acuerdo al G1 vs G2 - G7, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

En la comparación de G3 (80% fertilización química + 20% zeolita) vs G4 (70% fertilización química + 30% zeolita), se puede observar que el grupo con mayor promedio en cuanto al ancho de hoja corresponde al G4 con 14,15 cm, mientras tanto que G3 tuvo un valor de 13,35 cm (Figura 25).

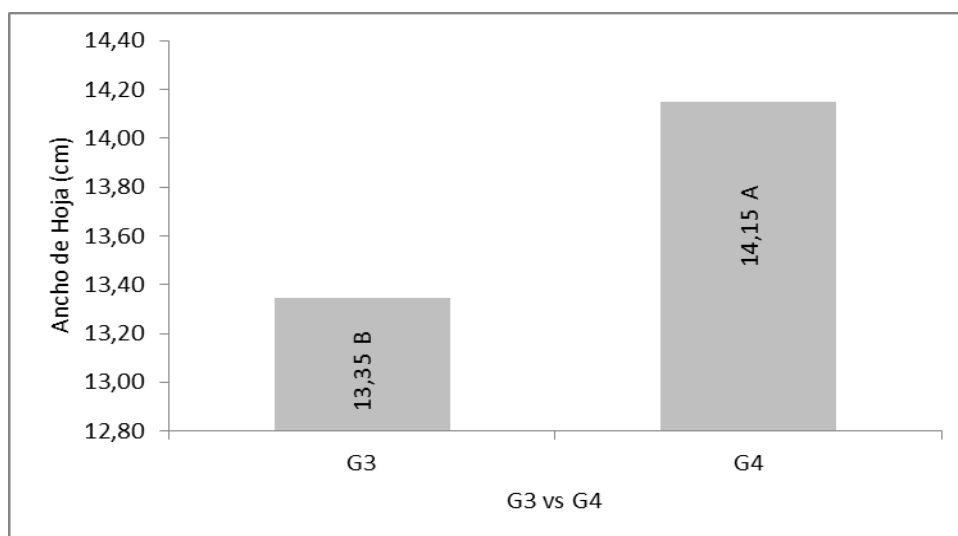


Figura 25. Ancho de Hoja entre el G3 y G4, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Dentro de grupo 1 (100% fertilización química + 0% zeolita) le correspondió el ancho de hoja más alto a T1 (con micorrizas) con 15,96 cm y el valor más bajo a T2 (sin micorrizas) con 14,18 cm (Figura 26)

Dentro de grupo 3 (80% fertilización química + 20% zeolita) el tratamiento con mayor ancho de hoja fue para T5 (con micorrizas) con 14,18 cm, mientras que T6 (sin micorrizas) presentó el promedio más bajo de 12,51 cm (Figura 27)

Dentro del grupo 4 (70% fertilización química + 30% zeolita) el tratamiento con mayor ancho de hoja fue para T7 (con micorrizas) con 14,77 cm, mientras tanto que para T8 (sin micorrizas) con 13,53 cm (Figura 28)

Dentro de grupo 6 (80% fertilización química + 0% zeolita) el tratamiento T11 (con micorrizas) resultó con el rango más alto de 14,15 cm, mientras que para T12 (sin micorrizas) con 12,25 cm como el tratamiento con el rango más bajo (Figura 29).

Dentro de grupo 7 (70% fertilización química + 0% zeolita) el tratamiento T13 (con micorrizas) presenta el mayor promedio con 14,23 cm, mientras que T14 (sin micorrizas) con 12,83 cm (Figura 30).



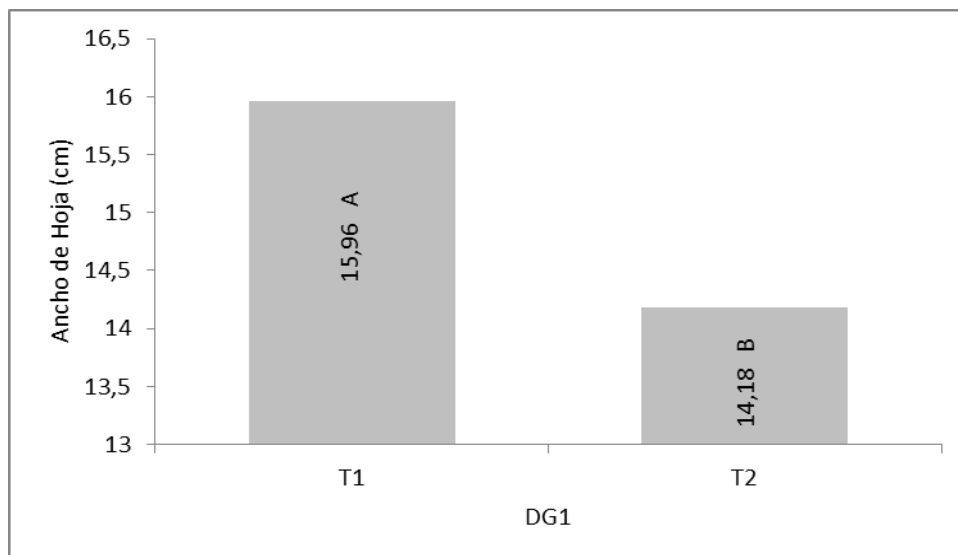


Figura 26. Ancho de Hoja, dentro de grupo 1, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

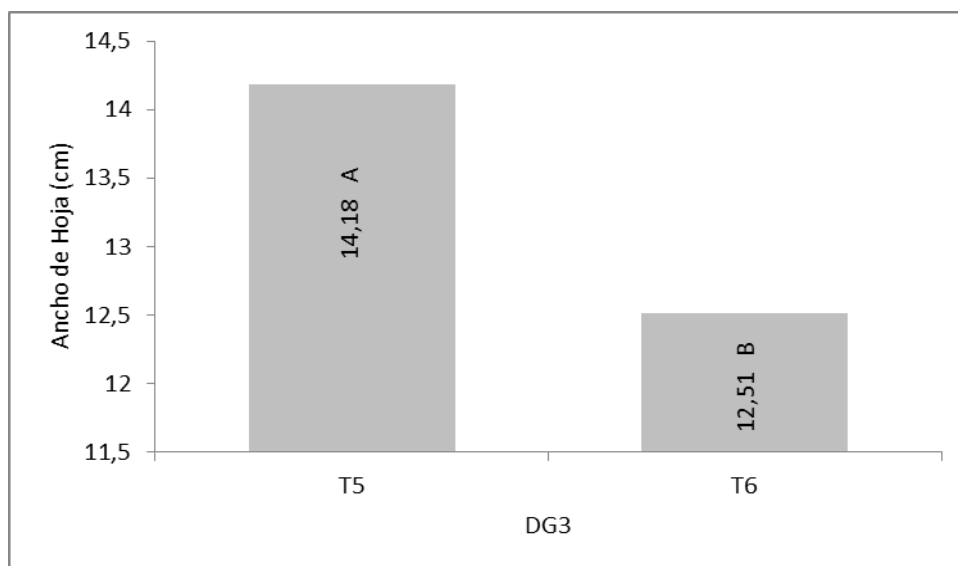


Figura 27. Ancho de Hoja dentro del grupo 3, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador.2009”.

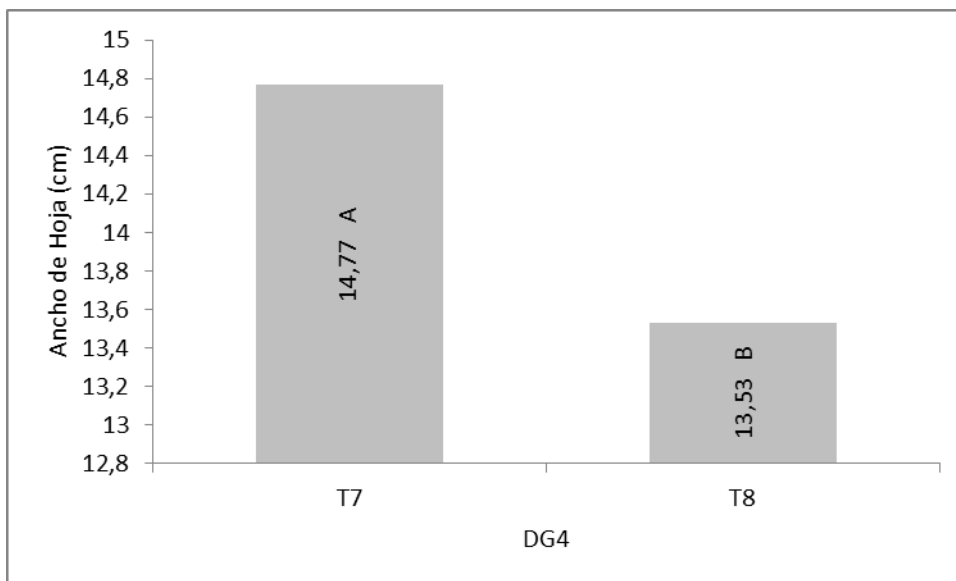


Figura 28. Ancho de Hoja, dentro del grupo 4, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

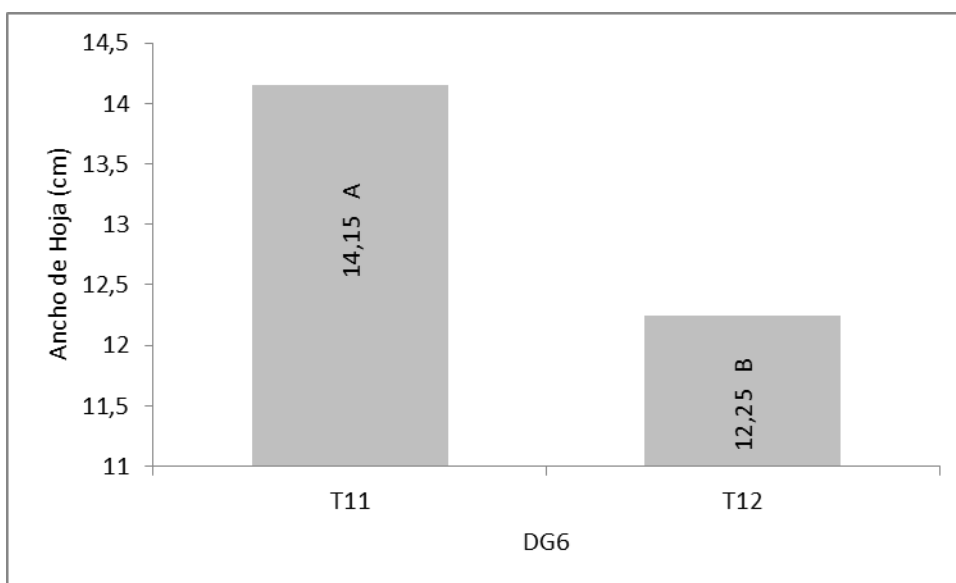


Figura 29. Ancho de Hoja, dentro del grupo 6, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

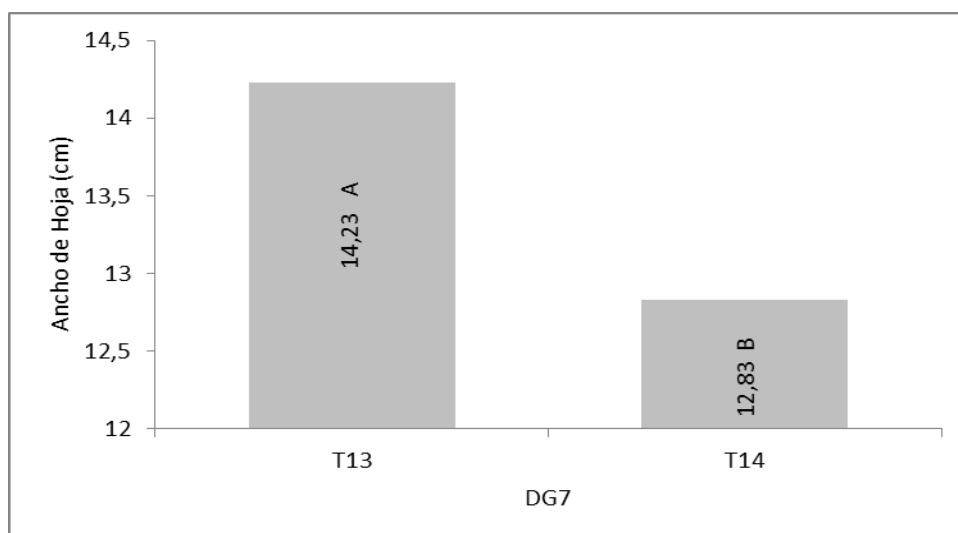


Figura 30. Ancho de Hoja, dentro del grupo 7, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

#### 4.7. NUMERO DE PELLAS / PARCELA

El ADEVA para la variable número de pellas por parcela no presento diferencias estadísticas para ninguna de la variables en estudio y el coeficiente de variación para esta investigación es de 15,26%.

#### 4.8. PESO DE PELLA / PARCELA

El ADEVA para la variable peso de pella por parcela muestra diferencias estadísticas significativas para la variable DG1 que corresponde al 100% fertilización química + 0% zeolita y DG7 a 70% fertilización química + 0 % zeolita. (Cuadro 15).

El coeficiente de variación para esta variable es de 21,16% siendo aceptable para este tipo de investigación. Dentro de G1 se encuentran los tratamientos T1 (con micorrizas) y T2 (sin micorrizas), mostrando el primero un mayor peso de pellas con 91,67 kg en relación a 64,80 kg del segundo (Figura 31). Dentro de G7 encontramos a los tratamientos T13 (con micorrizas) y T14 (sin micorrizas), mostrando el primero con 81,63 kg mientras que el segundo con 51,70 kg (Figura 32).

Los resultados sugieren que la aplicación de micorrizas arbusculares influyeron notablemente sobre el efecto del peso de las pellas en cada uno de los

grupos analizados, haciendo esto que haya correlación con todos los resultados obtenidos en todas las variables anteriores.

Cuadro 14. Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para la variable Peso de Pellas / Parcela en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Repeticiones	2	606,67 ns
Tratamientos	13	299,87 ns
Entre Grupos	6	117,11 ns
G1 vs G2-G7	1	245,25 ns
G2-G3-G4 vs G5-G6-G7	1	17,92 ns
G2 vs G3-G4	1	43,12 ns
G3 vs G4	1	133,33 ns
G5 vs G6-G7	1	95,06 ns
G6 vs G7	1	168 ns
DG1	1	1082,73 *
DG2	1	136,33 ns
DG3	1	2,53 ns
DG4	1	260,04 ns
DG5	1	321,2 ns
DG6	1	48,74 ns
DG7	1	1344,01 *
TOTAL	41	
ERROR	26	234,1
CV%		21,16

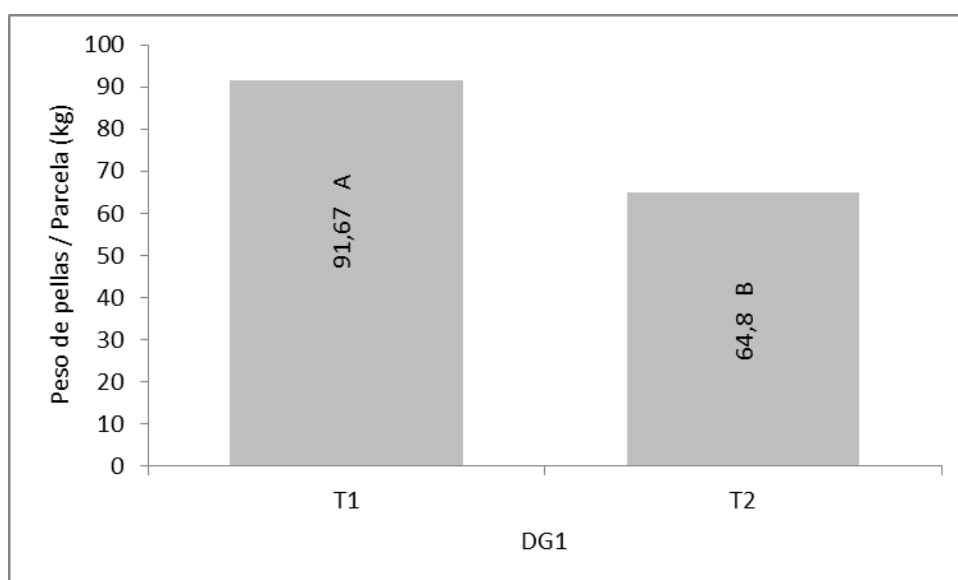


Figura 31. Peso de Pella promedio por parcela, dentro del grupo 1, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

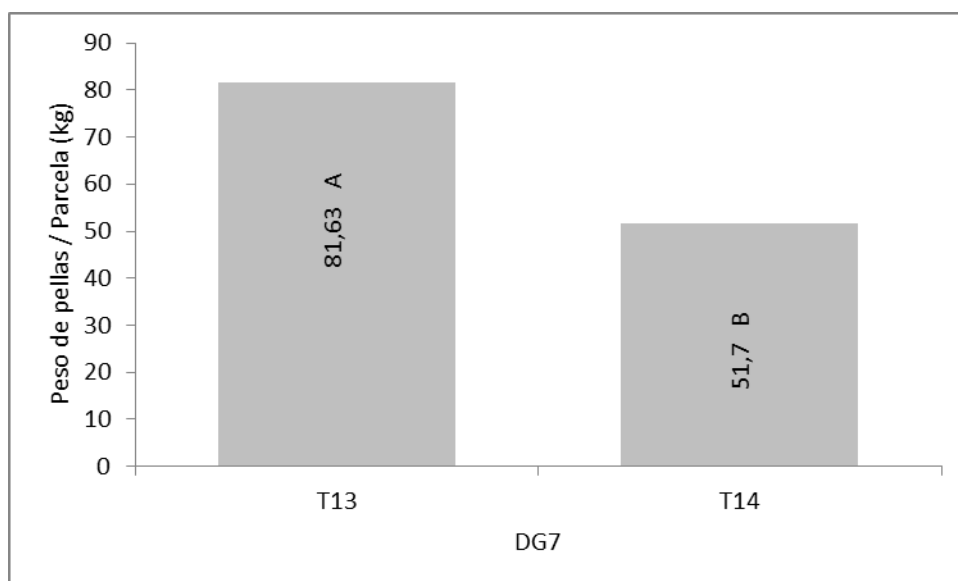


Figura 32. Peso de pella promedio por parcela, dentro del grupo 7, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

#### 4.9. PESO DE PELLA

El ADEVA para la variable Peso de Pella presenta diferencias estadísticas significativas para las variables DG4 (70% fertilización química + 30% zeolita), DG5 (90% fertilización química + 0% zeolita) y DG7 (70% fertilización química + 0% zeolita) como se puede observar en (Cuadro 16). El coeficiente de variación es de 13,24%.

Dentro de G4 tenemos T7 (con micorrizas) y T8 (sin micorrizas), mostrando el primero un mayor peso de pella con 735 g, mientras que el segundo con 617 g (Figura 33). Dentro de G5 le corresponde a T9 (con micorrizas) como el tratamiento con mayor peso de pella con 725 g, y el valor más bajo a T10 (sin micorrizas) con 612 g (Figura 34). Dentro de G7 encontramos a T13 (con micorrizas) como el tratamiento con mayor peso de pella con 735 g, mientras tanto que T14 (sin micorrizas) con 466 g como el que menor peso tiene (Figura 35).

Cuadro 15. Resumen del ADEVA mostrando el cuadrado medio y el nivel de significancia para la variable Peso de Pella en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Repeticiones	2	0,17 **
Tratamientos	13	0,06 ns
Entre Grupos	6	0,03 ns
G1 vs G2-G7	1	0,1 ns
G2-G3-G4 vs G5-G6-G7	1	0,01 ns
G2 vs G3-G4	1	0 ns
G3 vs G4	1	0 ns
G5 vs G6-G7	1	0,05 ns
G6 vs G7	1	0,01 ns
DG1	1	0,08 ns
DG2	1	0,04 ns
DG3	1	0 ns
DG4	1	1,16 *
DG5	1	1,16 *
DG6	1	0 ns
DG7	1	0,21 *
TOTAL	41	
ERROR	26	0,03
CV%		13,24

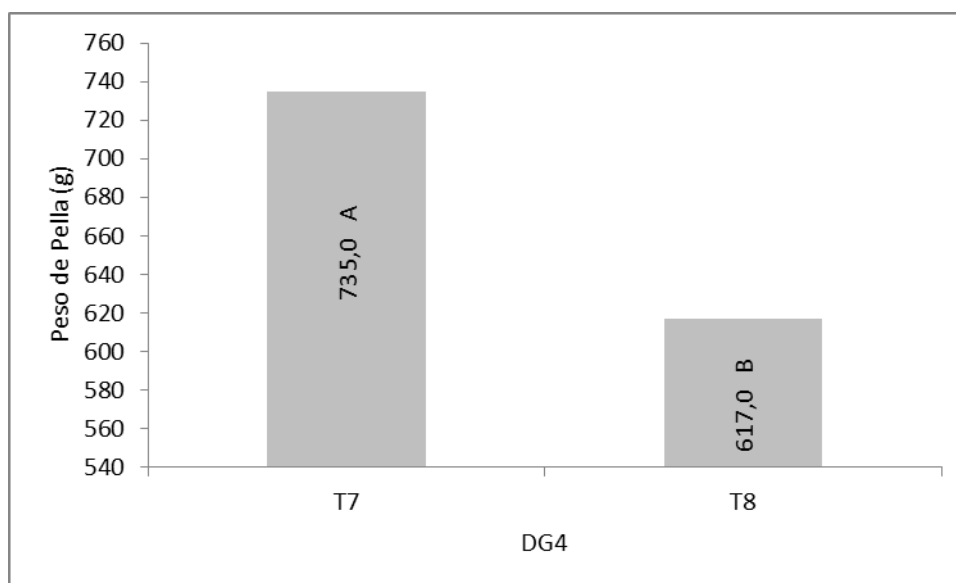


Figura 33. Peso de Pella dentro del grupo 4, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

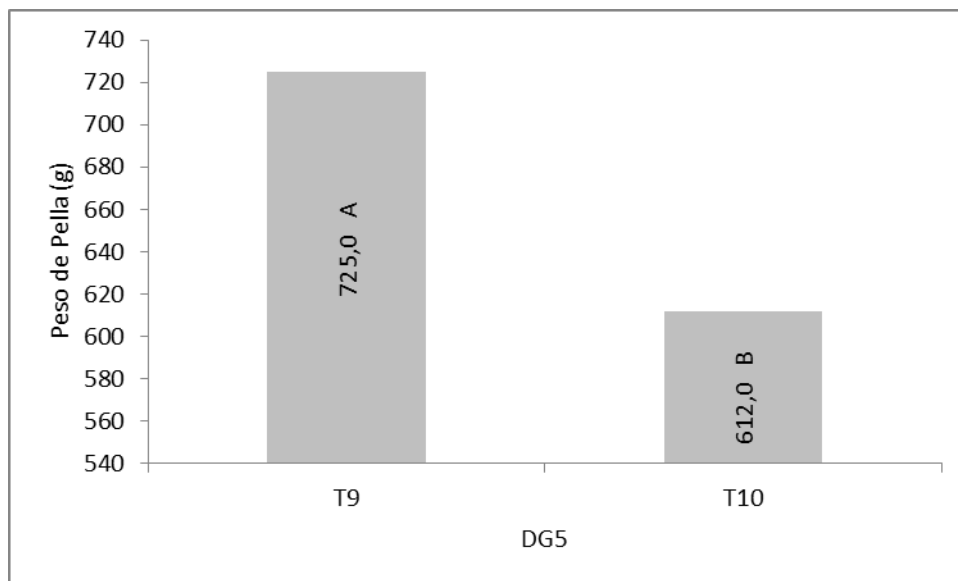


Figura 34. Peso de Pella dentro del grupo 5, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

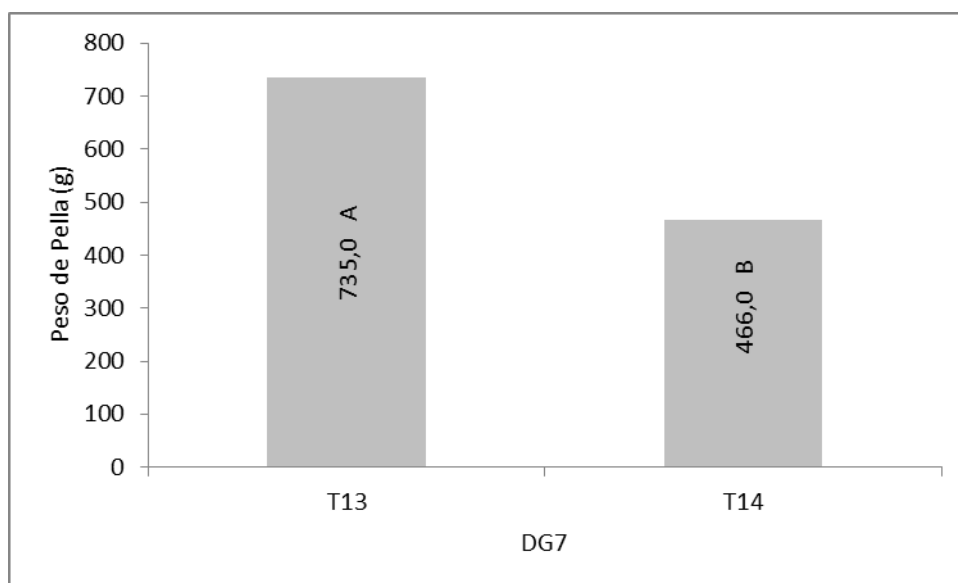


Figura 35. Peso de Pella dentro del grupo 7, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

#### 4.10. RENDIMIENTO POR HECTÁREA

Cuadro 16. Rendimiento por Hectárea en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Tratamientos	Nro. Plantas / Parcela	Nro. Plantas / ha.	% Prendimiento	Nro. Plantas efectivas	Rendimiento Prom/Parcela (kg)	Rendimiento Prom/Plant (kg)	Rendimiento/ ha (TM)	% Ajuste	Rendimiento/ha ajustado (TM)	Total (usd)
T1	111	52910	90,00	47619	91,67	0,826	39,33	30%	27,53	6606,60
T2	111	52910	78,00	41270	64,80	0,584	24,09	30%	16,86	4047,56
T3	111	52910	83,00	43915	73,20	0,659	28,96	30%	20,27	4865,34
T4	111	52910	83,00	43915	63,67	0,574	25,19	30%	17,63	4231,69
T5	111	52910	83,00	43915	69,03	0,622	27,31	30%	19,12	4588,40
T6	111	52910	85,00	44974	67,73	0,610	27,44	30%	19,21	4610,47
T7	111	52910	87,00	46032	81,63	0,735	33,85	30%	23,70	5687,36
T8	111	52910	92,00	48677	68,47	0,617	30,02	30%	21,02	5044,19
T9	111	52910	80,00	42328	80,43	0,725	30,67	30%	21,47	5152,88
T10	111	52910	85,00	44974	67,97	0,612	27,54	30%	19,28	4626,36
T11	111	52910	90,00	47619	77,00	0,694	33,03	30%	23,12	5549,54
T12	111	52910	86,00	45503	71,30	0,642	29,23	30%	20,46	4910,35
T13	111	52910	83,00	43915	81,63	0,735	32,30	30%	22,61	5425,87
T14	111	52910	72,00	38095	51,70	0,466	17,74	30%	12,42	2980,90



#### 4.11. PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de una análisis de laboratorio, se determinó que el tratamiento (T1) versus el Testigo Absoluto y en comparación con el T7 y T13, se determinó que el T1 (100% fertilización química + micorrizas) versus TA (tratamiento finca) tiene un incremento considerable de 10 veces en la respuesta a la inoculación de micorrizas del primero con el segundo. (Cuadro 18)

Cuadro 17. Porcentaje de colonización micorrícica en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Tratamiento	Conteo inicial	Conteo final
Testigo	1,72%	1,85%
T1	1,72%	18,52%
T7	1,72%	8,33%
T13	1,72%	5,08%

Teniendo en cuenta que el conteo inicial para todos los tratamientos antes mencionados fueron del 1,72%, y después del ensayo, el TA tuvo un resultado de 1,85%, mientras que el T1 (100% fertilización química + micorrizas) con 18,52% de colonización, siendo este el mejor tratamiento en comparación conjunta con el T7 (70% fertilización química + micorrizas + 30% zeolita) y T13 (70% fertilización química + micorrizas + 0% zeolita) con el 8,33% y 5,03% respectivamente.

Por tanto los resultados obtenidos en las variables anteriores corroboran y se correlacionan con el efecto de las micorrizas en el cultivo de Brócoli es muy favorable teniendo resultados satisfactorios en el aumento de la productividad.

#### 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Siguiendo la metodología de presupuesto parcial según Perrín *et al.* (1981), se procedió a obtener el beneficio bruto que correspondió al rendimiento del brócoli, por su precio en el mercado, asimismo se determinaron los costos variables que involucran la fertilización química, uso de micorrizas, zeolita y mano de obra (Anexo 1).

De la diferencia del beneficio bruto, menos los costos variables se obtiene el beneficio neto (Anexo 2).

Cuadro 18. Beneficio Neto Parcial en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Beneficio Neto Parcial														
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
Rendimiento Neto (kg)	39325,00	24092,64	28960,36	25188,66	27311,89	27443,29	33853,34	30024,92	30671,91	27537,83	33033,00	29228,25	32296,87	17743,44
Rendimiento Neto Ajustado (kg)	27527,50	16864,85	20272,25	17632,06	19118,32	19210,30	23697,34	21017,44	21470,34	19276,48	23123,10	20459,77	22607,81	12420,41
Beneficio bruto de campo (usd)	6606,60	4047,56	4865,34	4231,69	4588,40	4610,47	5687,36	5044,19	5152,88	4626,36	5549,54	4910,35	5425,87	2980,90
	Costos Variables (USD)													
Fertilización	777,63	777,63	737,43	725,43	685,22	673,22	633,01	621,01	719,47	707,47	649,31	637,31	579,14	567,14
Mano de Obra	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	625,07	625,07	612,31	612,31	599,56	599,56
Micorriza "Fungifert"	12,00		12,00		12,00		12,00		12,00		12,00		12,00	
Zeolita "La Colina"			17,96	17,96	35,91	35,91	35,91	35,91						
Total costos variables	1427,46	1427,46	1405,22	1381,22	1370,96	1346,96	1318,75	1294,75	1356,54	1427,46	1427,46	1427,46	1427,46	1427,46
Beneficio Neto Parcial	5179,14	4047,56	3460,13	2850,48	3217,44	3263,52	4368,61	3749,44	3796,34	4626,36	5549,54	4910,35	5425,87	2980,90

Cuadro 19. Análisis de Dominancia, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Tratamiento	Costo Variable (usd)	Beneficio Neto (usd)	Análisis de Dominancia
T14	1166,70	1814,19	No Dominado
T13	1190,70	4235,17	No Dominado
T12	1249,62	3660,73	Dominado
T11	1273,62	4275,93	No Dominado
T8	1294,75	3749,44	Dominado
T7	1318,75	4368,61	No Dominado
T10	1332,54	3293,81	Dominado
T6	1346,96	3263,52	Dominado
T9	1356,54	3796,34	No Dominado
T5	1370,96	3217,44	Dominado
T4	1381,22	2850,48	No Dominado
T3	1405,22	3460,13	Dominado
T2	1415,46	2632,10	No Dominado
T1	1427,46	5179,14	No Dominado

Se puede mencionar que los tratamientos no dominados para esta investigación fueron **T14** (70% FQ + 0% Z + SM), **T13** (70% FQ + 0% Z + CM), **T11** (80% FQ + 0% Z + CM), **T9** (90% FQ + 0% Z + CM), **T4** (90% FQ + 10% Z + SM), **T2** (100% FQ + 0% Z + SM) y **T1** (100% FQ + 0% Z + CM).

Una vez realizado el cálculo de la TRM, se determinó que el mejor tratamiento desde el punto de vista económico fue el T1, que presentó una TRM de 212,25%, que corresponde a 100% de fertilización química + 0 % de zeolita + con micorriza, si bien, el tratamiento 13 (70% fertilización química + 0% zeolita + con micorrizas) también tiene una TRM positiva (100,87%), sin embargo, apenas supera la tasa mínima esperada por el agricultor que es del 100%.

Cuadro 20. Tasa de Retorno Marginal, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli. Cotopaxi – Ecuador. 2009”.

Tratamiento	Costo Variable	Costo Marginal	Beneficio Neto	Beneficio Marginal	TRM
T14	1166,70		1814,19		
T13	1190,70	24,00	4235,17	2420,98	100,87
T11	1273,62	82,91	4275,93	40,76	0,49
T7	1318,75	45,13	4368,61	92,69	2,05
T9	1356,54	37,79	3796,34	-572,27	-15,14
T4	1381,22	24,67	2850,48	-945,86	-38,33
T2	1415,46	34,25	2632,10	-218,38	-6,38
T1	1427,46	12,00	5179,14	2547,04	212,25

## VI. CONCLUSIONES

- Al analizar los resultados en las variables de prendimiento, crecimiento, longitud del tallo, diámetro del tallo, número de hojas, longitud de hoja y ancho de la hoja, se determinó que los que sobresalen son los tratamientos que fueron inoculados con micorrizas, esto confirma que éstas contribuyen a mejorar el crecimiento vegetativo, garantizando un mejor vigor y sobrevivencia de las plantas en el campo.
- En las variables antes descritas exceptuando longitud del tallo, el tratamiento T1 (100% de fertilización química + con micorrizas) ocupó siempre el primer rango de significación estadística con los mejores promedios.
- La fertilización completa y la micorrización coadyuvaron a mejorar el crecimiento de las plantas de brócoli, mientras que no ocurrió lo mismo con las zeolitas cuya presencia no influyó en el crecimiento del cultivo.
- En cuanto a prendimiento, todos los tratamientos que fueron inoculados con micorrizas presentaron una mejor respuesta y menor estrés al momento del trasplante, por lo que la inoculación de micorrizas es favorable para esta fase que es muy importante y riesgosa al momento del establecimiento de un cultivo.
- El grupo G1 (100% de Fertilización Química + 0 % Zeolita) resultó ser el más consistente de todos, ratificando el beneficio de una dosis correcta y completa de fertilizantes sobre el desarrollo vegetal, resultó además ser el grupo con mayor peso de pellas en el que sobresalió con el mayor promedio T1 (100% Fertilización Química + Micorrizas), confirmando que la adición de fertilizantes y la inoculación con micorrizas mejoran el rendimiento en peso del Brócoli.
- De acuerdo al rendimiento obtenido por hectárea, el tratamiento con una mayor TRM resultó el T1 (100% Fertilización Química + Micorrizas + 0% Zeolita) con 212,25%, seguido del tratamiento T13 (70% Fertilización Química + Micorrizas

+ 0% Zeolita) con 100,87% de TRM, confirmando que la fertilización y la inoculación micorrícica contribuyeron a mejorar la productividad del Brócoli.

- En cuanto al porcentaje de colonización micorrícica, teniendo en cuenta que el análisis inicial del testigo absoluto tenía el 1,72% de colonización, mientras tanto que el mejor tratamiento productivamente coincidió con el que mayor porcentaje de micorrización tuvo con el 18,52%
- De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio en la fase inicial y final del ensayo en el porcentaje de colonización de los tratamientos, tanto testigo absoluto como el T1, T7 y T13 se determinó que inicialmente hubo un 1,72%. Una vez finalizado el ensayo se determinó que el T1 (100% Fertilización Química + Micorrizas) tuvo el 18,52% con el mejor rango en comparación a los otros dos tratamientos con 8,33% y 5.08% respectivamente.

## VII. RECOMENDACIONES

- Mediante esta investigación se recomienda a los productores de brócoli realizar la aplicación de micorrizas (FUNGIFERT<sup>®</sup>) a una dosis de 8,00 kg/ha, más el 100% de Fertilización Química en una dosis de elemento puro de N220, P23, K272, Mg11 y S22, para las condiciones de Cotopaxi, teniendo un retorno de 2.66:1.
- Realizar aplicaciones de micorriza (FUNGIFERT<sup>®</sup>) y fertilizante químico en otros cultivos de la familia de las Crucíferas, (Coliflor, Romanesco, entre otros.)
- Realizar aplicaciones a nivel comercial del tratamiento uno (100% fertilización química + Micorrizas), con el objetivo de obtener resultados más apegados a la realidad de los beneficios de la fertilización y la inoculación micorrícica.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA, L. 2007. Ciencia Ergo Sum, Micorrizas Arbusculares, Universidad Autónoma del estado de México, Toluca, México, disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/104/10414307.pdf>, consultado el 10 de Noviembre del 2008.

ALARCÓN, A. 2001. “ACTUALIZACIÓN DE LA TAXONOMÍA DE LOS GLOMALES”, Terra Latinoamericana, enero-marzo, año/vol. 19, número 001, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo – México, pp 103 – 104. Disponible en línea en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/573/57319113.pdf>, consultado el 22 de abril del 2011.

APROFEL 2008, disponible en línea en:

[http://brocoliecuador.com/brocoli\\_ecuatoriano.htm](http://brocoliecuador.com/brocoli_ecuatoriano.htm), consultado el 7 de agosto del 2008.

BAREA, JM. 1999. Potencialidad de las Micorrizas como Biofertilizantes y Bioprotectores en eco-agrosistemas degradados. In. Lombricultura y Abonos Orgánicos, Simposium Internacional y Primera Reunión Nacional, Universidad Autónoma de Chapingo, Colegio de Posgraduados, México D.F. México. Pág. 17 – 25.

BELTRAN, P, 2009. “El brócoli y su importancia”, Los brotes de Brócoli reducen el riesgo de padecer cáncer de estómago, Colombia, disponible en línea en: consultado el 23 de abril del 2011.

BERTSCH, F, 2003, “Absorción de Nutrimientos por los cultivos”, Asociación Costarricense de la ciencia del Suelo (ACCS), pág. 150.

BIOAMECSA S.A., 2007, Tríptico Informativo Micorrizas FUNGIFERT<sup>®</sup>, Puenbo, Quito, Ecuador.



BLANCOL, F. 1997, “MICORRIZAS EN LA AGRICULTURA, CONTEXTO MUNDIAL E INVESTIGACIÓN REALIZADA EN COSTA RICA, disponible en línea: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Micorrizas%20y%20nutricion%20mineral.pdf>, consultado el 09 de Octubre del 2010.

BONSAISPIRIT, 2005, *Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)*, disponible en línea en: <http://www.kengaibonsai.com/index.php?page=11>, consultado el 9 de Octubre del 2010.

CAMPRUBI AMELIA, CALVET CINTIA Y ESTAUN VICTORIA 2007, “Micorrizas Arbusculares en Producción Agrícola”, Instituto de Recerca y Tecnología Agroalimentarias (IRTA), Depto. Protección Vegetal, Centro de Cabriels, Barcelona. Disponible en línea en: [http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Hort/Hort\\_2000\\_144\\_38\\_41.pdf](http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_2000_144_38_41.pdf), consultado el 9 de Octubre del 2010.

CUENCA GISELA, CASERES ALICIA, OIRDOBRO GIOVANNY, HASMY ZAMIRA Y URDANETA CARLOS, 2007, Asociación Interciencia, Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales, Caracas – Venezuela, disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33932104.pdf>. Consultado el 5 de Noviembre del 2008.

DOMÍNGUEZ, A. 1997, “Tratado de Fertilización”, 3ra edición, Ediciones mandí – prensa, Madrid, Barcelona, México, pág. 19, 39, 42 y 43.

DUCHISELA, J. 2001, “Evaluación del Uso de Endomicorrizas *Vesículo arbusculares* (MVA) en la obtención de plántulas de Tomate de Árbol *Solanum betaceum* Cav.)”, Escuela Politécnica del Ejercito, Sangolqui – Ecuador.

ECOINSUMOS S.A, 2000, Ficha Técnica Surco Zeolita<sup>®</sup>, Poas, Alajuela, Costa Rica; disponible en línea en: [http://www.ecoinsumos.com/fichas-tecnicas/FT\\_Surco%20Zeolita.pdf](http://www.ecoinsumos.com/fichas-tecnicas/FT_Surco%20Zeolita.pdf), consultado el 15 de junio del 2011.

ECOFINTEC, 2007, Sostenibilidad, micorrizas y sus ventajas, disponible en: <http://ecofintec.blogspot.com/2007/10/micorrizas.html>, consultado el 10 de Noviembre del 2008.

ECOLOGIC, 2007, “Que es Zeolita”, disponible en línea: <http://emmexico.com/zeoponiaem.pdf>

ELERGONOMISTA, 2003, Fisiología Vegetal, “Nutrición Mineral en las Plantas”, disponible en línea: <http://www.elergonomista.com/fisiologiavegetal/mineral.htm>, consultado el 10 de Octubre del 2010.

FRANCO, J. 2008, “Efectos Beneficiosos de las Micorrizas sobre las Plantas”, Universidad de Sevilla, Disponible en línea en: [http://www.bioscripts.net/col/Apuntes/Nutricion\\_Vegetal/Trabajo\\_de\\_nutricion\\_vegetal.pdf](http://www.bioscripts.net/col/Apuntes/Nutricion_Vegetal/Trabajo_de_nutricion_vegetal.pdf), consultado el 10 de Octubre del 2010.

HARO Y MALDONADO, 2009, “Guía Técnica para el Cultivo de Brócoli en la Serranía Ecuatoriana”, editorial Pedagógica Freire, pág. 15-19.

HARO, M 2007; Boletín Informativo Prodecoagro Nro. 001.

HERNÁNDEZ (S/F), A. Las Micorrizas disponible en línea en: <http://www.cdeea.com/micorrizas.htm>, Consultado el 11 de Agosto de 2007.

ILUSTRE MUNICIPIO DE SAQUISILI, 2008.

INFOAGRO (2008), El Cultivo de Brócoli, disponible en línea en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/broculi.htm>, consultado el 7 de agosto del 2008.

INFORMACIÓN DE MONITOREO INTERNACIONAL, Estudio de Caso: Brócoli Ecuatoriano, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en línea en:

[http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/200642717741\\_ESTUDIODECASObrocoli.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200642717741_ESTUDIODECASObrocoli.pdf), consultado el 22 de abril del 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA “INAMHI”, 2008. Dirección de Informática.

JHON CARLOS, CARVAJAL LEONARDO, 2009, “Eficiencia de la Zeolita como aditivo de la urea en los cultivos de papa y tomate”; disponible en línea en:

<http://agrosolar.org/index.php?pagina=noticiacompleta&id=10>, consultado el 8 de agosto del 2008.

KING A. y SAUNDERS J, 1984, “Las Plagas Invertebradas de los Cultivos Anuales Alimenticios en América Central”, Una guía para su reconocimiento y control, Tropical Development and Research Institute (TDRI) y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), publicado por Administración de Desarrollo Extranjero, Londres.

PAUCAR, Edwin 2009. “Las Micorrizas alternativa ecológica para una agricultura sostenible”, disponible en línea:

<http://www.monografias.com/trabajos72/micorrizas-alternativa-ecologica-agricultura-sostenible/micorrizas-alternativa-ecologica-agricultura-sostenible2.shtml>, consultado el 01 de Octubre del 2010.

PLANTAS Y HOGAR (S/F), Las Micorrizas, Hongos beneficiosos, disponible en:

[http://www.plantasyhogar.com/jardin/jardines/?pagina=jardin\\_jardines\\_013\\_013](http://www.plantasyhogar.com/jardin/jardines/?pagina=jardin_jardines_013_013), consultado el 10 de Diciembre del 2008.

PROGRAMA DE HORTALIZAS, 200, Universidad Nacional Andina La Molina, Perú. Disponible en línea en:

[http://www.lamolina.edu.pe/investigacion/programa/hortalizas/pdf/12-p130%20a%20p141%20\(Anexos%204%20al%2013\).pdf](http://www.lamolina.edu.pe/investigacion/programa/hortalizas/pdf/12-p130%20a%20p141%20(Anexos%204%20al%2013).pdf), consultado 15 de marzo del 2011.

RAMOS-ZAPATA, J., 2004, Los Hongos Micorrizogenos Arbusculares en la restauración de comunidades tropicales, Facultad de Ciencias (UNAM), México, disponible en: [http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia/numero\\_especial/8hongos.pdf](http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia/numero_especial/8hongos.pdf), consultado el 10 de Noviembre del 2008.

REYES, I., 2002, Asociaciones biológicas en el suelo: La Micorriza Arbuscular (MA), Depto. De Biología. División de CBS. UAM-I. Disponible en: <http://www.izt.uam.mx/contactos/n44ne/asomic.pdf>, consultado el 10 de Noviembre del 2008.

RINCÓN L, SAEZJ, PEREZ CRESPO J. A, GOMEZ LOPEZ M.D, Y PELLICER C, 1999, “Crecimiento y Absorción de Nutrientes del Brócoli”, Unidad de Investigación y Producción Hortofrutícola, Equipo de Riegos, Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA), Estación Sericícola. 30.150 La Alberca – Murcia. Disponible en línea: [http://www.inia.es/gcontrec/pub/19.L.RINCON\\_1048157001828.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/19.L.RINCON_1048157001828.pdf), consultado el 22 de abril del 2011.

SAKATA, (S/F), “Manejo de Brócoli”, Sakata Seed de México, S.A. de C.V, disponible en línea en: <http://www.sakata.com.mx/paginas/ptbrocoli.htm>.

VARGAS, (s/f), disponible en línea: <http://www.ecuadorcocoaarriba.com/contenido.ks?contenidoId=1107>, consultado el 22 de abril del 2011.

ZEONAT, 2001, Agricultura, disponible en línea en: [http://www.zeonat.com/zeonat\\_006.htm](http://www.zeonat.com/zeonat_006.htm), consultado el 8 de agosto del 2008.

# ANEXOS

Anexo 1. Costo de Producción de acuerdo a la fertilización, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli (*Brassica oleracea l vr. botrytis*), Cotopaxi – Ecuador 2009”

Trat.1				
Producto	Cantidad	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20	qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	Kg.	0,49	308,70
DAP (18 - 46 - 0)	50	Kg.	0,8	40,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	Kg.	0,602	60,20
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	Kg.	0,702	292,73
MICORRIZA FUNGIFERT	8	Kg.	1,5	12,00
				<b>789,63</b>

Fertilización	<b>789,63</b>
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	298,92
-----	
<b>TOTAL</b>	<b>3288,10</b>

Trat.2				
Producto	Cantidad	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20	qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	Kg.	0,49	308,70
DAP (18 - 46 - 0)	50	Kg.	0,8	40,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	Kg.	0,602	60,20
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	Kg.	0,702	292,73
				<b>777,63</b>

Fertilización	<b>777,63</b>
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	297,72
-----	
<b>TOTAL</b>	<b>3274,90</b>

Trat.3						
Producto	Cantidad	10%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	63	<b>567</b>	Kg.	0,49	277,83
DAP (18 - 46 - 0)	50	5	<b>45</b>	Kg.	0,8	36,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	10	<b>90</b>	Kg.	0,602	54,18
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	41,7	<b>375,3</b>	Kg.	0,702	263,46
MICORRIZA FUNGIFERT	8			Kg.	1,5	12,00
ZEOLITA		119,7		Kg.	0,15	17,96
						<b>737,43</b>

Fertilización	737,43
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	293,70
-----	
<b>TOTAL</b>	<b>3230,67</b>

Trat.4						
Producto	Cantidad	10%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	63	<b>567</b>	Kg.	0,49	277,83
DAP (18 - 46 - 0)	50	5	<b>45</b>	Kg.	0,8	36,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	10	<b>90</b>	Kg.	0,602	54,18
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	41,7	<b>375,3</b>	Kg.	0,702	263,46
ZEOLITA		119,7		Kg.	0,15	17,96
						<b>725,43</b>

Fertilización	725,43
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	292,50
-----	
<b>TOTAL</b>	<b>3217,47</b>

Trat.5						
Producto	Cantidad	20%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	126	504	Kg.	0,49	246,96
DAP (18 - 46 - 0)	50	10	40	Kg.	0,8	32,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	20	80	Kg.	0,602	48,16
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	83,4	333,6	Kg.	0,702	234,19
MICORRIZA FUNGIFERT	8			Kg.	1,5	12,00
ZEOLITA		239,4		Kg.	0,15	35,91
						685,22

Fertilización	685,22
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	288,48
-----	
<b>TOTAL</b>	<b>3173,24</b>

Trat.6						
Producto	Cantidad	20%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	126	504	Kg.	0,49	246,96
DAP (18 - 46 - 0)	50	10	40	Kg.	0,8	32,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	20	80	Kg.	0,602	48,16
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	83,4	333,6	Kg.	0,702	234,19
ZEOLITA		239,4		Kg.	0,15	35,91
						673,22

Fertilización	673,22
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	287,28
-----	
<b>TOTAL</b>	<b>3160,04</b>

Trat.7						
Producto	Cantidad	30%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	189	441	Kg.	0,49	216,09
DAP (18 - 46 - 0)	50	15	35	Kg.	0,8	28,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	30	70	Kg.	0,602	42,14
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	125,1	291,9	Kg.	0,702	204,91
MICORRIZA FUNGIFERT	8			Kg.	1,5	12,00
ZEOLITA		359,1		Kg.	0,15	53,87
						633,01

Fertilización	633,01
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	283,26
-----	
<b>TOTAL</b>	<b>3115,81</b>

Trat.8						
Producto	Cantidad	30%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	189	441	Kg.	0,49	216,09
DAP (18 - 46 - 0)	50	15	35	Kg.	0,8	28,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	30	70	Kg.	0,602	42,14
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	125,1	291,9	Kg.	0,702	204,91
ZEOLITA		359,1		Kg.	0,15	53,87
						621,01

Fertilización	621,01
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	282,06
-----	
<b>TOTAL</b>	<b>3102,61</b>

Trat.9						
Producto	Cantidad	10%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	63	567	Kg.	0,49	277,83
DAP (18 - 46 - 0)	50	5	45	Kg.	0,8	36,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	10	90	Kg.	0,602	54,18
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	41,7	375,3	Kg.	0,702	263,46
MICORRIZA FUNGIFERT	8			Kg.	1,5	12,00
						719,47

Fertilización	719,47
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	291,90
-----	
<b>TOTAL</b>	<b>3210,92</b>

Trat.10						
Producto	Cantidad	10%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	63	567	Kg.	0,49	277,83
DAP (18 - 46 - 0)	50	5	45	Kg.	0,8	36,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	10	90	Kg.	0,602	54,18
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	41,7	375,3	Kg.	0,702	263,46
						707,47

Fertilización	707,47
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	290,70
	-----
<b>TOTAL</b>	<b>3197,72</b>

Trat.11						
Producto	Cantidad	20%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	126	504	Kg.	0,49	246,96
DAP (18 - 46 - 0)	50	10	40	Kg.	0,8	32,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	20	80	Kg.	0,602	48,16
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	83,4	333,6	Kg.	0,702	234,19
MICORRIZA FUNGIFERT	8			Kg.	1,5	12,00
						649,31

Fertilización	649,31
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	284,89
	-----
<b>TOTAL</b>	<b>3133,74</b>

Trat.12						
Producto	Cantidad	20%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	126	504	Kg.	0,49	246,96
DAP (18 - 46 - 0)	50	10	40	Kg.	0,8	32,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	20	80	Kg.	0,602	48,16
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	83,4	333,6	Kg.	0,702	234,19
						637,31

Fertilización	637,31
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	283,69
	-----
<b>TOTAL</b>	<b>3120,54</b>

Trat.13						
Producto	Cantidad	30%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	189	441	Kg.	0,49	216,09
DAP (18 - 46 - 0)	50	15	35	Kg.	0,8	28,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	30	70	Kg.	0,602	42,14
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	125,1	291,9	Kg.	0,702	204,91
MICORRIZA FUNGIFERT	8			Kg.	1,5	12,00
						579,14

Fertilización	579,14
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	277,87
	-----
<b>TOTAL</b>	<b>3056,56</b>

Trat.14						
Producto	Cantidad	30%	Cant. Final	Und.	Valor	Total
CARBONATO DE Ca.	20			qq	3,80	76,00
NITRATO DE AMONIO (33.5 N)	630	189	441	Kg.	0,49	216,09
DAP (18 - 46 - 0)	50	15	35	Kg.	0,8	28,00
SULPOMAG (22K - 11S - 22Mg)	100	30	70	Kg.	0,602	42,14
MUREATO DE POTASIO (60 K)	417	125,1	291,9	Kg.	0,702	204,91
						567,14


Fertilización	567,14
Control Fitosanitario	464,87
Plantas	624,38
Riego	188,99
Mano de Obra	637,83
Transporte	170,09
Maquinaria	113,39
Otros Gastos	276,67
	-----
<b>TOTAL</b>	<b>3043,36</b>



Anexo 2. Costos de Producción por Tratamientos, en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli (*Brassica oleracea l vr. botrytis*), Cotopaxi – Ecuador 2009”.


	TRATAMIENTOS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RENDIMIENTO NETO (kg)	39325,00	24092,64	28960,36	25188,66	27311,89	27443,29	33853,34	30024,92	30671,91	27537,83	33033,00	29228,25	32296,87	17743,44
<b>Rendimiento Neto Ajustado (kg)</b>	<b>27527,50</b>	<b>16864,85</b>	<b>20272,25</b>	<b>17632,06</b>	<b>19118,32</b>	<b>19210,30</b>	<b>23697,34</b>	<b>21017,44</b>	<b>21470,34</b>	<b>19276,48</b>	<b>23123,10</b>	<b>20459,77</b>	<b>22607,81</b>	<b>12420,41</b>
INGRESO BRUTO (USD)	6606,60	4047,56	4865,34	4231,69	4588,40	4610,47	5687,36	5044,19	5152,88	4626,36	5549,54	4910,35	5425,87	2980,90
<b>COSTOS VARIABLES (USD)</b>														
Fertilización	789,63	777,63	737,43	725,43	685,22	673,22	633,01	621,01	719,47	707,47	649,31	637,31	579,14	567,14
Control Fitosanitario	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87	464,87
Plantas	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38	624,38
Riego	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99	188,99
Mano de Obra	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83	637,83
Transporte	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09
Maquinaria	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39	113,39
Otros gastos	298,92	297,72	293,70	292,50	288,48	287,28	283,26	282,06	291,90	290,70	284,89	283,69	277,87	276,67
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>3288,10</b>	<b>3274,90</b>	<b>3230,67</b>	<b>3217,47</b>	<b>3173,24</b>	<b>3160,04</b>	<b>3115,81</b>	<b>3102,61</b>	<b>3210,92</b>	<b>3197,72</b>	<b>3133,74</b>	<b>3120,54</b>	<b>3056,56</b>	<b>3043,36</b>
<b>INGRESOS NETOS</b>	<b>3318,50</b>	<b>772,66</b>	<b>1634,67</b>	<b>1014,22</b>	<b>1415,15</b>	<b>1450,43</b>	<b>2571,55</b>	<b>1941,57</b>	<b>1941,96</b>	<b>1428,63</b>	<b>2415,80</b>	<b>1789,80</b>	<b>2369,31</b>	<b>-62,46</b>

Anexo 3. Análisis de Suelos.



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería,  
Acuicultura y Pesca

**INFORME DE ANALISIS**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS**  
*Via Intercedánea Km 14 Granja del MAGAP Tumbaco Teléfono 2 372-444 Fax ext. 227*



Agencia Ecuatoriana  
de Aseguramiento  
de la Calidad del Agro  
**AGROCALIDAD**

Remitente: Señor. Randy Reinoso.

Fecha de ingreso al Laboratorio: Tumbaco, Agosto 06 de 2009.

COTOPAXI  
LATACUNGA  
MULALO.

# de informe: 1563,  
Localización:

Fecha de Informe Agosto, 19 de 2009.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
1757	Tiburcios.	5.95	1.48	0.07	42.63	0.61	5	2.22	55	6.5	6	3	Arena Franca.


El resultado corresponde únicamente a las muestras entregadas por el cliente  
Se prohíbe la reproducción parcial del Informe

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Prácticamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

**INTERPRETACION DE RANGOS DE CONTENIDO (Sierra)**

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Mat.Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc
%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM
0 - 2	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2	< 1	< 0.33	0 - 20	0 - 5	0 - 1	0 - 3
2.1 - 4	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38	1.0 - 3.0	0.34 - 0.66	21 - 40	6 - 15	1.1 - 4	3.1 - 6
> 4.1	> 0.31	> 21	> 0.4	> 3.0	> 0.66	> 41	> 16	> 4.1	> 6.1

Bajo      Medio      Alto



Agencia Ecuatoriana  
de Aseguramiento  
de la Calidad del Agro  
**AGROCALIDAD**

LABORATORIO DE SUELOS  
TUMBACO - ECUADOR

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUACULTURA Y PESCA  
AGROCALIDAD



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELO (Sierra)

INFORME # 1564.

TUMBACO, 06 DE Agosto de 2009.

# LAB	# CAMPO	BORO (B) P.P.M	AZUFRE (S)	C.E (COND.EL) dS/m 25°C
-------	---------	-------------------	------------	----------------------------

1757	Tiburcios	0,51	47	1.36
				En Extracto de Saturación.

El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente  
Se prohíbe la reproducción parcial del Informe

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

BORO:

< 1	BAJO
1 - 2	MEDIO
> 2	ALTO

AZUFRE:

< 12	BAJO
12 - 24	MEDIO
> 24	ALTO

C.E. (dS/m)	NO SALINO(NS)	LIG. SALINO(LS)	SALINO(S)	MUY SALINO(MS)
	< 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 8.0

Tumbaco, Agosto 19 de 2009,



LABORATORIO DE SUELOS  
TUMBACO - ECUADOR

- Anexo 4. Inoculación de Micorrizas (Fungifert), en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli (*Brassica oleracea l* *vr. botrytis*), Cotopaxi – Ecuador 2009”.



Anexo 5. Trasplante de plántulas en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli (*Brassica oleracea* l vr. *botrytis*), Cotopaxi – Ecuador 2009”.



Anexo 6. Toma de Muestra de Suelo y Calculo de Fertilizante para en el ensayo “Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico por zeolita y micorriza en la producción de brócoli (*Brassica oleracea* l vr. *botrytis*), Cotopaxi – Ecuador 2009”.



