



## TESIS

CON EL TEMA:

**“EVALUACIÓN DE INOCULANTES MICROBIANOS *Glomus spp.*,  
*Beauveria spp.*, *Azospirillum spp.* Y EL COMPLEJO “B” EN LA  
ACTIVIDAD BIOESTIMULANTE DEL CULTIVO DE LA CALABACITA  
(*Cucúrbita pepo*)”**

QUE PRESENTA:

**CARLA ALEJANDRA VERA MENDOZA**

ASESOR

**ING. FAUSTINO RAMIREZ RAMIREZ**

REVISORES:

**MC. ANA ISABEL BARAJAS RAMOS  
ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO**

---

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERA EN AGRONOMÍA**

---

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. MAYO, 2023.



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **18/abril/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/574/2023  
ASUNTO: Autorización de impresión  
definitiva y digitalización

**C. CARLA ALEJANDRA VERA MENDOZA  
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA  
P R E S E N T E**

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL OPCIÓN I (TESIS), con el tema **"EVALUACIÓN DE INOCULANTES MICROBIANOS *Glomus spp.*, *Beauberia spp.*, *Azospirillum spp.* Y EL COMPLEJO "B" EN LA ACTIVIDAD BIOESTIMULANTE DEL CULTIVO DE LA CALABACITA (*Cucurbita pepo*)"** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica®  
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro*

**C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ  
DIRECTORA DEL PLANTEL**



C.c.p.- Coordinación de Apoyo a la Titulación. - Edificio  
C.c.p.- Minutario. -

MIBR/AIBR/ALGC/mjhc





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **17/ABRIL/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/174/2023  
ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

**ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**P R E S E N T E**

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:</b>	CARLA ALEJANDRA VERA MENDOZA
<b>NO. DE CONTROL:</b>	14940165
<b>PRODUCTO:</b>	OPCIÓN I ( TESIS )
<b>CARRERA:</b>	INGENIERÍA EN AGRONOMIA
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b>	<b>"EVALUACIÓN DE INOCULANTES MICROBIANOS <i>Glomus spp., Beaufortia spp., Azospirillum spp.</i> Y EL COMPLEJO "B" EN LA ACTIVIDAD BIOESTIMULANTE DEL CULTIVO DE LA CALABACITA (<i>Cucurbita pepo</i>)"</b>

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

**ATENTAMENTE**

Excelencia en Educación Tecnológica®  
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro



S.E.P.  
TECNM  
14DIT0003B  
IT TLAJOMULCO  
DEPARTAMENTO  
CIENCIAS  
AGROPECUARIAS

  
**ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES**  
**RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO**  
**DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

 <b>ING. FAUSTINO RAMIREZ RAMIREZ</b> Nombre y firma del asesor	 <b>MC. ANA ISABEL BARAJAS RAMOS</b> Nombre y firma del revisor	 <b>ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO</b> Nombre y firma del revisor
--	--	---

C.c.p.- Expediente.  
MHF/mjhc\*



## RESUMEN.

### EVALUACION DE INOCULANTES MICROBIANOS *Glomus* spp, *Beauveria* spp, *Azospirillum* spp Y EL COMPLEJO "B" EN LA ACTIVIDAD BIOESTIMULANTE DEL CULTIVO DE LA CALABACITA (*Cucúrbita pepo*).

**Ramírez Ramírez-F<sup>1</sup>, Barajas Ramos-I<sup>1</sup>, García Corralejo-A<sup>1</sup>, Vera Mendoza-C<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Departamento de Ciencias Agropecuarias. Programa Académico de Ingeniería en Agronomía. Km. 10 carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. CP 45640 Tel (33) 3772-4426 Y 3772-4427 E-mail: faustino.rr@tlajomulco.tecnm.mx

El presente trabajo se realizó en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga cuyas coordenadas son: latitud 20°26' 33.8'' N longitud 103°25'17.5'' W y altitud 1575 m, con el objetivo de: definir el mejor bioestimulante, para el incremento de masa radicular en el cultivo de calabacita (*Cucúrbita pepo*); a más de, realizar el análisis estadístico de los tratamientos.

Con la finalidad de conocer el efecto que tiene el *Glomus* spp., *Beauveria* spp., *Azospirillum* spp., *Streptomyces* spp., *Pseudomonas* spp. y *Bacillus* spp. en el desarrollo vegetativo en el cultivo de la calabaza, se implementaron en el instituto tecnológico de Tlajomulco 60 plantas de calabaza, en las cuales utilizamos un diseño de completamente al azar. Se hicieron 4 bloques de 15 plantas, en cada uno se establecieron 3 tratamientos y un testigo, en el T1) aplicación de *Glomus* spp 2 gr, 5gr y 7 gr por litro de agua, T2) *Beauveria* spp 2 gr, 5gr y 7 gr por litro de agua, T3) *Azospirillum* 2 gr, 5gr y 7gr por lt de agua, T4) Complejo B 2gr, 5gr y 7 gr por lt de agua, T0) testigo solo aplicación de riego. Se hicieron 4 aplicaciones en cada uno de los tratamientos en diferentes etapas de desarrollo para conocer el efecto que tiene sobre el crecimiento de la planta. En el cultivo de calabacita (*cucúrbita pepo* L) variedad Zucchini Grey. La germinación fue uniforme con un 100 % de germinación en un periodo de 4 días, el mejor resultado lo obtuvo el tratamiento 1 al cual le aplicamos *Glomus* spp.

#### Palabras clave:

Bioestimulante, inoculante, masa radicular, Desarrollo vegetativo, análisis estadístico *Cucurbita pepo*, *Glomus* spp, *Beauveria* spp,

## ABSTRAC.

### EVALUATION OF MICROBIAL INOCULANTS *Glomus* spp, *Beauveria* spp, *Azospirillum* spp AND THE “B” COMPLEX IN THE ACTIVITY BIOSTIMULANT FOR THE CULTIVATION OF PUMPKIN (*Cucurbita pepo*).

**Ramírez Ramírez-F<sup>1</sup>, Barajas Ramos-I<sup>1</sup>, García Corralejo-A<sup>1</sup>, Vera Mendoza-C<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Department of Agricultural Sciences. Academic Program of Engineering in Agronomy. Km 10 Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán highway. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. CP 45640 Tel (33) 3772-4426 Y 3772-4427 E-mail: faustino.rr@tlajomulco.tecnm.mx

The present work was carried out in the municipality of Tlajomulco de Zúñiga whose coordinates are: latitude 20°26' 33.8 N longitude 103°25'17.5 W and altitude 1575 m, with the aim of: define the best biostimulant, for the increase of root mass in zucchini cultivation (*Cucurbita pepo*); moreover, perform the statistical analysis of treatments.

In order to know the effect of *Glomus* spp., *Beauveria* spp., *Azospirillum* spp., *Streptomyces* spp. , *Pseudomonas* spp. and *Bacillus* spp. in the vegetative development in the cultivation of pumpkin, were implemented in the technological institute of Tlajomulco 60 pumpkin plants, in which we used a completely random design. 4 blocks of 15 plants were made, in each were established 3 treatments and a control, in T1) application of *Glomus* spp 2 gr, 5gr and 7 gr per liter of water, T2) *Beauveria* spp 2 gr, 5gr and 7 gr per liter of water, T3) *Azospirillum* 2 gr, 5gr and 7gr per liter of water, T4) Complex B 2gr, 5gr and 7 gr per lt of water, T0) control only irrigation application. 4 applications were made in each of the treatments at different stages of development to know the effect it has on the growth of the plant In the cultivation of zucchini (*Cucurbita pepo* L) variety Zucchini Grey. Germination was uniform with 100% germination in a period of 4 days, the best result was obtained by treatment 1 to which we applied *Glomus* spp.

#### Keywords:

Biostimulant, inoculant root mass, vegetative development, statistical analysis, *Cucurbita pepo*, *Glomus* spp, *Beauveria* spp,

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Tecnológico de Tlajomulco por haberme acogido en sus aulas y a la vez permitirme terminar mis estudios y formarme como una profesional al haberme brindado sus instalaciones para realizar este estudio de investigación.

Mi gratitud al Profesor Faustino Ramírez Ramírez, tutor de este trabajo de investigación, por ser asesor y amigo, por darme la confianza, por su paciencia, ánimos y consejos y que día a día me compartió sus conocimientos, llevando así a culminar con éxito esta investigación y etapa de mi vida.

Al Dr. José de Jesús Ramírez por darnos su confianza y sus conocimientos.

A la empresa INDEBIO, S.A DE C.V por haber colaborado y proporcionado los productos para realizar este estudio de investigación.

**Gracias...**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y la salud e iluminarme para seguir esta carrera y de terminar una etapa más en mi vida.

A mis padres, José Antonio Vera y Marina Mendoza que me brindaron la oportunidad de una formación académica, su fortaleza, valores, recursos y confianza que depositaron en mí para lograr mi objetivo, siendo parte imprescindible en la culminación de mis estudios y que cada uno de mis logros siempre es y será por y para ellos, y el más grande ha sido cumplir mi sueño de ser ingeniera agrónoma.

A mis 3 hermanos José Antonio, Manuel y Juan Pablo por su apoyo incondicional a lo largo de este camino de cursar mi carrera profesional de la cual he obtenido muchos aprendizajes y grandes amigos.

## Contenido

RESUMEN.....	I
ABSTRAC.....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
I.- INTRODUCCION .....	1
II.- OBJETIVOS .....	3
2.1    Objetivo general: .....	3
2.2    Objetivos específicos:.....	3
II.- PRUEBA DE HIPOTESIS .....	4
IV.- ANTECEDENTES .....	5
4.1    Origen y distribución .....	5
4.2    Clasificación Taxonómica.....	6
4.3    Descripción morfológica.....	6
4.3.1    Raíz .....	6
4.3.2    Tallo.....	7
4.3.3    Hojas.....	7
4.3.4    Flores.....	7
4.3.5    Fruto .....	8
4.4    Plagas y Enfermedades.....	8
4.4.1    Plagas.....	9
4.4.1.1    Áfidos – pulgones: ( <i>Aphis gossypii</i> , <i>aulacorthum solani</i> ).....	9
4.4.1.2    Araña roja ( <i>Oligonychus mexicanus</i> ).....	9
4.4.1.3    Minador de la hoja ( <i>Liriomyza sativae</i> ).....	9
4.4.1.4    Vaquita o diabrotica ( <i>Diabrotica speciosa</i> ).....	9
4.4.1.5    Mosca blanca ( <i>Bemecia argentifolii</i> ).....	9
4.4.2    Enfermedades .....	10
4.4.2.1    Antracnosis.....	10
4.4.2.2    Cenicilla polvorienta.....	10
4.4.2.3    Cenicilla vellosa .....	10
4.4.2.4    Fusarium o pudrición de la raíz .....	10
4.5    Bioestimulantes para el desarrollo vegetativo .....	11
4.5.1    Glomus spp.....	13

4.5.2	Beauveria.....	14
4.5.3	Azospirillum .....	14
4.5.4	Complejo B (Streptomyces spp, Azospirillum spp, Pseudomonas spp y Bacillus spp.).....	15
4.5.4.1	Streptomyces spp.....	15
4.5.4.2	Pseudomonas spp.....	16
4.5.4.3	Bacillus thuringiensis .....	16
V.	MATERIALES Y METODOS .....	18
5.1	Localización del experimento.....	18
5.2	Material vegetativo .....	18
5.3	Equipos y herramientas .....	18
5.4	Inoculantes microbianos .....	19
5.5	Preparación del sustrato.....	21
5.6	Siembra .....	21
5.7	Tratamientos .....	22
5.8	Diseño experimental .....	24
5.9	Distribución de los tratamientos.....	24
5.10	Variables a evaluar .....	25
5.11	Análisis estadístico .....	25
VI.-	RESULTADOS .....	26
6.1	Efecto agrobiológico de <i>Glomus spp.</i> .....	26
6.1.1	Altura de planta .....	26
6.1.2	Área foliar .....	28
6.1.3	Biomasa fresca y biomasa seca .....	29
6.1.4	Nitrógeno .....	30
6.1.5	Rendimiento (tha-1).....	31
6.1.6	Floración.....	33
6.1.7	Fructificación.....	34
6.2	Efecto agrobiológico de <i>Beauveria spp.</i> .....	35
6.2.1	Altura de planta .....	35
6.2.2	Área foliar .....	37
6.2.3	Biomasa fresca y biomasa seca .....	38
6.2.4	Nitrógeno .....	39

6.2.5 Rendimiento (tha <sup>-1</sup> ).....	40
6.2.6 Floración.....	42
6.2.7 Fructificación.....	43
<b>6.3 Efecto agrobiológico de <i>Azospirillum spp.</i></b> .....	<b>44</b>
6.3.1 Altura de planta.....	44
6.3.2 Área foliar.....	46
6.3.3 Biomasa fresca y biomasa seca.....	47
6.3.4 Nitrógeno.....	48
6.3.5 Rendimiento (tha <sup>-1</sup> ).....	49
6.3.6 Floración.....	51
6.3.7 Fructificación.....	52
<b>6.4 Efecto agrobiológico de complejo b (<i>Streptomyces spp, Azospirillum spp, Pseudomonas spp y Bacillus spp</i>)</b> .....	<b>53</b>
6.4.1 Altura de Planta.....	53
6.4.2 Área foliar.....	55
6.4.3 Biomasa fresca y biomasa seca.....	56
6.4.4 NITRÓGENO.....	57
6.4.5 Rendimiento (tha <sup>-1</sup> ).....	58
6.4.6 Floración.....	60
6.4.7 Fructificación.....	61
<b>VII.CONCLUSIONES</b> .....	<b>62</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>63</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Descripción del producto <i>Glomus</i> spp. ....	19
CUADRO 2. Descripción del producto <i>Beauveria</i> spp. ....	20
CUADRO 3. Descripción del producto <i>Azospirillum</i> spp. ....	20
CUADRO 4. Descripción del producto ECO COMPLEX B.....	21
CUADRO 5. Aplicación de los tratamientos.....	22
CUADRO 6. Aplicación de los tratamientos.....	22
CUADRO 7. Aplicación de los tratamientos.....	23
CUADRO 8. Aplicación de los tratamientos.....	23
CUADRO 9. Distribución de los tratamientos.....	24

## INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. Prueba de Tukey, ALTURA DE PLANTA .....	27
GRAFICA 2. Procedimiento Tukey, ÁREA FOLIAR .....	28
GRAFICA 3. Comparación de los promedios para Biomasa Fresca (BF) y Biomasa Seca (BS) .....	30
GRAFICA 4. PROMEDIOS DE NITRÓGENO. ....	31
GRAFICA 5. PROMEDIOS DE RENDIMIENTO .....	32
GRAFICA 6. Procedimiento Tukey FLORACION.....	33
GRAFICA 7. Procedimiento Tukey FRUCTIFICACION.....	34
GRAFICA 8. Prueba de Tukey, ALTURA DE PLANTA .....	36
GRAFICA 9. Procedimiento Tukey, ÁREA FOLIAR .....	37
GRAFICA 10. Comparación de los promedios para Biomasa Fresca (BF) y Biomasa Seca (BS) .....	39
GRAFICA 11. PROMEDIOS DE NITRÓGENO .....	40
GRAFICA 12. PROMEDIOS DE RENDIMIENTO .....	41
GRAFICA 13. Procedimiento Tukey FLORACION.....	42
GRAFICA 14. Procedimiento Tukey FRUCTIFICACION .....	43
GRAFICA 15. Prueba de Tukey, ALTURA DE PLANTA .....	45
GRAFICA 16. Procedimiento Tukey, AREA FOLIAR .....	46
GRAFICA 17. Comparación de los promedios para Biomasa Fresca (BF) y Biomasa Seca (BS) .....	48
GRAFICA 18. PROMEDIOS DE NITRÓGENO.....	49
GRAFICA 19. Promedios de RENDIMIENTO.....	50
GRAFICA 20. Procedimiento Tukey FLORACION.....	51
GRAFICA 21. Procedimiento Tukey FRUCTIFICACION .....	52
GRAFICA 22. Prueba de Tukey, ALTURA DE PLANTA .....	54
GRAFICA 23. Procedimiento Tukey, AREA FOLIAR .....	55
GRAFICA 24. Comparación de los promedios para Biomasa Fresca (BF) y Biomasa Seca (BS) .....	57
GRAFICA 25. PROMEDIOS DE NITRÓGENO.....	58
GRAFICA 26. PROMEDIOS DE RENDIMIENTO .....	59
GRAFICA 27. Procedimiento Tukey FLORACION.....	60

GRAFICA 28. Procedimiento Tukey FRUCTIFICACION .....	61
--	----

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. ANOVAS de las cuatro fechas para la variable altura de Planta.....	26
Tabla 2. Prueba Tukey variable Altura de Planta .....	27
Tabla 3. Análisis de Varianza y prueba de Medias para la Variable Área Foliar .....	28
Tabla 4. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Fresca.....	29
Tabla 5. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Seca.....	29
Tabla 6. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Nitrógeno.....	30
Tabla 7. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Rendimiento.....	32
Tabla 8. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración.....	33
Tabla 9. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración.....	34
Tabla 10. ANOVAS de las cuatro fechas para la variable altura de Planta .....	35
Tabla 11. Prueba Tukey variable Altura de Planta.....	36
Tabla 12. Análisis de Varianza y prueba de Medias para la Variable Área Foliar.....	37
Tabla 13. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Fresca .....	38
Tabla 14. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Seca .....	38
Tabla 15. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Nitrógeno.....	39
Tabla 16. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Rendimiento.....	41
Tabla 17. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración. ....	42
Tabla 18. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración.....	43
Tabla 19. ANOVAS de las seis fechas para la variable altura de Planta .....	44
Tabla 20. Prueba Tukey variable Altura de Planta .....	45
Tabla 21. Análisis de Varianza y prueba de Medias para la Variable Área Foliar.....	46
Tabla 22. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Fresca .....	47
Tabla 23. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Seca .....	47
Tabla 24. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Nitrógeno.....	48
Tabla 25. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Rendimiento.....	50
Tabla 26. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración. ....	51
Tabla 27. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración.....	52
Tabla 28. ANOVAS de las cuatro fechas para la variable altura de Planta .....	53
Tabla 29. Prueba Tukey variable Altura de Planta .....	54
Tabla 30. Análisis de Varianza y prueba de Medias para la Variable Área Foliar.....	55
Tabla 31. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Fresca .....	56
Tabla 32. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Seca .....	56
Tabla 33. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable de Nitrógeno .....	57
Tabla 34. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Rendimiento.....	59
Tabla 35. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración. ....	60
Tabla 36. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración.....	61

## **INDICE DE IMÁGENES**

Imagen 1. Mapa de distribución de Cucúrbita pepo. ....	5
Imagen 2. Planta de calabacita mostrando tallo, peciolo y la producción de flores y frutos .....	7
Imagen 3. Flores masculinas y femeninas de plantas de calabacita .....	8
Imagen 4. Fruto tierno de calabacita. ....	8
Imagen 5. Localización del área de estudio .....	18

## I.- INTRODUCCION

La calabacita, son plantas generalmente de hábito subarborescente y frutos cilíndricos o sólo muy ligeramente ensanchados en el ápice, que se consumen como verdura en estado inmaduro.

Con la calabacita se hacen platillos ricos y variados. Se consume sola, con queso, en combinación con granos de elote y rajas y chile, en sopas, guisados y mil y un recetas más. Es rica en minerales y vitamina C. (SIAP, 2014). El fruto de la calabacita es apreciado porque contiene pocas calorías, es rico en vitaminas (C, E, B1, B2 y  $\beta$ -caroteno) y minerales (K, Ca, Fe, Zn, Mn, Mg, P, B, Cu y N) (Danilchenko et al., 2001)

Es la primera planta cultivada en Mesoamérica, cuya fecha más antigua es de hace unos 10,000 años, y desde entonces es fundamental dentro de la dieta mexicana. En la época prehispánica la calabaza fue apreciada sobre todo por sus semillas o pepitas pues representan una fuente de proteínas y son susceptibles de almacenarse por periodos prolongados de tiempo sin sufrir deterioro. Financiera rural (2011)

Es un cultivo de gran importancia en México, para asegurar su producción ha sido necesario el uso de fertilizantes químicos, los cuales pueden generar daño a la salud y al medio ambiente (Robledo Torres et al., 2010) En la agricultura sustentable, la aplicación de materiales orgánicos al suelo es indiscutiblemente necesaria porque estos son fuente vital para reconstruir la materia orgánica del suelo y para suministrar nutrimentos.

Un inoculante es un producto que contiene microorganismos vivos o latentes (bacterias, hongos, solos o combinados) y que al ser agregados a los cultivos incrementan el suministro o la disponibilidad de nutrimentos primarios para las plantas (INIFAP 2008). Desde hace pocos años, los microorganismos destinados al uso en agricultura están ganando importancia, dado que se han comprobado los

resultados positivos de su aplicación como alternativa al uso de otro tipo de fertilizantes.

En el instituto tecnológico de Tlajomulco Jalisco se cuenta con un invernadero donde se llevó a cabo la evaluación de *Glomus* spp, *Beauveria* spp, *Azospirillum* spp, y un mix de *Streptomyces* spp, *Azospirillum* spp, *Pseudomonas* spp y *Bacillus* spp en el desarrollo vegetativo del cultivo de calabacita.

El uso de microorganismos como estimulador de crecimiento nos lleva a preguntarnos qué tipo de efecto tiene el combinar un hongo como el *Glomus* spp, el *Bacillus thuringiensis* y una bacteria como *Pseudomonas* spp en el desarrollo vegetativo, ya que la hortaliza es de alto impacto no solo a nivel nacional, si no a nivel mundial.

## **II.- OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general:**

Evaluar el efecto que tienen los inoculantes microbianos Eco-Complex "B", ECO "MC", ECO "BA" y ECO "AZ" en la actividad bioestimulante del cultivo de calabacita (Cucúrbita pepo)

### **2.2 Objetivos específicos:**

- Evaluar el efecto agrobiológico que tiene la aplicación de "Glomus spp" en la actividad bioestimulante del cultivo de calabacita (Cucúrbita pepo).
- Evaluar el efecto agrobiológico que tiene la aplicación de "Beauveria spp" en la actividad bioestimulante del cultivo de calabacita (Cucúrbita pepo).
- Evaluar el efecto agrobiológico que tiene la aplicación de "Azospirillum spp" en la actividad bioestimulante del cultivo de calabacita (Cucúrbita pepo).
- Evaluar el efecto agrobiológico que tiene la aplicación de un mix de "Streptomyces spp, Azospirillum spp, Pseudomonas spp, y Bacillus spp" en la actividad bioestimulante del cultivo de calabacita (Cucúrbita pepo)

## II.- PRUEBA DE HIPOTESIS

Ha = La aplicación de inoculantes en el cultivar establecido de calabaza, permite incrementar el volumen de su masa radicular.

Ho = La aplicación de inoculantes en el cultivar establecido de calabaza, no permite incrementar el volumen de su masa radicular.

$$H_0: \mathcal{J}_1 = \mathcal{J}_2 = \dots = \mathcal{J}_t$$

$$H_a: \exists i \neq j \cdot \exists \cdot \mathcal{J}_i \neq \mathcal{J}_j$$

## IV.- ANTECEDENTES

### 4.1 Origen y distribución

La calabacita se considera originaria de México y de América Central, de donde fue distribuida hacia a América del Norte y Sur. Sus orígenes se remontan al 7 000 A.C. (Whitaker y Davis, 1962).

La calabaza pertenece a la familia de las cucurbitáceas, la cual cuenta con 750 especies y 90 géneros de los cuales únicamente se cultivan 11 de estos.

En Estados Unidos los restos más antiguos hallados datan del año 4.000 A.C. Son muchos los que apuntan a que pudo ser domesticada a la vez en México y Estados Unidos, teniendo a *Cucúrbita fraterna* y *Cucúrbita texana* como antepasados silvestres respectivamente. El principal uso del calabacín es el gastronómico, siendo su fruto inmaduro la parte más utilizada en la cocina, aunque su flor y sus semillas son cada día más valoradas como aderezo culinario.

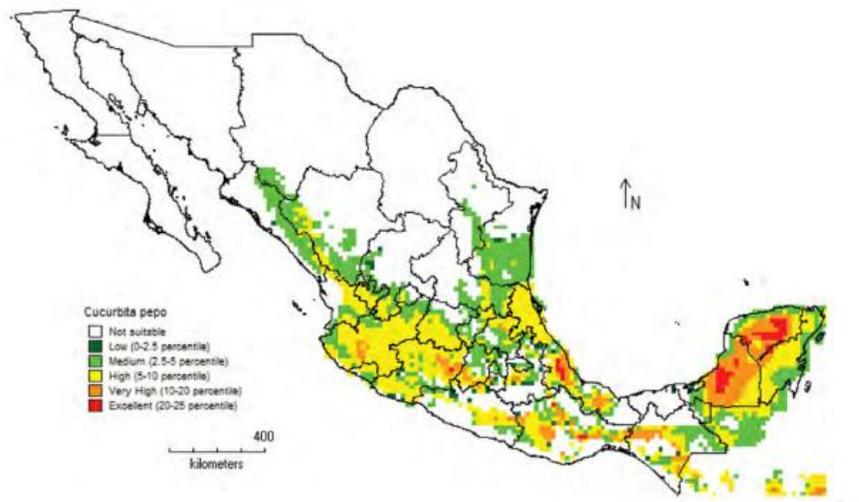


Imagen 1. Mapa de distribución de *Cucúrbita pepo*.

## 4.2 Clasificación Taxonómica

De manera esquemática puede resumirse la clasificación taxonómica del calabacín de la siguiente forma:

<b>Clasificación</b>	<b>Taxon</b>
Reino	Plantae
Subreino	Embrybionta
División	Magnoliophyta
Clase	Manoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Violales
Familia	Cucurbitaceae
Subfamilia	Cucurbitoideae
Genero	Cucúrbita
Especie	<i>Cucúrbita pepo</i>
Nombre común	Zucchini o calabacita

Fuente: (Ruano, 2009)

## 4.3 Descripción morfológica

La calabacita es una planta herbácea anual, (Figura 1), con zarcillos, monoica (flores masculinas y femeninas separadas), erecta y después rastrera, sensible a fríos y heladas (Monares, 2009). La calabaza es una especie muy sensible a las bajas temperaturas. Su óptimo térmico es de 25-30 °C, aunque soporta muy bien temperaturas más elevadas. La temperatura de germinación de sus semillas se sitúa entre los 15 y los 35 °C, siendo el óptimo de 25-30 °C.

### 4.3.1 Raíz

La raíz principal como las secundarias se desarrollan ampliamente. (Menchaca, 1959) menciona que la profundidad radicular de la calabacita puede alcanzar profundidades de más de 2 m; esto fue corroborado mediante estudios realizados por (Whitaker y Davis, 1962.) y la evapotranspiración diaria del cultivo es de 5.08 mm a su máxima demanda en un clima caliente (Manual Rain Bird, 1993).

### 4.3.2 Tallo

Presenta tallos erectos en sus primeras etapas de desarrollo, tornándose después rastreros; con cinco bordes (angulares), cubiertos de tricomas (Monares, 2009). cubiertos de vellos y pequeñas espinas puntiagudas de color blanco, pudiendo alcanzar una longitud de 3 a 7 m. (Whitaker y Davis, 1962; Guenko, 1983).



Imagen 2. Planta de calabacita mostrando tallo, peciolo y la producción de flores y frutos

### 4.3.3 Hojas

Están compuestas de peciolo largo y hueco, una lámina foliar grande, con manchas blancas en su superficie y una nervadura palmeada. El follaje representa 59.4 % de la biomasa total, a los 67 DDS bajo condiciones climáticas óptimas (Sedano et al., 2005) El color de las hojas suele ser verde oscuro, pudiéndose observar en ocasiones manchas blanquecinas.

### 4.3.4 Flores

Las flores son monoicas, de color amarillo. El pedúnculo de inserción en el fruto es de sección pentagonal y no se ensancha en sus contactos con aquel. (Moroto, 2002). Las flores masculinas tienen cinco estambres que se unen para construir una columna, donde se unen formando dos fascículos, cada uno de los cuales comprenden un par de estambres, quedando uno libre que termina en una antena unilocular, pero este también forma parte del cuerpo estaminal que tiene aspecto fungiforme. En las flores femeninas hay un ovario ínfero, tricarpelar, triocular y con

muchos óvulos sobre tres placentas parietales que, al crecer, se juntan en el centro del ovario formando una masa carnosa; el estilo, corto y grueso, termina en un estigma de tres divisiones bilocadas o bifurcadas. (Whitaker y Davis, 1962.)



Imagen 3. Flores masculinas y femeninas de plantas de calabacita

#### **4.3.5 Fruto**

Los frutos son pepónides, de forma generalmente alargada, cilíndrica y ligeramente masuda; de superficie principalmente lisa, de color blancuzco a ligeramente amarillenta en el interior, y en el exterior de color verdiblanco (Montes, 1980).



Imagen 4. Fruto tierno de calabacita.

#### **4.4 Plagas y Enfermedades**

Las plagas y enfermedades pueden causar daños importantes en un cultivo, lo que conlleva una reducción en el rendimiento, y un perjuicio económico.

En el caso de las cucurbitáceas, existe cierta relación entre la incidencia de plagas como pulgones, mosca blanca y minador de hoja (presentes en casi todos los cultivos de esta familia). Las enfermedades del follaje, mayormente cenicillas polvosas, vellosas; sin embargo, la severidad de estas varía con el clima, la región, la variedad y la especie de la planta.

#### **4.4.1 Plagas**

Siendo las más comunes en cucurbitáceas:

##### **4.4.1.1 Áfidos – pulgones: (*Aphis gossypii*, *aulacorthum solani*)**

Causan daños de tres formas: por picaduras directas, por contaminación con excrementos y como vectores de los patógenos de las plantas. Succionan la savia de la planta, secándola paulatinamente y las hojas se rizan hacia arriba. Éstas toman un color café. Los pulgones son transmisores de virus.

##### **4.4.1.2 Araña roja (*Oligonychus mexicanus*)**

Ácaros pequeños que se alimentan de la savia causando manchas en las hojas. Estas pierden su matiz verde. Las manchas se ensanchan rápidamente, secando la hoja. Se aloja principalmente en el envés de la hoja.

##### **4.4.1.3 Minador de la hoja (*Liriomyza sativae*)**

Larvas amarillas de 2 mm de largo. Forman minas dentro de la hoja, impidiendo el crecimiento de la planta. En las horadaciones formadas penetran enfermedades fungosas.

##### **4.4.1.4 Vaquita o diabrotica (*Diabrotica speciosa*)**

El adulto (pequeño escarabajo) carcome el follaje tierno y las flores. La larva se alimenta de las raíces. El daño puede dar origen a enfermedades virósicas.

##### **4.4.1.5 Mosca blanca (*Bemecia argentifolii*)**

La mosca blanca extrae la savia debilitando la planta. se localizan en el envés de la hoja. pueden infestar la planta desde su nacimiento.

## 4.4.2 Enfermedades

### 4.4.2.1 Antracnosis

Causada por el hongo *Colletrotrichum orbiculare* (berky y Mant). En las hojas aparecen manchas pequeñas acuosas y amarillentas irregulares, que van ampliándose y cambiando de color a marrón oscuro o negro a medida que van creciendo. En los tallos y frutos se observan lesiones hundidas. Por lo general la lesión se seca, adelgaza, adquiere un aspecto quebradizo.

### 4.4.2.2. Cenicilla polvorienta

Los agentes causales son principalmente los hongos *Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*, comienza en las hojas más viejas de la parte inferior de la planta. En el haz, primero aparecen manchas amarillas que evolucionan a marrones (además de arrugar a la hoja), mientras que en el envés surge un polvo blanco, casi grisáceo, que va cubriendo a la hoja. Cuando la infección es más severa, que generalmente ocurre cuando baja la humedad, se defolia a la planta, desprotegiendo al fruto de los rayos del sol; lo cual puede provocar que este se desarrolle con menor tamaño, con problemas de quemaduras, y se reduzca el rendimiento del cultivo.

### 4.4.2.3 Cenicilla vellosa

Es causada por el hongo *pseudopersoporas cubensis*. Los síntomas iniciales se observan principalmente en las superficies de las hojas más viejas y se caracterizan por pequeñas manchas irregulares verde pálido luego se tornan amarillo brillante. Eventualmente estas manchas pueden aumentar en tamaño o unirse formando grandes áreas necróticas causando la muerte de las hojas.

### 4.4.2.4 Fusarium o pudrición de la raíz

Esta enfermedad es ocasionada por el hongo fusarium. los síntomas se pueden observar en el tejido afectado muestra una pudrición firme y de apariencia corchosa o esponjosa en condiciones húmedos es cubierto por una masa de esporas de color

blanco a rosado. No se necesita de la presencia de heridas para que ocurra la infección ya que bajo condiciones de humedad el hongo puede penetrar directamente. La semilla puede ser portadora de la enfermedad. (Natwick, 1993)

#### **4.5 Bioestimulantes para el desarrollo vegetativo**

La utilización de microorganismos benéficos ha tenido una amplia difusión en los últimos años, debido a su efecto positivo sobre el rendimiento de muchos cultivos en distintas situaciones y a la factibilidad de permitir desarrollar una agricultura orgánica (Caballero-Mellado, 2004, Cassán y García de Salamone, 2008).

Los microorganismos de la rizosfera contribuyen al crecimiento vegetal aumentando la disponibilidad de nutrientes limitantes como el fósforo y el nitrógeno, y a su vez, la composición y actividad de la comunidad bacteriana, está fuertemente influenciada por el tipo de vegetación presente en el suelo (Thomson et al., 2010; Semmartin et al., 2010)

Diversos estudios han demostrado los efectos benéficos de la asociación simbiótica entre los microorganismos y las plantas (Gosling et al. 2006; Franken et al. 2007; Akhtar & Siddiqui, 2008; Kapoor et al. 2008), tales como:

- Incremento en la superficie de absorción, de agua y de nutrimentos, de los pelos radiculares, más la que se produce por la cobertura producida por el hongo.
- Incremento de la vida útil de las raíces absorbentes.
- Mejoramiento de la absorción iónica y acumulación eficiente, especialmente, en el caso del fósforo.
- Solubilización de minerales que se encuentran en el suelo, facilitando su absorción por las raíces de las plantas.
- Aumento de la capacidad fotosintética de la planta, por ende, la producción de biomasa de las plantas.

- Resistencia de raíces a infecciones causadas por patógenos, ocupación de los espacios radiculares.

Finlay (2004) menciona que, recientemente, existe una mayor atención en observar la interacción de los microorganismos con las comunidades microbianas de la rizosfera y las repercusiones en las plantas hospederas. La nueva perspectiva incluye el estudio de la multifuncionalidad de los microorganismos en procesos como:

- Movilización de N y P a partir de polímeros orgánicos.
- Posible liberación de nutrientes de las partículas minerales o de roca.
- Efectos sobre el ciclo del carbono.
- Interacciones con plantas heterótrofas.
- Mediación de respuestas de las plantas a factores de estrés, como la sequía, la acidificación del suelo y la salinidad (Beauchamp et al. 2009).
- Biorremediación de suelos contaminados con compuestos tóxicos y metales pesados (Cheung et al. 2008).
- Protección contra patógenos de plantas.
- Posibles interacciones con grupos de otros microorganismos del suelo.
- Inducción de resistencia sistémica en plantas (Hause et al. 2007; Hause & Schaarschmid, 2009).

En el sector agrícola se ha buscado la implementación de microorganismos que ayudan al desarrollo vegetal de distintos cultivos, esto porque el uso excesivo de agroquímicos ha dañado el medio ambiente, el uso de microorganismos como opción para la bioestimulación del cultivo o como control de patógenos es una manera económica y eficaz de obtener mejores rendimientos.

El uso de microorganismos como inoculantes para movilizar fuentes de nutrientes pobremente disponibles en el suelo, constituye una alternativa para reducir la contaminación ambiental y mejorar la productividad de los cultivos.

Los bioestimulantes a base de microorganismos promueven y benefician la nutrición y el crecimiento de las plantas y pueden facilitar de manera directa o indirecta, la disponibilidad de determinados nutrientes tales como: el nitrógeno, el fósforo y el agua, además de producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal.

El empleo de microorganismos que viven en intercambio con las plantas es una de las áreas de estudio que más ha impactado la agricultura en las dos últimas décadas, debido a que son una alternativa emergente a los productos químicos, para incrementar la fertilidad y producción de cultivos en agroecosistemas sustentables (Franco-Correa, 2009; Rueda et al., 2009).

Los microorganismos (biofertilizante) ejercen un efecto benéfico sobre la germinación, desarrollo y control de otros microorganismos patógenos (biocontrolador) (Franco-Correa, 2009; Rueda et al., 2009).

#### **4.5.1 Glomus spp**

Coloniza las raíces de las plantas, estableciendo una relación simbiótica positiva y persistente. Juega un papel importante en la mejora de resistencia de las plantas contra las infecciones de una forma directa, mediante la formación de una barrera al desarrollo de los patógenos o indirectamente mediante la activación de los mecanismos de defensa de las plantas. Las micorrizas presentes incrementan la disponibilidad de nutrientes y agua a la planta en dos formas:

1. El aumento exponencial del volumen de suelo explorado por las raíces debido a la red de micelio, que permite el transporte a las plantas de agua y nutrientes (nitrógeno, fósforo) incluyendo aquellos con baja movilidad en el suelo (fósforo).
2. El aumento de la solubilización del fósforo mineral y la absorción de nitrógeno liberado por la materia orgánica. También contribuye en la estabilización de las poblaciones de microorganismos beneficiosos en la rizosfera.

#### **4.5.2 Beauveria**

El hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill (Hyphomycetos) es uno de los agentes de control biológico más importantes para la represión de muchas plagas (Ferron 1978; Evans 1982)

Este hongo ataca a más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, incluyendo plagas de gran importancia agrícola, entre las que están la broca del café, la palomilla del repollo y el picudo del plátano (Monzón, 2001). El género *Beauveria* está compuesto por varias especies: *B. bassiana*, *B. brongniartii* ó *B. tenella*, *B. amorpha* y *B. velata*, sin embargo, las más frecuentemente estudiadas son *B. bassiana* y *B. brongniartii* (Alean Carreño, 2003).

*B. bassiana* se caracteriza por un micelio blanco a levemente coloreado, de apariencia polvorienta, conidióforos simples, irregularmente agrupados en racimos y cuya parte superior tiene forma de zigzag (Barnett y Hunter, 1998).

#### **4.5.3 Azospirillum**

El género *Azospirillum*, considerado como PGPB, es el más estudiado respecto a las bacterias asociadas a las plantas (Caballero, 2008).

Los efectos ocasionados por *Azospirillum* están directamente relacionados con la concentración del inóculo y métodos de aplicación (Bashan y Levanony, 1990).

Los mejores resultados en rendimiento se han obtenido en suspensión de turba, debido a que *Azospirillum* requiere un acarreador y de no realizarse la inoculación de una manera adecuada resulta en una colonización parcial de la raíz y variabilidad de la respuesta en la planta (Bashan, 1998a; Rueda et al., 2009).

El mecanismo de acción por medio del cual *Azospirillum* promueve el crecimiento vegetal no ha sido completamente entendido; el efecto se atribuye a varios mecanismos que participan en la asociación microorganismo-planta que resultan en los cambios observados en el crecimiento de las plantas (Walker et al., 2012).

#### **4.5.4 Complejo B (*Streptomyces* spp, *Azospirillum* spp, *Pseudomonas* spp y *Bacillus* spp.)**

##### **4.5.4.1 *Streptomyces* spp.**

Actino bacteria que constituye uno de los grupos bacterianos con mayor diversidad existente desde cocoide (*Micrococcus*) o rodo-cocoide (*Arthrobacter*) hasta hifas fragmentadas (*Nocardia*) micelio altamente diferenciado (*Streptomyces*); muestra variedad en las propiedades fisiológicas y metabólicas, como la producción de enzimas extracelulares y formación de distintos metabolitos secundarios (Schrempf, 2001).

Están ampliamente distribuidas en ecosistemas acuáticos, aéreos y terrestres, especialmente en el suelo donde juegan un papel crucial en el reciclaje de biomateriales por descomposición y formación de humus (Goodfellow y Williams, 1983; Bentley et al., 2002; Stach y Bull, 2005).

La capacidad de las especies del género *Streptomyces* para colonizar hábitats viene dada por la diversidad de su metabolismo, que les permite emplear fuentes de carbono y nitrógeno muy variadas. Aunque su pH de crecimiento óptimo se encuentra entre 6.5 y 8, han aislado miembros del género capaces de crecer tanto en medios ácidos. Su presencia en el suelo se ve favorecida por su crecimiento micelial y su capacidad de formar esporas, las cuales constituyen un sistema de dispersión y nutrientes (Ensign, 1978).

Los *Streptomyces* desarrollan un papel muy importante en los ciclos biogeoquímicos de biodegradación, ya que durante su crecimiento secretan una gran variedad de enzimas hidrolíticas que permiten degradar polímeros insolubles de la materia orgánica presente en el suelo (McCarthy y Williams, 1992).

En numerosas especies del género *Streptomyces* se han descrito la regulación de la diferenciación morfológica y/o del metabolismo secundario a través de moléculas difusibles de bajo peso molecular y con estructura  $\gamma$ -butirolactona, denominadas autor regulador. Esta molécula actúa con señales intercelulares, llevando a cabo su función fisiológica a muy baja concentración, del orden no molar, a través de la unión

a receptores citoplasmáticos que actúan como reguladores transcripcionales (Takano, 2006).

#### **4.5.4.2 Pseudomonas spp.**

Estas bacterias pueden ejercer un efecto benéfico directo, a través de la síntesis de fitohormonas y de vitaminas, estimulación de la germinación de semillas y emergencia de plántulas, inhibición de la síntesis de etileno, solubilización de fósforo (P) inorgánico. De manera indirecta, por medio de síntesis de antibióticos y fungicidas, competencia por nutrientes, producción de sideróforos o por la inducción de la resistencia sistémica a patógenos. Pueden también actuar como BCA, capaces de proteger a las plantas de la infección, causadas por agentes fitopatógenos. (Siddiqui & Shaukat, 2003; Alves et al. 2004; fgaier et al. 2008; Rosas et al. 2009).

Los efectos positivos que ejercen estas bacterias en las plantas radican en que producen y segregan reguladores del crecimiento de plantas como auxinas, giberelinas y citoquininas, mejorando procesos como germinación de semillas, nutrición mineral, desarrollo de raíces, empleo del agua, entre otros (Pan *et al.*, 1999).

Se ha confirmado la efectividad del tratamiento biológico de semillas de pepino (*C. sativus*) con un biopreparado cuyo agente activo es la bacteria *Pseudomonas putida* para el control de enfermedades fungosas (Boado y col., 2002); también el tratamiento de semillas de melón (*C. melo*) con la formulación en polvo de cepas de *P. putida* redujo la severidad del marchitamiento por *Fusarium oxysporum f. sp. melonis* (Boral y col., 2004).

#### **4.5.4.3 Bacillus thuringiensis**

Como alternativa al empleo de plaguicidas sintéticos, se ha dirigido la atención a las propiedades insecticidas de ciertos microorganismos o productos microbianos secundarios. El mayor número de especies con propiedades insecticidas pertenece al género *Bacillus*, en especial a la especie *Bacillus thuringiensis* (Bt) (Theoduloz et al., 2003).

El *Bt* es una bacteria Gram (+) formadora de esporas, que se caracteriza por poseer una variedad de plásmidos que contienen genes que codifican para proteínas insecticidas. Entre éstas, las más estudiadas corresponden a las  $\delta$ -endotoxinas o también llamadas proteínas Cry (Crickmore et al., 1998). Estas proteínas son sintetizadas y ensambladas en cuerpos de inclusión para esporales durante la fase estacionaria de su ciclo de crecimiento (Höfte y Whiteley, 1989).

En algunos países latinoamericanos como Cuba, Brasil y Colombia, se han encontrado cepas nativas de *B. thuringiensis*, que poseen un alto potencial para utilizarse como agentes de control biológico hacia el gusano cogollero (Silva-Wernecket al., 1999; Arangoet al., 2002).

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Localización del experimento.

El presente estudio se llevó a cabo en un invernadero experimental del Instituto Tecnológico de Tlajomulco, localizado en la comunidad de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco cuyas coordenadas son: latitud 20°26' 33.8'' N longitud 103°25'17.5'' W y altitud 1575 m. (imagen 5).



Imagen 5. Localización del área de estudio

Fuente: Google maps.

### 5.2 Material vegetativo

El material vegetal utilizado para la investigación fue 60 plántulas de calabacita (Cucúrbita pepo), dichas plántulas fueron sembradas en el Instituto Tecnológico de Tlajomulco de Zúñiga, cultivado en invernadero.

### 5.3 Equipos y herramientas

Regadera de bastón, macetas de 8 pulgadas, bascula granataria, tambo de 70 litros, manguera, estacas, vernier, tijeras.

## 5.4 Inoculantes microbianos

- Glomus spp (ECO-MC)

Cepas de hongos liofilizadas (cuadro 1).

- Beauveria spp (ECO-BA)

Cepas de hongos liofilizadas. (cuadro 2).

- Azospirillum spp (ECO-AZ)

Cepas de bacterias liofilizadas (cuadro 3)

- Complejo B (ECO-COMPLEX B: Streptomyces spp, Azospirillum spp, Pseudomonas spp y Bacillus spp.)

Cepas de bacterias liofilizadas (cuadro 4)

CUADRO 1. Descripción del producto Glomus spp.

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	Peso
ECO-MC	<i>Glomus spp.</i>	Liofilizado microbiano  Reproducidas en sustrato orgánico balanceado.	Microorganismo:  60,000 esporas/Kg  Sustrato orgánico: 92%  Proteína: 8%	200 gr.  p/p.

Fuente: ECAP ecología aplicada SA DE CV.

CUADRO 2. Descripción del producto *Beauveria* spp.

ECO BA	<i>Beauveria spp</i>	Liofilizado microbiano	Microorganismo: 10 <sup>5</sup> esporas/g	200 gr. p/p.
		Reproducidas en sustrato orgánico balanceado.	Sustrato orgánico: 92% vehículos: 8%	

Fuente: ECAP ecología aplicada SA DE CV.

CUADRO 3. Descripción del producto *Azospirillum* spp.

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	peso
ECO AZ	<i>Azospirillum spp.</i>	Liofilizado microbiano	Microorganismo: 10 <sup>9</sup> esporas/g	200 gr. p/p.
		Reproducidas en sustrato orgánico balanceado.	Sustrato orgánico: 92% vehículos: 8%	

Fuente: ECAP ecología aplicada SA DE CV.

CUADRO 4. Descripción del producto ECO COMPLEX B

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	peso
ECO COMPLEX B	<i>Streptomyces spp,</i> <i>Azospirillum spp,</i> <i>Pseudomonas spp y Bacillus spp.</i>	Liofilizado microbiano  Reproducidas en sustrato orgánico balanceado.	Microorganismo: $10^8$ UFC/g  Sustrato orgánico: 92%  vehículos: 8%	200 gr. p/p.

Fuente: ECAP ecología aplicada SA DE CV.

### 5.5 Preparación del sustrato

La preparación del sustrato se llevó a cabo de forma manual, Como suelo se utilizó tierra de encino ya que sus niveles de materia orgánica son altas y estopa de coco para dar volumen y permeabilidad al suelo permitiendo la oxigenación del suelo, utilizando 1 kg de tierra de encino y 600 gr de fibra de coco por maceta, dicho sustrato fue colocado en macetas de 8 pulgadas; las macetas se eligieron de ese tamaño ya que es el que comúnmente se usa para el cultivo.

### 5.6 Siembra

Se realizó por la mañana siembra directa al sustrato en macetas de 8 pulgadas a una profundidad de 3 centímetros, colocando de 2 a 3 semillas por maceta, con una separación de 0.15 m entre plantas y 0.50 m entre hileras.

## 5.7 Tratamientos

La aplicación de los microorganismos se hizo como se muestra a continuación (cuadro 5, 6,7 y8).

CUADRO 5. Aplicación de los tratamientos

<b>Tratamientos experimentales</b>				
etapa días después de la siembra (dds) 0.5ml/lts de agua				
	1 dds 1a aplicación	8 dds 2a aplicación	22 dds 3a aplicación	30 dds 4a aplicación
T1	<i>Glomus spp</i> 2gr + 3ml aminoacinos			
T2	<i>Glomus spp</i> 5gr + 3ml aminoacidos	<i>Glomus spp</i> 5gr + 3ml aminoácidos	<i>Glomus spp</i> 5gr + 3ml aminoácidos	<i>Glomus spp</i> 5gr + 3ml aminoácidos
T3	<i>Glomus spp</i> 7gr + 3ml aminoácidos			
T4	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de investigación.

CUADRO 6. Aplicación de los tratamientos

<b>Tratamientos experimentales</b>				
etapa días después de la siembra (dds) 0.5ml/lts de agua				
	1 dds 1a aplicación	8 dds 2a aplicación	22 dds 3a aplicación	30 dds 4a aplicación
T1	<i>Beauveria spp</i> 2gr + 3ml aminoácidos			
T2	<i>Beauveria spp</i> 5gr + 3ml aminoácidos			
T3	<i>Beauveria spp</i> 7gr + 3ml aminoácidos			
T4	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de investigación

CUADRO 7. Aplicación de los tratamientos

<b>Tratamientos experimentales</b>				
etapa días después de la siembra (dds) 0.5ml/lts de agua				
	1 dds 1a aplicación	8 dds 2a aplicación	22 dds 3a aplicación	30 dds 4a aplicación
T1	<i>Azospirillum spp</i> 2gr + 3ml aminoácidos			
T2	<i>Azospirillum spp</i> 5gr + 3ml aminoácidos			
T3	<i>Azospirillum spp</i> 7gr + 3ml aminoácidos			
T4	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de investigación

CUADRO 8. Aplicación de los tratamientos

<b>Tratamientos experimentales</b>				
etapa días después de la siembra (dds) 0.5ml/lts de agua				
	1 dds 1a aplicación	8 dds 2a aplicación	22 dds 3a aplicación	30 dds 4a aplicación
T1	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> .2gr + 3ml aminoácidos	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> .2gr + 3ml aminoácidos	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> .2gr + 3ml aminoácidos	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> .2gr + 3ml aminoácidos
T2	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> .5gr + 3ml aminoácidos	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> .5gr + 3ml aminoácidos	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> .5gr + 3ml aminoácidos	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> .5gr + 3ml aminoácidos
T3	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> . 7gr + 3ml aminoácidos	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> . 7gr + 3ml aminoácidos	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> . 7gr + 3ml aminoácidos	<i>Streptomyces spp</i> , <i>Azospirillum spp</i> , <i>Pseudomonas spp</i> y <i>Bacillus spp</i> . 7gr + 3ml aminoácidos
T4	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de investigación

## 5.8 Diseño experimental

Los datos experimentales se consideraron como un bloque completamente al azar y el modelo estadístico fue  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$  donde:

$\mu$  = Parámetro, efecto medio

$\tau_i$  = Parámetro, efecto del tratamiento

$\beta_j$  = Parámetro, efecto del bloque j

$\epsilon_{ij}$  = valor aleatorio, error experimental de la u.e. i, j

$Y_{ij}$  = Observación en la unidad experimental

## 5.9 Distribución de los tratamientos

En el cuadro 9 se puede observar cómo fue la distribución de cada uno de los tratamientos.

CUADRO 9. Distribución de los tratamientos

<b>Bloques completamente al azar</b>			
<b>Distribución de tratamientos</b>			
<b>Bloque I</b>	<b>Bloque II</b>	<b>Boque III</b>	<b>Bloque IV</b>
T1	T2	T3	T4
T2	T4	T1	T2
T3	T1	T4	T3
T4	T3	T2	T1
T0	T0	T0	T0

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de investigación

### **5.10 Variables a evaluar**

Las variables de estudio fueron altura de planta, área foliar, biomasa fresca, biomasa seca, contenido de nitrógeno, rendimiento en Kg/ha, floración y fructificación

- Altura de planta: se midió por medio de un flexómetro desde el cuello del tallo hasta el punto apical.
- Área foliar: se tomó una fotografía a una hoja por planta y por medio de un programa se determinó el área foliar.
- Biomasa fresca: se sacaron las plantas de las macetas, se midieron y pesaron.
- Biomasa seca: se sacaron las plantas de las macetas, se colocaron en bolsas y se introdujeron a la cámara de secado.
- Contenido de nitrógeno: se midió por medio de un aparato Minolta SPAD
- Rendimiento: cuando inicio la cosecha se obtuvo el peso para conocer el rendimiento.
- Floración: días, 65% de plantas en floración, se cuantifico el numero de flores a partir de la primera aplicación.
- Fructificación: días, 65% de plantas con formación de fruto, se cuantifico el número de frutos a partir de la primera aplicación.

### **5.11 Análisis estadístico**

Para el análisis de variables cuantitativas, se utilizó el paquete estadístico SAS, el cual al ingresar la información obtenida analiza mediante análisis de varianza, si en este análisis se registra que existe diferencia mínima significativa, se lleva a cabo la comparación de medias y diferencia mínima de Tukey con una confiabilidad del 95%.

## VI.- RESULTADOS

### 6.1 Efecto agrobiológico de *Glomus spp.*

#### 6.1.1 Altura de planta

El ANOVA realizado a esta variable en cada una de las fechas (Tabla 1) No arrojo diferencias altamente significativas ( $p > 0.001$ ) en 3 fechas, solo arrojo diferencias en la fecha 2 lo cual se corroboró al realizar la prueba de medias realizadas con Tukey (Tabla 2) con un intervalo de confianza de 95%;

Tabla 1. ANOVAS de las cuatro fechas para la variable altura de Planta

ALTURA DE PLANTA (ALTPL)											
Fuente	Var	Error	Total			Fuente	Var	Error	Total		
DF	3	8	11			DF	3	8	11		
<b>FECHA 1</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	<b>FECHA 2</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV
18-AG-18	Modelo	2.42	0.1411	0.475936	16.17588	25-AG-18	Modelo	3.90	0.0548	0.594203	9.449112
	Var	2.42	0.1411				Var	3.90	0.0548		
<b>FECHA 3</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	<b>FECHA 4</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV
01-SEP-18	Modelo	1.69	0.2453	0.388201	12.28252	22-SEP-18	Modelo	1.84	0.2174	0.408791	12.18599
	Var	1.69	0.2453				Var	1.84	0.2174		

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

En el análisis de comparación de medias de Tukey, el Tratamiento 1 alcanzó una altura promedio de 35 cm lo cual representa un 20.14 % más comparado con el Tratamiento 2 que solo alcanzo 31 cm. El tratamiento 1 es la dosis que recomienda la empresa, en la que se garantiza el número de esporas necesarias para cada uno de los microorganismos que conformar el producto ECO-MC y de esa forma evitar el principio de exclusión competitiva en la que dos especies no pueden tener exactamente el mismo nicho en un hábitat y coexistir de manera estable. Esto es porque las especies con nichos idénticos tienen las mismas necesidades, lo que significa que competirían exactamente por los mismos recursos (Gause, 1934), con base en lo antes mencionado y haciendo referencia a las Gráfica 1 se puede

observar que el tratamiento uno fue el que mantuvo un desarrollo homogéneo y constante durante las 4 fechas, en contraste con los tratamientos donde se aumentó la dosis; por lo que se observa que en las primeras tres fechas se pudo presentar el principio de exclusión competitiva saturando de esporas y compitiendo entre ellas por espacio.

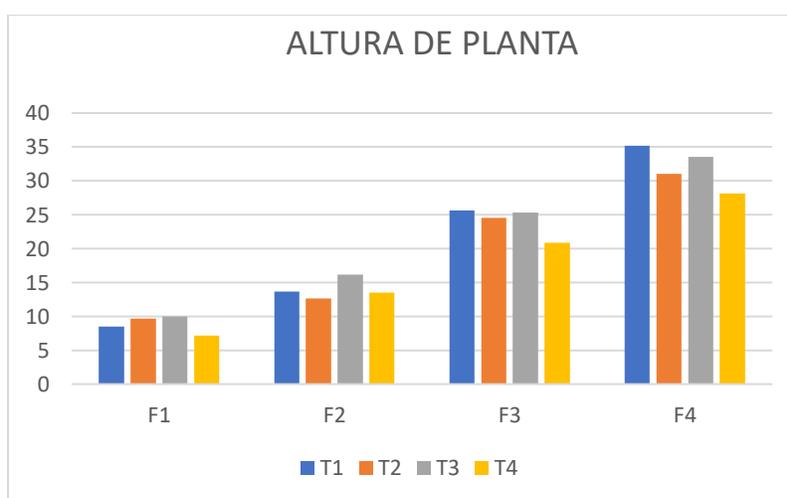
Tabla 2. Prueba Tukey variable Altura de Planta

TRAT	F1		F2		F3		F4	
	ALT	TK	ALT	TK	ALT	TK	ALT	TK
T1	8.5	A	13.667	AB	25.667	A	35.167	A
T2	9.667	A	12.667	AB	24.500	A	31	A
T3	10	A	16.167	A	25.333	A	33.500	A
T4	7.167	A	13.500	AB	20.833	A	28.167	A

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Una vez estabilizadas las poblaciones de cada uno de los microorganismos que componen el producto en las fechas F3, y F4 (Grafica 1) se muestra que los tratamientos T1 y T3 mejoraron considerablemente el efecto sobre el desarrollo de la planta, pero aun así T1 tuvo el mejor comportamiento en esa variable.

GRAFICA 1. Prueba de Tukey, ALTURA DE PLANTA



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.1.2 Área foliar

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado en la fecha (Tabla 3) no mostro diferencia significativas entre los tratamientos.

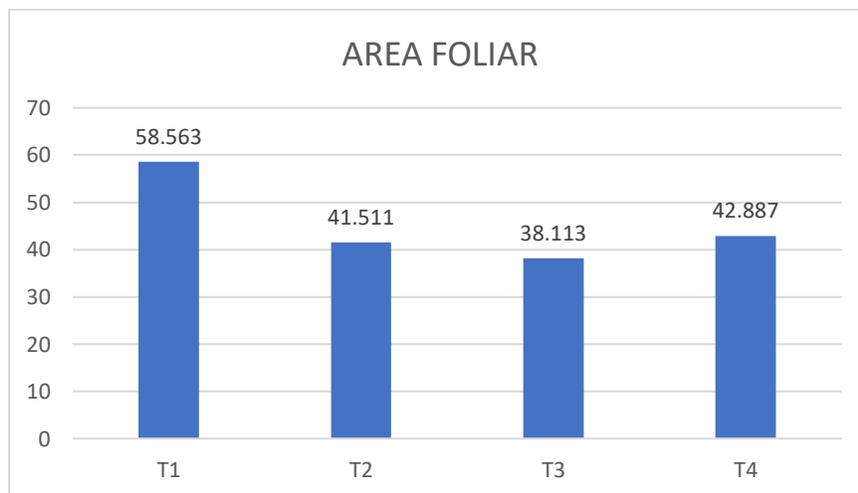
Tabla 3. Análisis de Varianza y prueba de Medias para la Variable Área Foliar

Procedimiento ANOVA						PRUEBA DE TUKEY		
FECHA 1	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var	TRAT	F1: 08-SEP-18	
	Modelo	1.75	0.2336	0.396631	26.26058		AF	TK
08-SEP-18	Var	1.75	0.2336			T1	58.563	A
						T2	41.5511	A
						T3	38.113	A
						T4	42.887	A

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

La gráfica 2 realizada con los promedios obtenidos de las pruebas de Tukey muestra que T1 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos; por lo que se observa el principio de exclusión competitiva en los tratamientos T2 Y T3 donde se aumentó la dosis suponiendo que esto genera mayor competencia entre ellos.

GRAFICA 2. Procedimiento Tukey, ÁREA FOLIAR



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.1.3 Biomasa fresca y biomasa seca

En estas variables el ANOVA y la prueba de Tukey (Tabla 4 y 5) arrojaron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ).

Tabla 4. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Fresca

ANOVA BIOMASA FRESCA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	D	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	BIO FRESCA	Agrupamiento
Modelo	3	74280.00000	24760.00000	24760	<.0001	T1	351	B
Error	8	8.00000	1.00000			T2	233	C
Total	11	74288.00000				T3	197	A
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	atallo Media		T4	135	D
0.999892		0.436681	1.	193.75				
Fuente	D	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	74280.00000	24760	24760	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

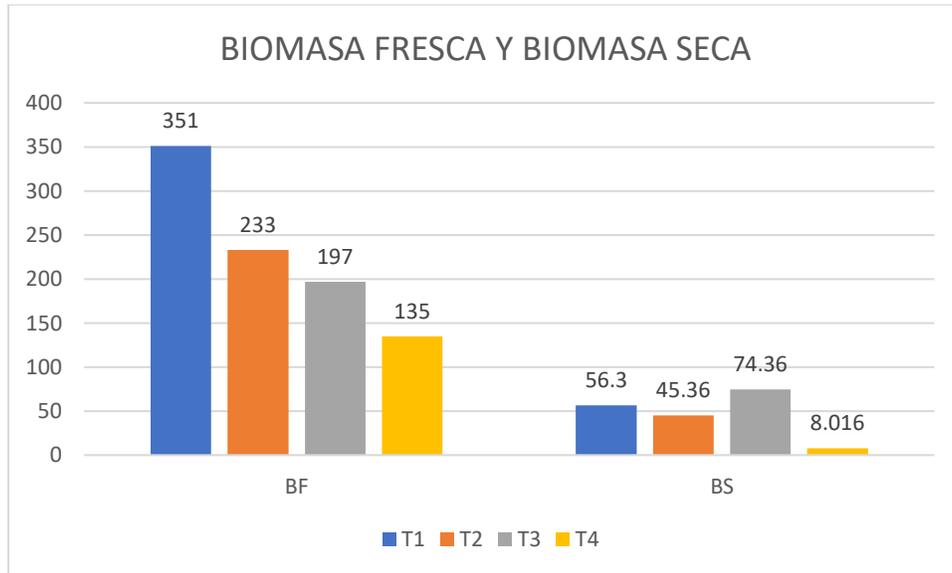
Tabla 5. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Seca

ANOVA BIOMASA SECA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	D	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	BIO SECA	Agrupamiento
Modelo	3	7060.719396	2353.573132	2353.57	<.0001	T3	74.360	A
Error	8	8.000000	1.000000			T1	56.300	B
Total	11	7068.719396				T2	45.360	C
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	atallo Media		T4	8.016	D
0.998868		2.173488	1	46.009				
Fuente	D	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	7060.719396	2353.573132	2353.57	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al comparar los promedios obtenidos con las pruebas de Tukey mediante la gráfica 3 se observa que de los cuatro tratamientos el T1 al que la empresa recomendaba favoreció en el peso de la planta ya que obtuvo hasta un 38% de incremento en la biomasa fresca y seca comparado con las otras dosis recomendadas.

GRAFICA 3. Comparación de los promedios para Biomasa Fresca (BF) y Biomasa Seca (BS)



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.1.4 Nitrógeno

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado en la fecha (Tabla 6) no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

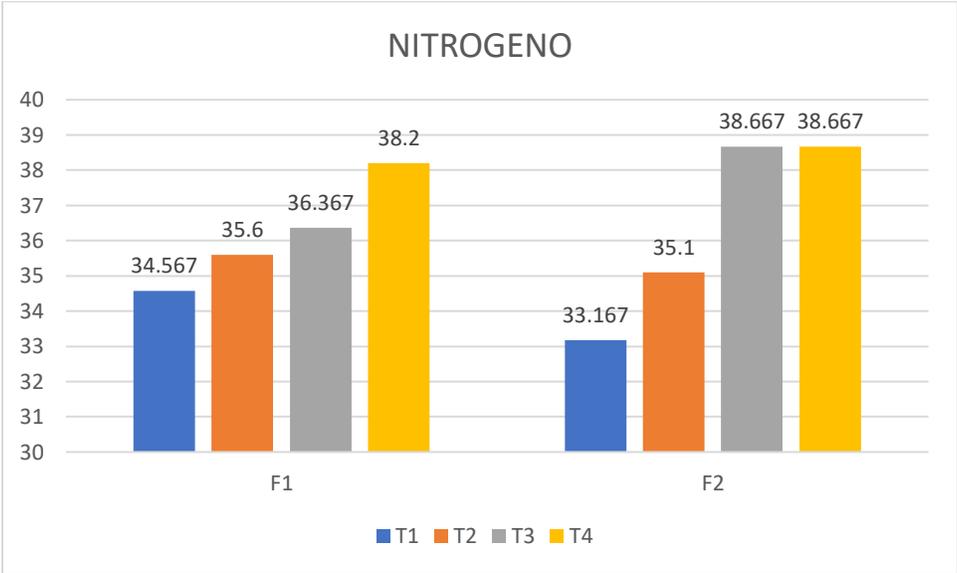
Tabla 6. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Nitrógeno.

Procedimiento ANOVA						PRUEBA DE TUKEY				
FECHA 1	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var	TRAT	F1: 25-AG-18		F2: 22-09-18	
	Modelo	0.31	0.8203	0.103046	13.26194		AF	TK	AF	TK
25-AG-2018	Var	0.31	0.8203			T1	34.567	A	33.167	A
						T2	35.600	A	35.100	A
						T3	36.367	A	38.667	A
						T4	38.200	A	38.667	A
FECHA 2	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var					
	Modelo	0.80	0.5285	0.230467	13.87266					
22-SEP-2018	Var	0.80	0.5285							

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 6), mediante la gráfica 4 se puede observar que de los tratamientos el T4 en el testigo se obtuvo la mejor medición, pero no marca diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 4. PROMEDIOS DE NITRÓGENO.



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

**6.1.5 Rendimiento (tha-1)**

Para esta variable el ANOVA arrojó diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre los tratamientos, en la prueba de Tukey con un intervalo de confianza de 95% se obtuvieron dos agrupamientos: en el grupo A se ubican los tratamientos T3 y T4 en el grupo B los tratamientos T1 y T2. Al comparar los promedios el T3 obtuvo 14% más que el testigo (T4) y 29% más que la dosis recomendada por la empresa (T1).

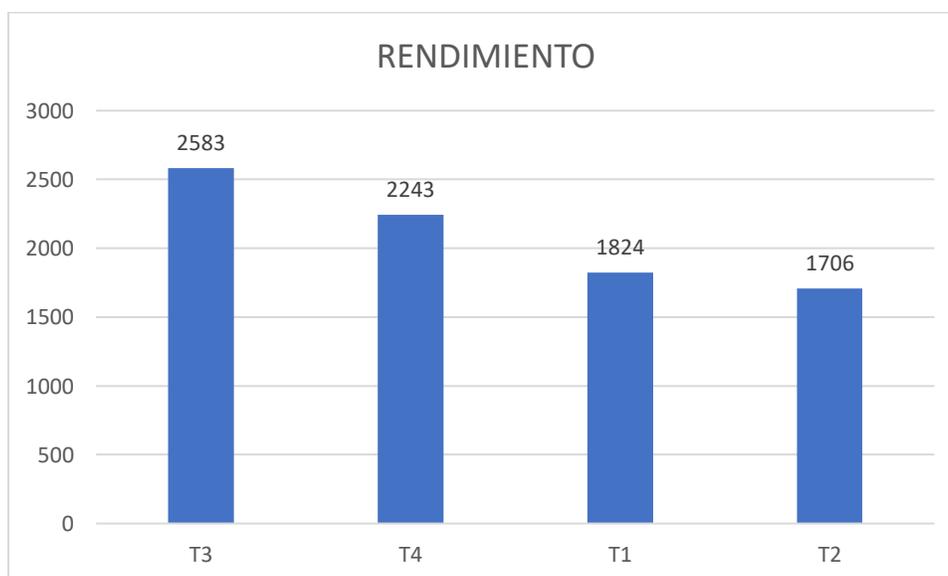
Tabla 7. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Rendimiento.

ANOVA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	RENDIMIENTO (tha <sup>-1</sup> )	Agrupamiento
Modelo	3	1774506.000	591502	591502.00	<.0001	T3	2583	A
Error	8	8.000	1.000			T4	2234	A
Total	11	1774514.000				T1	1824	B
						T2	1706	B
R-cuadrado		Coef var	Raíz MSE	rendi Media				
0.999995		0.085543	1	1169				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	1774506	591502	591502.00	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

El complejo de hongos el cual constituyen el producto que se está evaluando fue diseñado para actuar como activador nutrimental radical para la mayor absorción nutrimental y protección de la raíz contra patógenos. Por lo que al aumentar la concentración del producto ayudaría a mejorar la eficiencia para la absorción de los nutrientes (Gráfica 5)

GRAFICA 5. PROMEDIOS DE RENDIMIENTO



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.1.6 Floración

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado a esta variable (Tabla 8) arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos.

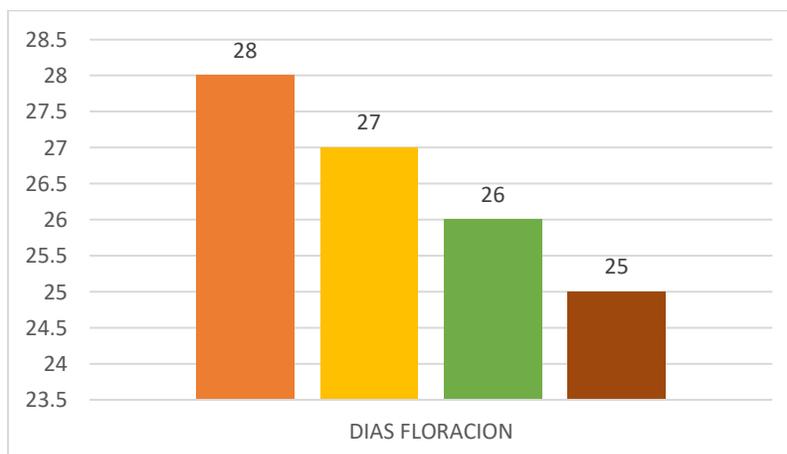
Tabla 8. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración.

ANOVA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	FLORACION	Agrupamiento
Modelo	3	15.00000000	5	5.00	0.0306	T1	28	A
Error	8	8.00000000	1.00000000			T4	27	AB
Total	11	23.00000000				T3	26	AB
						T2	25	AB
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	diasflo	Media			
0.652174		3.773585	1	26.5				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	15	5	5.00	0.0306			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 8), mediante la gráfica 6 se puede observar que de los tratamientos el T1 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el que tiene la dosis recomendada por la empresa se obtuvo la mejor medición, pero no marca diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 6. Procedimiento Tukey FLORACION



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.1.7 Fructificación

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado a esta variable (Tabla 9) arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos.

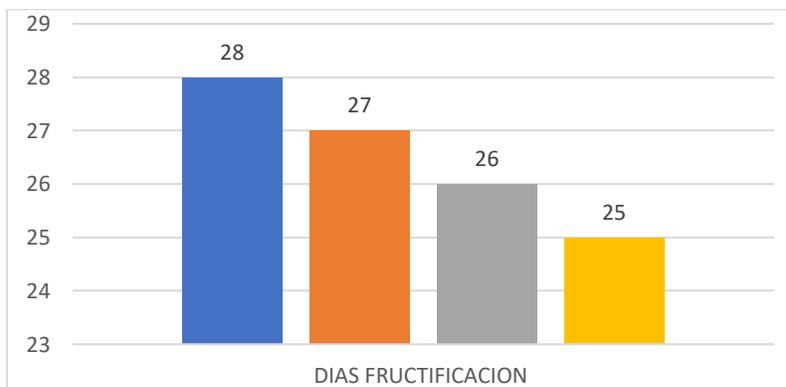
Tabla 9. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración

ANOVA FRUCTIFICACION						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	FRUCTIFICACION	Agrupamiento
Modelo	3	15.00000000	5	5.00	0.0306	T1	28	A
Error	8	8.00000000	1.00000000			T4	27	AB
Total	11	23.00000000				T3	26	AB
R-cuadrado		Coef var	Raíz MSE	diasfruct Media		T2	25	AB
0.652174		3.773585	1	26.5				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	15	5	5.00	0.0306			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 9) mediante la gráfica 7 se puede observar que de los tratamientos el T1 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el que tiene la dosis recomendada por la empresa se obtuvo la mejor medición, pero no marca diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 7. Procedimiento Tukey FRUCTIFICACION



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

## 6.2 Efecto agrobiológico de *Beauveria spp.*

### 6.2.1 Altura de planta

El ANOVA realizado a esta variable en cada una de las fechas (Tabla 10) solo arrojo diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) en la fecha 2 y fecha 4 lo cual se corroboró al realizar la prueba de medias realizadas con Tukey (Tabla 11) con un intervalo de confianza de 95%.

Tabla 10. ANOVAS de las cuatro fechas para la variable altura de Planta

ALTURA DE PLANTA (ALTPL)											
Fuente	Var	Error	Total					Fuente	Var	Error	Total
DF	3	8	11					DF	3	8	11
<b>FECHA 1</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	<b>FECHA 2</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV
	Modelo	0.92	0.4754	0.255696	21.64948		Modelo	5.85	0.0204	0.686992	11.51415
18-AG-18	Var	0.92	0.4754					25-AG-18	Var	5.85	0.0204
<b>FECHA 3</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	<b>FECHA 4</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV
	Modelo	48.65	<.0001	0.948035	7.757513		Modelo	69.17	<.0001	0.962879	7.534353
01-SEP-18	Var	48.65	<.0001					22-SEP-18	Var	69.17	<.0001

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

En el análisis de comparación de medias de Tukey el Tratamiento 4 alcanzó una altura promedio de 28.16 cm lo cual representa un 51.89 % más comparado con el Tratamiento 1 que solo alcanzo 13.33 cm. El tratamiento 4 es el testigo y de esa forma se observa el principio de exclusión competitiva en la que dos especies no pueden tener exactamente el mismo nicho en un hábitat y coexistir de manera estable. Esto es porque las especies con nichos idénticos tienen las mismas necesidades, lo que significa que competirían exactamente por los mismos recursos (Gause, 1934), con base en lo antes mencionado y haciendo referencia a las Grafica 8 se puede observar que el tratamiento cuatro fue el que mantuvo un desarrollo homogéneo y constante durante las 4 fechas, en contraste con los tratamientos donde se aplicó la dosis; por lo que se observa que en las primeras tres fechas no

se pudo presentar el principio de exclusión competitiva saturando de esporas y compitiendo entre ellas por espacio.

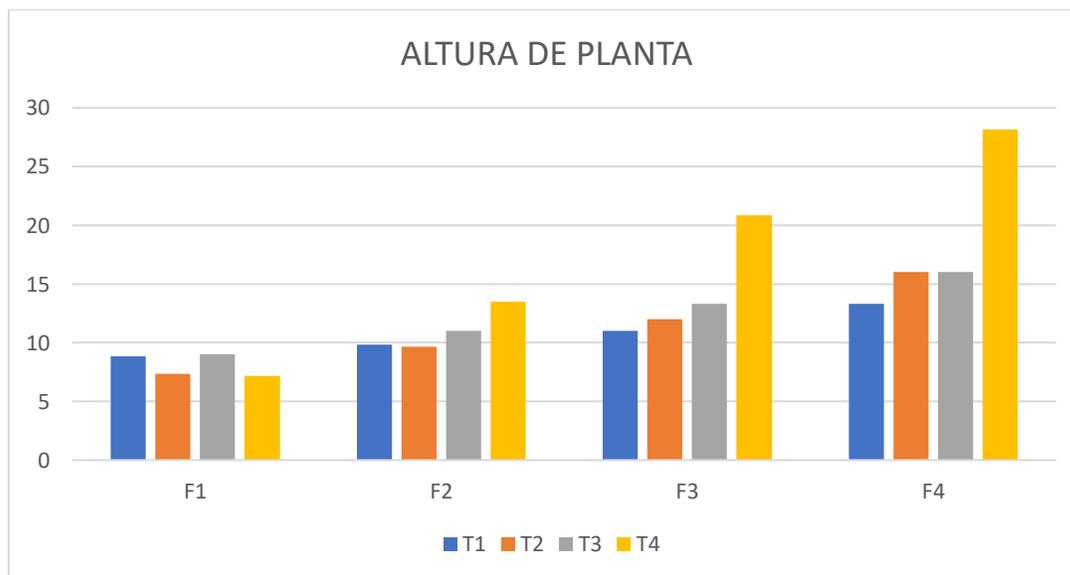
Tabla 11. Prueba Tukey variable Altura de Planta

TRAT	F1		F2		F3		F4	
	ALT	TK	ALT	TK	ALT	TK	ALT	TK
T1	8.833	A	9.833	B	11	A	13.333	B
T2	7.333	A	9.667	B	12	A	16	B
T3	9	A	11	AB	13.333	A	16	B
T4	7.167	A	13.500	A	20.833	A	28.167	A

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Una vez estabilizadas las poblaciones de cada uno de los microorganismos que componen los productos el producto en las fechas F2, F3 y F4 (Gráfica 8) se muestra que los tratamientos T2 y T3 fueron estables y constantes sobre el desarrollo de la planta, pero aun así T4 tuvo el mejor comportamiento en esa variable.

GRAFICA 8. Prueba de Tukey, ALTURA DE PLANTA



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

## 6.2.2 Área foliar

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado en la fecha (Tabla 12) si mostro diferencia significativas entre los tratamientos.

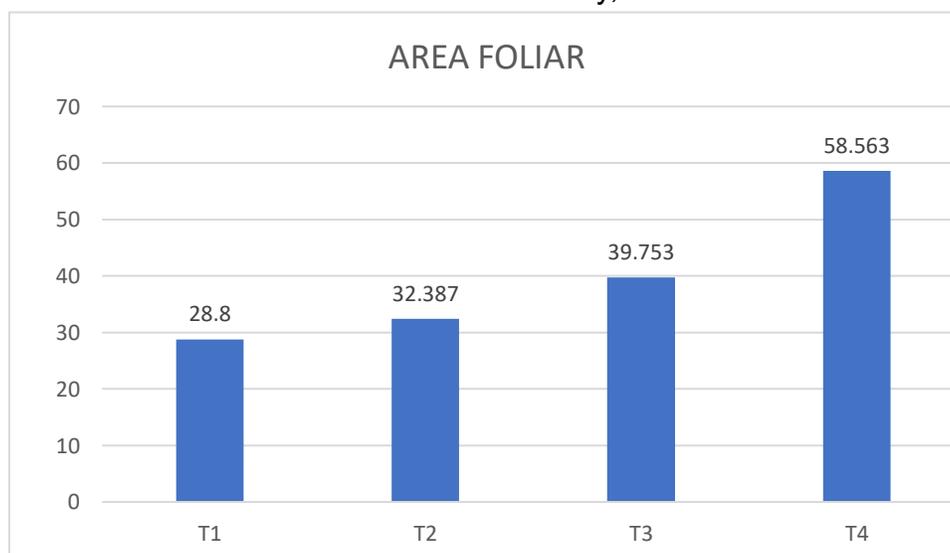
Tabla 12. Análisis de Varianza y prueba de Medias para la Variable Área Foliar

Procedimiento ANOVA						PRUEBA DE TUKEY		
FECHA 1	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var	TRAT	F1: 08-SEP-18	
	Modelo	12.68	0.0021	0.82628	16.17987		AF	TK
08-SEP-18	Var	12.68	0.0021			T1	28.800	B
						T2	32.387	B
						T3	39.753	B
						T4	58.563	A

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

La gráfica 9 realizada con los promedios obtenidos de las pruebas de Tukey muestra que T4 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el testigo; por lo que se observa el principio de exclusión competitiva en los tratamientos T2 Y T3 donde se aumentó la dosis suponiendo que esto genera mayor competencia entre ellos.

GRAFICA 9. Procedimiento Tukey, ÁREA FOLIAR



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.2.3 Biomasa fresca y biomasa seca

En estas variables el ANOVA y la prueba de Tukey (Tabla 13 y 14) arrojaron diferencias significativas ( $p < 0.001$ )

Tabla 13. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Fresca

ANOVA BIOMASA FRESCA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	D	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	BIO FRESCA	Agrupamiento
Modelo	3	387272.2500	129090.7500	129091	<.0001	T1	547	A
Error	8	8.00000	1.00000			T2	316	A
Total	11	387280.2500				T4	135	C
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	atallo Media		T3	91	D
0.999979		0.367309	1.000000	272.25				
Fuente	D	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	387272.2500	129090.75	129091	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

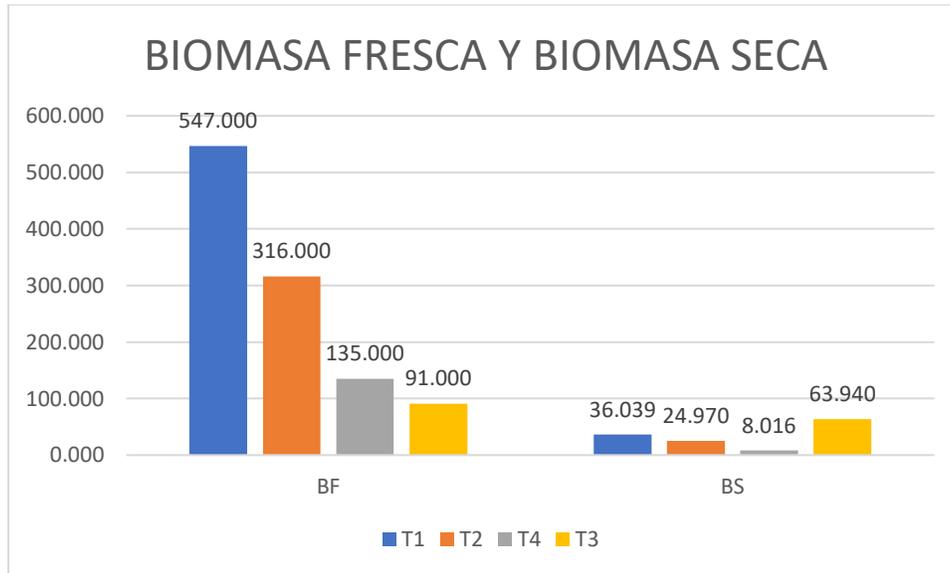
Tabla 14. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Seca

ANOVA BIOMASA SECA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	D	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	BIO SECA	Agrupamiento
Modelo	3	4964.902412	1654.967471	6619.19	<.0001	T3	63.940	A
Error	8	2.000204	0.250025			T1	36.039	B
Total	11	4966.902616				T2	24.970	C
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	atallo Media		T4	8.016	D
0.999597		1.504232	0.500025	33.24125				
Fuente	D	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	4964.902412	1654.967471	6619.19	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al comparar los promedios obtenidos con las pruebas de Tukey mediante la gráfica 10 se observa que de los cuatro tratamientos el T1 al que la empresa recomendaba favoreció en el peso de la planta ya que obtuvo hasta un 200% de incremento en la biomasa fresca y seca comparado con las otras dosis incrementadas.

GRAFICA 10. Comparación de los promedios para Biomasa Fresca (BF) y Biomasa Seca (BS)



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.2.4 Nitrógeno

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado en la fecha (Tabla 15) No mostro diferencia significativas entre los tratamientos.

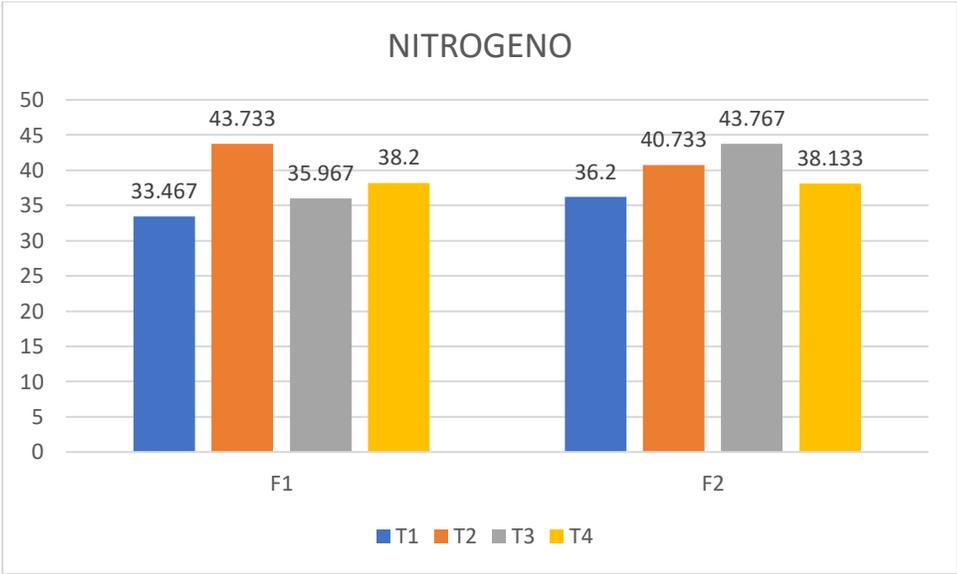
Tabla 15. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Nitrógeno.

Procedimiento ANOVA						PRUEBA DE TUKEY				
FECHA 1	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var	TRAT	F1: 25-AG-18		F2: 22-09-18	
	Modelo	3.64	0.0637	0.577487	10.49577		N	TK	N	TK
25-AG-2018	Var	3.64	0.0637			T1	33.467	A	36.200	A
						T2	43.733	A	40.733	A
						T3	35.967	A	43.767	A
						T4	38.200	A	38.133	A
FECHA 2	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var					
	Modelo	0.75	0.5534	0.219005	16.55381					
22-SEP-2018	Var	0.75	0.5534							

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 15) mediante la gráfica 11 se puede observar que de los tratamientos el T2 y T3 que son las dosis aumentadas se obtuvo la mejor medición, pero no marca diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 11. PROMEDIOS DE NITRÓGENO



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

**6.2.5 Rendimiento (tha-1)**

Para esta variable el ANOVA arrojó diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre los tratamientos, en la prueba de Tukey con un intervalo de confianza de 95% se obtuvieron dos agrupamientos: en el grupo A se ubican los tratamientos T3 y T2 en el grupo B los tratamientos T1 y T4. Al comparar los promedios el T3 obtuvo 14% más que el testigo (T4) y 29% más que la dosis recomendada por la empresa (T1).

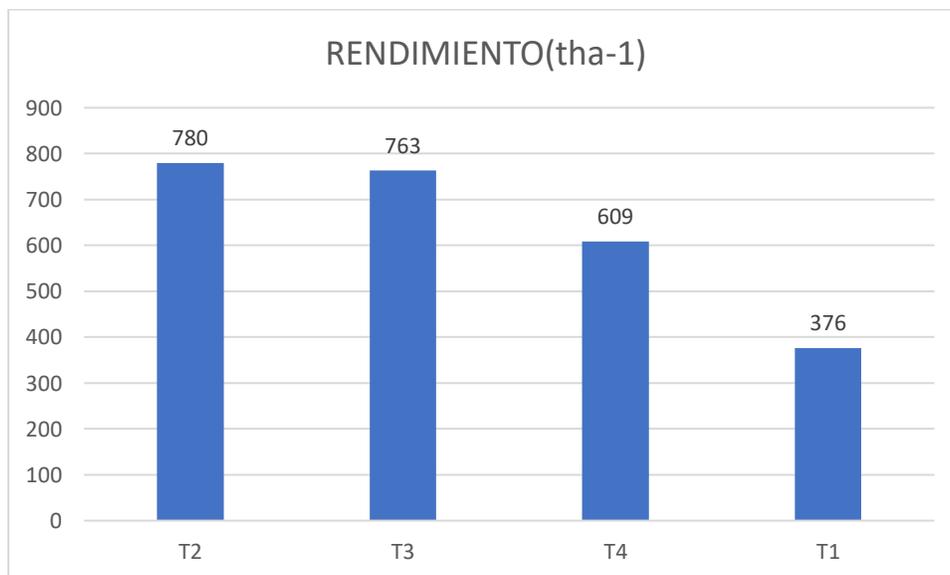
Tabla 16. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Rendimiento.

ANOVA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	RENDIMIENTO (tha <sup>-1</sup> )	Agrupamiento
Modelo	3	315390	105130	105130.00	<.0001	T2	780	A
Error	8	8.000	1.000			T3	763	A
Total	11	315398.000				T4	609	B
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	Media		T1	376	B
0.999975		0.158228	1	632				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	315390	105130	105130.00	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

El complejo de hongos el cual constituyen el producto que se está evaluando fue diseñado para actuar como activador nutrimental radical para la mayor absorción nutrimental y protección de la raíz contra patógenos. Por lo que al aumentar la concentración del producto ayudaría a mejorar la eficiencia para la absorción de los nutrientes. (Gráfica 12)

GRAFICA 12. PROMEDIOS DE RENDIMIENTO



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

## 6.2.6 Floración

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado a esta variable (Tabla 17) arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos.

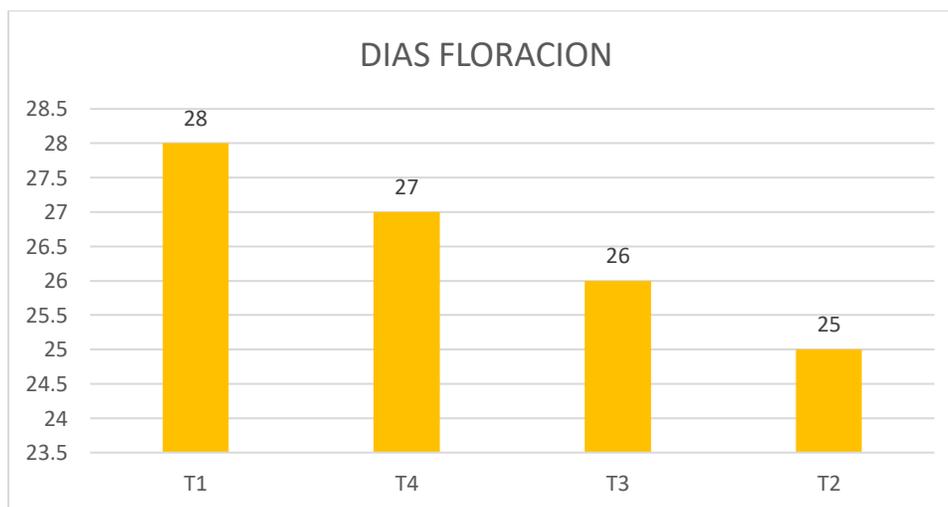
Tabla 17. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración.

ANOVA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	FLORACION	Agrupamiento
Modelo	3	15.00000000	5	5.00	0.0306	T1	28	A
Error	8	8.00000000	1.00000000			T4	27	AB
Total	11	23.00000000				T3	26	AB
						T2	25	AB
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	diasflo	Media			
0.652174		3.773585	1	26.5				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	15	5	5.00	0.0306			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 17) mediante la gráfica 13 se puede observar que de los tratamientos el T1 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el que tiene la dosis recomendada por la empresa se obtuvo la mejor medición, marcando diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 13. Procedimiento Tukey FLORACION



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

## 6.2.7 Fructificación

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado a esta variable (Tabla 18) arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos.

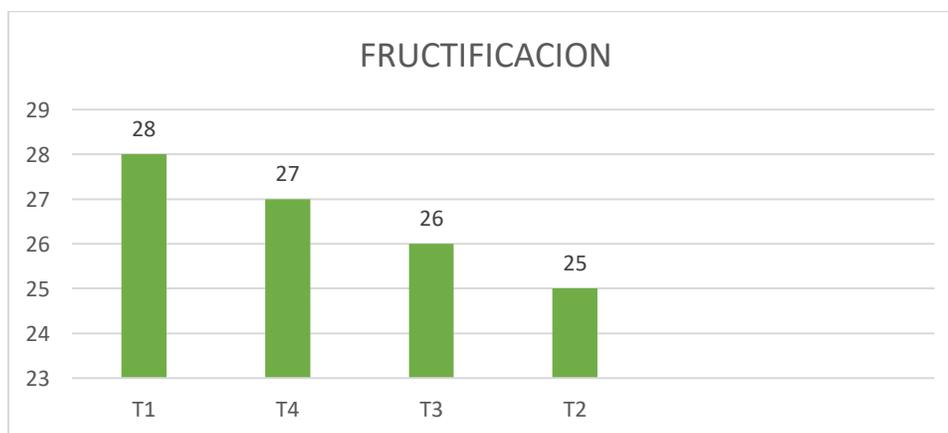
Tabla 18. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración

ANOVA FRUCTIFICACION						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	FRUCTIFICACION	Agrupamiento
Modelo	3	15.00000000	5	5.00	0.0306	T1	28	A
Error	8	8.00000000	1.00000000			T4	27	AB
Total	11	23.00000000				T3	26	AB
						T2	25	AB
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	diasfruct	Media			
0.652174		3.773585	1	26.5				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	15	5	5.00	0.0306			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 18) mediante la gráfica 14 se puede observar que de los tratamientos el T1 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el que tiene la dosis recomendada por la empresa se obtuvo la mejor medición, marcando diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 14. Procedimiento Tukey FRUCTIFICACION



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

## 6.3 Efecto agrobiológico de *Azospirillum spp.*

### 6.3.1 Altura de planta

El ANOVA realizado a esta variable en cada una de las fechas (Tabla 19) solo arrojo diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) en la fecha 4 lo cual se corroboró al realizar la prueba de medias realizadas con Tukey (Tabla 20) con un intervalo de confianza de 95%.

Tabla 19. ANOVAS de las seis fechas para la variable altura de Planta

ALTURA DE PLANTA (ALTPL)											
Fuente	Var	Error	Total					Fuente	Var	Error	Total
DF	3	8	11					DF	3	8	11
<b>FECHA 1</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	<b>FECHA 2</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV
	Modelo	1.73	0.2387	0.392917	20.64063		Modelo	0.98	0.4487	0.268893	14.86825
18-AG-18	Var	1.73	0.2387			25-AG-18	Var	0.98	0.4487		
<b>FECHA 3</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	<b>FECHA 4</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV
	Modelo	16.03	0.001	0.857357	10.92244		Modelo	50.45	<.0001	0.949792	7.663133
01-SEP-18	Var	16.03	0.001			22-SEP-18	Var	50.45	<.0001		

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

En el análisis de comparación de medias de Tukey el Tratamiento 4 alcanzó una altura promedio de 28.167cm lo cual representa un 42.12 % más comparado con el Tratamiento 2 que solo alcanzo 15 cm. El tratamiento 1 es la dosis que recomienda la empresa, en la que se garantiza el número de esporas necesarias para cada uno de los microorganismos que conforman el producto ECO-AZ y de esa forma evitar el principio de exclusión competitiva en la que dos especies no pueden tener exactamente el mismo nicho en un hábitat y coexistir de manera estable. Esto es porque las especies con nichos idénticos tienen las mismas necesidades, lo que significa que competirían exactamente por los mismos recursos (Gause, 1934), con base en lo antes mencionado y haciendo referencia a las Grafica 15 se puede observar que el tratamiento uno fue el que mantuvo un desarrollo homogéneo y constante durante las 4 fechas, en contraste con los tratamientos donde se aumentó

la dosis; por lo que se observa que en las primeras tres fechas se pudo presentar el principio de exclusión competitiva saturando de esporas y compitiendo entre ellas por espacio.

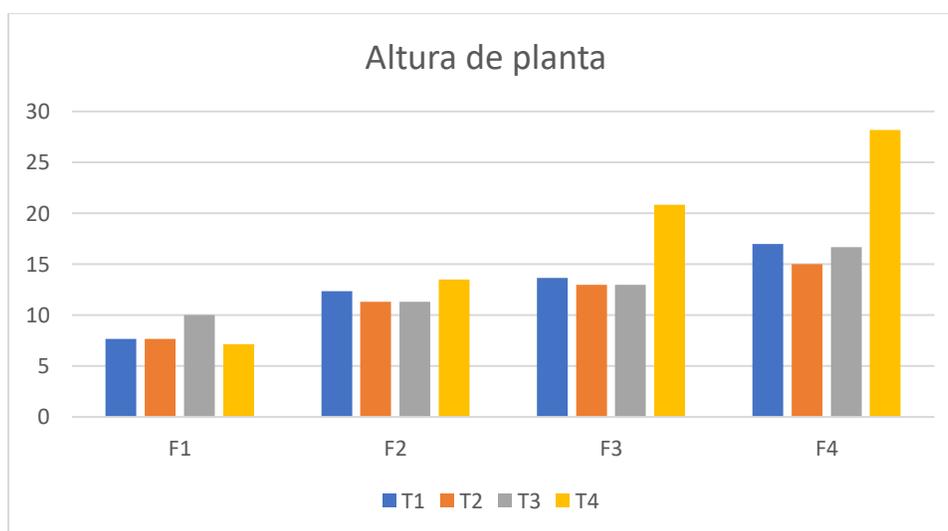
Tabla 20. Prueba Tukey variable Altura de Planta

TRAT	F1		F2		F3		F4	
	ALT	TK	ALT	TK	ALT	TK	ALT	TK
T1	7.667	A	12.333	A	13.667	A	17	B
T2	7.667	A	11.333	A	13	A	15	B
T3	10	A	11.333	A	13	A	16.667	B
T4	7.167	A	13.500	A	20.833	A	28.167	A

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Una vez estabilizadas las poblaciones de cada uno de los microorganismos que componen el producto en las fechas F3 y F4 (Gráfica 15) se muestra que los tratamientos T1 y T3 mejoraron considerablemente el efecto sobre el desarrollo de la planta y, pero aun así T4 tuvo el mejor comportamiento en esa variable.

GRAFICA 15. Prueba de Tukey, ALTURA DE PLANTA



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.3.2 Área foliar

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado en la fecha (Tabla 21) no mostro diferencia significativas entre los tratamientos.

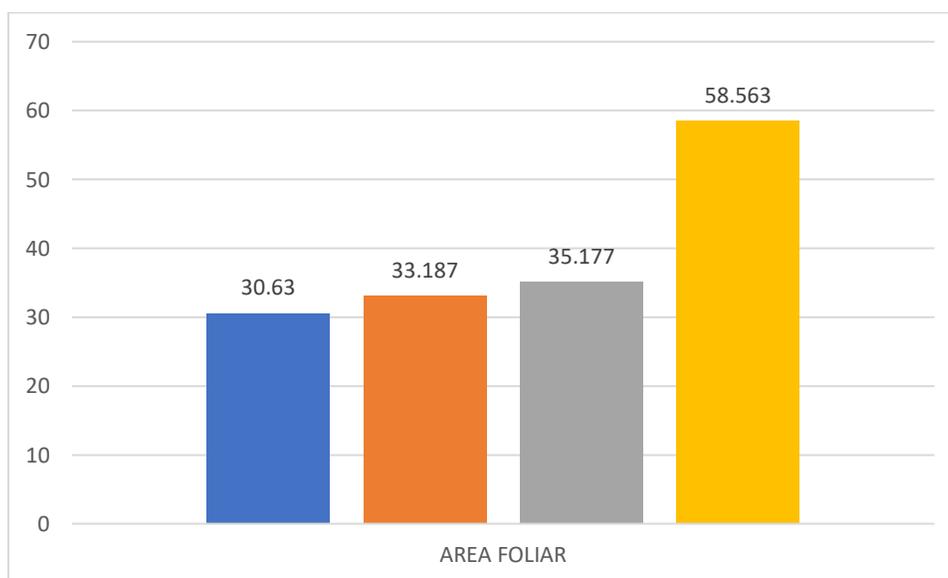
Tabla 21. Análisis de Varianza y prueba de Medias para la Variable Área Foliar

Procedimiento ANOVA						PRUEBA DE TUKEY		
FECHA 1	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var	TRAT	F1: 08-SEP-18	
	Modelo	12.11	0.0024	0.819511	16.32368		AF	TK
08-SEP-18	Var	12.11	0.0024			T1	30.630	A
						T2	33.187	A
						T3	35.177	A
						T4	58.563	A

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

La grafica 16 realizada con los promedios obtenidos de las pruebas de Tukey muestra que T4 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el testigo; por lo que se observa el principio de exclusión competitiva en los tratamientos T2 Y T3 donde se aumentó la dosis suponiendo que esto genera mayor competencia entre ellos.

GRAFICA 16. Procedimiento Tukey, AREA FOLIAR



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.3.3 Biomasa fresca y biomasa seca

En estas variables el ANOVA y la prueba de Tukey (Tabla 22 y 23) arrojaron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ).

Tabla 22. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Fresca

ANOVA BIOMASA FRESCA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	D	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	BIO FRESCA	Agrupamiento
Modelo	3	64302.00000	21434.00000	21434	<.0001	T2	313	A
Error	8	8.00000	1			T3	210	B
Total	11	64310.00000				T4	135	C
R-cuadrado		Coef var	Raíz MSE	atallo Media		T1	134	C
		0.505051	1	198				
Fuente	D	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	64302	21434	21434	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

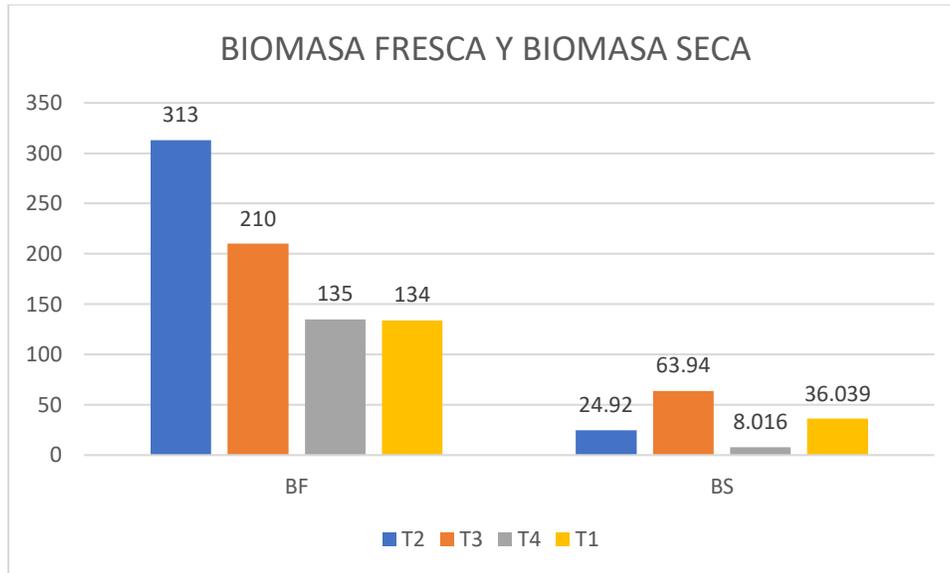
Tabla 23. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Seca

ANOVA BIOMASA SECA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	D	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	BIO SECA	Agrupamiento
Modelo	3	4964.902412	1654.967471	6619.19	<.0001	T3	63.940	A
Error	8	2.000204	0.250025			T1	36.039	B
Total	11	4966.902616				T2	24.920	C
R-cuadrado		Coef var	Raíz MSE	atallo Media		T4	8.016	D
		1.504232	0.500025	33.24125				
Fuente	D	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	4964.902412	1654.967471	6619.19	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al comparar los promedios obtenidos con las pruebas de Tukey mediante la gráfica 17 se observa que de los cuatro tratamientos el T2 al que se duplicó la concentración recomendada favoreció en el peso de la planta ya que obtuvo hasta un 41% de incremento en la biomasa fresca y seca comparado con las otras dosis incrementadas y la dosis recomendada por la empresa.

GRAFICA 17. Comparación de los promedios para Biomasa Fresca (BF) y Biomasa Seca (BS)



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.3.4 Nitrógeno

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado en la fecha (Tabla 24) no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 24. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Nitrógeno.

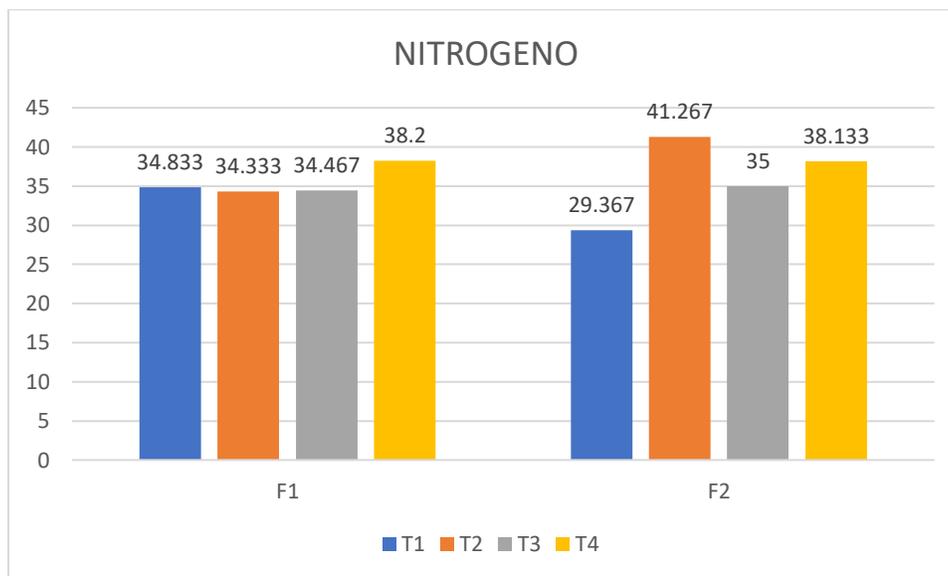
Procedimiento ANOVA						PRUEBA DE TUKEY				
FECHA 1	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var	TRAT	F1: 25-AG-18		F2: 22-09-18	
	Modelo	0.61	0.6281	0.185755	11.52325		N	TK	N	TK
25-AG-2018	Var	0.61	0.6281			T1	34.833	A	29.367	A
						T2	34.333	A	41.267	A
						T3	34.467	A	35	A
						T4	38.200	A	38.133	A
FECHA 2	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var					
	Modelo	1.66	0.2510	0.384123	18.96501					
22-SEP-2018	Var	1.66	0.2510							

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 24) se puede observar que de los tratamientos el T2 en el que se duplicó la concentración

recomendada por la empresa obtuvo la mejor medición, pero no marca diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 18. PROMEDIOS DE NITRÓGENO.



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.3.5 Rendimiento ( $\text{tha}^{-1}$ )

Para esta variable el ANOVA arrojó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, en la prueba de Tukey con un intervalo de confianza de 95% se obtuvieron un agrupamiento: en el grupo A se ubican todos los tratamientos. Al comparar los promedios el T3 obtuvo 50% más que el testigo (T4).

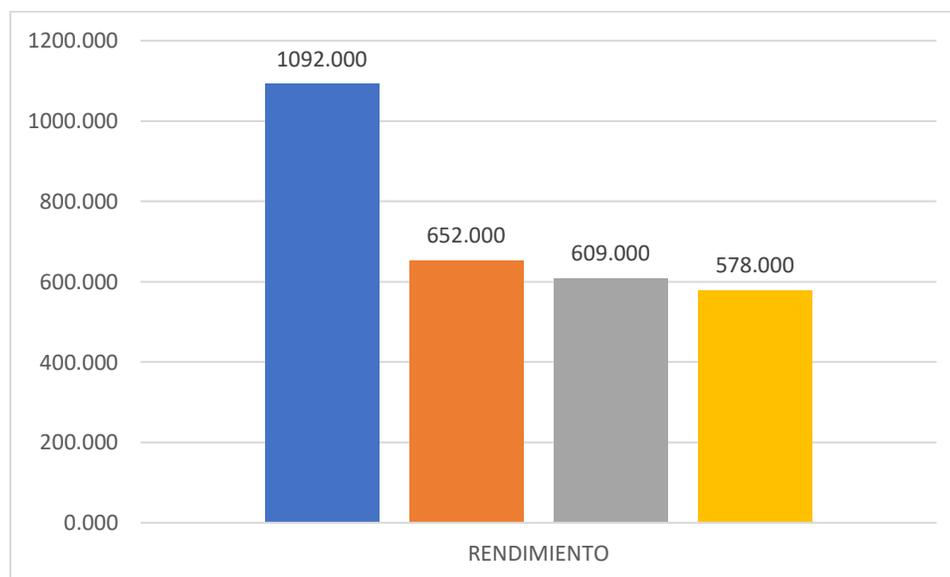
Tabla 25. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Rendimiento

ANOVA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	RENDIMIENTO (tha <sup>-1</sup> )	Agrupamiento
Modelo	3	524528.2500	174842.75	174843.00	<.0001	T3	1092	A
Error	8	8.000	1.000			T2	652	B
Total	11	524536.250				T4	609	B
R-cuadrado		Coef var	Raíz MSE	Media		T1	578	B
0.999985		0.136472	1	732.75				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	524528.25	174842.75	174843.00	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

El complejo de hongos el cual constituyen el producto que se está evaluando fue diseñado para actuar como activador nutrimental radical para la mayor absorción nutrimental y protección de la raíz contra patógenos. Por lo que al aumentar la concentración del producto ayudaría a mejorar la eficiencia para la absorción de los nutrientes. (Gráfica 19).

GRAFICA 19. Promedios de RENDIMIENTO



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.3.6 Floración

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado a esta variable (Tabla 26) arrojaron diferencia significativa entre los tratamientos.

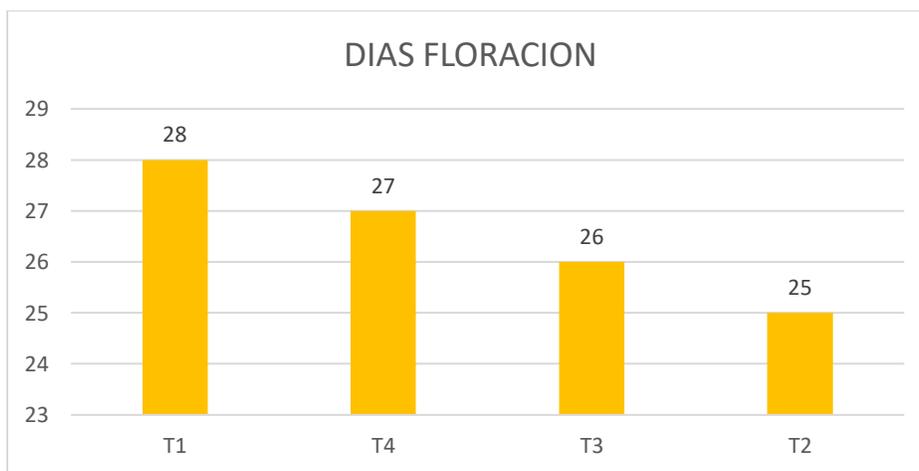
Tabla 26. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración.

ANOVA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	FLORACION	Agrupamiento
Modelo	3	15.00000000	5	5.00	0.0306	T1	28	A
Error	8	8.00000000	1.00000000			T4	27	AB
Total	11	23.00000000				T3	26	AB
						T2	25	AB
R-cuadrado		Coef var	Raíz MSE	diasflo	Media			
0.652174		3.773585	1	26.5				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	15	5	5.00	0.0306			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 26) mediante la gráfica 20 se puede observar que de los tratamientos el T1 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el que tiene la dosis recomendada por la empresa se obtuvo la mejor medición, marcando diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 20. Procedimiento Tukey FLORACION



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.3.7 Fructificación

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado a esta variable (Tabla 27) arrojaron diferencias significativas en los tratamientos.

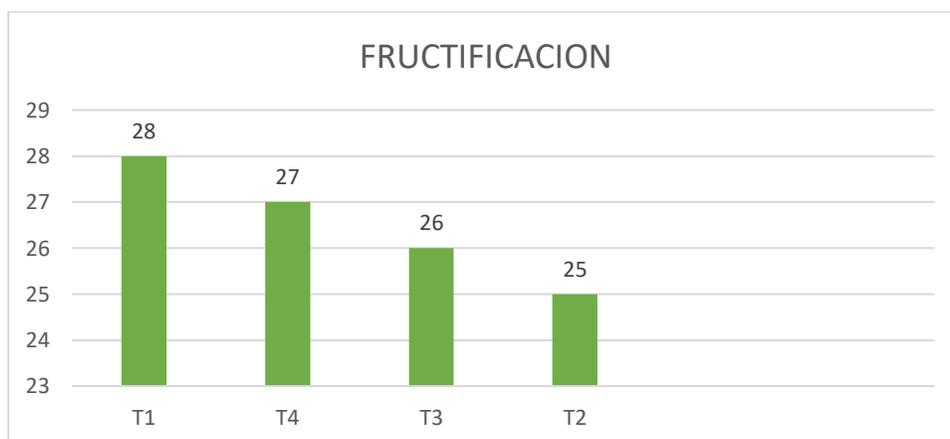
Tabla 27. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración

ANOVA FRUCTIFICACION						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	FRUCTIFICACION	Agrupamiento
Modelo	3	15.00000000	5	5.00	0.0306	T1	28	A
Error	8	8.00000000	1.00000000			T4	27	AB
Total	11	23.00000000				T3	26	AB
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	diasfruct Media		T2	25	AB
0.652174		3.773585	1	26.5				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	15	5	5.00	0.0306			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 27) mediante la gráfica 21 se puede observar que de los tratamientos el T1 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el que tiene la dosis recomendada por la empresa se obtuvo la mejor medición, marcando diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 21. Procedimiento Tukey FRUCTIFICACION



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

## 6.4 Efecto agrobiológico de complejo b (*Streptomyces* spp, *Azospirillum* spp, *Pseudomonas* spp y *Bacillus* spp)

### 6.4.1 Altura de Planta

El ANOVA realizado a esta variable en cada una de las fechas (Tabla 28) solo arrojo diferencias altamente significativas ( $p > 0.001$ ) en la fecha 1, fecha 2 y fecha 3 y en la fecha 4 no arrojo diferencias, lo cual se corrobora al realizar la prueba de medias realizadas con Tukey (Tabla 29) con un intervalo de confianza de 95%.

Tabla 28. ANOVAS de las cuatro fechas para la variable altura de Planta

ALTURA DE PLANTA (ALTPL)											
Fuente	Var	Error	Total								
DF	3	8	11								
<b>FECHA 1</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	<b>FECHA 2</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV
	Modelo	4.58	0.0379	0.632016	31.21878		Modelo	15.35	0.0011	0.852021	14.10720
18-AG-18	Var	4.58	0.0379								
						25-AG-18	Var	15.35	0.0011		
<b>FECHA 3</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	<b>FECHA 4</b>	Fuente	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV
	Modelo	28.87	0.0001	0.915435	11.50758		Modelo	2.73	0.1141	0.505550	8.623054
01-SEP-18	Var	28.87	0.0001								
						22-SEP-18	Var	2.73	0.1141		

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

En el análisis de comparación de medias de Tukey donde el Tratamiento 3 alcanzó una altura promedio de 31.167cm lo cual representa un 5.39 % más comparado con el Tratamiento 1 que solo alcanzo 25.50 cm. El tratamiento 3 es la dosis aumentada, en la que se aumenta el número de esporas necesarias para cada uno de los microorganismos que conforman el producto ECO-COMPLEX B y de esa forma evitar el principio de exclusión competitiva en la que dos especies no pueden tener exactamente el mismo nicho en un hábitat y coexistir de manera estable. Esto es porque las especies con nichos idénticos tienen las mismas necesidades, lo que significa que competirían exactamente por los mismos recursos (Gause, 1934), con base en lo antes mencionado y haciendo referencia a las Gráfica 22 se puede observar que el tratamiento tres y cuatro fueron los que mantuvieron un desarrollo

homogéneo y constante durante las 4 fechas, en contraste con los tratamientos donde se aumentó la dosis; por lo que se observa que en las primeras tres fechas se pudo presentar el principio de exclusión competitiva saturando de esporas y compitiendo entre ellas por espacio.

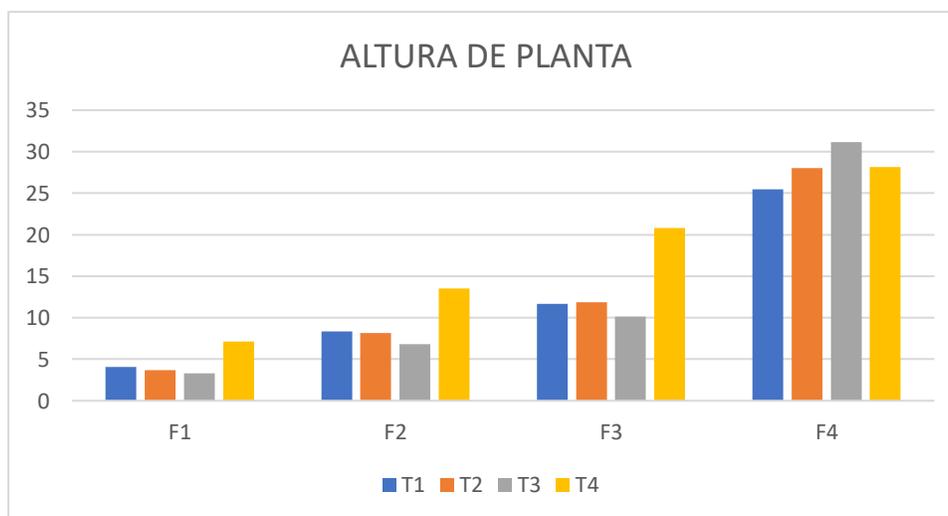
Tabla 29. Prueba Tukey variable Altura de Planta

TRAT	F1		F2		F3		F4	
	ALT	TK	ALT	TK	ALT	TK	ALT	TK
T1	4.100	A	8.333	A	11.667	A	25.500	A
T2	3.667	AB	8.167	B	11.883	B	28	A
T3	3.333	AB	6.833	B	10.167	B	31.167	A
T4	7.167	AB	13.500	B	20.833	B	28.167	A

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Una vez estabilizadas las poblaciones de cada uno de los microorganismos que componen el producto en las fechas F3 y F4 (Gráfica 22) se muestra que los tratamientos T1 y T2 mejoraron considerablemente el efecto sobre el desarrollo de la planta y, pero aun así T3 y T4 tuvieron el mejor comportamiento en esa variable.

GRAFICA 22. Prueba de Tukey, ALTURA DE PLANTA



Fuente: SAS Instituto Inc. Software Version 9.0

## 6.4.2 Área foliar

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado en cada una de las fechas (Tabla 30) no mostro diferencia significativa entre los tratamientos.

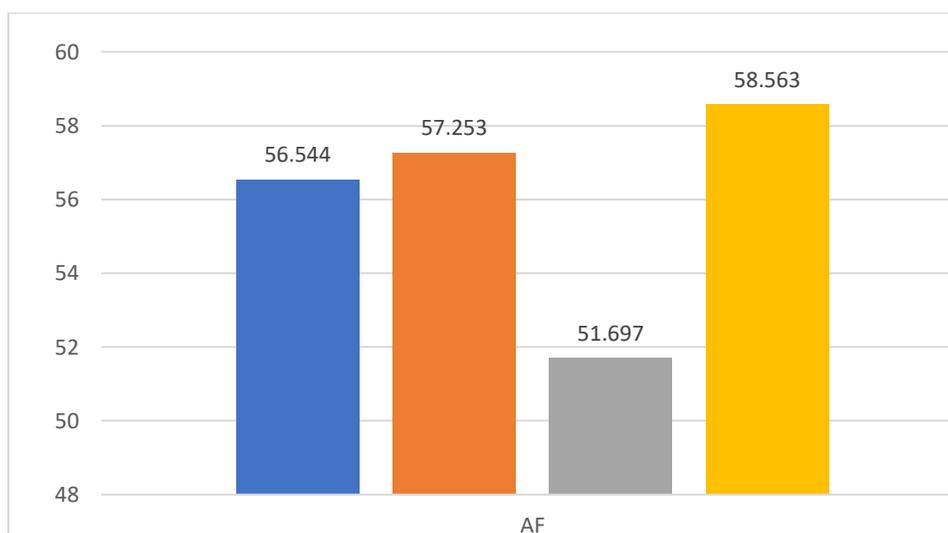
Tabla 30. Análisis de Varianza y prueba de Medias para la Variable Área Foliar

Procedimiento ANOVA						PRUEBA DE TUKEY		
FECHA 1	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var	TRAT	F1: 08-SEP-18	
	Modelo	0.19	0.9022	0.065603	21.41875		AF	TK
08-SEP-18	Var	0.19	0.9022			T1	56.544	A
						T2	57.253	A
						T3	51.697	A
						T4	58.563	A

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

La gráfica 23 realizada con los promedios obtenidos de las pruebas de Tukey muestra que T2 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el que tiene la dosis aumentada; por lo que se observa el principio de exclusión competitiva en los tratamientos T1 Y T3 donde T1 tiene la dosis recomendada y T3 se aumentó la dosis suponiendo que esto genera mayor competencia entre ellos, pero aun así T4 tuvo el mejor comportamiento siendo este el testigo.

GRAFICA 23. Procedimiento Tukey, AREA FOLIAR



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.4.3 Biomasa fresca y biomasa seca

En estas variables el ANOVA y la prueba de Tukey (Tabla 31 y 32) arrojaron diferencias significativas ( $p < 0.001$ )

Tabla 31. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Fresca

ANOVA BIOMASA FRESCA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
						TRAT	BIO FRESCA	Agrupamiento
Fuente	D	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	T2	371	A
Modelo	3	95772.00000	31924.00000	31924.00	<.0001			
Error	8	8.00000	1			T3	329	B
Total	11	95780.00000				T1	261	C
R-cuadrado		Coef var	Raíz MSE	Biofres media		T4	135	D
0.999916		0.364964	1	274				
Fuente	D	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	95772.00000	31924	31924	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

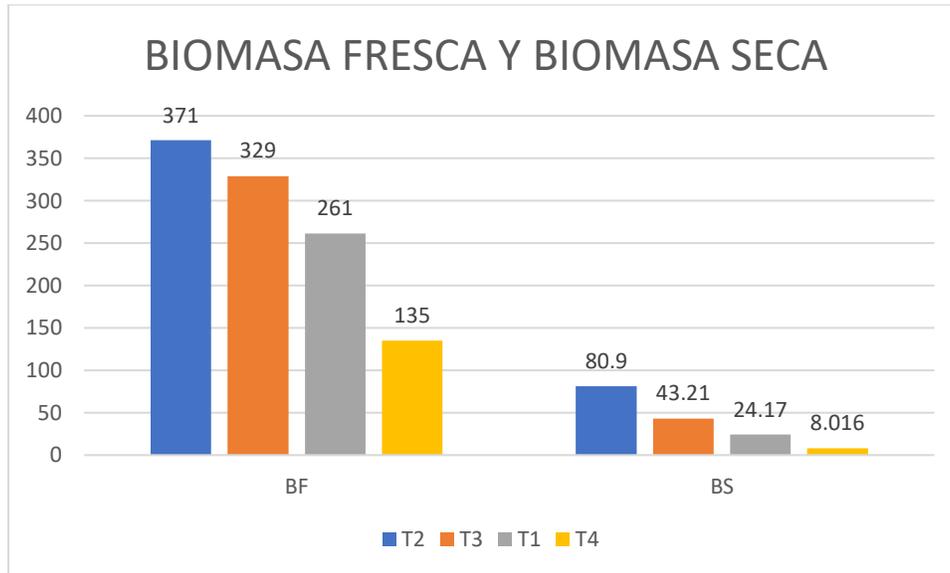
Tabla 32. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Biomasa Seca

ANOVA BIOMASA SECA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
						TRAT	BIO SECA	Agrupamiento
Fuente	D	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	T2	80.90	A
Modelo	3	8882.352321	2960.784107	2960.78	<.0001			
Error	8	8.000000	1.000000			T3	43.210	B
Total	11	8890.352321				T1	24.170	C
R-cuadrado		Coef var	Raíz MSE	Biosec media		T4	8.016	D
0.999597		2.557774	1.000000	39.0965				
Fuente	D	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	8882.352321	2960.784107	2960.78	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al comparar los promedios obtenidos con las pruebas de Tukey mediante la gráfica 24 se observa que de los cuatro tratamientos el T2 al que se duplicó la concentración recomendada favoreció en el peso de la planta ya que obtuvo hasta un 36% de incremento en la biomasa fresca y seca comparado con las otras dosis incrementadas y la dosis recomendada por la empresa.

GRAFICA 24. Comparación de los promedios para Biomasa Fresca (BF) y Biomasa Seca (BS)



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

#### 6.4.4 NITRÓGENO

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado en la fecha (Tabla 33) no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

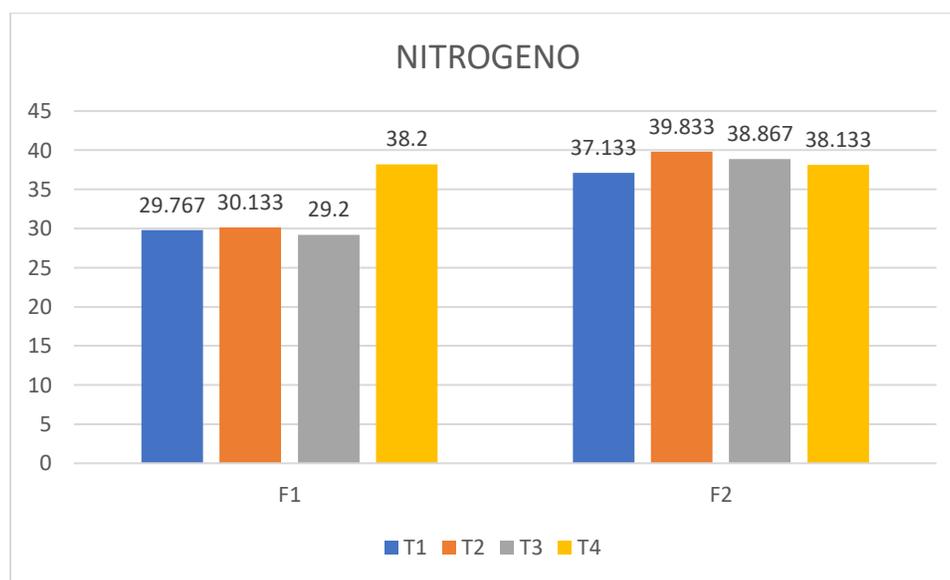
Tabla 33. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable de Nitrógeno

Procedimiento ANOVA						PRUEBA DE TUKEY				
FECHA 1	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var	TRAT	F1: 25-AG-18		F2: 22-09-18	
	Modelo	4.75	0.0347	0.640386	10.65759		N	TK	N	TK
25-AG-2018	Var	4.75	0.0347			T1	29.767	A	37.133	A
						T2	30.133	A	39.833	A
FECHA 2	Fuente	F-Valor	Pr > F	R-cuadrado	Coef var	T3	29.200	A	38.867	A
	Modelo	0.24	0.8668	0.082271	10.51240	T4	38.200	A	38.133	A
22-SEP-2018	Var	0.24	0.8668							

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 33) mediante la gráfica 25 se puede observar que de los tratamientos el T2 en el que se duplico la concentración recomendada por la empresa obtuvo la mejor medición, pero no marca diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 25. PROMEDIOS DE NITRÓGENO.



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

#### 6.4.5 Rendimiento ( $tha^{-1}$ )

Para esta variable el ANOVA arrojó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, en la prueba de Tukey con un intervalo de confianza de 95% se obtuvieron un solo agrupamiento. Al comparar los promedios el T1 obtuvo 14% más que el testigo (T4) y 2% más que las dosis aumentadas (T2 y T3).

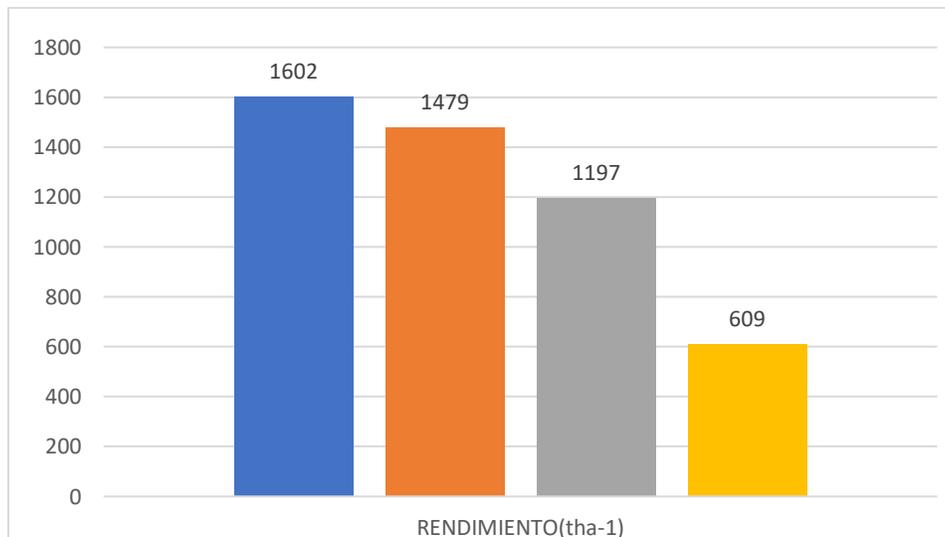
Tabla 34. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Rendimiento.

ANOVA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	RENDIMIENTO (tha <sup>-1</sup> )	Agrupamiento
Modelo	3	1760528.250	586842.750	586843.00	<.0001	T1	1602	A
Error	8	8.000	1.000			T2	1479	A
Total	11	1760536.250				T3	1197	A
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	atallo Media		T4	609	B
0.999995		0.081850	1	1221.750				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	1760528.25	586842.75	586843	<.0001			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

El complejo de hongos el cual constituyen el producto que se está evaluando fue diseñado para actuar como activador nutrimental radical para la mayor absorción nutrimental y protección de la raíz contra patógenos. Por lo que al utilizar la concentración del producto ayudaría a mejorar la eficiencia para la absorción de los nutrientes. (Gráfica 26)

GRAFICA 26. PROMEDIOS DE RENDIMIENTO



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.4.6 Floración

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado a esta variable (Tabla 35) arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos.

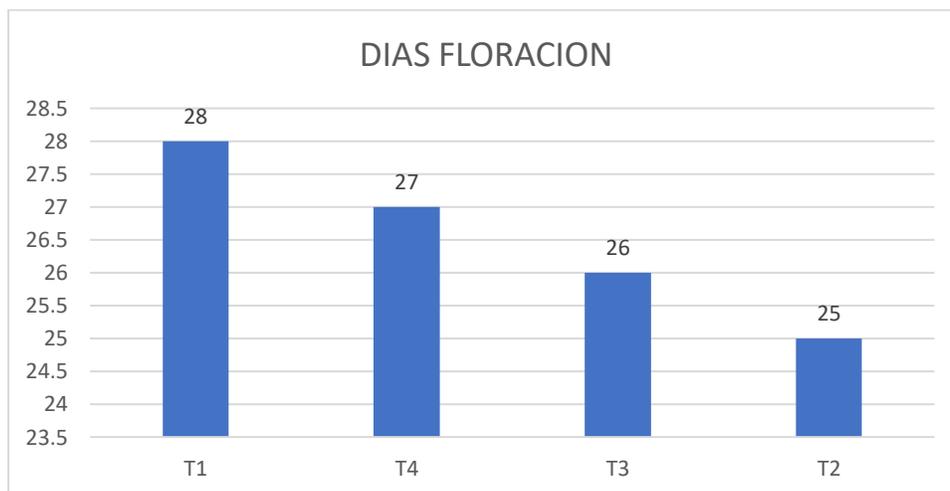
Tabla 35. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración.

ANOVA						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	FLORACION	Agrupamiento
Modelo	3	15.00000000	5	5.00	0.0306	T1	28	A
Error	8	8.00000000	1.00000000			T4	27	AB
Total	11	23.00000000				T3	26	AB
						T2	25	AB
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	diasflo	Media			
0.652174		3.773585	1	26.5				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	15	5	5.00	0.0306			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 35) mediante la gráfica 27 se puede observar que de los tratamientos el T1 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el que tiene la dosis recomendada por la empresa se obtuvo la mejor medición, pero no marca diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 27. Procedimiento Tukey FLORACION



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

### 6.4.7 Fructificación

El ANOVA y la prueba de Tukey realizado a esta variable (Tabla 36) arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 36. ANOVA Y Prueba de Tukey para la variable Floración

ANOVA FRUCTIFICACION						PRUEBA DE MEDIAS: TUKEY		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	TRAT	FRUCTIFICACION	Agrupamiento
Modelo	3	15.00000000	5	5.00	0.0306	T1	28	A
Error	8	8.00000000	1.00000000			T4	27	AB
Total	11	23.00000000				T3	26	AB
R-cuadrado		Coef var	Raiz MSE	diasfruct Media		T2	25	AB
0.652174		3.773585	1	26.5				
Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F			
Var	3	15	5	5.00	0.0306			

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

Al analizar los promedios obtenidos de la prueba de Tukey (Tabla 36) mediante la gráfica 28 se puede observar que de los tratamientos el T1 tiene un mejor comportamiento que los demás tratamientos siendo este el que tiene la dosis recomendada por la empresa se obtuvo la mejor medición, pero no marca diferencia con los otros tratamientos.

GRAFICA 28. Procedimiento Tukey FRUCTIFICACION



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version 9.0

## VII.CONCLUSIONES

Después de haber realizado todos los cálculos estadísticos necesarios para conocer cuál de los tratamientos tuvo mayor efectividad, se llega a la conclusión que el inoculante de Glomus en el tratamiento 1 que es la dosis recomendada por la empresa es la manera más efectiva de estimular a la planta para aumentar su desarrollo vegetativo lo cual se vio reflejado en la mayoría de las variables tanto en la etapa vegetativa como reproductiva, en los otros tratamientos también hubieron resultados positivos que indujeron una respuesta positiva en las variables y de igual manera en el testigo se obtuvieron buenos resultados; no obstante el uso de microorganismos si ayuda al crecimiento de la planta de una manera más rápida, al igual que mientras se estuvieron haciendo aplicaciones el cultivo nunca nos mostró problemas de hongos ya que los microorganismos manejados también nos sirven como biofungicidas, en comparación con nuestro tratamiento testigo el cual mostro ciertas características a nivel foliar pero no fue nada que impidiera su crecimiento y desarrollo.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alatomare, C., Norvell, W.A., Bjorkman, T., and Harman, G.E. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology* 65:2926-2933.
- Alean Carreño I. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus Socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura en Microbiología Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas. Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá, D. C. Colombia. pp 116.
- Bashan Y, Levanony H (1990) Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.* 36: 591-608.
- Bashan Y (1998a) *Azospirillum* plant growth-promoting strains are nonpathogenic on tomato, pepper, cotton, and wheat. *Can. J. Microbiol.* 44: 168-174.
- Biofertilización: aspectos Productivos, consecuencias en el manejo y conservación de la fertilidad del suelo. Ing. Gabriel M. Frontera  
<http://www.fertilizando.com/articulos/Biofertilizacion.asp>
- Boado, I., Quintana, E. y Pelayo. E. (2002). Biopreparado en la producción de hortalizas. Certificado de Autor de Invención CU 22798 AI. Fecha de publicación: 2002.12.19 Oficina Cubana de la Propiedad Industrial República de Cuba.
- Boral, T., Ozaktan, H., Gore, E. & Aslan, E. (2004). Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* by wettable powder formulation of the two strain of *Pseudomonas putida*. *Journal of Phytopathology* 152(8-9):471.

- Caballero MJ (2008) El Género *Azospirillum*. Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, Universidad Nacional Autónoma de México. 565 pp
- Caballero Mellado, J. 2004. Uso de *Azospirillum* como alternativa tecnológica viable para cultivos de cereales. En: Monzón de Asconegui MA, García de Salamone, IE, Miyazaki SS (eds.). *Biología del suelo. Transformaciones de la materia orgánica, usos y biodiversidad de los organismos edáficos*. Editorial ±AUBA, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. pp. 45-49.
- Cruz, M.A., y Cisterna, O.V. 1998. Control integrado de *Phytophthora capsici* en pimiento. I. Efecto de hongos antagonistas sobre el crecimiento de las plantas. *Agricultura Técnica* 58: s/p.
- Doran JW, Zeiss MR. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied and Soil Ecology* 15:3-11
- Ecke, P. Jr., Matkin O. A., and Hartley D. E. 1990. *The poinsettia manual*. 3rd ed. Editorial Paul Ecke Poinsettia. Encinitas, California, USA. 267 p.
- Franco-Correa M (2009) Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización. *Rev. Per. Biol.* 16: 239-242.
- García, A. 2008. Producción de Nochebuena planta terminada. In: *Memoria del 7° Simposium Internacional de Viverismo del 28-31 de agosto de 2008.*; F. Osuna C.; F. García P.; S. Ramírez R.; L. Granada C. y D. Galindo García (eds.). 63-77 pp.
- Godleads, A., Prekeyi, F., Samson, O., & Igelenyah, E. (2015). Bioremediation, Biostimulation and Bioaugmentation: A Review. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*, 28-39.
- Harman, G.E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol: Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease* 84:377-393.

- Juwarkar, A., Singh, S., Mudhoo, A. (2010). A comprehensive overview of elements in bioremediation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 9(3):215-288.
- Kleifeld, O., and Chet, I. 1992. *Trichoderma harzianum*. Interaction with plants and effect on growth response. *Plant and Soil* 144:267-272.
- Landi, M., Remorini, D., Pardossi, A. y Guidi, L. (2013). Boron excess affects photosynthesis and antioxidant apparatus of greenhouse *Cucurbita pepo* and *Cucumis sativus*. *Journal of plant research*. 126: 775-786
- Microorganisms that enhance plant growth and soil quality. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (2010) 11(2), 155-164.
- Natwick, E. T.; Laemmlen, F. F. 1993. Protection from phytophagous insects and virus vectors in honeydew melons using row covers. *Florida Entomologist*. 76:10-126.
- Pan B., Bai Y., Leibovitch S. & Smith D. 1999. Plant-growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short-growing-season area. *European Journal of Agronomy*. 11: 179-186.
- Perring, T.M. 1987. Seasonal abundance, spray timing and acaricidal control of spider mites on cantaloupe. *J. Agric. Entomol.* 4:12-20.
- Rueda PE, Barrón HJ, Hallman J (2009) *Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal*. 1ª ed. Plaza y Valdés. México. 141 pp.
- Sedano, C.G., González, H.V.A., Engleman, E.M. y Villanueva, V.C. (2005). Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 11: 291-297.
- Semmartin M, Di Bella C, García de Salamone IE. 2010. Grazing-induced changes in plant species composition affect plant and soil properties of grassland mesocosms. *Plant and Soil* 328:471-481

SIDDIQUI, I.A.; SHAUKAT, S.S. 2003. Suppression of root-knot disease by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in tomato: Importance of bacterial secondary metabolite, 2,4-diacetylphloroglucinol. *Soil Biology & Biochemistry*. 35:1615-1623

Summers, C.G., Mitchell, J.P. y Stapleton, J.J. (2004). Management of aphid-borne viruses and *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in zucchini squash by using UV reflective plastic and wheat straw mulches. *Environmental entomology*. 33: 1447-1457.

Summers, C.G., Stapleton, J.J., Newton, A.S., Duncan, R.A. y Hart, D. (1995). Comparison of sprayable and film mulches in delaying the onset of aphid-transmitted virus diseases in zucchini squash. *Plant disease*. 79: 1126-1131.

Tao, Y., Yu, Q. X., Zhou, Y. H., Shi, K., Zhou, J., Yu, J. Q. y Xia, X. J. (2015). Application of 24-epibrassinolide decreases the susceptibility to cucumber mosaic virus in zucchini (*Cucurbita pepo* L). *Scientia Horticulturae*. 195: 116-123.

Walker V, Coullerot O, Von FA, Bellvert F, Jansa J, Maurhofer M, Bally R, Moënne-Loetz Y, Comte G (2012) Variation of secondary metabolite levels in maize seedling roots induced by inoculation with *Azospirillum*, *Pseudomonas* and *Glomus* consortium under field conditions. *Plant Soil* 356: 151-163.

Windham, M.T., Elad, Y., and Baker, R. 1986. A Mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 76:518-521.

<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/Microorganismos.pdf>

<https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/blog-que-es-la-cenicilla-polvorienta.html>

<http://vegetablemndonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/CucurbitsSpanish.pdf>