

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias

Escuela Académico Profesional de Biología - Microbiología

Efecto de la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación y enraizamiento de *Olea europaea* “olivo”, *Solanum lycopersicum* “tomate” y *Cucurbita maxima* “zapallo” bajo condiciones de invernadero

TESIS

Presentada por:

Bach. Mario Jesús Blas Angulo

Para optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO MICROBIÓLOGO

TACNA - PERÚ
2015

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE CIENCIAS

TESIS Nº 257

TITULO PROFESIONAL DE:

BIÓLOGO MICROBIÓLOGO

El Secretario Académico Administrativo de la Facultad de Ciencias certifica que con Resolución de Facultad Nº 8220-2015-FACI/UNJBG, designó «jurado calificador» para la sustentación de la tesis titulada: **Efecto de la inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación y enraizamiento de *Olea europaea* "olivo", *Solanum lycopersicum* "tomate" y *Cucurbita maxima* "zapallo" bajo condiciones de invernadero**, el mismo que estuvo conformado por:

Presidente : Dr. Segundo Manuel Alvarado Contreras

Secretario : Dr. César Julio Cáceda Quiroz.

Vocal : M.Sc. Angela Choque Miranda

Para examinar y calificar el trabajo de tesis sustentado en acto público, en el auditorium de la Facultad de Ciencias, el día miércoles 02 de setiembre del 2015 a las 11:00 horas, presentado por el Bachiller en Ciencias Biológicas MARIO JESÚS BLAS ANGULO, de la Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología.

Los miembros del jurado calificador, en forma secreta e individual, emitieron su calificación del trabajo expuesto; el promedio de la calificación dio el siguiente resultado: APROBADO por UNANIMIDAD y con el calificativo de BUENO, con una nota de 15 (quince), de acuerdo a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias.

Para ratificar lo detallado firman:



PRESIDENTE



SECRETARIO



VOCAL

DEDICATORIA

- *A Dios, por permitirme dar este paso, otorgándome fuerzas para seguir adelante sin palidecer.*
- *A mis padres, Mariano Blas y Elena Angulo, por exigirme a continuar con miras a ser mejor cada día.*

AGRADECIMIENTOS

- A mi familia y amigos que, de una u otra manera, siempre me alentaron a culminar mi tesis para comenzar una nueva etapa en mi vida.
- A mis asesores, M.Sc. Blgo. Daladier Miguel Castillo Cotrina y Dr.Ing. Oscar Octavio Fernández Cutire, por brindarme las facilidades para realizar la experimentación en los ambientes de laboratorio que ellos regentan, por sus aportes, comentarios y sugerencias, que me dieron luces para ver todo desde diferentes puntos de vista con la finalidad de enriquecer mis conocimientos y apreciaciones.
- A los jurados, tanto a quienes lo fueron en la etapa de estructuración del proyecto como a quienes participaron brindándome las observaciones necesarias para mejorar la presentación de este informe de tesis.
- A mis compañeros y amigos del laboratorio de biotecnología vegetal de la facultad de agronomía, que con su compañía hicieron muy ameno el tiempo que me tomó la realización de mi proyecto.
- Por último, de manera muy especial, a todos mis profesores, amigos y compañeros, de quienes atesoro innumerables recuerdos participando en mi formación en aquellos cinco años de estudio de mi carrera universitaria en la escuela de Biología – Microbiología.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
TABLA DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS E IMÁGENES	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Enunciado del problema científico.....	3
1.2. Características y significado del problema.....	3
1.3. Delimitación del problema.....	4
1.4. Hipótesis general.....	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
1. Conocimientos previos (Antecedentes).....	6
A. Genero <i>Azospirillum</i>	6
a. Fitohormonas	9

B. <i>Olea europaea</i> (olivo).....	13
a. Clasificación taxonómica.	13
b. Aspectos botánicos.	13
C. <i>Solanum lycopersicum</i> (tomate).....	17
a. Clasificación taxonómica.	17
b. Aspectos botánicos.	18
D. <i>Cucurbita maxima</i> (zapallo).....	20
a. Clasificación taxonómica.	20
b. Aspectos botánicos.	20
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	22
1. Materiales.	22
1.1. Materiales biológicos.	22
1.2. Equipos.	22
1.3. Materiales de vidrio.	23
1.4. Materiales metálicos.....	23
1.5. Medios de cultivo, reactivos y sustratos.....	24
1.6. Materiales de invernadero.	24
1.7. Otros.	25
2. Métodos.	25
2.1. Localidad e institución donde se desarrolló la investigación.....	25
2.2. Diseño experimental.....	25
2.3. Variables de experimentación.....	27

2.4. Procedimiento.....	28
(1) Aislamiento y purificación de <i>Azospirillum</i>	28
(2) Determinación de la concentración del inoculante.	36
(3) Preparación del material vegetal (semillas y estacas) previo a la inoculación.	37
(4) Inoculación de las semillas y estacas.	39
(5) Establecimiento en sustrato.....	42
(6) Determinación del tiempo de germinación y enraizamiento de <i>Olea europaea</i> , <i>Cucurbita maxima</i> , <i>Solanum lycopersicum</i>	43
(7) Determinación de materia seca (peso seco) y humedad de <i>Olea europaea</i> , <i>Cucurbita maxima</i> , <i>Solanum lycopersicum</i>	44
(8) Corroboración de la persistencia de viabilidad bacteriana.	46
2.5. Análisis estadístico y tratamiento de datos.	47
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	49
1. Resultado de la identificación bacteriana.....	49
2. Resultado de la concentración del inoculante.	49
3. Resultados de evaluación de los indicadores de la germinación de semillas de <i>Olea europaea</i> :	49
4. Resultados de evaluación de los indicadores de la germinación de semillas de <i>Solanum lycopersicum</i> :	73
5. Resultados de evaluación de los indicadores de la germinación de semillas de <i>Cucurbita maxima</i> :	93

6. Resultados de evaluación de los indicadores del enraizamiento de estacas de <i>Olea europaea</i>	112
7. Resultado de la prueba de persistencia bacteriana.....	120
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	121
CONCLUSIONES.....	125
RECOMENDACIONES.....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
ANEXOS.	132

ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS

CUADRO 01: Criterios bioquímicos confirmatorios para el género <i>Azospirillum</i>	35
CUADRO 02: Criterios de identificación específica para el género <i>Azospirillum</i>	36
CUADRO 03: Programación de inoculación y riego para semillas.....	41
CUADRO 04: Programación de inoculación y riego para estacas de <i>Olea europaea</i>	42
TABLA 01: Efecto en el crecimiento de las raíces de <i>Olea europaea</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	50
TABLA 02: Efecto en el crecimiento longitudinal del tallo de <i>Olea europaea</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	52
TABLA 03: Efecto en el tiempo de germinación de <i>Olea europaea</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	54
TABLA 04: Efecto en el peso de materia seca de hojas de <i>Olea europaea</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	57

TABLA 05: Efecto en el peso de materia seca del tallo de <i>Olea europaea</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	60
TABLA 06: Efecto en el peso de materia seca de la raíz de <i>Olea europaea</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	62
TABLA 07: Efecto en el porcentaje de humedad de hojas de <i>Olea europaea</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	65
TABLA 08: Efecto en el porcentaje de humedad del tallo de <i>Olea europaea</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	68
TABLA 09: Efecto en el porcentaje de humedad de la raíz de <i>Olea europaea</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	71
TABLA 10: Efecto en el crecimiento de las raíces de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	73
TABLA 11: Efecto en el crecimiento longitudinal del tallo de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	76

TABLA 12: Efecto en el tiempo de germinación de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	78
TABLA 13: Efecto en el peso de materia seca de hojas de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	81
TABLA 14: Efecto en el peso de materia seca del tallo de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	83
TABLA 15: Efecto en el peso de materia seca de la raíz de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	85
TABLA 16: Efecto en el porcentaje de humedad de hojas de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	87
TABLA 17: Efecto en el porcentaje de humedad del tallo de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	89
TABLA 18: Efecto en el porcentaje de humedad de la raíz de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	91

TABLA 19: Efecto en el crecimiento de las raíces de <i>Cucurbita maxima</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	93
TABLA 20: Efecto en el crecimiento longitudinal del tallo de <i>Cucurbita maxima</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	96
TABLA 21: Efecto en el tiempo de germinación de <i>Cucurbita maxima</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	98
TABLA 22: Efecto en el peso de materia seca de hojas de <i>Cucurbita maxima</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	100
TABLA 23: Efecto en el peso de materia seca del tallo de <i>Cucurbita maxima</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.	102
TABLA 24: Efecto en el peso de materia seca de la raíz de <i>Cucurbita maxima</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	104
TABLA 25: Efecto en el porcentaje de humedad de hojas de <i>Cucurbita maxima</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	106

TABLA 26: Efecto en el porcentaje de humedad del tallo de <i>Cucurbita maxima</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	108
TABLA 27: Efecto en el porcentaje de humedad de la raíz de <i>Cucurbita maxima</i> inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con <i>Azospirillum</i> sp.....	110
TABLA 28: Efecto en la cantidad de raíces principales de estacas de <i>Olea europaea</i> inoculados con <i>Azospirillum</i> sp. (Tratamiento experimental), inoculados con AIB (Tratamiento químico) y no inoculados (Control experimental).	112
TABLA 29: Efecto en el crecimiento de las raíces de <i>Olea europaea</i> inoculados con <i>Azospirillum</i> sp. (Tratamiento experimental), inoculados con AIB (Tratamiento químico) y no inoculados (Control experimental).	114
TABLA 30: Efecto en el peso de materia seca de la raíz de <i>Olea europaea</i> inoculados con <i>Azospirillum</i> sp. (Tratamiento experimental), inoculados con AIB (Tratamiento químico) y no inoculados (Control experimental).	116
TABLA 31: Efecto en el porcentaje de humedad de la raíz de <i>Olea europaea</i> inoculados con <i>Azospirillum</i> sp. (Tratamiento experimental), inoculados con AIB (Tratamiento químico) y no inoculados (Control experimental).	118

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS E IMÁGENES

FIGURA 01:	Representación esquemática de tratamientos.	26
GRÁFICO 01:	Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs control)	51
GRÁFICO 02:	Caja y bigotes para la variable longitud del tallo de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs control)	53
GRÁFICO 03:	Caja y bigotes para la variable tiempo de germinación de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs control)	56
GRÁFICO 04:	Caja y bigotes para la variable PMS hojas de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs control).....	59
GRÁFICO 05:	Caja y bigotes para la variable PMS del tallo de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs control)	61
GRÁFICO 06:	Caja y bigotes para la variable PMS de la raíz de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs control)	64
GRÁFICO 07:	Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad hojas (%Hhojas) de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs control).....	67
GRÁFICO 08:	Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad del tallo (%Htallo) de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs control).....	70
GRÁFICO 09:	Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de la raíz (%Hraiz) de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs control)	72
GRÁFICO 10:	Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de <i>Solanum lycopersicum</i> (inoculado vs control)	75

GRÁFICO 11: Caja y bigotes para la variable longitud del tallo de <i>Solanum lycopersicum</i> (inoculado vs control)	77
GRÁFICO 12: Caja y bigotes para la variable tiempo de germinación de <i>Solanum lycopersicum</i> (inoculado vs control)	80
GRÁFICO 13: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de <i>Solanum lycopersicum</i> (inoculado vs control)	82
GRÁFICO 14: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de <i>Solanum lycopersicum</i> (inoculado vs control)	84
GRÁFICO 15: Caja y bigotes para la variable PMS de la raíz de <i>Solanum lycopersicum</i> (inoculado vs control)	86
GRÁFICO 16: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de <i>Solanum lycopersicum</i> (inoculado vs control)	88
GRÁFICO 17: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de <i>Solanum lycopersicum</i> (inoculado vs control)	90
GRÁFICO 18: Caja y bigotes para la variable PMS de la raíz de <i>Solanum lycopersicum</i> (inoculado vs control)	92
GRÁFICO 19: Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de <i>Cucurbita maxima</i> (inoculado vs control)	95
GRÁFICO 20: Caja y bigotes para la variable longitud del tallo de <i>Cucurbita maxima</i> (inoculado vs control)	97
GRÁFICO 21: Caja y bigotes para la variable tiempo de germinación de <i>Cucurbita maxima</i> (inoculado vs control)	99

GRÁFICO 22: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de <i>Cucurbita maxima</i> (inoculado vs control)	101
GRÁFICO 23: Caja y bigotes para la variable PMS de tallos de <i>Cucurbita maxima</i> (inoculado vs control)	103
GRÁFICO 24: Caja y bigotes para la variable PMS de tallos de <i>Cucurbita maxima</i> (inoculado vs control)	105
GRÁFICO 25: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de hojas de <i>Cucurbita maxima</i> (inoculado vs control)	107
GRÁFICO 26: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de tallos de <i>Cucurbita maxima</i> (inoculado vs control)	109
GRÁFICO 27: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de la raíz de <i>Cucurbita maxima</i> (inoculado vs control)	111
GRÁFICO 28: Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs AIB vs control)	113
GRÁFICO 29: Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs AIB vs control)	115
GRÁFICO 30: Caja y bigotes para la variable PMS de raíces de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs AIB vs control)	117
GRÁFICO 31: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de raíces de <i>Olea europaea</i> (inoculado vs AIB vs control)	119
IMAGEN 01: Medio Rojo de congo y NFB.	170
IMAGEN 02: Masificación y obtención del inoculante en el biorreactor.	170
IMAGEN 03: Proceso de medición de los indicadores.	171

IMAGEN 04: Distribución de germinados de <i>Olea europaea</i>	171
IMAGEN 05: Distribución de germinados de <i>Solanum lycopersicum</i>	172
IMAGEN 06: Distribución de germinados de <i>Cucurbita maxima</i>	172
IMAGEN 07: Distribución de enraizado de estacas de <i>Olea europaea</i>	173

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 01: MEDIO NFB 'Nitrogen free bromothymol medium'	132
ANEXO 02: MEDIO Rojo de Congo.....	133
ANEXO 03: MEDIO BMS 'Basal mineral salts medium'	134
ANEXO 04: Declaración de variables computacionales.....	135
ANEXO 05: Tablas de resultados consolidado	137
ANEXO 06: Cuadro comparativo de diferencia y no diferencia de acuerdo a indicadores.....	142
ANEXO 07: Hipótesis específicas por tratamientos	143
ANEXO 08: Imágenes fotográficas	170

RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de evaluar el efecto de la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de semillas de *Olea europaea*, *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita maxima*; así mismo, sobre el enraizamiento de esquejes de *Olea europaea*, todos bajo condiciones de invernadero, como una forma de encontrar alternativas a tratamientos culturales para la propagación de estas especies vegetales, de gran demanda en el departamento de Tacna.

La bacteria usada como inoculante se obtuvo de los campos de cultivo de la zona rural agroexportadora La Yarada del distrito Tacna. El trabajo de masificación de la bacteria se realizó en los ambientes del laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Jorge Basadre Grohmann del mismo distrito. La aplicación del inoculante y manejo del protocolo de evaluación se realizó en el invernadero de la misma Facultad. La concentración microbiana aplicada como inoculante fue de $1,22 \times 10^8$ ufc.ml⁻¹.

Para el diseño y procesamiento de datos se utilizaron los programas de computadora hoja de cálculo Microsoft Excel 2010 y el paquete estadístico Statgraphics Centurion v.16.1.

Se trabajó con un total de 30 unidades experimentales por tratamiento, los mismos que correspondieron a TE1= Semilla de *Olea europaea* + *Azospirillum* sp.; TE2= Semilla de *Solanum lycopersicum* + *Azospirillum* sp.; TE3= Semilla de *Cucurbita maxima* + *Azospirillum* sp.; TE4= Estacas de *Olea europaea* + *Azospirillum* sp.; TE5 = Estacas de *Olea europaea* + Ácido Indol Butírico; TC1 = Semillas de *Olea europaea* + agua destilada; TC2 = Semilla de *Solanum lycopersicum* + agua destilada; TC3 = Semilla de *Cucurbita maxima* + agua destilada; TC4 = Estacas de *Olea europaea* + agua destilada.

Como resultado del análisis estadístico, se obtuvo que la bacteria provoca un efecto favorable sobre la longitud de raíces aumentándolas considerablemente en *Olea europaea* y *Solanum lycopersicum*; estimula una germinación en menor tiempo e incrementa la longitud del tallo en *Cucurbita maxima*, así como aumenta la materia vegetal. También se encontró que aumenta la cantidad de raíces y la longitud de las mismas cuando se aplica a estacas de *Olea europaea* para enraizamiento.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La agricultura tacneña ha tenido un notable crecimiento en los últimos 10 años, en tanto que, según la Dirección Regional de Agricultura Tacna, desde el año 2008 la mayor cantidad de cultivos no forrajeros cosechados corresponden a olivo, cebolla, vid, tomate, paprika, zapallo, papa y lechuga en un área agrícola de 14 744 hectáreas cultivadas.

No obstante, los agricultores no ven reflejados una mejora significativa en sus condiciones socioeconómicas, sino mas bien, perciben desinterés de las autoridades en la solución de sus problemas, y es que el incremento de la superficie cultivada y cosechada en la provincia Tacna, se debe en gran medida, a la expansión de la frontera agrícola a nivel de invasiones e informales asociaciones agrícolas.

La cadena productiva que aplica las buenas prácticas agrícolas y ambientales debería incursionar, a cabalidad, en la cada vez más reconocida y solicitada 'agricultura orgánica' permitiendo, al agricultor competir con vanguardia en este mundo globalizado, valiéndose de microorganismos benéficos, controladores biológicos, técnicas culturales

ecológicas, entre otros para obtener un plus importante en la comercialización de sus productos sin restos de agroquímicos.

Sin embargo, estos conocimientos no están del todo a la mano del agricultor, si bien poco se hizo integrando algunos controladores biológicos en cultivos de la región, no existen viveros y/o huertos que garanticen plantines de calidad, orgánicamente producidos o que mantengan la tendencia de generar una agroecología sostenible; tampoco existen antecedentes de trabajos realizados en la región Tacna que hayan sido transferidos al colectivo del campesinado tacneño.

En tal sentido, conociendo teóricamente las cualidades de las rizobacterias y sus efectos benéficos sobre las plantas, es importante que se realicen estudios en el campo de la fertilización orgánica, determinando el efecto de la inoculación con bacterias nativas del género *Azospirillum* aisladas de suelo de La Yarada sobre el proceso de germinación y enraizamiento de tres cultivos de diferente género que sean de gran comercialización en la región, olivo (*Olea europaea*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y zapallo (*Cucurbita maxima*).

La bibliografía considera a *Azospirillum* como uno de los géneros de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal más estudiados en los últimos siete años debido a su capacidad de mejorar significativamente el

crecimiento y desarrollo, así como el rendimiento de especies de interés agrícola (Cassán *et al.*, 2008).

1.1. Enunciado del problema científico

¿Qué efecto provocará la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación y enraizamiento de *Olea europaea* «olivo», *Solanum lycopersicum* «tomate» y *Cucurbita maxima* «zapallo» bajo condiciones de invernadero?

1.2. Características y significado del problema

Las técnicas de masificación y propagación de plantas mediante germinación son muy utilizadas hoy en día, tanto como las de enraizamiento de estacas o esquejes; sin embargo, con la tendencia que conlleva a utilizar métodos naturales y ecológicos en todo proceso de crecimiento vegetal se pretende desarrollar el presente proyecto con la finalidad de utilizar la bacteria *Azospirillum* sp. nativa de la zona de Tacna como un método útil para la aceleración de la germinación, del crecimiento radicular y el desarrollo general en plantas de *Olea europaea* «olivo», *Solanum lycopersicum* «tomate» y *Cucurbita maxima* «zapallo».

1.3. Delimitación del problema

El presente trabajo de investigación está enmarcado dentro del campo de la microbiología agrícola y la biotecnología vegetal, para lo cual se obtuvieron muestras de raíces de *Olea europaea*, de zonas de La Yarada, y de ellas se aislaron los azospirilos; también se utilizaron semillas y esquejes de olivo obtenidos mediante procedimientos manuales de plantas productoras de aceitunas de zonas de La Yarada, así como semillas certificadas de tomate y zapallo.

1.4. Hipótesis general

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación y enraizamiento de *Olea europaea* «olivo», *Solanum lycopersicum* «tomate» y *Cucurbita maxima* «zapallo» produce un mejor desarrollo de la parte radicular, longitud del tallo y el tiempo de germinación, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación y enraizamiento de *Olea europaea* «olivo», *Solanum lycopersicum* «tomate» y *Cucurbita maxima* «zapallo» bajo condiciones de invernadero.

1.5.2. Objetivos específicos

- Aislar *Azospirillum* sp. a partir de raíces de *Olea europaea* «olivo».
- Establecer la concentración de inoculante de *Azospirillum* sp. a utilizar en el proceso de germinación y enraizamiento de *Olea europaea* «olivo», *Solanum lycopersicum* «tomate» y *Cucurbita maxima* «zapallo».
- Determinar el efecto de la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre las características morfológicas de la planta desarrollada a partir de la germinación de semillas de *Olea europaea* «olivo».
- Determinar el efecto de la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre las características morfológicas de la planta desarrollada a partir de la germinación de semillas de *Solanum lycopersicum* «tomate».
- Determinar el efecto de la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre las características morfológicas de la planta desarrollada a partir de la germinación de semillas de *Cucurbita maxima* «zapallo».
- Determinar el efecto de la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre las características morfológicas de la planta desarrollada a partir del enraizamiento de estacas de *Olea europaea* «olivo».

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1. Conocimientos previos (Antecedentes)

El problema científico planteado nace de la necesidad de probar y determinar si la bacteria *Azospirillum* aislada de suelo agrícola de La Yarada puede utilizarse como promotora de germinación, enraizamiento y desarrollo vegetal, específicamente en olivo, tomate y zapallo.

A. Genero *Azospirillum*

El género *Azospirillum* pertenece a la subclase alfa de las proteobacterias y son conocidas como bacterias PGPR (Plant Growth Promoting Rizobacterias) 'rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal'. Características útiles en la identificación rutinaria son la forma vibroide, el pleomorfismo y su movilidad en espiral (Döbereiner, 1992).

Las células contienen cantidades elevadas de poli- β -hidroxibutirato (PHB), hasta 50 % del peso seco celular, observándose al microscopio las células jóvenes con abundantes gránulos refringentes. En cultivos semigelificados y gelificados con más de 24 horas de incubación se presentan frecuentemente células refringentes con forma ovoide y de paredes gruesas similares a quistes (Lamm & Neyra, 1981).

Una de las características fenotípicas más ampliamente usada como criterio para el reconocimiento tentativo del género *Azospirillum* es el color rojo escarlata que toman las colonias al crecer en un medio adicionado del colorante rojo Congo (Rodríguez, 1982).

El aislamiento de las bacterias del género *Azospirillum* es muy simple, ya sea a partir de suelo rizosférico o de la superficie de las raíces (rizoplasma) de numerosas plantas hospederas. También se le aísla del interior de las raíces o tallos de algunas plantas. El medio de cultivo usado por excelencia para el enriquecimiento de las especies de *Azospirillum* ha sido el medio NFB (Anexo 01) semigelificado libre de nitrógeno y con malato ($C_4H_6O_5$) como fuente de carbono. No obstante, en este medio de cultivo son aisladas predominantemente cepas de las especies *A. lipoferum* y *A. brasilense*. El medio NFB con algunas modificaciones en su composición y pH permiten el aislamiento predominante de otras especies de *Azospirillum*. Este medio es usado frecuentemente para evaluar la actividad reductora de acetileno (C_2H_2) como indicativo de la fijación de nitrógeno atmosférico (N_2). Los tubos en los que se observa el crecimiento bacteriano en forma de sombrilla, la cual se transforma en una película blanca y densa abajo de la superficie del medio de cultivo, y viraje del indicador azul de bromotimol hacia el rango ácido son considerados tentativamente como positivos para el aislamiento en cultivo puro de la bacteria (Döbereiner, 1992).

Las bacterias del género *Azospirillum* son Gram negativos fijadoras de nitrógeno y tienen capacidad de producir fitohormonas, tales como auxinas, citoquininas y giberilinas. Este género se aisló de plantas como arroz, maíz, trigo, avena, pastos forrajeros, gramíneas, entre otros, y últimamente de cactáceas (Narváez & Castillo, 2003).

Narváez y Castillo (2003) aislaron *Azospirillum* de raíces de *Jatropha* sp., árbol caducifolio que pertenece a la familia *Euphorbiaceae*. Las muestras se tomaron del parque ecológico «El Tángano» al sureste de la ciudad de Querétaro. Se usaron para su caracterización el medio Rojo de Congo (Rodríguez, 1982) y NFB, además de pruebas de reducción de nitratos a nitritos y reducción de acetileno a etileno.

Todos los miembros del género *Azospirillum* producen fitohormonas, sin embargo, *Azospirillum brasiliense* produce auxinas, giberelinas y citoquininas en mayor cantidad que las demás, la producción de ácido indol acético (AIA) ha sido reportada por diferentes vías biosintéticas dependientes e independientes de triptófano. *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasiliense* y *Azospirillum mutans* sintetizan altas cantidades (16 µg/ml) de AIA en medios de cultivo. *Azospirillum brasiliense* también produce giberelinas en medios químicos definidos (Caballero, 2001).

En el trabajo de investigación «Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacquin)» (Canto *et al.*, 2004); no se reportó efecto significativo alguno en la capacidad de germinación, pero si en la velocidad del proceso de la germinación, en el número de raíces y un incremento en el peso seco aéreo y radicular de las plantas inoculadas.

a. Fitohormonas (Caballero, 2001)

Auxinas

Su estructura es un derivado del fenol o el indol, y tienen anillos aromáticos con dobles enlaces conjugados. Todas son ácidos. Se descubrieron a partir del efecto de curvatura de los tallos al cortar su parte apical; no se sabe el modo de acción pero está relacionado directamente con su estructura, ya que si se modifica pierde su función. Las auxinas principales son: Ácido indolacético, Ácido 4-cloroindolacético, Ácido indolbutírico (actúa en el enraizamiento), Ácido fenilacético.

Los efectos de las auxinas son:

- Crecimiento: estimulan la elongación celular en tallos y coleoptilos (tallos jóvenes), incrementan la extensibilidad de la pared celular y estimulan la diferenciación del xilema y el floema.

- Tropismos: responsables del fototropismo y gravitropismo.
- Dominancia apical: la yema apical del tallo (produce la mayoría de auxinas) inhibe el crecimiento de yemas axilares cercanas.
- Abscisión de órganos (hojas, flores y frutos): posee un control genético, y las auxinas retrasan la caída, aunque el etileno la induce.
- Rizogénesis: estimulan la formación de raíces laterales o adventicias. Inhiben la elongación de la raíz principal.

Las aplicaciones agrícolas de las auxinas son la reproducción, la formación de frutos, floración, partenocarpia (frutos sin semilla), aparición de flores femeninas y creación de herbicidas.

Giberelinas

Su estructura química deriva del anillo ent-giberelano. Es un grupo de hormonas muy heterogéneo, existen muchas formas aunque pocas con función. Hay 130 distintas repartidas en distintos reinos y especies, a veces sirven como criterio taxonómico.

La estructura química común está formada por un esqueleto carbonado de 20 carbonos (a veces 19) con cuatro anillos de ent-giberelano. Son diterpenos, metabolitos secundarios. En ocasiones existe una modificación en forma de enlace entre los dos últimos

carbonos que provoca que el esqueleto quede formado por 19 carbonos y cinco anillos. Las hormonas con esta modificación son las más activas y se piensa que las de 20 carbonos se modifican antes de actuar. Poseen grupos carboxilos que pueden cambiar en posición y número, aunque el carboxilo en posición siete aparece en todas las activas. También poseen grupos hidroxilos cuyas posiciones relevantes son la dos, la tres y la 13. En la posición dos producen la pérdida irreversible de la actividad, y la posición tres confiere actividad biológica. Todas son ácidos, y se denominan GAx (Gibberellic acid), siendo x un número del uno al 130 en función del orden de descubrimiento.

Los efectos de las giberelinas son:

- Estimulan el crecimiento de los tallos (elongación) e hipocótilos.
- Tienen un papel mayor que las auxinas en plantas con crecimiento de entrenudos.
- En la reproducción estimulan la floración, sobre todo en aquellas plantas con floración por factores ambientales o floración del día largo como las coníferas. No son universales, en algunas especies puede inhibir la floración (angiospermas leñosas y frutales). Producen partenocarpia, es decir, reproducción sin fecundación donde el fruto se

genera sin semillas. Tienden a producir plantas masculinas en especies dioicas. Provocan la reversión a fases juveniles de la planta.

- Pueden suplir los fotoperíodos y los termoperíodos necesarios para el crecimiento.
- La germinación es su principal efecto. Casi todas las semillas germinan inducidas por el ácido giberélico, que posibilita la movilización de reservas en la semilla.

Citoquininas

Son un grupo más reducido de hormonas que deben su nombre a su función (citoquinesis). En conjunto con las auxinas estimulan la división celular. Derivan de adeninas, y las más frecuentes son la quinetina y benciladenina (sintéticas) y la zeatina (natural).

Los efectos que producen son:

- Crecimiento: coadyuvan a las auxinas estimulando la proliferación de células meristemáticas, y también estimulan la expansión de los cotiledones tras el primer haz de luz que reciben.
- Dominancia apical: estimulan el crecimiento de yemas laterales inhibiendo la apical; contrario a las auxinas, por lo que deben estar en equilibrio.

- Diferenciación y morfogénesis: provocan cambios en la morfología según el tipo de crecimiento.
- Junto a las auxinas estimulan la formación de raíces y tallos.
- Senescencia: son anti-senescentes.

B. *Olea europaea* (olivo)

a. Clasificación taxonómica

Reino: Plantæ

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridæ

Orden: Scrophulariales

Familia: Oleaceæ

Subfamilia: Oleoideæ

Tribu: Oleæ

Genero: *Olea*

Especie: *O. europæa*

b. Aspectos botánicos (Barranco *et al.*, 2008)

El olivo, *Olea europaea* L., pertenece a la familia *Oleaceae*, que comprende especies de plantas distribuidas por las regiones tropicales y templadas del mundo. Las plantas de esta familia son

mayormente árboles y arbustos, a veces trepadores. Muchas de ellas producen aceites esenciales en sus flores o frutos, algunos de los cuales son utilizados por el hombre. De unos 29 géneros de esta familia, los que tienen interés económico u hortícola son *Fraxinus* (Fresno), *Jasminum* (Jazmín), *Ligustrum* (Aligustre), *Phillyrea* (Agracejo), *Syringa* (Lilo) y *Olea*.

Hay unas 35 especies en el género *Olea*. En la especie *Olea europaea* están todos los olivos cultivados y también los «acebuches» u «olivos silvestres». Hay diferencias de opinión sobre como sub clasificar dentro de la especie, pero generalmente se considera que los «olivos cultivados» pertenecen a la subespecie *sativa* y los «olivos silvestres» (acebuches) a la subespecie *sylvestris*.

Olea europaea es la única especie de la familia *Oleaceae* con fruto comestible. Es una de las plantas cultivadas más antigua, cuyo origen como cultivo es de unos 4 000 - 3 000 años antes de Cristo en la zona de Palestina. Actualmente el 95% del área mundial cultivada se encuentra en el área mediterránea.

El Árbol

El «olivo cultivado» es un árbol de tamaño mediano, de unos 4 a 8 metros de altura, según la variedad. Puede permanecer vivo y

productivo durante cientos de años. El tronco es grueso y la corteza de color gris a verde grisáceo. La copa es redondeada, aunque más o menos lobulada; la ramificación natural tiende a producir una copa bastante densa, pero las diversas prácticas de poda sirven para aclararla y permitir la penetración de la luz.

El olivo es un árbol polimórfico, con fases juvenil y adulta. Las diferencias entre estas fases se manifiestan en la capacidad reproductora (solamente en fase adulta), en el potencial para el enraizamiento (mayor en la fase juvenil) y en diferencias morfológicas en hojas y ramas. Las hojas juveniles son más cortas y gruesas, y los ramos con entrenudos más cortos. La transición del estado juvenil al adulto no es solamente temporal, a partir de los 5-8 años en árboles que se han originado de semillas, sino también espacial siendo las zonas más cercanas al suelo las más juveniles. Por ejemplo, los brotes o hijuelos que frecuentemente salen de la base del tronco tienen un estado más juvenil que los ramos que se forman en las partes superiores del árbol.

La semilla y el embrión

Coincidente con la formación del fruto, e íntimamente interrelacionados entre sí, el óvulo funcional se desarrolla para formar la semilla. El embrión ocupa casi todo el volumen de la

semilla. La cubierta seminal, derivada del tegumento, que representaba el tejido principal del óvulo, es fina, dura y atravesada por numerosos haces vasculares. Entre las cubiertas seminales y el embrión se encuentra en una fina capa de endospermo con alto contenido de almidón.

El embrión es recto y espatulado, mostrando una estructura típica de dos cotiledones, radícula y plúmula. Los cotiledones u hojas embrionarias son grandes. La radícula, que es corta, está situada hacia el extremo inferior del eje embrionario y corresponde al sistema radical. Entre los cotiledones hay una plúmula pequeña, el órgano de donde se desarrolla el embrión.

El tiempo de germinación de semillas de *Olea europaea* a 20 – 24 °C se da en un promedio de 12 semanas a 16 semanas de sumergidas en medio acuoso y con la corteza entera. Se puede acelerar la germinación hasta cuatro semanas rompiendo la corteza de las semillas.

C. *Solanum lycopersicum* (tomate)

a. Clasificación taxonómica

Reino: Plantæ

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridæ

Orden: Solanales

Familia: Solanaceæ

Género: *Solanum*

Especie: *S. lycopersicum*

Los tomates fueron inicialmente cultivados en América, sin embargo, el sitio original donde esto ocurrió se desconoce; los primeros acontecimientos de cultivación han sido poco estudiados, dos hipótesis se han propuesto para definir el sitio donde estos eventos ocurrieron: uno peruano y otro mexicano. Aunque la prueba definitiva para el tiempo y lugar de la cultivación se desconoce, se presume que es México la región más probable de la cultivación, y Perú como centro de diversidad y origen para los parientes silvestres (Larry & Joanne, 2007).

Anteriormente el nombre científico del tomate cultivado era *Lycopersicum esculentum*. En la actualidad y basándose en datos

morfológicos y moleculares, se ha readoptado el nombre científico de *Solanum lycopersicum* para el tomate cultivado mientras que las demás especies del anterior género *Lycopersicum* han sido incorporadas al género *Solanum* (Fooland, 2007).

b. Aspectos botánicos (Escalona *et al.*, 2009)

El tomate cultivado corresponde, básicamente, a *Solanum lycopersicum*, aunque también a la variedad botánica cerasiforme y de *Solanum pimpinellifolium* («cherry», «cereza», o «de cóctel»). El mejoramiento ha generado muchas variedades distintas para fines muy específicos.

Planta

El tomate puede presentar básicamente dos hábitos de crecimiento: determinado e indeterminado. La planta indeterminada es la normal y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. En ella, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, terminando siempre con un ápice vegetativo. A diferencia de esta, la planta determinada tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en una inflorescencia, lo que resulta en un crecimiento limitado. El tiempo de germinación promedio es de 1 – 2 semanas a 25° - 30°C.

Sistema radicular

El sistema radicular puede alcanzar una longitud de hasta 2 m, con una raíz pivotante y muchas raíces secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, se daña la raíz pivotante y la planta desarrollada resulta en un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil.

Tallo principal

Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2 cm y 4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

Hojas

Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de siete a nueve y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo.

D. *Cucurbita maxima* (zapallo)

a. Clasificación taxonómica

Reino: Plantæ

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidæ

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceæ

Subfamilia: Cucurbitoideæ

Tribu: Cucurbiteæ

Género: *Cucurbita*

Especie: *C. maxima*

b. Aspectos botánicos (Parson, 1986)

Es una planta herbácea de tallo trepador, provisto de zarcillos, existiendo los tipos rastrero y arbustivo. Los tallos y el follaje presentan pubescencia suave; las espículas alternan con pelos finos.

Las hojas son redondeadas o con lóbulos poco desarrollados, con los bordes ligeramente dentados. La cara superior de la hoja presenta manchas descoloridas, de aspecto plateado.

Flor: cáliz y corola de cinco piezas cada uno. Planta monoica, con cáliz de color verdoso y corola amarilla a blanca.

El fruto es una baya grande cuyas paredes externas endurecen y las más internas permanecen suaves y carnosas. La forma del pedúnculo en *Cucurbita maxima* es cónico o cilíndrico, sin surcos ni expansión basal, suave y casi esponjoso, con estrías finas longitudinales. La forma, tamaño y color del fruto son muy variables. Los cultivares de frutos elipsoidales y oblongos u ovoides son comunes, con frutos gigantescos hasta de un metro de longitud.

Las semillas tienen características muy variables de blanca hasta casi negras, con tonalidades intermedias. El tiempo de germinación aproximada es de 10 días a temperatura de 25°C - 30°C. (Dirección de información agraria - Tacna, 2006).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

1.1. Materiales biológicos

- Bacteria nativa del género *Azospirillum*.
- Semillas de *Olea europaea*.
- Semillas de *Solanum lycopersicum*.
- Semillas de *Cucurbita maxima*.
- Estacas de *Olea europaea* para enraizamiento.

1.2. Equipos

- Microscopio compuesto (de 400, 600 y 1000 aumentos).
- Estereoscopio.
- Autoclave.
- Cocina eléctrica/horno microondas.
- Cámara o estufa de incubación.
- Balanza analítica.
- Refrigerador.
- Horno esterilizador.
- Cámara de flujo laminar.
- Termómetro.
- Biorreactor de tipo columna de burbujas.
- Medidor de pH.

- Hidrómetro.
- Sistema de riego programado para micro aspersión.
- Cable térmico con termostato.

1.3. Materiales de vidrio

- Tubos de ensayo de 15 mm x 10 mm.
- Placas Petri de 15 mm x 10 mm.
- Matraces de 250 ml y 500 ml.
- Probetas de 10 ml, 50 ml y 250 ml.
- Pipetas de 1 ml y 10 ml.
- Láminas porta objeto.
- Láminas cubre objetos.
- Cámara de Neubauer.
- Espátula de Drigalsky.
- Baguetas.
- Mecheros.

1.4. Materiales metálicos

- Asa de Kolle.
- Tijeras.
- Pinzas.
- Espátulas.
- Gradillas porta tubos de ensayo.

1.5. Medios de cultivo, reactivos y sustratos

- Medio Bromotimol libre de Nitrógeno (Nitrogen free bromothymol) NFB (Bashar).
- Medio Rojo de Congo (RC).
- Medio Basal de sales minerales (Basal mineral salts) BMS.
- Reactivos para coloración Gram.
- Reactivo para coloración Negro Sudán (Sudán B).
- Reactivo para prueba oxidasa.
- Alcohol de 70° y 96°.
- Ron de quemar.
- Hipoclorito de sodio al 10%.
- Agua destilada (estéril y no estéril).
- Fungicida comercial «Benomyl».
- Turba canadiense (Turba comercial estéril sin nutrientes).
- Perlita (Sustrato sin nutrientes para enraizamiento).
- Ácido Indol Butírico (AIB).

1.6. Materiales de invernadero

- Vasos descartables.
- Bandejas germinadoras de plástico.
- Bandejas germinadoras de poliestireno expand (Tecnopor).
- Mesas plataforma para viveros.
- Bateas de plástico 30 cm x 30 cm x 15 cm.

1.7. Otros

- Cámara fotográfica.
- Papel Kraft.
- Bolsas de polietileno.
- Algodón.
- Pabilo.
- Palitos de madera tipo mondadientes.
- Detergente y jabón antimicrobiano.
- Herramientas manuales de uso común en agricultura.

2. Métodos

2.1. Localidad e institución donde se desarrolló la investigación

El trabajo experimental se desarrolló principalmente en las instalaciones del Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en la ciudad de Tacna.

2.2. Diseño experimental (Canahua, 2011)

Se utilizó el diseño unifactorial completamente aleatorizado con dos niveles (tratamiento inoculado y tratamiento control). Cada tratamiento tuvo 30 unidades experimentales (UE); cada unidad experimental estuvo formada por un recipiente que contuvo a uno de los vegetales en estudio. Luego del estudio de germinación y enraizamiento, se hizo un muestreo completamente aleatorio para

seleccionar la mayor cantidad posible de UE del tratamiento inoculado a las que se les aplicaría el análisis de varianza contrastando los indicadores con el mismo número de UE del tratamiento control.

Los tratamientos experimentales (TE) y de control (TC) fueron:

TE1= Semilla de *Olea europaea* + *Azospirillum* sp.

TE2= Semilla de *Solanum lycopersicum* + *Azospirillum* sp.

TE3= Semilla de *Cucurbita maxima* + *Azospirillum* sp.

TE4= Estacas de *Olea europaea* + *Azospirillum* sp.

TE5= Estacas de *Olea europaea* + AIB.

TC1 = Semillas de *Olea europaea* + agua destilada.

TC2 = Semilla de *Solanum lycopersicum* + agua destilada.

TC3 = Semilla de *Cucurbita maxima* + agua destilada.

TC4 = Estacas de *Olea europaea* + agua destilada.

Los tratamientos estuvieron distribuidos bajo el siguiente esquema:

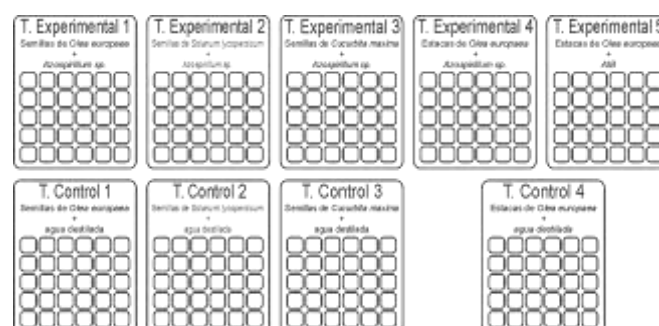


FIGURA 01: Representación esquemática de tratamientos.

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Variables de experimentación

(1) Variable Independiente (Vi):

$V_{i(1)}$ = Semillas de *Olea europaea*
(inoculadas con *Azospirillum* sp. y no inoculadas).

$V_{i(2)}$ = Semillas de *Solanum lycopersicum*
(inoculadas con *Azospirillum* sp. y no inoculadas).

$V_{i(3)}$ = Semillas de *Cucurbita maxima*
(inoculadas con *Azospirillum* sp. y no inoculadas).

$V_{i(4)}$ = Estacas de *Olea europaea*
(inoculadas con *Azospirillum* sp. y no inoculadas).

(2) Variable Dependiente (Vd):

Germinación y enraizamiento de *Olea europaea* «olivo», tomate
Solanum lycopersicum «tomate» y *Cucurbita maxima* «zapallo».

Indicadores de la germinación de semillas:

- Longitud de raíz principal.
- Longitud del tallo.
- Peso seco de la parte radicular y aérea.
- Tiempo de germinación.
- Persistencia de *Azospirillum* sp.

Indicadores del enraizamiento de estacas:

- Longitud de raíces primarias y secundarias.
- Peso seco de la parte radicular y aérea.
- Tiempo de enraizamiento.
- Persistencia de *Azospirillum* sp.

2.4. Procedimiento

(1) Aislamiento y purificación de *Azospirillum*

El protocolo de aislamiento que se siguió fue elaborado en base al descrito por Jesús Caballero (Caballero Mellado, 2001).

- Para el aislamiento primario (presuntivo) se utilizó, en laboratorio, el medio NFB semigelificado en tubo y gelificado en placa.
- Se preparó el medio NFB semisólido, y se dispensaron aproximadamente 5 ml en tubos de ensayo de 15 mm x 10 mm, los mismos que fueron protegidos cuidadosamente con papel aluminio, para luego autoclavarlos a una temperatura de 121 °C y 15 libras de presión por un tiempo de 15 minutos.
- Se guardaron los tubos preparados a temperatura ambiente en cámara de almacenamiento hasta la llegada de las muestras.

Selección de las muestras y transporte al laboratorio

- Se seleccionaron tres plantas de *Olea europaea* «olivo» en edad productora de frutos (mayores de cinco años), de buena apariencia, vigorosas, libre de plagas, enfermedades y de suelos húmedos.
- Con una lampa se retiró todo tipo de maleza y rastrojos, dejando limpia la superficie del suelo.
- Con la misma lampa se hizo una abertura en el suelo a unos 40 cm de distancia desde el tronco del olivo, escarbando hasta que se encontró raíces.
- Una vez encontradas las raíces, se consideraron muestras apropiadas aquellas que tenían apariencia húmeda, de un diámetro radicular menor que 1 cm, que contaban con raíces adventicias y pelos radiculares.
- Al encontrarse las muestras apropiadas se procedió a retirar, con la ayuda de una lampa, una sección del suelo conteniendo la raíz, cuidando de no destruir su disposición hasta su tratamiento en el laboratorio.
- Las muestras de suelo y raíces, se colocaron cuidadosamente en bolsas de polietileno para su transporte hasta el laboratorio, las mismas que fueron rotuladas para su reconocimiento.

Introducción de las muestras en el laboratorio

- Una vez en el laboratorio, se procedió a lavar las raíces con agua potable proveniente de la red pública, hasta dejarla limpia de tierra, luego se lavaron en placas Petri con hipoclorito de sodio al 10 % por un minuto, sin frotar las raíces, después se realizaron cinco enjuagues con agua destilada estéril. A partir de éstas se obtuvieron segmentos de 1 cm aproximadamente, con los extremos recientemente cortados y sólo de aquellas raíces que no aparentaban estar dañadas.
- Luego de esto, en cámara de flujo laminar, se sembraron los segmentos obtenidos, en los tubos preparados con medio NFB semisólido, de manera vertical por debajo de 1 cm de la superficie del medio, para taparlos con el papel aluminio con el que se esterilizaron. Luego de esto se incubaron a 30 °C por cinco días y se seleccionaron para la siguiente fase los tubos en los que se observó claramente un halo de color blanquecino y la acidificación del medio.
- Los tubos seleccionados se codificaron para su identificación. En la cámara de flujo laminar, y utilizando un asa de Kolle se sembró por estría, una asada del contenido del halo blanquecino sobrenadante, en medio NFB sólido contenido en placas, luego se incubó a 30°C por tiempo de siete días.

- Pasado el tiempo de incubación se seleccionaron hasta tres colonias que presentaron superficie convexa, de forma circular con bordes ondulados y con bordes redondeados y se repicaron por duplicado nuevamente en medio NFB, pero por un tiempo de 10 días.
- Luego de esto se seleccionó una de las colonias que seguían manteniendo como características la superficie convexa, forma circular con borde ondulado y se repicaron por estría en Medio Rojo de Congo sólido utilizando la cámara de flujo laminar. Se incubaron por 10 días a 30°C.
- Seguidamente, se seleccionaron tres colonias que presentaron un centro de color rojo escarlata, de superficie convexa, forma circular y borde ligeramente ondulado, perfectamente aisladas y se realizó una dilución de cada colonia en agua destilada estéril, para luego a partir de ésta volver a sembrar en medio sólido Rojo de Congo bajo las mismas condiciones.
- Posteriormente, se seleccionó una de las colonias crecidas en el medio Rojo de Congo que presentaron un centro de color rojo escarlata, de superficie convexa, forma circular y borde ligeramente ondulado; se repicaron en medio NFB y medio Rojo de Congo para su mantenimiento, y en medio Agar

Nutritivo para la realización de pruebas confirmatorias para el género *Azospirillum*.

Los criterios que se utilizaron para la identificación del género *Azospirillum* fueron: (Bergey's manual, 2005)

- Prueba de Movilidad. Se seleccionó del medio Rojo de Congo, colonias perfectamente aisladas y se sembraron nuevamente en medio semisólido NFB en tres tubos, utilizando el asa de Kolle en punta. Para la prueba de movilidad en tubo se consideró como confirmatorio (Cuadro 01) la presencia de un halo blanco y líneas a manera de hilos blanquecinos desde la línea de puntura. Así también, se realizaron preparados en fresco en láminas porta objetos, y se consideró como confirmatorio siempre que se observó, a través del microscopio, el movimiento en espiral característico del género *Azospirillum*.

- Prueba de los gránulos de poli- β -hidroxibutirato (criterio característico del género *Azospirillum*). Se utilizó una solución comercial Sudan Black (Negro Sudán) de la marca 'Biopack'. Se seleccionó del medio NFB, una colonia perfectamente aislada y se preparó un frotis en un

portaobjetos limpio, al interior de la cámara de flujo laminar; luego de haberse secado y fijado, se cubrió el preparado del portaobjetos con la solución colorante 'negro Sudán' por tiempo de 10 minutos. Se eliminó el exceso de colorante lavando con Xilol y se secó cuidadosamente con papel absorbente. Se realizó el contrateñido con Safranina (del set de coloración Gram) durante 15 segundos, luego se lavó con agua destilada y se dejó secar al aire al interior de la cámara de flujo laminar. Se observó en el microscopio con el objetivo de inmersión; considerándolo como confirmatorio de acuerdo a la (Cuadro 01) presencia de partículas de color negro o azul oscuro en contraste con el color rojo del citoplasma.

- Tinción de Gram. Se utilizó un set comercial para coloración Gram de la marca 'Biodisc'. Se seleccionó del medio NFB, una colonia aislada; utilizando un asa de Kolle en aro (esterilizada al calor de la llama de un mechero) se tomó una pequeña cantidad de la colonia y se diluyó en una gota de agua destilada sobre una lámina portaobjetos limpia. Luego se fijó el frotis sometiéndolo a calentamiento moderado sobre la llama del mechero; después se cubrió el extendido fijado con el colorante de cristal violeta y se dejó actuar por un minuto; seguidamente, se descartó el exceso de colorante y

se lavó con agua corriente; luego se cubrió el preparado con lugol y se dejó actuar durante un minuto; luego se lavó nuevamente con agua corriente y después con la solución alcohol-acetona hasta que no saliera más colorante, a continuación se aplicó el colorante de contraste safranina por un tiempo de 60 segundos para después lavar la lámina con agua corriente y posteriormente dejar secar. El frotis coloreado se observó al microscopio con el objetivo de inmersión. Se consideró como confirmatorio para el género *Azospirillum* siempre que el resultado fuera Gram negativo (Cuadro 01), es decir, que se observaran bacterias alargadas de forma espiral coloreadas de azul - violeta.

- Prueba Oxidasa. Se utilizó una solución comercial del reactivo de Kovac de la marca 'Biodisc'. Se realizó al interior de la cámara de flujo laminar, cubriendo las colonias bacterianas en la superficie del Agar Nutritivo con 2 gotas a 3 gotas del reactivo de Kovac (Clorhidrato de tetrametil-*p*-fenilendiamina), considerándose como confirmatorio para el género *Azospirillum* (Cuadro 01) cuando en un tiempo promedio de 10 segundos, las colonias cubiertas por el reactivo se tiñan de color violeta. Y con fines de corroboración, impregnando una muestra de la colonia en un trozo de papel de 2 cm x 2 cm

embebido con el reactivo de Kovac, para lo que se utilizó un palito de madera estéril (mondadientes de madera), considerándose como confirmatorio para el género *Azospirillum* cuando en un tiempo promedio de 10 segundos, la muestra de colonias se tiñeran de color violeta.

CUADRO 01: Criterios bioquímicos confirmatorios para el género *Azospirillum*

Prueba	Resultado
Forma celular	Bacilos ligeramente curvados o rectos
Tinción Gram	Negativo
Oxidasa	Positivo
Presencia de gránulos de poli- β -hidroxibutirato	Positivo
Movilidad	Positivo con movimientos en forma de espiral

Fuente: Bergey's Manual, 2005.

- Para la identificación a nivel de especie se utilizó el medio sólido BMS, los criterios que se consideraron fueron (Bergey's Manual, 2005):

CUADRO 02: Criterios de identificación específica para el género *Azospirillum*

Prueba	Especie		
	<i>A. amazonense</i>	<i>A. brasilense</i>	<i>A. lipoferum</i>
Morfología colonial en medio BMS	Colonias blancas y planas	Colonias rosadas, convexas y rugosas	Colonias rosadas, convexas y rugosas
Utilización de glucosa como única fuente de carbono	+	-	+

Fuente: Bergey's Manual, 2005.

Para esto, en la cámara de flujo laminar se seleccionaron del medio NFB, colonias perfectamente aisladas y se sembraron por estría en placas con medio BMS, las que se incubaron a 28 °C durante cinco días para obtener colonias aisladas y poder observar su morfología característica en este medio.

(2) Determinación de la concentración del inoculante

(Canto Martín *et al.*, 2004)

- Para establecer la concentración, que se utilizó como inoculante, se preparó un litro de medio NFB líquido estéril, el mismo que se vertió en un biorreactor estéril de tipo columna de burbujas, al que luego se le agregó, el contenido bacteriano de una placa Petri, sembrada por estría (identificado a nivel de especie del género *Azospirillum*) y se

incubó a una temperatura de 30 °C por tiempo de 24 a 72 horas o hasta haber comprobado que se había obtenido la máxima concentración, la que se determinó realizando conteos de bacterias en microscopio, bajo lente de inmersión utilizando la cámara de Neubauer cada tres horas hasta encontrar como mínimo dos conteos consecutivos menores o iguales a uno anterior, esto indicó que se hubo alcanzado la fase estacionaria y muerte celular en la curva de crecimiento bacteriano al interior del biorreactor. El conteo que determinó mayor concentración viable fue de $1,22 \times 10^8$ ufc.ml⁻¹ y fue utilizado como concentración estándar para el inoculante.

(3) Preparación del material vegetal (semillas y estacas) previo a la inoculación (Mejía, 1994)

- Para semillas:

Se utilizaron semillas certificadas de *Solanum lycopersicum* (tomate) de la variedad 'Rio grande' de la marca comercial 'Semiagro' y semillas certificadas de *Cucurbita maxima* (zapallo), de la variedad 'Macre' de la marca comercial 'Know you see'. En el caso de *Olea europaea* (olivo), se utilizaron semillas de la variedad 'Empeltre' obtenidas mediante procedimientos manuales debido a que no se encontraron centros de comercialización de semillas certificadas. El

procedimiento de preparación de semillas fue el de seguimiento empírico y común por agricultores de la zona de la Yarada, y que consistió en obtener las semillas de las aceitunas que cayeron al suelo producto de la madurez natural en planta. Estas fueron seleccionadas, lavadas y agrupadas de acuerdo a su apariencia semejante entre sí, aquellas que se encontraron sin daño aparente fueron deshuesadas (proceso de retirar la pepa del fruto), se lavaron las semillas hasta que quedaron totalmente limpias utilizando agua corriente y un retazo de tela como material de apoyo, para luego mantenerlas en refrigeración a temperatura aproximada entre 1 y 5 °C, por un tiempo mínimo de una semana antes de la inoculación y siembra, en el que se atemperaron previamente a la temperatura del ambiente.

- Para estacas:

Se cortaron, con una tijera de podar limpia, ramas de plantas de *Olea europaea* (olivo) en edad productora de frutos (mayores de cinco años), de buena apariencia y vigorosas; libre de plagas y enfermedades, que presentaron suelos húmedos. Las ramas tuvieron un grosor aproximado de 10 mm de diámetro y un metro desde su extremo terminal; se envolvieron en papel periódico y se llevaron al invernadero,

este procedimiento se realizó aproximadamente a las 5:00 h, de tal manera que se contó con el tiempo necesario para preparar las estacas momentos previos a la inoculación.

Para la preparación de las estacas, previamente se lavaron con agua corriente las ramas colectadas, luego se procedió a seccionarlas, utilizando una tijera de podar limpia, por lo que al finalizar quedaron estacas de aproximadamente 15 cm de longitud por 10 mm de diámetro. Los cortes se realizaron por debajo de los nudos dejando un par de hojas en el extremo superior de la estaca y retirando todas las hojas del extremo inferior de la estaca, donde sucedería el enraizamiento, se prepararon 150 estacas.

(4) Inoculación de las semillas y estacas

(Canto Martín *et al.*, 2004)

- Para semillas: Antes de la inoculación, las semillas fueron desinfectadas con etanol al 1% y cloro comercial al 10%, por 3 min y 4 min respectivamente, y se lavaron dos veces con abundante agua estéril. Se realizó la inoculación introduciendo las semillas en una dilución bacteriana a la concentración de $1,22 \times 10^8$ ufc.ml⁻¹ establecida en el punto 2 de este procedimiento «Determinación de la concentración del

inoculante» (Pág. 36), por un tiempo de cinco minutos. Luego del establecimiento en sustrato ('Turba canadiense' que corresponde a turba comercial estéril sin nutrientes compuesta por 80% turba + 10% vermiculita + 10% piedra caliza) a capacidad de carga con agua destilada estéril, se hicieron inoculaciones con 10 mililitros por planta, de la dilución bacteriana a la misma concentración ($1,22 \times 10^8$ ufc.ml⁻¹), una vez a la semana; las inoculaciones se realizaron, a manera de riego con un volumen de 10 ml aplicados con una pipeta; por un período de un mes para *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita maxima*, y por un período de cuatro meses para *Olea europaea*.

- Los periodos de evaluación fueron planificados en base al tiempo de germinación promedio y establecimiento radicular de las especies vegetales utilizadas en esta investigación (Ugás *et al.*, 2000). Siendo la evaluación de germinación esperada para *Solanun lycopersicum* (tomate) y *Cucurbita maxima* (zapallo) en un plazo promedio de 10 días desde realizada la siembra y 15 días luego de la germinación, las evaluaciones de longitud de raíz, peso seco, longitud de tallo (1 mes en total). En tanto que el período esperado de evaluación para *Olea europaea* (olivo) un plazo promedio de

tres meses desde realizada la siembra y un mes luego de la germinación (4 meses en total)

- Las inoculaciones y riegos que se realizaron luego de la siembra durante los días de tratamiento de semillas, respondieron a la siguiente programación:

CUADRO 03: Programación de inoculación y riego para semillas

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Riego: 10 ml de agua destilada por planta	Sin riego, sin inóculo	Inoculación: 10 ml de inóculo por planta	Sin riego, sin inóculo	Riego: 10 ml de agua destilada por planta	Sin riego, sin inóculo	Sin riego, sin inóculo

Fuente: Elaboración propia.

- Para estacas: Antes de realizar el plantado, se procedió con la inoculación introduciendo las bases de las estacas en una dilución bacteriana a la concentración de $1,22 \times 10^8$ ufc.ml⁻¹, por un tiempo de cinco minutos. Luego del establecimiento en sustrato, se hicieron inoculaciones con 10 mililitros por estaca, de la dilución bacteriana a la misma concentración, una vez a la semana; las inoculaciones se realizaron a manera de riego con un volumen de 10 ml aplicados con una pipeta; por un período de cuatro meses para *Olea europaea*.

- Para el tratamiento control, antes de realizar el plantado, se sumergieron las bases de las estacas en agua destilada estéril, por un tiempo de cinco minutos. Luego del establecimiento en sustrato sin nutrientes para enraizamiento (perlita), no se hicieron inoculaciones.
- Las inoculaciones y riegos que se realizaron durante las semanas para los tratamientos de estacas de *Olea europaea*, respondieron a la siguiente programación:

CUADRO 04: Programación de inoculación y riego para estacas de *Olea europaea*

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Riego automatizado sin inóculo	Riego automatizado sin inóculo	Inoculación: 10 ml de inóculo por estaca	Riego automatizado sin inóculo	Riego automatizado sin inóculo	Riego automatizado sin inóculo	Riego automatizado sin inóculo

Fuente: Elaboración propia.

(5) Establecimiento en sustrato.

- Para semillas: El sembrado se hizo en el sustrato turba comercial estéril sin nutrientes de la marca ‘Sunshine’ compuesta por 80% turba canadiense + 10 %vermiculita + 10% piedra caliza, sobre las bandejas germinadoras de plástico y tecnopor. Se mantuvieron en invernadero a un

rango de 25 °C a 28 °C de temperatura, con buena iluminación pero sin incidencia directa de los rayos solares. El tratamiento control se hizo únicamente con agua y estuvo bajo las mismas condiciones; cada unidad experimental de ambos tratamientos se mantuvieron en el sustrato hasta que cumplieron 15 días luego de haber germinado.

- Para estacas: La plantación de estacas se realizó en el sustrato comercial estéril perlita, contenido en bateas de plástico de 30 cm x 30 cm x 15 cm a las que se le acondicionó un sistema de calefacción mediante cable térmico con termostato, y que al mismo tiempo contó con un sistema de riego programado para micro aspersión cada 8 horas por un tiempo de dos minutos. La obtención de resultados se hizo semanalmente por un tiempo aproximado de 2 meses a 4 meses.

(6) Determinación del tiempo de germinación y enraizamiento de *Olea europaea*, *Cucurbita maxima*, *Solanum lycopersicum*

- El tiempo de germinación en días (T_G), se determinó de acuerdo al número de días transcurridos desde la siembra (T_0) hasta el momento en el que se evidenció la germinación (T_f), es decir, la aparición de los primeros dicotiledones por

encima de la superficie del sustrato. De acuerdo a lo siguiente:

$$T_G = T_f - T_0$$

- El tiempo de enraizamiento en días (T_E), se determinó de acuerdo al número de días transcurridos desde el establecimiento en sustrato de las estacas (T_0) hasta el momento en el que se evidencien claramente los callos propios del inicio de enraizamiento (T_i), para lo cual se verificaron diariamente cinco estacas al azar, retirándolas y volviéndolas a colocar manualmente, utilizando una espátula metálica como herramienta de ayuda. El tiempo de enraizamiento está representado de acuerdo a lo siguiente:

$$T_E = T_f - T_0$$

(7) Determinación de materia seca (peso seco) y humedad de *Olea europaea*, *Cucurbita maxima*, *Solanum lycopersicum*

- Se limpió la muestra, con mucho cuidado, utilizando un pincel o una brocha pequeña (de cerdas suaves) para que quede libre de tierra, suciedad o cualquier otra partícula ajena a ella.
 - o De no poder limpiarla de la manera descrita y solo de ser necesario, se lavó la muestra con agua corriente del caño, realizando lo siguiente:

- Se colocó la muestra en una bandeja.
 - Sujetándola, se dejó caer el agua del caño a manera de chorro delgado, manteniéndola a una distancia recomendable de 30 cm por debajo de la abertura del caño, con el fin de limpiarla por golpe de agua, sacudiendo las partes difíciles, hasta dejar la muestra lo más limpia posible.
 - Se retiró la muestra de la bandeja y se secó, colocándola sobre un trozo de papel absorbente y secándola con otro por encima.
 - Se dejó la muestra lo más seca posible y oreándola por 2 min a 3 min.
-
- Se utilizó una tijera (o un bisturí), para cortar en trozos pequeños (recomendable entre 2 cm² y 3 cm², o 2 cm y 3 cm lineales aproximadamente).
 - Se determinó el 'peso fresco' (P_f) de la muestra a analizar, utilizando una balanza de precisión ±0,001 mg y con cuatro cifras significativas. Se documentaron los pesos en una matriz de datos debidamente identificada.
 - Luego, se envolvieron los trozos de una unidad de exploración en papel (recomendable de grosor de 80 gr/m²).

Los sobres estarán debidamente codificados para su identificación y seguimiento.

- Se colocaron las muestras en el interior de la estufa para su desecación a 110 °C por un tiempo de 48 horas.
- Transcurrido el tiempo de desecación se pesaron las muestras desecadas y se anotaron los pesos en la matriz de datos para su posterior evaluación. Este dato corresponde al 'peso de la materia seca' (P_{ms})
- El 'porcentaje de humedad' (%H) se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{P_f - P_{ms}}{P_f} \times 100\%$$

(8) Corroboración de la persistencia de viabilidad bacteriana

- Se seleccionaron al azar dos plantas germinadas de *Olea europaea*, dos plantas germinadas de *Cucurbita máxima*, dos plantas germinadas de *Solanum lycopersicum*, dos estacas enraizadas de *Olea europaea*; así como dos plantas germinadas de sus respectivos tratamiento control.
- Luego se procedió de acuerdo a la sección «Introducción de las muestras en el laboratorio» del punto 1 «Aislamiento y purificación de *Azospirillum*» de este procedimiento, con el fin de verificar la presencia y ausencia de las bacterias inoculadas.

2.5. Análisis estadístico y tratamiento de datos

Para el almacenamiento de datos se utilizó el software de hoja de cálculo Microsoft Office Excel 2010.

Para el tratamiento de datos se utilizó el software estadístico Statgraphics Centurion v.16.1 con el cual se realizaron las pruebas de correlación entre las variables y análisis de varianza.

De manera general, para la presentación del análisis estadístico que ayude a la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas, se tiene que, la 'Tabla de Medias para cada variable por Estado (Inoculado y control) con intervalos de confianza del 95,0%' muestra la media de la variable en estudio para cada nivel de Estado (Inoculado y control). También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad del muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95,0% de las veces. Estos intervalos se usan para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras en las 'Pruebas de Rangos Múltiples'.

La tabla ANOVA descompone la varianza de las variables en estudio en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. El valor-P de la prueba-F deberá ser menor o igual que 0,05, para decir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de la variable en estudio entre un nivel de Estado y otro, es decir, entre las unidades experimentales inoculadas y las unidades experimentales no inoculadas, con un nivel del 95,0% de confianza.

La Prueba de Levene's, mostrado en la tabla de 'Verificación de Varianza' evalúa la hipótesis de que la desviación estándar de las variables en estudio dentro de cada uno de los dos niveles de Estado (Inoculado y Control) es la misma. De particular interés es el valor-P. Puesto que cuando el valor-P es menor que 0,05; existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza. Esto violaría uno de los supuestos importantes subyacentes en el análisis de varianza e invalidará (aseveración dudosa) la mayoría de las pruebas estadísticas comunes. La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. Valores - P por debajo de 0,05, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas de cada grupo de unidades experimentales al 5 % de nivel de significación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

1. RESULTADO DE LA IDENTIFICACIÓN BACTERIANA:

Se identificó a la bacteria *Azospirillum* sp.

2. RESULTADO DE LA CONCENTRACIÓN DEL INOCULANTE:

La concentración de *Azospirillum* sp. fue de $1,22 \times 10^8$ ufc.ml⁻¹; ésta se aplicó a las unidades experimentales con las que se trabajó.

3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Olea europaea*:

3.1. Análisis estadístico para la variable «ongitud de raíz» de olivo

TABLA 01: Efecto en el crecimiento de las raíces de *Olea europaea* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	LongRaizP (cm)	
	Inoculado	Control
1	5,10	3,40
2	4,67	4,45
3	4,38	3,72
4	4,48	4,23
5	5,02	3,82
6	4,98	4,08
7	4,79	3,09
8	4,62	3,66
9	5,18	3,36
10	4,87	4,50
11	4,38	4,43
12	4,53	3,91
13	4,29	3,53
14	4,89	3,85
Promedio	4,73	3,86
Máximo	5,18	4,50
Mínimo	4,29	3,09

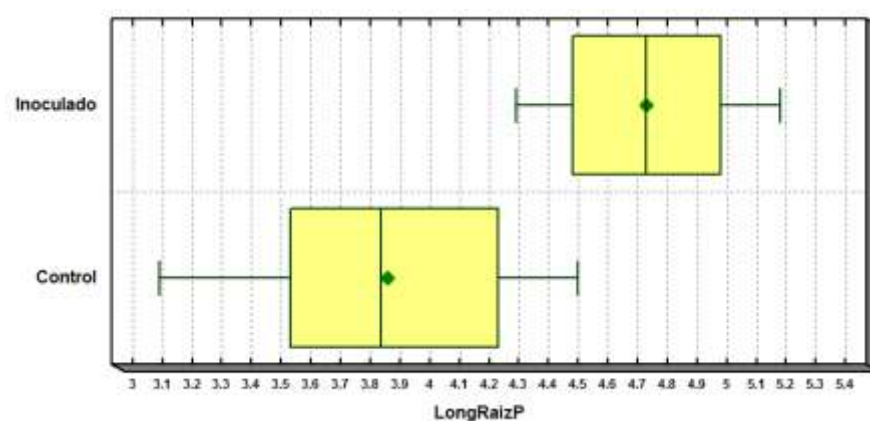
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio de la longitud de la raíz principal de *Olea europaea* es 3,86cm, el valor máximo es 5,18 cm y el valor mínimo es 4,29 cm; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 3,86 cm, el valor máximo es 4,5 cm y el valor mínimo es 3,09 cm (Gráfico 01).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas ($H_1: TE_{(LongRaizP\ olivo)} \neq TC_{(LongRaizP\ olivo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

Estos resultados nos inducen a indicar que la producción de auxinas en zonas terminales del sistema aéreo para el caso de *Olea europaea* es óptima; que luego será transportada a su centro de acción promoviendo el crecimiento del sistema radicular mientras que el tratamiento control no muestra resultados similares por ausencia de *Azospirillum* sp. que en este caso debería actuar como promotor de los reguladores de crecimiento.

GRÁFICO 01: Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de *Olea europaea* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Análisis estadístico para la variable «longitud del tallo» de olivo

TABLA 02: Efecto en el crecimiento longitudinal del tallo de *Olea europaea* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	LongTallo (cm)	
	Inoculado	Control
1	8,36	8,90
2	9,25	7,61
3	7,25	8,17
4	7,65	8,47
5	9,45	7,99
6	9,43	8,46
7	8,43	7,25
8	8,09	7,97
9	9,71	7,32
10	8,46	9,83
11	7,54	8,53
12	8,02	8,37
13	7,25	7,53
14	8,54	8,29
Promedio	8,39	8,19
Máximo	9,71	9,83
Mínimo	7,25	7,25

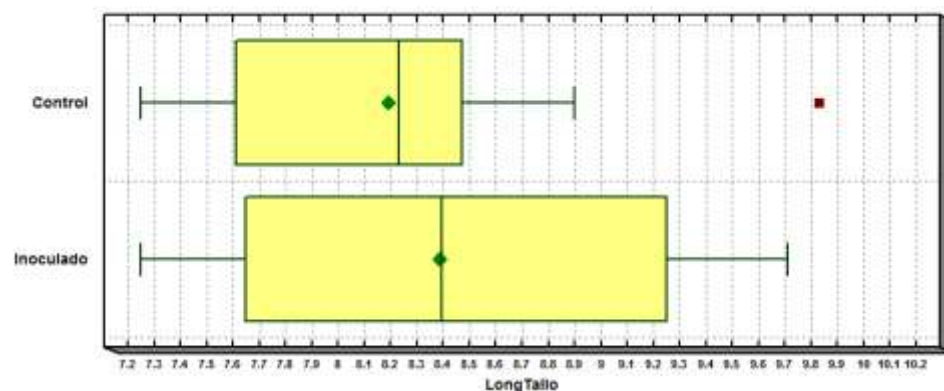
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio de la longitud del tallo de *Olea europaea* es 8,39 cm, el valor máximo es 9,71 cm y el valor mínimo es 7,25 cm; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 8,19 cm, el valor máximo es 9,83 cm y el valor mínimo es 7,25 cm (Gráfico 02).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce significativamente un mejor desarrollo de la longitud del tallo, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas ($H_0: TE_{(LongTallo\ Olivo)} = TC_{(LongTallo\ Olivo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

Para el caso del crecimiento longitudinal del tallo, se muestra que el tratamiento con *Azospirillum* sp. no tuvo un efecto estimulador diferenciado; es decir, que los resultados nos indican que la producción de citoquininas a nivel radicular en *Olea europaea* no ha tenido un efecto estimulador por *Azospirillum* sp.

GRÁFICO 02: Caja y bigotes para la variable longitud del tallo de *Olea europaea* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Análisis estadístico para la variable «tiempo de germinación» de olivo

TABLA 03: Efecto en el tiempo de germinación de *Olea europaea* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	TiempGerm (día)	
	Inoculado	Control
1	109	82
2	95	116
3	121	109
4	112	91
5	88	112
6	93	93
7	105	135
8	111	115
9	77	126
10	103	87
11	119	90
12	111	97
13	120	124
14	103	99
Promedio	104,79	105,43
Máximo	121,00	135,00
Mínimo	77,00	82,00

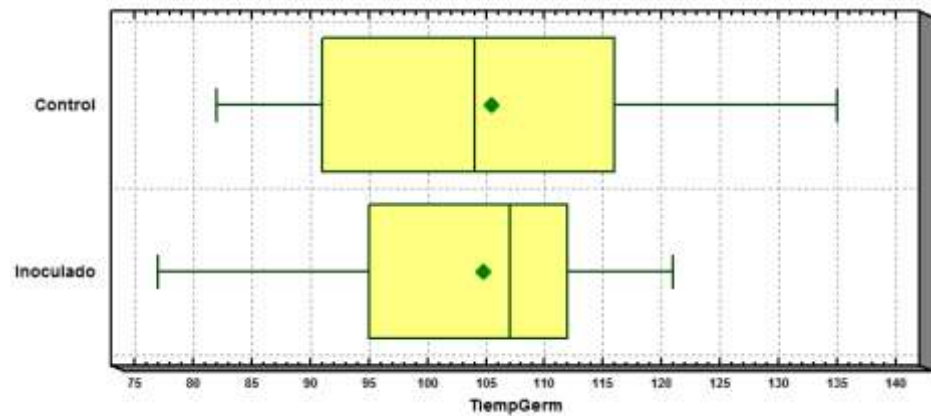
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del tiempo de germinación de *Olea europaea* es de 104,79 días, el valor máximo es 121 días y el valor mínimo es 77 días; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 105,43 días, el valor máximo es 135 días y el valor mínimo es 82 días (Gráfico 03).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce significativamente un mejor desarrollo del tiempo de germinación (menor tiempo), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas ($H_0: TE_{(\text{TiempGerm Olivo})} = TC_{(\text{TiempGerm Olivo})}$) para un nivel de 95,0 % de confianza. Sin embargo se estableció que la energía germinativa (el tiempo de germinación) de las semillas inoculadas ocurre en un período más corto que las no inoculadas.

Para este caso, se observó que el mínimo tiempo de germinación de semillas de olivo se consiguió en aquellas que fueron inoculadas con *Azospirillum* sp. (77 días) esto sugiere pensar que las giberelinas y citoquininas presentes en las semillas han sufrido un efecto estimulador mayor que las no inoculadas, sin embargo, al no haber gran diferencia entre sus promedios y rangos, se asume que no existe diferencia significativa.

GRÁFICO 03: Caja y bigotes para la variable tiempo de germinación de *Olea europaea* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

3.4. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca de hojas» de olivo

TABLA 04: Efecto en el peso de materia seca de hojas de *Olea europaea* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	PmsHojas (g)	
	Inoculado	Control
1	0,0114	0,0131
2	0,0134	0,0136
3	0,0126	0,0138
4	0,0136	0,0135
5	0,0178	0,0132
6	0,0177	0,0134
7	0,0158	0,0125
8	0,0155	0,0131
9	0,0193	0,0130
10	0,0163	0,0137
11	0,0133	0,0135
12	0,0150	0,0133
13	0,0112	0,0131
14	0,0164	0,0133
Promedio	0,01495	0,01329
Máximo	0,01930	0,01380
Mínimo	0,01120	0,01250

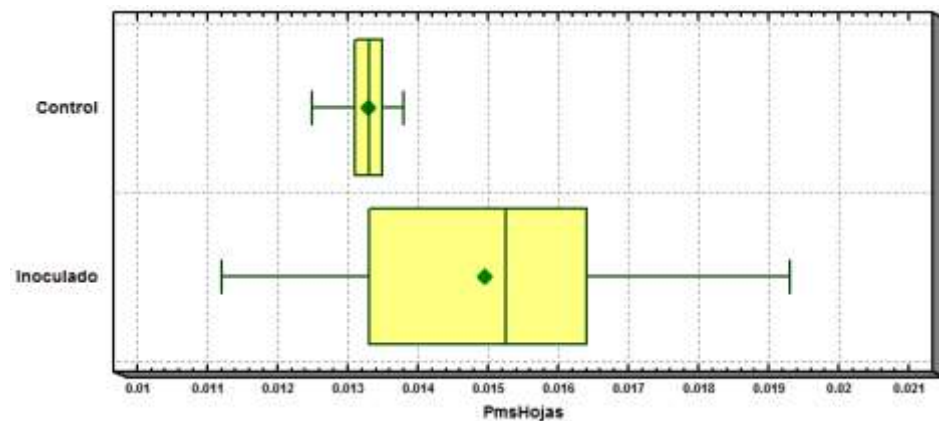
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca para hojas de *Olea europaea* es 0,01495 g, el valor máximo es 0,0193 g y el valor mínimo es 0,0112g; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 0,01329 g, el valor máximo es 0,0138 g y el valor mínimo es 0,0125 g. (Gráfico 04).

Basados en el ANOVA se tiene que la inoculación con *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente una mejor formación de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(PmsHojas\ Olivo)} \neq TC_{(PmsHojas\ Olivo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza. Sin embargo, este resultado es tomado de manera preliminar, (resultado de alta probabilidad) puesto que incumple el supuesto de homocedasticidad del ritual de significancia estadística. Es necesario entonces, incrementar el número de datos realizando nuevamente la experimentación para esta variable respuesta.

Para este caso, los datos obtenidos y representados en el gráfico 04 hacen pensar que la producción de citoquininas en las plantas se ha visto mayor influenciada por la inoculación de *Azospirillum* sp. produciendo mayor contenido de materia vegetal, el mismo que incluye mayor movimiento de nutrientes hacia las hojas que las del grupo control.

GRÁFICO 04: Caja y bigotes para la variable PMS hojas de *Olea europaea* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

3.5. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca del tallo» de olivo

TABLA 05: Efecto en el peso de materia seca del tallo de *Olea europaea* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	PmsTallo (g)	
	Inoculado	Control
1	0,0413	0,0400
2	0,0589	0,0440
3	0,4869	0,0501
4	0,4898	0,0471
5	0,5062	0,0443
6	0,5049	0,0467
7	0,4927	0,0395
8	0,4924	0,0437
9	0,5074	0,0399
10	0,4967	0,0484
11	0,4887	0,0477
12	0,4912	0,0460
13	0,4842	0,0423
14	0,5042	0,0460
Promedio	0,43182	0,04469
Máximo	0,50740	0,05010
Mínimo	0,04130	0,03950

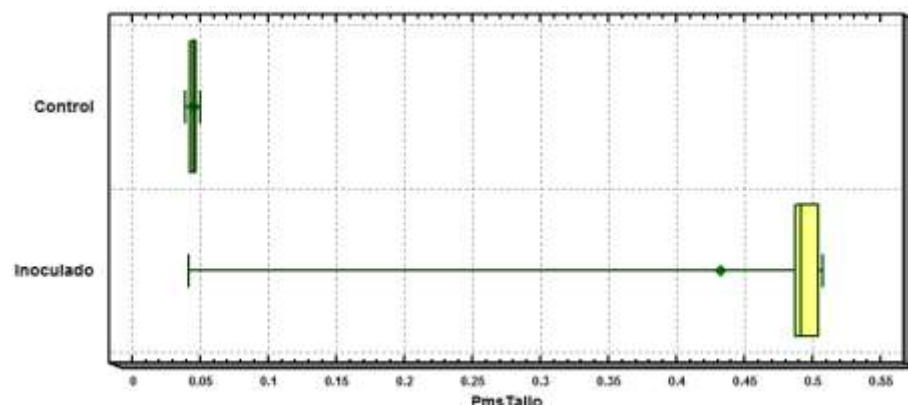
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca para el tallo de *Olea europaea* es 0,4318 g, el valor máximo es 0,5074 g y el valor mínimo es 0,0413 g; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 0,04469 g, el valor máximo es 0,0501 g y el valor mínimo es 0,0395 g. (Gráfico 05).

Basados en el ANOVA se tiene que la inoculación con *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente un mejor desarrollo de materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas ($H_1: TE_{(PmsTallo\ Olivo)} \neq TC_{(PmsTallo\ Olivo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

Para este caso, los datos obtenidos y representados en el gráfico 05 hacen pensar que la producción de citoquininas en las plantas se ha visto mayor influenciada por la inoculación de *Azospirillum* sp. produciendo mayor contenido de materia vegetal, el mismo que incluye mayor movimiento de nutrientes hacia los tallos que las del grupo control.

GRÁFICO 05: Caja y bigotes para la variable PMS del tallo de *Olea europaea* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

3.6. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca de la raíz» de olivo

TABLA 06: Efecto en el peso de materia seca de la raíz de *Olea europaea* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	PmsRaiz (g)	
	Inoculado	Control
1	0,0104	0,0049
2	0,0116	0,0112
3	0,0101	0,0117
4	0,0105	0,0110
5	0,0120	0,0087
6	0,0115	0,0105
7	0,0109	0,0023
8	0,0108	0,0082
9	0,0122	0,0054
10	0,0110	0,0137
11	0,0102	0,0136
12	0,0108	0,0105
13	0,0099	0,0069
14	0,0114	0,0103
Promedio	0,01095	0,00921
Máximo	0,01220	0,01370
Mínimo	0,00990	0,00230

Fuente: Elaboración propia.

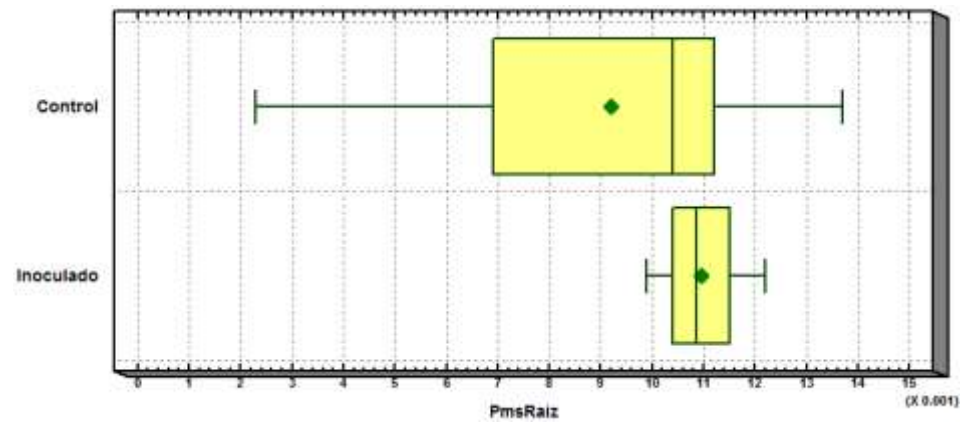
De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca de la raíz de *Olea europaea* es 0,01095 g, el valor máximo es 0,0122 g y el valor mínimo es 0,0099g; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es de 0,009207 g, el

valor máximo es de 0,0137 g y el valor mínimo es de 0,0023 g. (Gráfico 06).

Basados en el ANOVA se tiene que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce significativamente un mejor desarrollo de materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas ($H_0: TE_{(PmsTallo\ Olivo)} = TC_{(PmsTallo\ Olivo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza, sin embargo, este resultado es tomado de manera tentativa (resultado de alta probabilidad) y se recomienda realizar un nuevo experimento especialmente diseñado para esta variable e incrementando el número de unidades experimentales.

Los resultados inducen a pensar que la producción de auxinas que estimulan una mayor generación de raíces y por ende provoca también que la cantidad de materia vegetal radicular

GRÁFICO 06: Caja y bigotes para la variable PMS de la raíz de *Olea europaea* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

3.7. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad de hojas» de olivo

TABLA 07: Efecto en el porcentaje de humedad de hojas de *Olea europaea* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	%Hojas (%)	
	Inoculado	Control
1	78,20	82,20
2	74,03	76,22
3	73,25	74,73
4	73,28	80,35
5	79,33	76,43
6	75,82	79,82
7	75,35	74,59
8	74,42	76,52
9	79,36	74,81
10	75,38	85,68
11	72,80	82,17
12	74,66	76,75
13	75,06	75,56
14	75,85	76,29
Promedio	75,49	78,01
Máximo	79,36	85,68
Mínimo	72,80	74,59

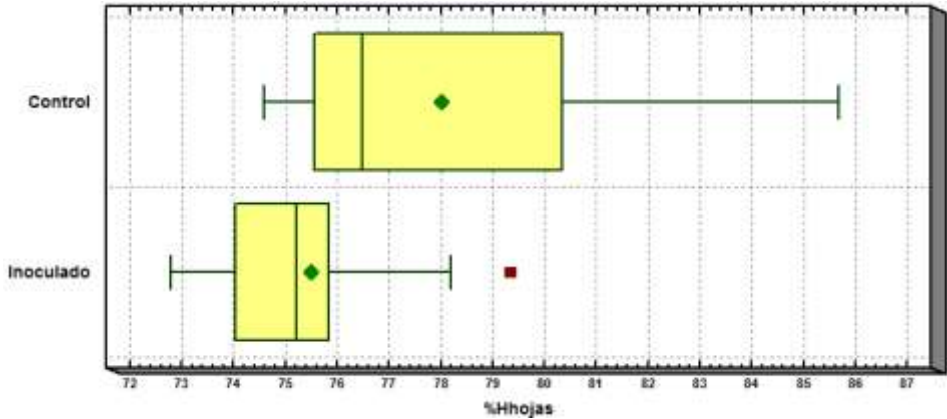
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del porcentaje de humedad para hojas de *Olea europaea* es 75,49 %, el valor máximo es 79,36 % y el valor mínimo es 72,80%; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 78,01 %, el valor máximo es 85,68 % y el valor mínimo es 74,59 %. (Gráfico 07).

Basados en el ANOVA se tiene que la inoculación con *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente un mejor aprovechamiento de nutrientes vehiculizados por el recurso agua (expresado en menor porcentaje de humedad) en la formación de la materia vegetal de las hojas, bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(\% \text{Hojas Olivo})} \neq TC_{(\% \text{Hojas Olivo})}$) para un nivel de 95,0 % de confianza. Sin embargo, este resultado es tomado de manera preliminar, (resultado de alta probabilidad) puesto que incumple el supuesto de homocedasticidad del ritual de significancia estadística. Es necesario entonces, incrementar el número de datos realizando nuevamente la experimentación para esta variable respuesta.

Para este caso, los datos obtenidos y representados en el gráfico 07 hacen pensar que producción de citoquininas en las plantas se ha visto mayor influenciada por la inoculación de *Azospirillum* sp. produciendo mayor contenido de materia vegetal, y aún cuando el porcentaje de humedad es menor, esto indicaría que el efecto benéfico resultante es la fortaleza la fortaleza de la planta, el mismo que incluye mayor eficiencia del movimiento de nutrientes hacia las hojas que las del grupo control, inclusive necesitando menor cantidad de agua.

GRÁFICO 07: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad hojas (%Hojas) de *Olea europaea* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad del tallo» de olivo

TABLA 08: Efecto en el porcentaje de humedad del tallo de *Olea europaea* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	%Htallo (%)	
	Inoculado	Control
1	80,78	83,40
2	76,35	79,13
3	26,01	77,23
4	26,33	80,51
5	28,12	80,81
6	26,92	80,36
7	26,73	79,82
8	26,69	80,08
9	28,84	79,72
10	26,71	80,60
11	26,37	80,46
12	26,57	80,44
13	25,95	79,85
14	26,62	80,36
Promedio	34,21	80,20
Máximo	80,78	83,40
Mínimo	25,95	77,23

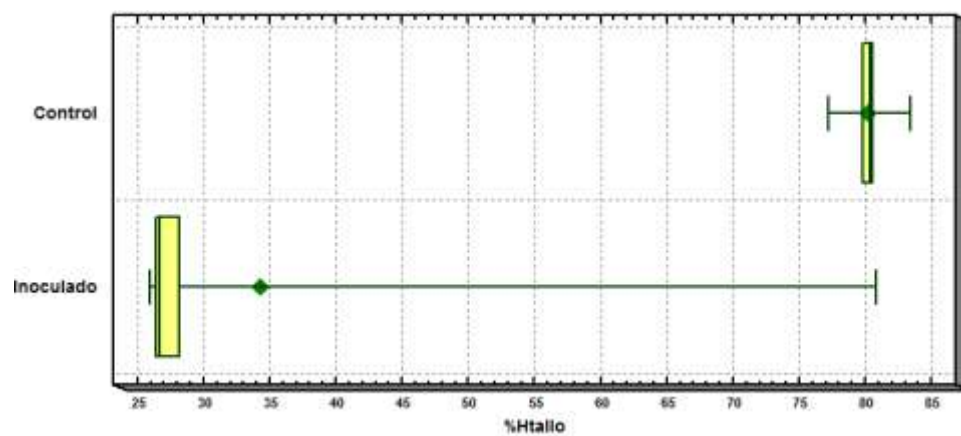
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del porcentaje de humedad para el tallo de *Olea europaea* es 34,21 %, el valor máximo es 80,78 % y el valor mínimo es 25,95%; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 80,20 %, el valor máximo es 83,40 % y el valor mínimo es 77,23 %. (Gráfico 08).

Basados en el ANOVA se tiene que la inoculación con *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente un mejor aprovechamiento de nutrientes vehiculizados por el recurso agua (expresado en menor porcentaje de humedad) en la formación de la materia vegetal del tallo, bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(\%H_{\text{tallo Olivo)}}} \neq TC_{(\%H_{\text{tallo Olivo}})}$) para un nivel de 95,0 % de confianza. Sin embargo, este resultado es tomado de manera preliminar, (resultado de alta probabilidad) puesto que incumple el supuesto de homocedasticidad del ritual de significancia estadística. Es necesario entonces, incrementar el número de datos realizando nuevamente la experimentación para esta variable respuesta.

Para este caso, los datos obtenidos y representados en el gráfico 08 hacen pensar que la producción de citoquininas en las plantas se ha visto mayormente influenciada por la inoculación de *Azospirillum* sp. produciendo mayor contenido de materia vegetal, y aún cuando el porcentaje de humedad es menor, esto indicaría que el efecto benéfico resultante es la fortaleza de la planta, el mismo que incluye mayor eficiencia del movimiento de nutrientes hacia las hojas que las del grupo control, inclusive necesitando menor cantidad de agua.

GRÁFICO 08: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad del tallo (%Htallo) de *Olea europaea* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

3.9. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad raíz» de olivo

TABLA 09: Efecto en el porcentaje de humedad de la raíz de *Olea europaea* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	%Raíz (%)	
	Inoculado	Control
1	53,15	59,17
2	46,54	47,66
3	51,21	52,82
4	51,83	53,19
5	52,57	52,72
6	52,08	52,05
7	51,77	67,14
8	51,35	52,05
9	53,08	51,35
10	51,54	54,33
11	51,20	48,68
12	51,35	51,16
13	51,47	48,51
14	51,69	50,72
Promedio	51,49	52,97
Máximo	53,15	67,14
Mínimo	46,54	47,66

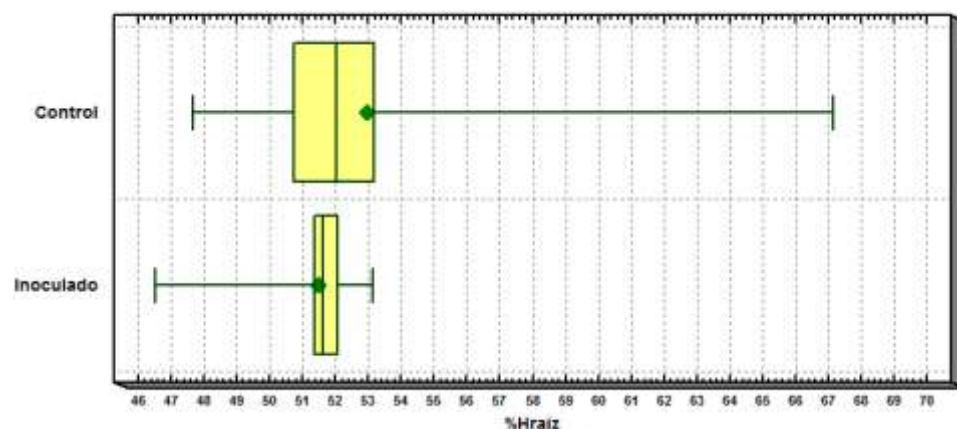
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del porcentaje de humedad de la raíz de *Olea europaea* es 51,49 %, el valor máximo es 53,15 % g y el valor mínimo es 46,54 % g; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 52,97 %, el valor máximo es 67,14 % g y el valor mínimo es 47,66 %. (Gráfico 09).

Basados en el ANOVA se tiene que la inoculación con *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce significativamente una diferencia en el porcentaje de humedad de las raíces, bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(\%Hraiz\ Olivo)} = TC_{(\%Hraiz\ Olivo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

Los resultados inducen a pensar que por medio de la producción de auxinas que estimulan una mayor generación de raíces y por ende provoca también que la cantidad de materia vegetal radicular, se mantiene en este caso la capacidad de colectar cantidad semejante de humedad como las no inoculadas.

GRÁFICO 09: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de la raíz (%Hraiz) de *Olea europaea* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Solanum lycopersicum*:

4.1. Análisis estadístico para la variable «longitud de raíz» de tomate

TABLA 10: Efecto en el crecimiento de las raíces de *Solanum lycopersicum* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	LongRaizP (cm)	
	Inoculado	Control
1	10,90	9,31
2	10,44	8,60
3	11,31	7,54
4	13,23	4,80
5	22,00	11,40
6	18,25	9,12
7	9,70	7,39
8	8,20	7,10
9	12,05	8,46
10	14,10	9,80
11	9,10	9,84
12	13,10	8,62
13	17,85	10,14
14	9,70	6,68
15	16,17	8,71
16	12,19	9,45
17	11,63	8,96
18	13,57	9,50
19	20,84	10,13
20	16,35	8,30
21	14,70	8,20
22	10,44	8,20
23	9,50	9,90
24	17,40	9,00
25	14,30	9,10
Promedio	13,48	8,73
Máximo	22,00	11,40
Mínimo	8,20	4,80

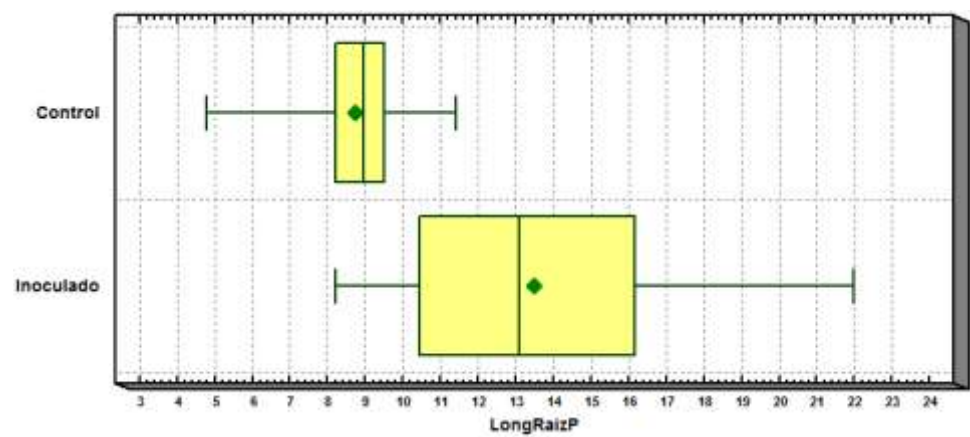
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio de la longitud de la raíz principal de *Solanum lycopersicum* es 13,4808 cm, el valor máximo es 22,0 cm y el valor mínimo es 8,2 cm; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 8,73 cm, el valor máximo es 11,4 cm y el valor mínimo es 4,8 cm (Gráfico 10).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente un mejor desarrollo del sistema radicular bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas ($H_1: TE_{(LongRaizP\ Tomate)} \neq TC_{(LongRaizP\ Tomate)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza; sin embargo, este resultado es tomado de manera tentativa (resultado de alta probabilidad) y se recomienda realizar un nuevo experimento incrementando el número de unidades experimentales para esta variable respuesta.

Estos resultados inducen a indicar que la producción de auxinas en zonas terminales del sistema aéreo para el caso del *Solanum lycopersicum* es óptima; que luego será transportada a su centro de acción promoviendo el crecimiento del sistema radicular mientras que el tratamiento control no muestra resultados similares por ausencia de *Azospirillum* sp. que en este caso debería actuar como promotor de los reguladores de crecimiento.

GRÁFICO 10: Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de *Solanum lycopersicum* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

4.2. Análisis estadístico para la variable «longitud del tallo» de tomate

TABLA 11: Efecto en el crecimiento longitudinal del tallo de *Solanum lycopersicum* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

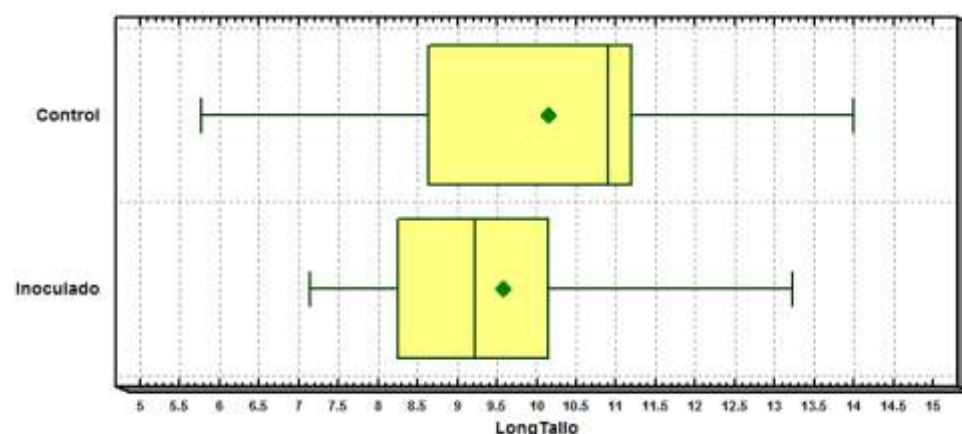
Nro. Repetición	LongTallo (cm)	
	Inoculado	Control
1	8,61	11,03
2	8,26	8,40
3	9,03	8,63
4	9,64	6,10
5	12,00	11,00
6	13,22	10,98
7	7,60	7,22
8	8,10	7,40
9	12,10	9,57
10	8,40	12,60
11	8,70	10,79
12	8,90	10,03
13	13,13	11,08
14	7,15	5,78
15	10,14	12,45
16	9,42	11,81
17	9,23	13,27
18	9,74	11,50
19	10,23	10,86
20	13,05	6,80
21	10,00	9,10
22	7,93	11,00
23	7,40	10,90
24	9,80	14,00
25	7,60	11,20
Promedio	9,58	10,14
Máximo	13,22	14,00
Mínimo	7,15	5,78

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio de la longitud del tallo de *Solanum lycopersicum* es 9,5752cm, el valor máximo es 13,22 cm y el valor mínimo es 7,15cm; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 10,14 cm, el valor máximo es 14,0 cm y el valor mínimo es 5,78 cm (Gráfico 11).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce un mejor desarrollo de la longitud del tallo bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(LongTallo\ Tomate)} = TC_{(LongTallo\ Tomate)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

GRÁFICO 11: Caja y bigotes para la variable longitud del tallo de *Solanum lycopersicum* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Análisis estadístico para la variable «tiempo de germinación» de tomate

TABLA 12: Efecto en el tiempo de germinación de *Solanum lycopersicum* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

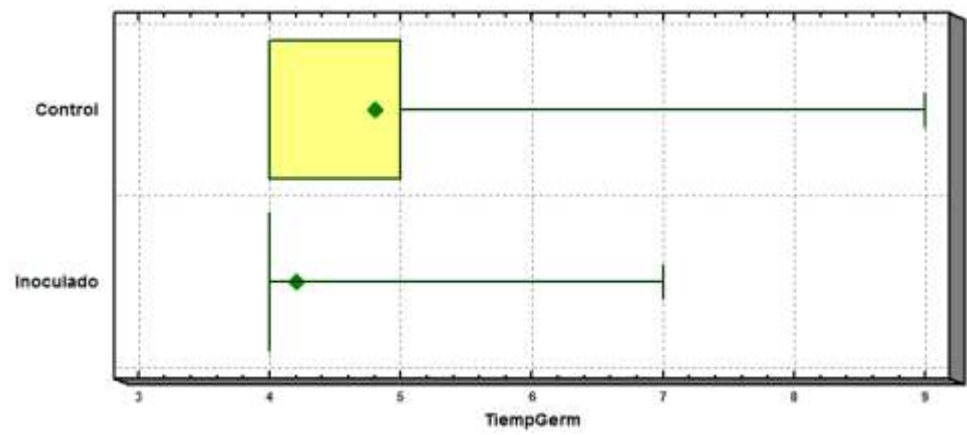
Nro. Repetición	TiempGerm (día)	
	Inoculado	Control
1	4	4
2	4	5
3	4	4
4	4	4
5	4	4
6	4	6
7	4	6
8	4	5
9	7	5
10	4	4
11	4	4
12	4	5
13	4	4
14	4	9
15	4	4
16	4	6
17	4	4
18	4	4
19	4	4
20	4	5
21	4	6
22	4	4
23	6	5
24	4	5
25	4	4
Promedio	4,20	4,80
Máximo	7,00	9,00
Mínimo	4,00	4,00

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del tiempo de germinación de *Solanum lycopersicum* es 4,20 días, el valor máximo es siete días y el valor mínimo es cuatro días; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 4,80 días, el valor máximo es nueve días y el valor mínimo es cuatro días (Gráfico 12).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre semillas de *Solanum lycopersicum* acelera significativamente el proceso de germinación acortando el tiempo de la misma en comparación con las no inoculadas, bajo condiciones de invernadero ($H_1: TE_{(TiempGerm\ Tomate)} \neq TC_{(TiempGerm\ Tomate)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza; sin embargo, este resultado es tomado de manera tentativa (resultado de alta probabilidad) puesto que incumple el supuesto de homocedasticidad del ritual de significancia estadística y se recomienda realizar un estudio aumentando el número de unidades experimentales para esta variable respuesta, debiéndose tomar en consideración para futuras investigaciones.

GRÁFICO 12: Caja y bigotes para la variable tiempo de germinación de *Solanum lycopersicum* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

4.4. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca de hojas» de tomate

TABLA 13: Efecto en el peso de materia seca de hojas de *Solanum lycopersicum* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

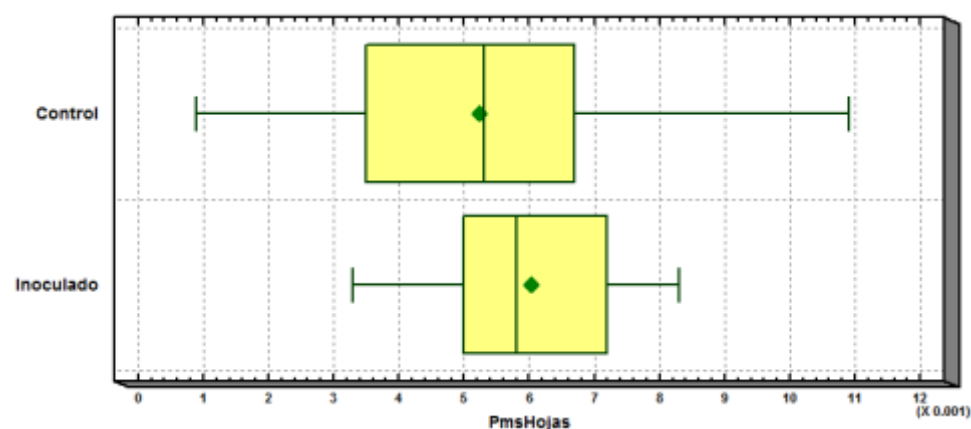
Nro. Repetición	PmsHojas (g)	
	Inoculado	Control
1	0,0058	0,0068
2	0,0058	0,0047
3	0,0058	0,0022
4	0,0074	0,0021
5	0,0080	0,0109
6	0,0046	0,0055
7	0,0045	0,0021
8	0,0071	0,0043
9	0,0033	0,0048
10	0,0052	0,0061
11	0,0041	0,0064
12	0,0072	0,0049
13	0,0044	0,0069
14	0,0050	0,0015
15	0,0082	0,0090
16	0,0063	0,0074
17	0,0062	0,0081
18	0,0077	0,0009
19	0,0083	0,0067
20	0,0035	0,0035
21	0,0078	0,0033
22	0,0055	0,0054
23	0,0056	0,0051
24	0,0066	0,0053
25	0,0067	0,0067
Promedio	0,00602	0,00522
Máximo	0,00830	0,01090
Mínimo	0,00330	0,00090

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo ‘inoculado’ el promedio del peso de materia seca de hojas de *Solanum lycopersicum* es 0,006024 g, el valor máximo es 0,0083 g y el valor mínimo es 0,0033 g; en tanto que para el grupo ‘control’ el promedio es 0,005224 g, el valor máximo es 0,0109 g y el valor mínimo es 0,0009 g (Gráfico 13).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca) bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(PmsHojas\ Tomate)} = TC_{(PmsHojas\ Tomate)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

GRÁFICO 13: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de *Solanum lycopersicum* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

4.5. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca del tallo» de tomate

TABLA 14: Efecto en el peso de materia seca del tallo de *Solanum lycopersicum* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

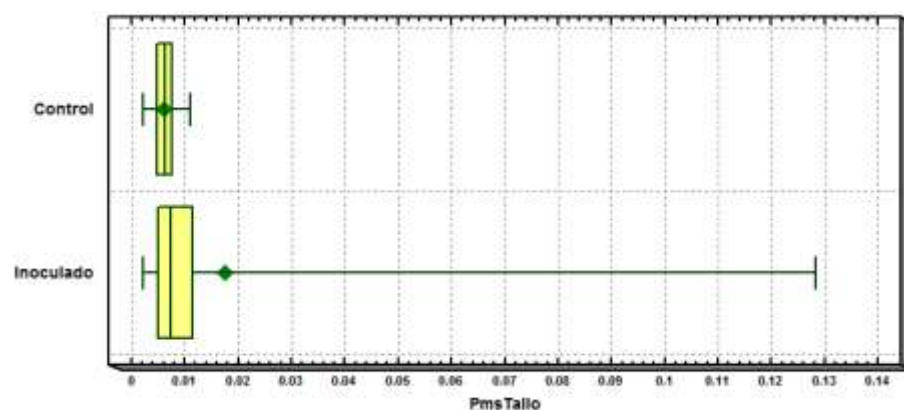
Nro. Repetición	PmsTallo (g)	
	Inoculado	Control
1	0,0050	0,0067
2	0,0047	0,0032
3	0,0052	0,0053
4	0,0085	0,0022
5	0,0124	0,0111
6	0,0650	0,0065
7	0,0052	0,0048
8	0,0059	0,0045
9	0,1284	0,0061
10	0,0073	0,0098
11	0,0029	0,0058
12	0,0075	0,0063
13	0,0528	0,0070
14	0,0030	0,0026
15	0,0115	0,0089
16	0,0080	0,0075
17	0,0067	0,0093
18	0,0090	0,0076
19	0,0136	0,0061
20	0,0437	0,0031
21	0,0110	0,0055
22	0,0041	0,0041
23	0,0047	0,0069
24	0,0021	0,0062
25	0,0069	0,0076
Promedio	0,01740	0,00619
Máximo	0,12840	0,01110
Mínimo	0,00210	0,00220

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca del tallo de *Solanum lycopersicum* es 0,017404 g, el valor máximo es 0,1284 g y el valor mínimo es 0,0021 g; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 0,006188 g, el valor máximo es 0,0111 g y el valor mínimo es 0,0022 g (Gráfico 14).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce significativamente un mejor desarrollo de materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(PmsTallo\ Tomate)} = TC_{(PmsTallo\ Tomate)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

GRÁFICO 14: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de *Solanum lycopersicum* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

4.6. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca de raíz» de tomate

TABLA 15: Efecto en el peso de materia seca de la raíz de *Solanum lycopersicum* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

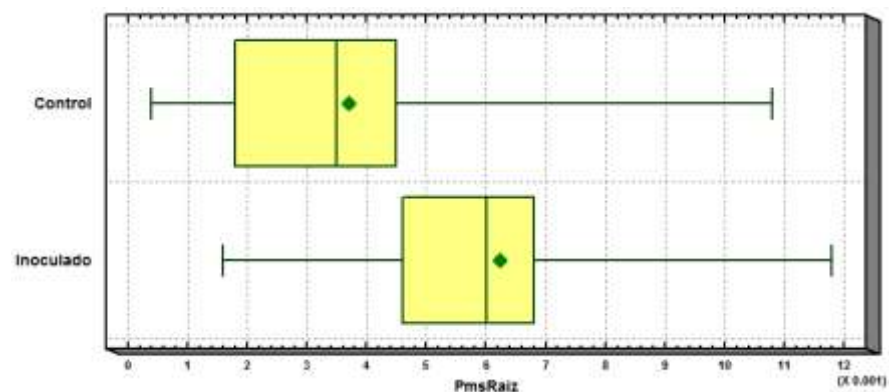
Nro. Repetición	PmsTallo (g)	
	Inoculado	Control
1	0,0050	0,0067
2	0,0047	0,0032
3	0,0052	0,0053
4	0,0085	0,0022
5	0,0124	0,0111
6	0,0650	0,0065
7	0,0052	0,0048
8	0,0059	0,0045
9	0,1284	0,0061
10	0,0073	0,0098
11	0,0029	0,0058
12	0,0075	0,0063
13	0,0528	0,0070
14	0,0030	0,0026
15	0,0115	0,0089
16	0,0080	0,0075
17	0,0067	0,0093
18	0,0090	0,0076
19	0,0136	0,0061
20	0,0437	0,0031
21	0,0110	0,0055
22	0,0041	0,0041
23	0,0047	0,0069
24	0,0021	0,0062
25	0,0069	0,0076
Promedio	0,01740	0,00619
Máximo	0,12840	0,01110
Mínimo	0,00210	0,00220

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca del tallo de *Solanum lycopersicum* es 0,006224 g, el valor máximo es 0,0118 g y el valor mínimo es 0,0016 g; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 0,003708 g, el valor máximo es 0,0108 g y el valor mínimo es 0,0004 g (Gráfico 15).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente un mejor desarrollo de materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(PmsRaiz\ Tomate)} \neq TC_{(PmsRaiz\ Tomate)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

GRÁFICO 15: Caja y bigotes para la variable PMS de la raíz de *Solanum lycopersicum* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

4.7. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad de hojas» de tomate

TABLA 16: Efecto en el porcentaje de humedad de hojas de *Solanum lycopersicum* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

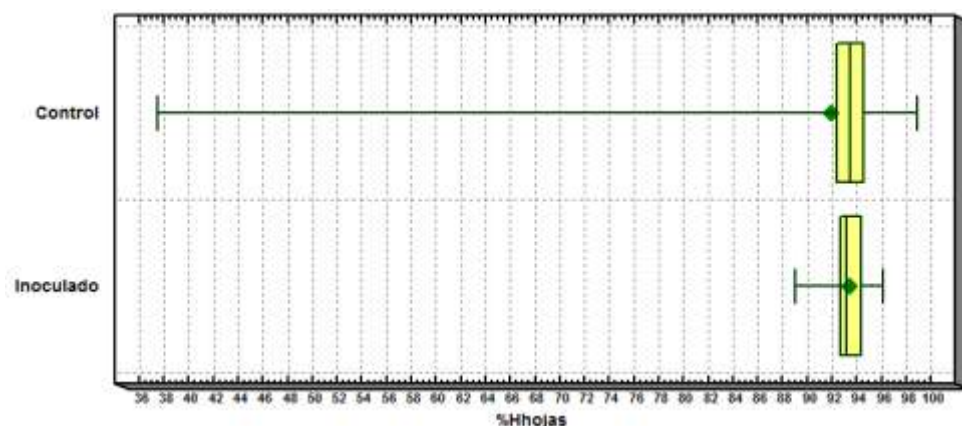
Nro. Repetición	%Hojas (%)	
	Inoculado	Control
1	92,68	93,35
2	95,20	92,22
3	93,96	96,98
4	91,87	93,16
5	94,77	91,58
6	95,04	37,50
7	94,32	97,22
8	92,67	93,74
9	96,18	93,86
10	95,09	95,12
11	93,56	93,13
12	93,33	92,86
13	92,89	92,36
14	92,87	98,68
15	92,46	92,04
16	94,02	94,07
17	93,11	92,06
18	91,54	98,93
19	91,20	92,10
20	96,12	93,45
21	89,03	97,37
22	93,13	93,43
23	92,61	94,55
24	93,70	93,74
25	92,73	94,22
Promedio	93,36	91,91
Máximo	96,18	98,93
Mínimo	89,03	37,50

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del porcentaje de humedad de hojas de *Solanum lycopersicum* es 93,36 %, el valor máximo es 96,18 % y el valor mínimo es 89,03 %; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 91,91%, el valor máximo es 98,93 % y el valor mínimo es 37,50 % (Gráfico 16).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce significativamente una diferencia en el porcentaje de humedad de las hojas bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(\%Hojas\ Tomate)} = TC_{(\%Hojas\ Tomate)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

GRÁFICO 16: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de *Solanum lycopersicum* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

4.8. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad de tallo» de tomate

TABLA 17: Efecto en el porcentaje de humedad del tallo de *Solanum lycopersicum* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

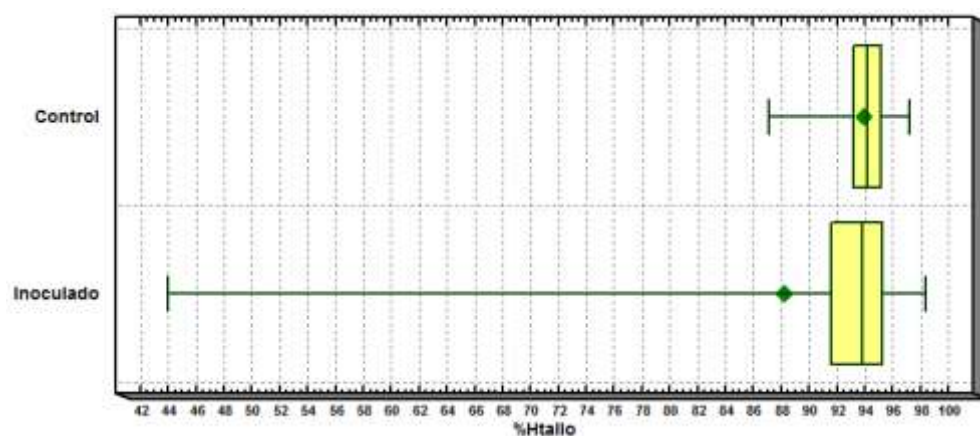
Nro. Repetición	%Htallo (%)	
	Inoculado	Control
1	96,33	95,02
2	96,90	96,45
3	93,74	95,16
4	91,61	93,21
5	93,80	92,41
6	65,46	94,73
7	93,89	96,00
8	94,26	94,98
9	43,95	95,73
10	93,88	93,28
11	96,68	94,16
12	94,06	90,68
13	57,49	87,11
14	98,32	97,21
15	93,20	91,34
16	90,27	91,23
17	95,32	91,83
18	95,26	93,20
19	84,33	93,85
20	63,61	96,55
21	93,41	95,19
22	92,63	95,82
23	94,11	94,96
24	98,36	94,09
25	93,59	93,96
Promedio	88,18	93,93
Máximo	98,36	97,21
Mínimo	43,95	87,11

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca del tallo de *Solanum lycopersicum* es 88,18 %, el valor máximo es 98,36 % y el valor mínimo es 43,95 %; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 93,93 %, el valor máximo es 97,21 % y el valor mínimo es 87,11% (Gráfico 17).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce significativamente una diferencia en el porcentaje de humedad del tallo, bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(\%HTallos Tomate)} = TC_{(\%HTallos Tomate)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

GRÁFICO 17: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de *Solanum lycopersicum* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

4.9. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad de raíz» de tomate.

TABLA 18: Efecto en el porcentaje de humedad de la raíz de *Solanum lycopersicum* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

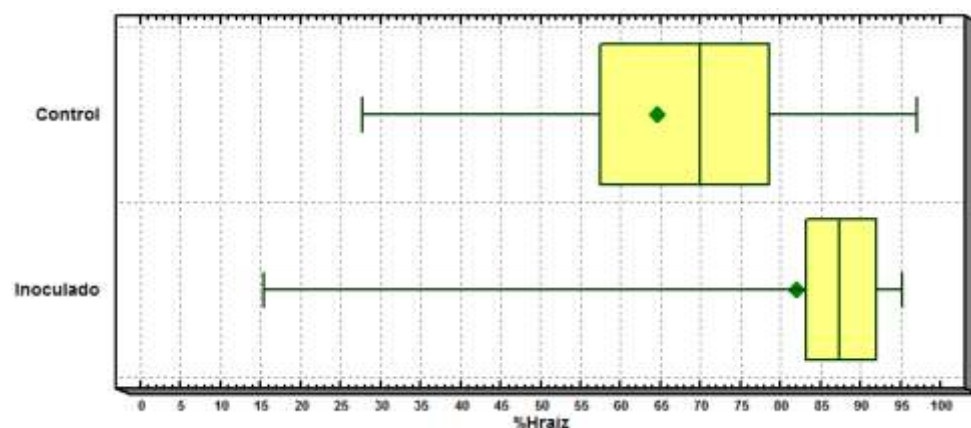
Nro. Repetición	%Hraiz (%)	
	Inoculado	Control
1	85,71	78,57
2	88,59	79,41
3	92,09	78,23
4	92,55	57,69
5	90,53	79,46
6	86,26	27,78
7	72,22	33,33
8	95,22	75,58
9	83,25	84,29
10	94,42	59,41
11	50,00	89,90
12	94,14	77,24
13	87,38	58,39
14	90,95	96,97
15	91,91	44,68
16	94,56	42,31
17	15,49	57,48
18	87,99	40,78
19	86,82	75,48
20	86,42	71,05
21	87,41	28,00
22	61,02	70,00
23	78,00	65,69
24	73,26	63,37
25	84,06	80,43
Promedio	82,01	64,62
Máximo	95,22	96,97
Mínimo	15,49	27,78

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca del tallo de *Solanum lycopersicum* es 82,01 %, el valor máximo es 95,22 % y el valor mínimo es 15,49 %; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 64,62 %, el valor máximo es 96,97 % y el valor mínimo es 27,78% (Gráfico 18).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente una diferencia en el porcentaje de humedad de la raíz bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(\%Hraiz\ Tomate)} \neq TC_{(\%Hraiz\ Tomate)}$) para un nivel de 95,0% de confianza.

GRÁFICO 18: Caja y bigotes para la variable PMS de la raíz de *Solanum lycopersicum* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

5. RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Cucurbita maxima*:

5.1. Análisis estadístico para la variable «longitud de raíz» de zapallo

TABLA 19: Efecto en el crecimiento de las raíces de *Cucurbita maxima* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	LongRaizP (cm)	
	Inoculado	Control
1	44,50	33,70
2	32,65	44,00
3	63,00	37,20
4	38,18	34,60
5	52,00	34,00
6	40,00	38,80
7	40,00	36,80
8	21,06	35,00
9	22,04	36,50
10	22,78	39,00
11	48,80	46,50
12	42,50	40,50
13	25,39	39,50
14	32,50	32,40
15	16,00	43,50
16	36,00	45,00
17	25,80	38,00
18	26,94	31,70
19	34,91	33,10
Promedio	35,00	37,88
Máximo	63,00	46,50
Mínimo	16,00	31,70

Fuente: Elaboración propia.

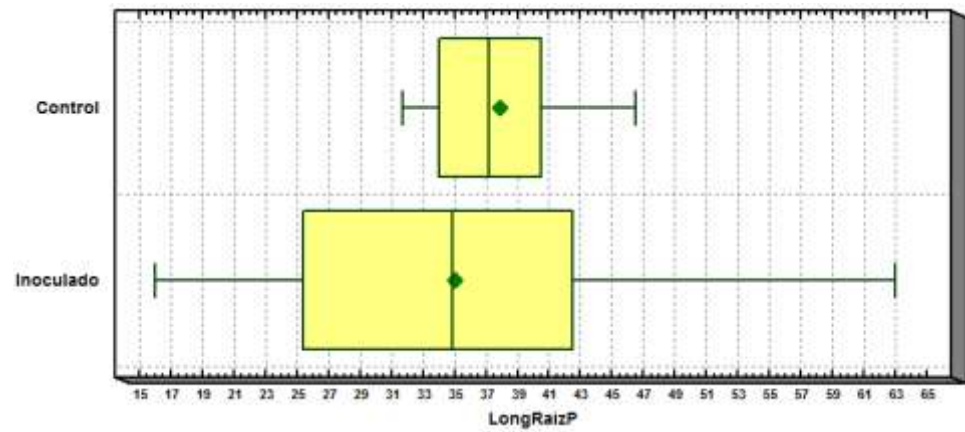
De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio de la longitud de la raíz principal de *Cucurbita maxima* es 35,0026 cm, el valor máximo es 63,0 cm y el valor mínimo es 16,0cm; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 37,8842cm, el valor máximo es 46,5 cm y el valor mínimo es de 31,7cm (Gráfico 19).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* no produce significativamente un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(LongRaizP\ Zapallo)} = TC_{(LongRaizP\ Zapallo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza. Sin embargo, es necesario aumentar el número de unidades experimentales dado que el valor probabilístico de la prueba de Levene's muestra que los datos incumplen con el supuesto de homocedastecidad.

Estos resultados inducen a indicar que la producción de auxinas en zonas terminales del sistema aéreo para el caso del *Cucurbita maxima* es óptima; que luego será transportada a su centro de acción promoviendo el crecimiento del sistema radicular mientras que el tratamiento control no muestra resultados similares

por ausencia de *Azospirillum* sp. que en este caso debería actuar como promotor de los reguladores de crecimiento.

GRÁFICO 19: Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de *Cucurbita maxima* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

5.2. Análisis estadístico para la variable «longitud del tallo» de zapallo

TABLA 20: Efecto en el crecimiento longitudinal del tallo de *Cucurbita maxima* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	LongTallo (cm)	
	Inoculado	Control
1	34,00	16,80
2	30,80	44,00
3	43,00	17,90
4	26,70	17,20
5	33,10	16,80
6	43,00	18,20
7	24,00	17,80
8	19,20	19,00
9	20,70	17,80
10	22,10	27,00
11	30,30	36,00
12	35,60	29,00
13	23,00	29,00
14	26,50	16,10
15	39,00	22,00
16	46,00	44,00
17	23,10	20,00
18	24,00	15,50
19	27,90	24,50
Promedio	30,11	23,61
Máximo	46,00	44,00
Mínimo	19,20	15,50

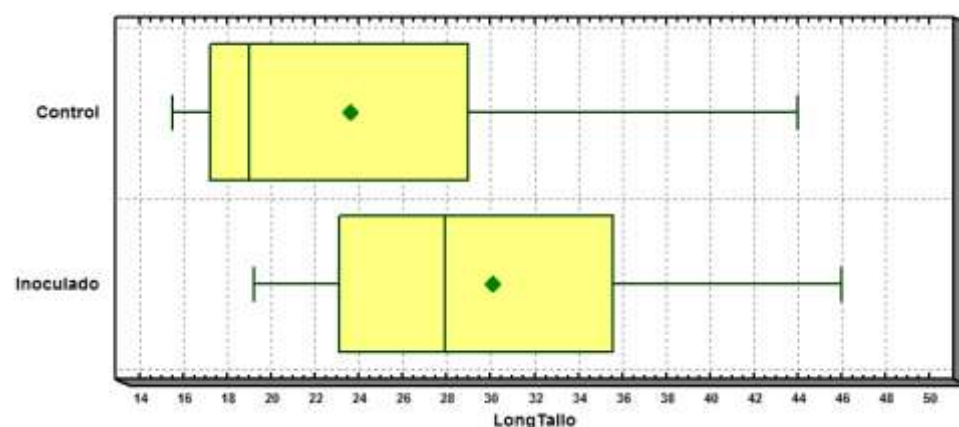
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio de la longitud de la raíz principal de *Cucurbita maxima* es

30,1053 cm, el valor máximo es 46,0 cm y el valor mínimo es 19,2 cm; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 23,6105 cm, el valor máximo es 44,0 cm y el valor mínimo es 15,5 cm (Gráfico 20).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce un mejor desarrollo de la longitud del tallo bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(LongTallo\ Zapallo)} \neq TC_{(LongTallo\ Zapallo)}$) para un nivel de 95,0% de confianza.

GRÁFICO 20: Caja y bigotes para la variable longitud del tallo de *Cucurbita maxima* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

5.3. Análisis estadístico para la variable «tiempo de germinación» de zapallo

TABLA 21: Efecto en el tiempo de germinación de *Cucurbita maxima* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	TiempGerm (día)	
	Inoculado	Control
1	8	19
2	11	2
3	1	18
4	11	19
5	8	19
6	5	17
7	2	18
8	17	16
9	16	18
10	19	12
11	10	2
12	2	11
13	17	2
14	14	19
15	7	8
16	2	2
17	19	16
18	17	19
19	19	11
Promedio	10,79	13,05
Máximo	19,00	19,00
Mínimo	1,00	2,00

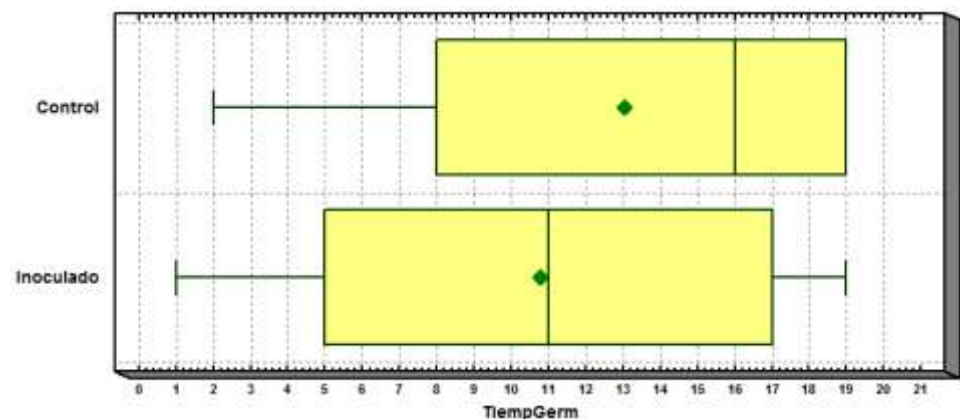
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del tiempo de germinación de *Cucurbita maxima* es 10,79

días, el valor máximo es 19 días y el valor mínimo es 1 día; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 13,05 días, el valor máximo es 19 días y el valor mínimo es dos días (Gráfico 21).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima*, no produce un mejor desarrollo del tiempo de germinación (menor tiempo), bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(TiempGerm Zapallo)} = TC_{(TiempGerm Zapallo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

GRÁFICO 21: Caja y bigotes para la variable tiempo de germinación de *Cucurbita maxima* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

5.4. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca de hojas» de zapallo

TABLA 22: Efecto en el peso de materia seca de hojas de *Cucurbita maxima* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	PmsHojas (g)	
	Inoculado	Control
1	0,3189	0,1517
2	0,2389	0,2149
3	0,3580	0,1958
4	0,3119	0,1612
5	0,3614	0,1593
6	0,2321	0,2273
7	0,2220	0,1884
8	0,1527	0,1592
9	0,1565	0,1684
10	0,1567	0,2295
11	0,2883	0,2462
12	0,2067	0,1622
13	0,1598	0,1928
14	0,2092	0,1275
15	0,1940	0,2040
16	0,2324	0,2822
17	0,1801	0,2316
18	0,1957	0,1099
19	0,2009	0,1920
Promedio	0,23033	0,18969
Máximo	0,36140	0,28220
Mínimo	0,15270	0,10990

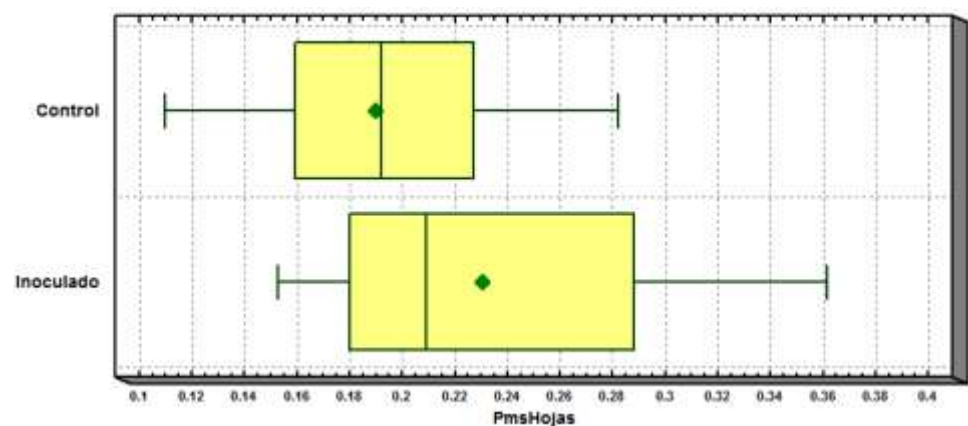
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca de hojas de *Cucurbita maxima* es

0, 23 g, el valor máximo es 0,36 g y el valor mínimo es 0,15 g; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 0,1897 g, el valor máximo es 0,28 g y el valor mínimo es 0,11 g (Gráfico 22).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(PmsHojas\ Zapallo)} \neq TC_{(PmsHojas\ Zapallo)}$) para un nivel de 95,0% de confianza.

GRÁFICO 22: Caja y bigotes para la variable PMS de hojas de *Cucurbita maxima* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

5.5. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca del tallo» de zapallo

TABLA 23: Efecto en el peso de materia seca del tallo de *Cucurbita maxima* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	PmsTallo (g)	
	Inoculado	Control
1	0,2570	0,1485
2	0,1512	0,1892
3	0,3112	0,1602
4	0,1925	0,1524
5	0,2571	0,1523
6	0,1744	0,1662
7	0,1866	0,1540
8	0,1229	0,1550
9	0,1244	0,1531
10	0,1314	0,1482
11	0,1925	0,1822
12	0,1552	0,1551
13	0,1344	0,1673
14	0,1189	0,1479
15	0,1376	0,1576
16	0,1562	0,1885
17	0,1364	0,1641
18	0,1852	0,1417
19	0,1946	0,1291
Promedio	0,17472	0,15856
Máximo	0,31120	0,18920
Mínimo	0,11890	0,12910

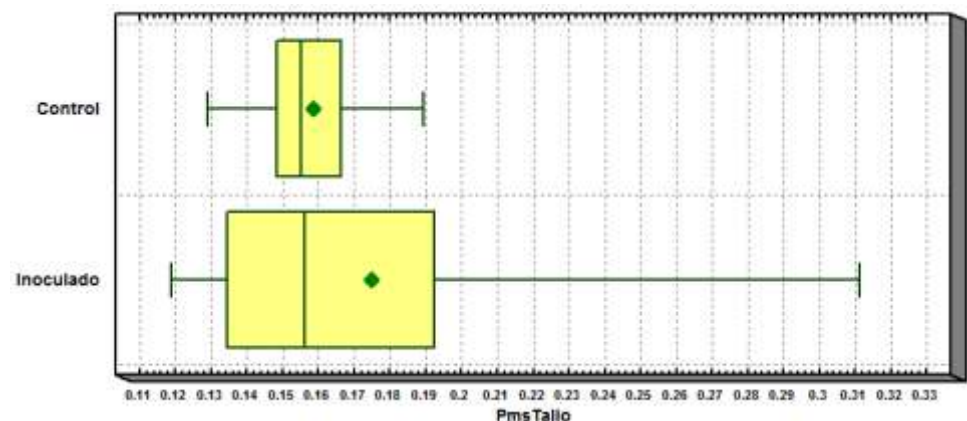
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca de tallo de *Cucurbita maxima* es 0,1747 g, el valor máximo es 0,311 g y el valor mínimo es 0,119 g; en

tanto que para el grupo 'control' el promedio es de 0,1586 g, el valor máximo es de 0,189 g y el valor mínimo es de 0,129 g (Gráfico 23).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* no produce significativamente un mejor desarrollo de materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(PmsTallo\ Zapallo)} = TC_{(PmsTallo\ Zapallo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza. Sin embargo es recomendable realizar una prueba exclusiva para esta variable respuesta, aumentando el número de unidades experimentales.

GRÁFICO 23: Caja y bigotes para la variable PMS de tallos de *Cucurbita maxima* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

5.6. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca de raíz» de zapallo

TABLA 24: Efecto en el peso de materia seca de la raíz de *Cucurbita maxima* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	PmsRaiz (g)	
	Inoculado	Control
1	0,2570	0,0165
2	0,0653	0,0480
3	0,0661	0,0479
4	0,4349	0,0253
5	0,2089	0,0169
6	0,0555	0,0621
7	0,1866	0,0381
8	0,0983	0,0292
9	0,1381	0,0299
10	0,1624	0,0447
11	0,1226	0,0559
12	0,0873	0,0349
13	0,1855	0,0626
14	0,0426	0,0077
15	0,0491	0,0554
16	0,0517	0,0543
17	0,1938	0,0523
18	0,2049	0,0045
19	0,2561	0,0421
Promedio	0,15088	0,03833
Máximo	0,43490	0,06260
Mínimo	0,04260	0,00450

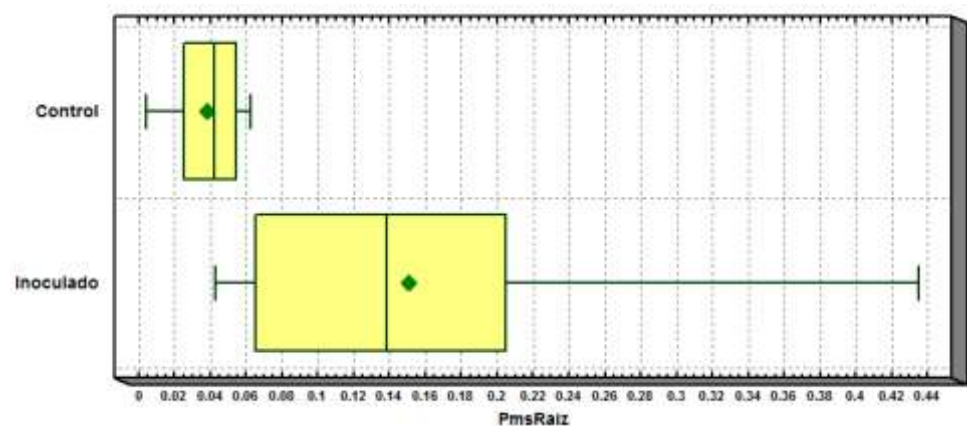
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca de tallo de *Cucurbita maxima* es 0,150879 g, el valor máximo es 0,4349 g y el valor mínimo es

0,0426 g; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 0,03833 g, el valor máximo es 0,0626 g y el valor mínimo es 0,0045 g (Gráfico 24).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* si produce significativamente un mejor desarrollo de materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(PmsRaiz\ Zapallo)} \neq TC_{(PmsRaiz\ Zapallo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza, sin embargo, se recomienda realizar un nuevo experimento especialmente diseñado para esta variable aumentando el número de unidades experimentales.

GRÁFICO 24: Caja y bigotes para la variable PMS de tallos de *Cucurbita maxima* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

5.7. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad de hojas» de zapallo.

TABLA 25: Efecto en el porcentaje de humedad de hojas de *Cucurbita maxima* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	%Hojas (%)	
	Inoculado	Control
1	93,22	95,62
2	93,92	94,00
3	92,52	93,21
4	92,58	95,72
5	93,12	95,68
6	94,13	93,76
7	93,92	91,84
8	91,60	94,20
9	95,93	92,83
10	94,55	93,50
11	92,80	94,06
12	94,16	93,79
13	96,30	94,00
14	93,76	95,60
15	93,20	94,05
16	91,26	93,41
17	95,56	93,80
18	92,20	96,88
19	91,46	93,58
Promedio	93,48	94,19
Máximo	96,30	96,88
Mínimo	91,26	91,84

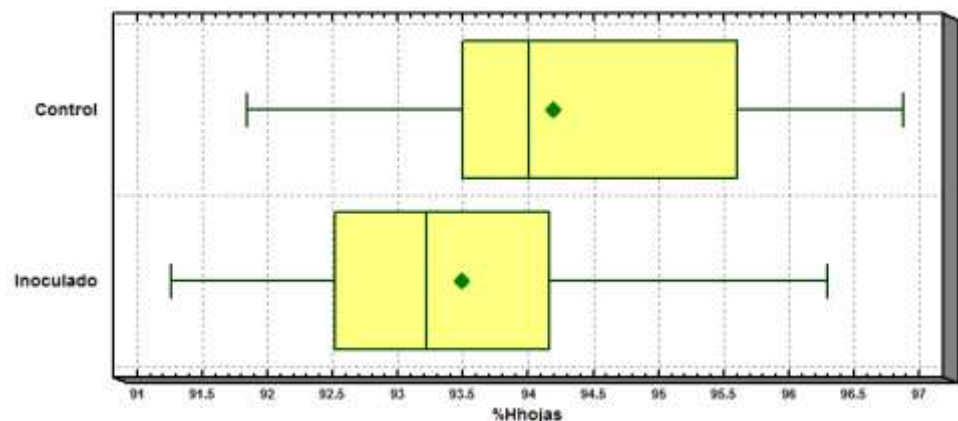
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca de hojas de *Cucurbita maxima* es

93,48 %, el valor máximo es de 96,30 % y el valor mínimo es 91,26 %; en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 94,19 %, el valor máximo es 96,88 % y el valor mínimo es 91,84 % (Gráfico 25).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* no produce significativamente una diferencia en el porcentaje de humedad de las hojas bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(\%Hojas\ Zapallo)} = TC_{(\%Hojas\ Zapallo)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

GRÁFICO 25: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de hojas de *Cucurbita maxima* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

5.8. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad del tallo» de zapallo

TABLA 26: Efecto en el porcentaje de humedad del tallo de *Cucurbita maxima* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	%Htallo (%)	
	Inoculado	Control
1	95,42	96,95
2	96,63	96,71
3	96,08	96,77
4	96,69	97,11
5	96,00	97,05
6	96,86	96,64
7	96,12	96,84
8	96,55	96,94
9	97,58	96,88
10	97,34	97,14
11	96,59	96,79
12	97,20	96,72
13	96,45	96,92
14	96,86	96,82
15	96,93	96,62
16	97,02	96,71
17	97,14	96,56
18	94,95	97,02
19	96,46	96,90
Promedio	96,57	96,85
Máximo	97,58	97,14
Mínimo	94,95	96,56

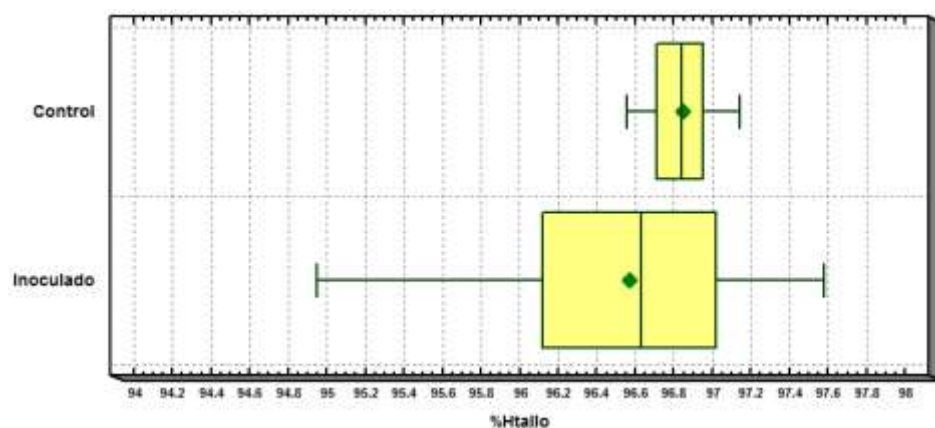
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca de tallo de *Cucurbita maxima* es 0,1747 g, el valor máximo es 0,311 g y el valor mínimo es 0,119 g; en

tanto que para el grupo 'control' el promedio es 0,1586 g, el valor máximo es 0,189 g y el valor mínimo es 0,129 g (Gráfico 26).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima*, no produce significativamente, una diferencia en el porcentaje de humedad del tallo, bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_0: TE_{(\%H_{\text{tallo Zapallo}})} = TC_{(\%H_{\text{tallo Zapallo}})}$) para un nivel de 95,0% de confianza. Sin embargo es recomendable realizar una prueba exclusiva para esta variable respuesta, aumentando el número de unidades experimentales.

GRÁFICO 26: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de tallos de *Cucurbita maxima* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

5.9. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad de la raíz» de zapallo

TABLA 27: Efecto en el porcentaje de humedad de la raíz de *Cucurbita maxima* inoculados (Tratamiento experimental) y no inoculados (Control experimental) con *Azospirillum* sp.

Nro. Repetición	%Hraiz (%)	
	Inoculado	Control
1	71,58	96,87
2	87,95	90,14
3	93,37	94,32
4	63,52	96,60
5	59,25	95,37
6	93,17	92,88
7	67,76	95,55
8	84,05	94,16
9	76,61	93,96
10	78,11	95,09
11	78,79	90,10
12	75,46	86,53
13	67,88	92,62
14	92,42	98,58
15	94,09	87,86
16	94,22	93,28
17	69,25	94,20
18	69,43	99,04
19	67,18	88,29
Promedio	78,11	93,44
Máximo	94,22	99,04
Mínimo	59,25	86,53

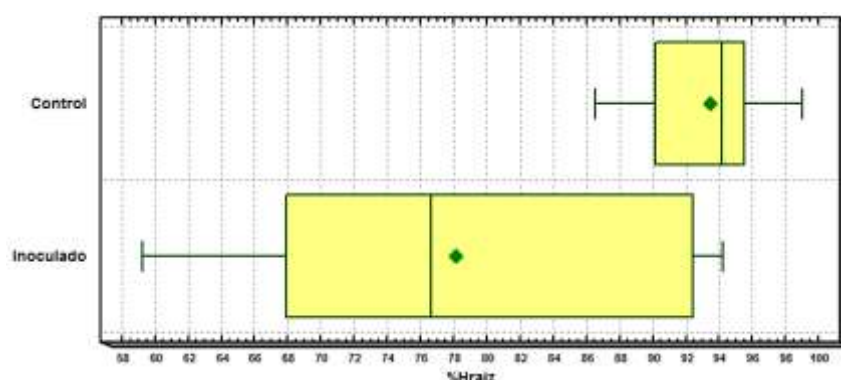
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' el promedio del peso de materia seca de tallo de *Cucurbita maxima* es 78,11 %, el valor máximo es 94,22 % y el valor mínimo es 59,25 %;

en tanto que para el grupo 'control' el promedio es 93,44%, el valor máximo es 99,04 % y el valor mínimo es 86,53 % (Gráfico 27).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* sí produce significativamente una diferencia en el porcentaje de humedad de la raíz bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(\% \text{Hraiz Zapallo})} \neq TC_{(\% \text{Hraiz Zapallo})}$) para un nivel de 95,0 % de confianza, sin embargo; estos resultados deben considerarse como tentativos (máxima probabilidad) puesto que es necesario realizar para esta variable un nuevo análisis incrementando el número de unidades experimentales ya que incumple el criterio de homocedasticidad.

GRÁFICO 27: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de la raíz de *Cucurbita maxima* (Inoculado vs control)



Fuente: Elaboración propia.

6. RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DEL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE *Olea europaea*:

6.1. Análisis estadístico para la variable «cantidad de raíces» en estacas de olivo

TABLA 28: Efecto en la cantidad de raíces principales de estacas de *Olea europaea* inoculados con *Azospirillum* sp. (Tratamiento experimental), inoculados con AIB (Tratamiento químico) y no inoculados (Control experimental).

Nro. Repetición	CantRaiz (cm)		
	Azospirillum	AIB	Control
1	3,00	13,00	1,00
2	5,00	4,00	0,00
3	4,00	6,00	0,00
4	4,00	2,00	1,00
5	7,00	3,00	0,00
6	3,00	3,00	1,00
7	2,00	3,00	0,00
8	1,00	8,00	2,00
9	2,00	8,00	0,00
10	6,00	3,00	0,00
11	3,00	1,00	1,00
Promedio	3,64	4,91	0,55
Máximo	7,00	13,00	2,00
Mínimo	1,00	1,00	0,00

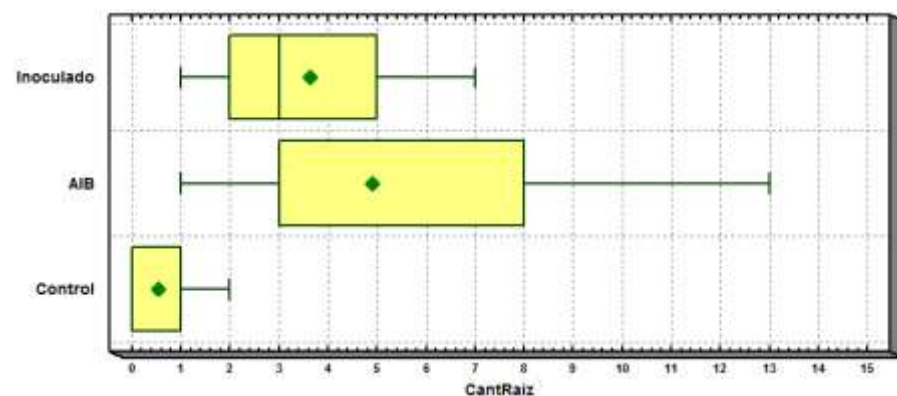
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' con *Azospirillum* sp. el promedio de la cantidad de raíces principales de las estacas de *Olea europaea* es 3,64 unidades, el valor máximo es siete unidades y el valor mínimo es una unidad; en tanto que para el

grupo al que se le administró AIB el promedio es 4,91 unidades, el valor máximo es 13 unidades y el valor mínimo es una unidad; y para el grupo 'control' el promedio es 0,55 unidades, el valor máximo es dos unidades y el valor mínimo es cero unidades; (Gráfico 28).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* sí produce significativamente un mejor desarrollo del sistema radicular, expresado en cantidades de raíces, en condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(CantRaizP)} \neq TC_{(CantRaizP)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza y basado en la prueba de múltiples rangos se afirma que no existe diferencia significativa entre el tratamiento inoculado con *Azospirillum* sp. y el tratamiento químico con AIB.

GRÁFICO 28: Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de *Olea europaea* (Inoculado vs AIB vs control)



Fuente: Elaboración propia.

6.2. Análisis estadístico para la variable «longitud de raíz» de olivo

TABLA 29: Efecto en el crecimiento de las raíces de *Olea europaea* inoculados con *Azospirillum* sp. (Tratamiento experimental), inoculados con AIB (Tratamiento químico) y no inoculados (Control experimental).

Nro. Repetición	XLongTallo (cm)		
	Azospirillum	AIB	Control
1	23,07	3,38	4,62
2	15,84	7,48	0,00
3	22,53	18,37	0,00
4	13,43	16,85	1,94
5	7,13	10,17	0,00
6	3,73	11,10	7,47
7	11,50	10,50	0,00
8	4,10	14,81	1,72
9	0,15	21,98	0,00
10	15,29	15,57	0,00
11	19,58	8,10	3,85
Promedio	12,39	12,57	1,78
Máximo	23,07	21,98	7,47
Mínimo	0,15	3,38	0,00

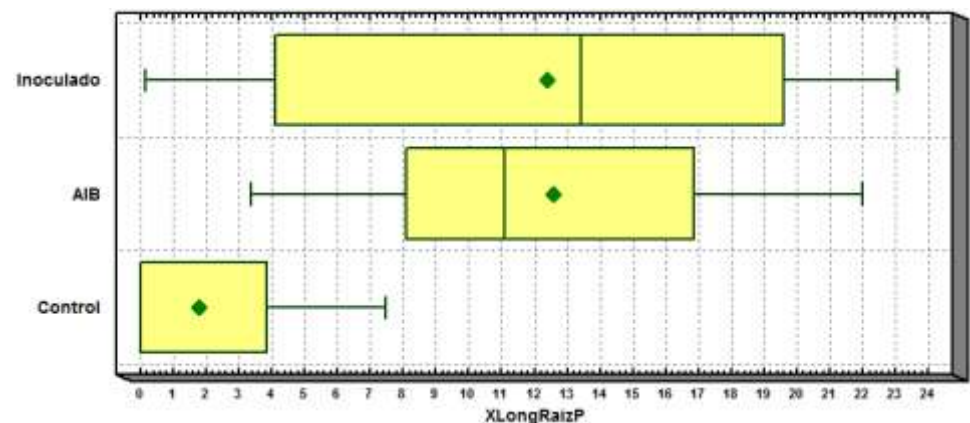
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' con *Azospirillum* sp. el promedio de la longitud de raíces principales de las estacas de *Olea europaea* es 12,36 cm, el valor máximo es 23,07cm y el valor mínimo es 0,15 cm; en tanto que para el grupo al que se le administró AIB el promedio es 12,57 cm, el valor máximo es 21,98 cm y el valor mínimo es 3,38 cm; y para el grupo 'control' el

promedio es 1,78 cm, el valor máximo es 7,47 cm y el valor mínimo es cero centímetros; (Gráfico 29).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* sí produce significativamente un mejor desarrollo de la parte radicular, expresado en mayor longitud de sus raíces, en condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(XlongRaizP)} \neq TC_{(XlongRaizP)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza.

GRÁFICO 29: Caja y bigotes para la variable longitud de raíz principal de *Olea europaea* (Inoculado vs AIB vs control)



Fuente: Elaboración propia.

6.3. Análisis estadístico para la variable «peso de materia seca de raíz» de estacas de olivo

TABLA 30: Efecto en el peso de materia seca de la raíz de *Olea europaea* inoculados con *Azospirillum* sp. (Tratamiento experimental), inoculados con AIB (Tratamiento químico) y no inoculados (Control experimental).

Nro. Repetición	PmsRaiz (g)		
	Azospirillum	AIB	Control
1	0,1199	0,0436	0,0137
2	0,2317	0,1398	0,0000
3	0,1977	0,3266	0,0000
4	0,1274	0,0766	0,0065
5	0,0763	0,3053	0,0000
6	0,0375	0,1321	0,0044
7	0,0431	0,0229	0,0000
8	0,0159	0,2951	0,0085
9	0,0006	0,3883	0,0000
10	0,2160	0,1374	0,0000
11	0,0864	0,0090	0,0015
Promedio	0,10477	0,17061	0,00315
Máximo	0,23170	0,38830	0,01370
Mínimo	0,00060	0,00900	0,00000

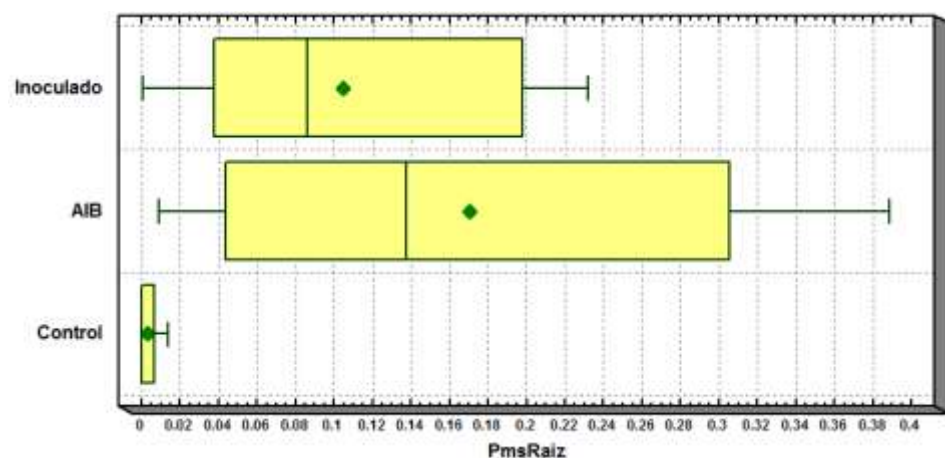
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' con *Azospirillum* sp. el promedio del peso de materia seca de las raíces de *Olea europaea* es 0,1048 g, el valor máximo es 0,2317 g y el valor mínimo es 0,0006 g; en tanto que para el grupo al que se le administró AIB el promedio es 0,1706 g, el valor máximo es 0,3883 g y el valor mínimo es 0,009 g; y para el grupo 'control' el promedio es

0,0031 g, el valor máximo es 0,0137 g y el valor mínimo es cero gramos; (Gráfico 30).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* sí produce significativamente un mejor desarrollo del sistema radicular, expresado en un mayor peso de su materia seca, bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(CantRaizP)} \neq TC_{(CantRaizP)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza. Sin embargo, basado en el test de Levene's este resultado es tentativo, y es necesario realizar un nuevo test, aumentando el número de unidades experimentales exclusivamente para esta variable respuesta.

GRÁFICO 30: Caja y bigotes para la variable PMS de raíces de *Olea europaea* (Inoculado vs AIB vs control)



Fuente: Elaboración propia.

6.4. Análisis estadístico para la variable «porcentaje de humedad de la raíz» de olivo.

TABLA 31: Efecto en el porcentaje de humedad de la raíz de *Olea europaea* inoculados con *Azospirillum* sp. (Tratamiento experimental), inoculados con AIB (Tratamiento químico) y no inoculados (Control experimental).

Nro. Repetición	%Hraiz (%)		
	Azospirillum	AIB	Control
1	75,00	80,30	89,49
2	76,27	85,97	0,00
3	70,57	80,30	0,00
4	84,91	89,28	22,27
5	87,76	82,24	0,00
6	83,09	85,44	35,63
7	89,77	90,45	0,00
8	88,83	86,00	67,02
9	78,33	82,84	0,00
10	79,56	87,96	0,00
11	73,58	92,33	85,00
Promedio	80,70	85,74	27,22
Máximo	89,77	92,33	89,49
Mínimo	70,57	80,30	0,00

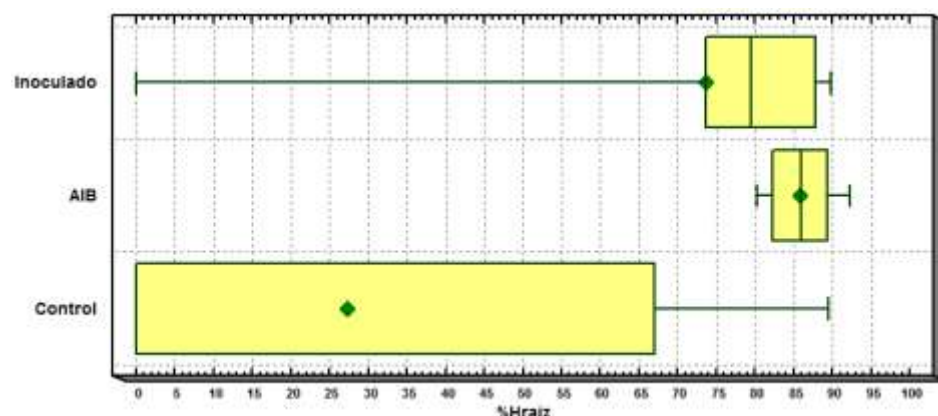
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtuvo que para el grupo 'inoculado' con *Azospirillum* sp. el promedio del porcentaje de humedad de las raíces de *Olea europaea* es 80,70 %, el valor máximo es 89,77 % y el valor mínimo es 70,57 %; en tanto que para el grupo al que se le administró AIB el promedio es 85,74 %, el valor máximo es 92,33% y el valor mínimo es 80,30 %; y para el grupo 'control' el promedio es

27,22 %, el valor máximo es 89,49 % y el valor mínimo es cero por ciento (Gráfico 31).

Basados en el ANOVA se afirma que la inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* sí produce significativamente una diferencia en el porcentaje de humedad bajo condiciones de invernadero, que las no inoculadas ($H_1: TE_{(\%HraizP)} \neq TC_{(\%HraizP)}$) para un nivel de 95,0 % de confianza. Observándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos experimentales con *Azospirillum* sp. y el tratamiento químico con AIB.

GRÁFICO 31: Caja y bigotes para la variable porcentaje de humedad de raíces de *Olea europaea* (Inoculado vs AIB vs control)



Fuente: Elaboración propia.

7. RESULTADO DE LA VERIFICACIÓN DE PERSISTENCIA BACTERIANA:

Se realizó el aislamiento a partir de suelo rizosférico y raíces de dos unidades experimentales no muestreadas, tanto en el cultivo control como en el inoculado, evidenciándose la presencia en las muestras inoculadas y la ausencia en las muestras control.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La presencia de azospirilos en plantas de *Olea europaea* en zonas de La Yarada, da pie a que se pueda pensar en iniciar una serie de estudios sobre esta asociación; aún cuando por conveniencia o por facilidad se haya estudiado su efecto en otras especies vegetales y no se encuentren reportes de la presencia o la inoculación de *Azospirillum* sp en *Olea europaea*.

La concentración utilizada $1,22 \times 10^8$ ufc.ml⁻¹ se utilizó como una forma de estandarizar el procedimiento y la cantidad del inóculo, de ese modo, cumple el mismo objetivo que en los reportes detallados por otros autores en los que se utilizó diferente concentración, por ejemplo Rangel Lucio (2011) en su trabajo de «Afinidad y efecto de *Azospirillum* sp. en maíz» utilizó $4,13 \times 10^7$ ufc.ml⁻¹, en tanto que Swędrzyńska & Sawicka (2000) en su trabajo de 'Efecto de la inoculación con *Azospirillum* brasilense sobre el desarrollo y rendimiento del maíz bajo diferentes condiciones de cultivo ' reporta haber utilizado concentraciones desde $1,1 \times 10^8$ ufc.ml⁻¹ hasta $1,0 \times 10^9$ ufc.ml⁻¹; Canto Martín *et al* (2004) en su trabajo de efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacquin) reportó haber utilizado una concentración de 3×10^7 ufc.ml⁻¹. Visto de este modo, la concentración del inóculo es muy variable, no juega un papel disminuidor en tanto que se trata de

organismos vivos reproducibles y colonizadores de la zona rizosférica y no de concentraciones químicas disminuidas por el consumo en el metabolismo vegetal.

Los resultados obtenidos sobre la variable longitud de la raíz principal, en los casos de germinados de *Solanum lycopersicum*, y de los germinados y enraizados de estacas de *Olea europaea* indican que sí existe una diferencia significativa, con un 95% de confianza, entre el grupo control y el grupo sometido a inoculación con la bacteria. Es decir, presentaron mejor desarrollo evidenciado por una mayor longitud de raíces que las no inoculadas. Esto no sucede en el caso de *Cucurbita maxima*, en el que no se puede afirmar de que no exista diferencia significativa, aún cuando el análisis estadístico se preste a la interpretación de que existe mayor probabilidad de que no haya diferencia significativa, es necesario analizar un mayor número de unidades experimentales. En todos los casos de aplicación para el estudio de esta variable se puede interpretar que esto representa un estímulo natural en la consolidación del plantín, previo a su endurecimiento en campo; en tanto que al efectuar la inoculación sobre estas especies se induce a una mejor absorción y transporte de agua, así como de los nutrientes necesarios para un buen crecimiento y desarrollo de la planta; siendo respuesta a un tratamiento biológico, podría ser muy rentable su utilización por parte de los propagadores de plantas y productores de estas especies orientándolos como cultivos y productos orgánicos.

Para la variable 'tiempo de germinación' no se encuentra diferencia significativa en *Olea europaea* y *Cucurbita maxima*. Esto podría deberse a que al contar (las semillas de olivo mucho más que las de zapallo) con un carozo o cubierta protectora rígida (Barranco, *et al.*, 2008) impediría que los azospirilos actúen sobre el embrión, limitando su efecto promotor de germinación (Döbereiner, 1992). No sucede lo mismo una vez que haya sucedido la germinación y comience a enraizar. Di Barbaro en su trabajo de inoculación de pimientos (Di Barbaro, *et al.*, 2005), menciona que encuentra un efecto favorable del proceso de germinación debido, según él, a la secreción de hormonas promotoras de crecimiento y germinación. Cabe resaltar que el tipo de las semillas del pimiento morronero con las que él trabajó, son semejantes a las semillas de *Solanum lycopersicum*, en las que en este trabajo también presentaron un mejor desarrollo evidenciado como un menor tiempo de germinación de las semillas inoculadas que las no inoculadas.

En cuanto al efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. sobre la 'longitud del tallo', solo se puede afirmar, con un 95% de confianza, de que sí existe diferencia significativa entre el grupo de *Cucurbita maxima*, en tanto que en las otras especies vegetales, no se presentó tal efecto. Sin embargo, para las variables 'peso de materia seca de hojas' y 'porcentaje de humedad de hojas,' se evidenció un papel favorecedor en el incremento de materia vegetal, lo que induce a pensar que participaría en un mayor desempeño fotosintético a nivel de unidad experimental.

Di barbaro (2005) hace referencia a la Asociación internacional para pruebas de semillas en las que indica que el primer conteo de semillas germinadas para el pimiento debe hacerse a los siete días de iniciado el tratamiento, sin embargo, él obtuvo como resultado germinaciones a los tres días luego de iniciado el tratamiento, y en ese caso, para *Solanum lycopersicum* se obtuvo germinaciones a los cuatro días luego de iniciado el tratamiento. Para el caso de *Cucurbita maxima*; sin embargo, el promedio del tiempo de germinación fue 10,79 días y el control fue de 13,05 días con un mínimo de un día para el inoculado.

CONCLUSIONES

- El aislamiento de la bacteria *Azospirillum* sp. a partir de las raíces de *Olea europaea* obtenido de la zona de La Yarada permite concluir que estas plantas de la región son portadores naturales de azospirilos nativos.
- Mediante el procedimiento realizado de masificación de biomasa bacteriana, se concluyó que la máxima concentración que se pudo obtener fue de $1,22 \times 10^8$ ufc.ml⁻¹.
- La inoculación con *Azospirillum* sp. nativo, sobre el proceso de germinación de semillas de *Olea europaea* representa una alternativa viable; no genera diferencia significativa favorable en la longitud de los tallos ni en el tiempo de germinación, pero sí induce un mejor desarrollo del sistema radicular incrementando la longitud de sus raíces, incrementando también la materia vegetal del tallo (grosor); por otro lado, puede favorecer al incremento de materia vegetal de sus hojas.
- La inoculación con *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce un mejor desarrollo del sistema radicular, evidenciado en una mayor longitud de sus raíces, mayor materia vegetal; así también puede inducir una aceleración del tiempo de germinación.

- La inoculación sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce un mejor desarrollo de la longitud del tallo, induce una mayor formación de materia vegetal de sus hojas y tallo; así también, puede inducir un mayor contenido de humedad.
- La inoculación sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* induce la formación de mayor número de raíces y aumenta la longitud de las mismas, en semejante grado que las estacas expuestas al tratamiento químico con AIB.

RECOMENDACIONES

- Debido a que la inoculación con *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce un mejor desarrollo del sistema radicular así como en una disminución del tiempo de espera para la germinación se recomienda su utilización como alternativa a los que utilizan insumos químicos, en tanto que, significaría el fortalecimiento beneficioso de su organismo vegetal.
- Aplicar inoculantes que contengan *Azospirillum sp.* para el incremento en número de raíces y así inducir una mejor absorción de nutrientes y agua, a la espera de un mejor desarrollo de la planta inoculada.
- Se recomienda realizar un experimento que involucre la etapa productiva de estas especies vegetales de importancia económica en la región Tacna, sin lugar a dudas, un cultivo ecológicamente cultivado, a la larga es mucho más rentable y menos perjudicial a nuestro medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Baldani, J. I., Krieg, N., Divan Baldani, V. L., Hartmann, A., & Döbereiner, J. (2005). Genus II. *Azospirillum*. En G. M. Garrity (Ed.). *Part C. The Alpha-, Beta-, Delta-, and Epsilonproteobacteria* (2da ed., Vol. II). USA: Springer.
- Barranco, D., Fernández-Escobar, R., & Rallo, L. (2008). *El cultivo del olivo* (6ta ed.). (D. Barranco, R. Fernández Escobar, & L. Rallo, Edits.) Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Caballero Mellado, J. (2001). *El género Azospirillum*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Canahua Loza, H., (2011). *Diseños experimentales en medio ambiente*. Primera ed. Tacna: Universitaria - Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Canto Martín, J., Medina Peralta, S., & Morales Avelino, D. (2004). Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacquin). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21-27.

Cassán, F., Sgroy, V., Perring, D., Masciarelli, O., & Luna, V. (2008). Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. En F. D. Cassán, & I. García de Salamone (Edits.), *Azospirillum* sp.: *cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina* (págs. 61-86). Argentina: Asociación Argentina de Microbiología.

Di Barbaro, G., Permasetti, S., & Stegmayer, A. (2005). Evaluación del efecto de *Azospirillum brasiliensis* en la germinación y emergencia del pimiento pimentonero *Capsicum annum* L.Var. trompa de elefante. CIZAS, 6 (1 y 2).

Dirección de información agraria - Tacna. (2006). *Ficha técnica: Zapallo*. Síntesis Agraria, VII(68), 11.

Döbereiner, J. (1992). El género *Azospirillum* y *Herbaspirillum*. En A. Balows, H. Trüper, W. Dworkin, W. Harder, & K. Schleifer, *The prokaryotes. A handbook on the biology of bacteria: ecophysiology, isolation, identification, applications* (págs. 2236-2253). New York.

Escalona C., V., Alvarado V., P., Monardes M., H., Urbina Z., C., & Martin B., A. (2009). *Manual de cultivo de tomate* (Primera ed.). Rancagua - Chile: Universidad de Chile.

Fooland, M. (2007). Genome mapping and molecular breeding of tomato. En *International Journal of Plant Genomics* (págs. 1-52).

- Lamm, R., & Neyra, C. (1981). *Characterization and cyst production of Azospirilla isolated from selected grasses growing in New Jersey and New York*. EEUU.
- Larry, R., & Joanne, L. (2007). Genetic resources of tomato. En M. Razdan, & A. Mattoo (Edits.), *Genetic improvement of solanaceous crops-Razdan NK*. Science Publishers.
- Mejía Anaya, R. (1994). *Propagación comercial -3012- especies de plantas por cultivo in vitro*. En *Agrobiotecnología: Fundamentos y Aplicaciones*. Lima: La Molina.
- Narváez Parra, A., & Castillo Tovar, J. (2003). *Aislamiento del género Azospirillum en raíces de Jatropha*. Méjico: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Parson, D. (1986). *Manual para educación agropecuaria. Cucurbitáceas* (5ta ed.). Editorial Trillas.
- Rangel Lucio, J. A. (2011). *Afinidad y efecto de Azospirillum sp. en maíz*. *Agronomía mesoamericana*, II(22), Pág. 269-279.
- Rodríguez Cáceres, E. (1982). Improved medium for isolation of *Azospirillum* sp. En J. Can, *Microbiology* (págs. 990-991). EEUU.

Swędrzyńska, D., & Sawicka, A. (2000). *Effect of Inoculation with Azospirillum brasilense on Development and Yielding of Maize (Zea mays ssp. Saccharata L.) under Different Cultivation Conditions*. Polish Journal of Environmental Studies, IX(6), Pag. 505-509.

Ugás, R., Siura, S., Delgado de la Flor, F., Casas, A., & Toledo, J. (2000). *Hortalizas, Datos Básicos*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

ANEXOS

ANEXO 01: MEDIO NFB 'Nitrogen free bromothymol medium'

(Caballero Mellado, 2001)

Composición para 1000 ml de medio sólido y semisólido.

K_2HPO_4	0,5 g
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0,5 g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,2 g
$CaCl_2$	0,02 g
NaCl	0,1 g
$NaMoO_4 \cdot 2H_2O$	2 mg
$MnSO_4 \cdot H_2O$	10 mg
$C_4H_6O_5$	5 g
KOH	4 g
Extracto de levadura	0,2 g
Agar bacteriológico: Medio Sólido	17 g
Agar bacteriológico: Medio Semisólido	1,75 g
Azul de Bromotimol (Sol. Alcohólica 25%)	2 ml
pH	6,8

ANEXO 02: MEDIO ROJO DE CONGO (Caballero Mellado, 2001)

Composición para 1000 ml de medio sólido.

MgSO ₄ .7H ₂ O	0,2 g
FeCl ₃ .6H ₂ O	0,015 g
NaCl	0,1 g
K ₂ HPO ₄	0,5 g
KOH	4,8 g
C ₄ H ₆ O ₅	5 g
Extracto de levadura	0,5 g
Agar bacteriológico	18 g
Rojo de Congo (Sol. 1:400)	15 ml
pH	6,8

ANEXO 03: MEDIO BMS 'Basal mineral salts medium' (Baldani, *et al.*, 2005)

Composición para 1000 ml de medio sólido.

Papas lavadas, peladas y picadas	200 g
C ₄ H ₆ O ₅	2,5 g
KOH	2 g
Sacarosa	2,6 g
Solución vitamínica	1 ml
Azul de Bromotimol (Sol. Alcohólica 25%)	0,2 g
Agar bacteriológico	0,02 g
pH	7

Solución vitamínica para 1000 ml

Biotina	0,01	mg
Piridoxina	0,02	g

Hervir 200 g de papa en 1 litro de agua por 30 minutos luego filtrar en algodón y guardar el filtrado.

Disolver el ácido málico en 50 ml de agua destilada y agregar el azul de bromotimol; agregar KOH hasta que la solución se vuelva de color verde (pH=7); agregar esta solución junto con la sacarosa sobre el filtrado de papas. Enrasar el volumen final a 1000 ml utilizando agua destilada previa adición del agar bacteriológico; hervir para disolver el agar; luego esterilizar mediante autoclave.

ANEXO 04: Declaración de variables computacionales

Las variables computacionales son el artificio utilizado para la inmersión de datos en el programa de análisis estadístico de datos en el Statgraphics.

Variables identificativas:		
Nro	Variable	Descripción
1	Cod	Variable categórica (nominal) que identifica cada unidad experimental.

Variables experimentales del factor:		
Nro	Variable	Descripción
1	Estado	Variable experimental independiente de agrupación, tipo carácter que representa el tratamiento inoculado/no inoculado.

Variables experimentales de respuesta:		
Nro	Variable	Descripción
1	LongTallo	Variable experimental dependiente tipo numérico (escalar) que representa la longitud del tallo expresado en centímetros a dos decimales.
2	LongRaizP	Variable experimental dependiente tipo numérico (escalar) que representa la longitud de la raíz principal expresado en centímetros a dos decimales.
3	PmsHojas	Variable experimental dependiente, tipo numérico (escalar) que representa el peso de la materia seca del total de hojas expresado en gramos a cuatro decimales.
4	PmsTallo	Variable experimental dependiente, tipo numérico (escalar) que representa el peso de la materia seca del tallo expresado en gramos a cuatro decimales.
5	PmsRaiz	Variable experimental dependiente, tipo numérico (escalar) que representa el peso de la materia seca del total radicular expresado en gramos a cuatro decimales.
6	%Hojas	Variable experimental dependiente, tipo numérico (escalar) que representa el porcentaje de humedad del total de hojas expresado en porcentaje a dos decimales.
7	%Htallo	Variable experimental dependiente, tipo numérico (escalar) que representa el porcentaje de humedad del tallo expresado en porcentaje a dos decimales.

8	%Hraiz	Variable experimental dependiente, tipo numérico (escalar) que representa el porcentaje de humedad del total radicular expresado en porcentaje a dos decimales.
9	TiempGerm	Variable experimental dependiente, tipo numérico (entero) que representa el tiempo desde la siembra hasta la germinación expresado en días.
10	EdadEvalu	Variable experimental independiente de control, tipo numérico (entero) que representa el tiempo transcurrido desde la germinación hasta la fecha de evaluación expresado en días.
11	CantRaizP	Variable experimental dependiente, tipo numérico (entero) que representa la cantidad de raíces principales generadas en la estaca de olivo, luego de cada tratamiento.

ANEXO 05: Tablas de resultados consolidado

TABLA 32: Datos de indicadores de la germinación de las semillas de *Olea europaea* inoculadas con *Azospirillum* sp. (Tratamiento Experimental)

Nro.	LongTallo (cm)	LongRaizP (cm)	PmsHojas (g)	PmsTallo (g)	PmsRaiz (g)	%Hojas (%)	%Htallo (%)	%Hraiz (%)	TiempGerm (día)
1	8,36	5,1	0,0114	0,0413	0,0104	78,2	80,78	53,15	109
2	9,25	4,67	0,0134	0,0589	0,0116	74,03	76,35	46,54	95
3	7,25	4,38	0,0126	0,4869	0,0101	73,25	26,01	51,21	121
4	7,65	4,48	0,0136	0,4898	0,0105	73,28	26,33	51,83	112
5	9,45	5,02	0,0178	0,5062	0,012	79,33	28,12	52,57	88
6	9,43	4,98	0,0177	0,5049	0,0115	75,82	26,92	52,08	93
7	8,43	4,79	0,0158	0,4927	0,0109	75,35	26,73	51,77	105
8	8,09	4,62	0,0155	0,4924	0,0108	74,42	26,69	51,35	111
9	9,71	5,18	0,0193	0,5074	0,0122	79,36	28,84	53,08	77
10	8,46	4,87	0,0163	0,4967	0,011	75,38	26,71	51,54	103
11	7,54	4,38	0,0133	0,4887	0,0102	72,8	26,37	51,2	119
12	8,02	4,53	0,015	0,4912	0,0108	74,66	26,57	51,35	111
13	7,25	4,29	0,0112	0,4842	0,0099	75,06	25,95	51,47	120
14	8,54	4,89	0,0164	0,5042	0,0114	75,85	26,62	51,69	103

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 33: Datos de indicadores de la germinación de las semillas de *Olea europaea* con agua (Control Experimental)

Nro.	LongTallo (cm)	LongRaizP (cm)	PmsHojas (g)	PmsTallo (g)	PmsRaiz (g)	%Hojas (%)	%Htallo (%)	%Hraiz (%)	TiempGerm (día)
1	8,9	3,4	0,0131	0,04	0,0049	82,2	83,4	59,17	82
2	7,61	4,45	0,0136	0,044	0,0112	76,22	79,13	47,66	116
3	8,17	3,72	0,0138	0,0501	0,0117	74,73	77,23	52,82	109
4	8,47	4,23	0,0135	0,0471	0,011	80,35	80,51	53,19	91
5	7,99	3,82	0,0132	0,0443	0,0087	76,43	80,81	52,72	112
6	8,46	4,08	0,0134	0,0467	0,0105	79,82	80,36	52,05	93
7	7,25	3,09	0,0125	0,0395	0,0023	74,59	79,82	67,14	135
8	7,97	3,66	0,0131	0,0437	0,0082	76,52	80,08	52,05	115
9	7,32	3,36	0,013	0,0399	0,0054	74,81	79,72	51,35	126
10	9,83	4,5	0,0137	0,0484	0,0137	85,68	80,6	54,33	87
11	8,53	4,43	0,0135	0,0477	0,0136	82,17	80,46	48,68	90
12	8,37	3,91	0,0133	0,046	0,0105	76,75	80,44	51,16	97
13	7,53	3,53	0,0131	0,0423	0,0069	75,56	79,85	48,51	124
14	8,29	3,85	0,0133	0,046	0,0103	76,29	80,36	50,72	99

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 34: Datos de indicadores de la germinación de las semillas de *Solanum lycopersicum* inoculadas con *Azospirillum* sp. (Tratamiento Experimental)

Nro.	LongTallo (cm)	LongRaizP (cm)	PmsHojas (g)	PmsTallo (g)	PmsRaiz (g)	%Hojas (%)	%Htallo (%)	%Hraiz (%)	TiempGerm (día)
1	8,61	10,90	0,0058	0,0050	0,0052	92,68	96,33	85,71	4
2	8,26	10,44	0,0058	0,0047	0,0046	95,20	96,90	88,59	4
3	9,03	11,31	0,0058	0,0052	0,0056	93,96	93,74	92,09	4
4	9,64	13,23	0,0074	0,0085	0,0064	91,87	91,61	92,55	4
5	12,00	22,00	0,0080	0,0124	0,0068	94,77	93,80	90,53	4
6	13,22	18,25	0,0046	0,0650	0,0118	95,04	65,46	86,26	4
7	7,60	9,70	0,0045	0,0052	0,0030	94,32	93,89	72,22	4
8	8,10	8,20	0,0071	0,0059	0,0056	92,67	94,26	95,22	4
9	12,10	12,05	0,0033	0,1284	0,0098	96,18	43,95	83,25	7
10	8,40	14,10	0,0052	0,0073	0,0068	95,09	93,88	94,42	4
11	8,70	9,10	0,0041	0,0029	0,0016	93,56	96,68	50,00	4
12	8,90	13,10	0,0072	0,0075	0,0057	93,33	94,06	94,14	4
13	13,13	17,85	0,0044	0,0528	0,0104	92,89	57,49	87,38	4
14	7,15	9,70	0,0050	0,0030	0,0041	92,87	98,32	90,95	4
15	10,14	16,17	0,0082	0,0115	0,0069	92,46	93,20	91,91	4
16	9,42	12,19	0,0063	0,0080	0,0062	94,02	90,27	94,56	4
17	9,23	11,63	0,0062	0,0067	0,0060	93,11	95,32	15,49	4
18	9,74	13,57	0,0077	0,0090	0,0064	91,54	95,26	87,99	4
19	10,23	20,84	0,0083	0,0136	0,0070	91,20	84,33	86,82	4
20	13,05	16,35	0,0035	0,0437	0,0099	96,12	63,61	86,42	4
21	10,00	14,70	0,0078	0,0110	0,0067	89,03	93,41	87,41	4
22	7,93	10,44	0,0055	0,0041	0,0046	93,13	92,63	61,02	4
23	7,40	9,50	0,0056	0,0047	0,0044	92,61	94,11	78,00	6
24	9,80	17,40	0,0066	0,0021	0,0046	93,70	98,36	73,26	4
25	7,60	14,30	0,0067	0,0069	0,0055	92,73	93,59	84,06	4

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 35: Datos de indicadores de la germinación de las semillas de *Solanum lycopersicum* con agua (Control Experimental)

Nro.	LongTallo (cm)	LongRaizP (cm)	PmsHojas (g)	PmsTallo (g)	PmsRaiz (g)	%Hojas (%)	%Htallo (%)	%Hraiz (%)	TiempGerm (día)
1	11,03	9,31	0,0068	0,0067	0,0039	93,35	95,02	78,57	4
2	8,40	8,60	0,0047	0,0032	0,0014	92,22	96,45	79,41	5
3	8,63	7,54	0,0022	0,0053	0,0027	96,98	95,16	78,23	4
4	6,10	4,80	0,0021	0,0022	0,0011	93,16	93,21	57,69	4
5	11,00	11,40	0,0109	0,0111	0,0061	91,58	92,41	79,46	4
6	10,98	9,12	0,0055	0,0065	0,0039	37,50	94,73	27,78	6
7	7,22	7,39	0,0021	0,0048	0,0016	97,22	96,00	33,33	6

8	7,40	7,10	0,0043	0,0045	0,0021	93,74	94,98	75,58	5
9	9,57	8,46	0,0048	0,0061	0,0030	93,86	95,73	84,29	5
10	12,60	9,80	0,0061	0,0098	0,0041	95,12	93,28	59,41	4
11	10,79	9,84	0,0064	0,0058	0,0021	93,13	94,16	89,90	4
12	10,03	8,62	0,0049	0,0063	0,0033	92,86	90,68	77,24	5
13	11,08	10,14	0,0069	0,0070	0,0057	92,36	87,11	58,39	4
14	5,78	6,68	0,0015	0,0026	0,0004	98,68	97,21	96,97	9
15	12,45	8,71	0,0090	0,0089	0,0078	92,04	91,34	44,68	4
16	11,81	9,45	0,0074	0,0075	0,0045	94,07	91,23	42,31	6
17	13,27	8,96	0,0081	0,0093	0,0108	92,06	91,83	57,48	4
18	11,50	9,50	0,0009	0,0076	0,0061	98,93	93,20	40,78	4
19	10,86	10,13	0,0067	0,0061	0,0038	92,10	93,85	75,48	4
20	6,80	8,30	0,0035	0,0031	0,0011	93,45	96,55	71,05	5
21	9,10	8,20	0,0033	0,0055	0,0018	97,37	95,19	28,00	6
22	11,00	8,20	0,0054	0,0041	0,0018	93,43	95,82	70,00	4
23	10,90	9,90	0,0051	0,0069	0,0035	94,55	94,96	65,69	5
24	14,00	9,00	0,0053	0,0062	0,0037	93,74	94,09	63,37	5
25	11,20	9,10	0,0067	0,0076	0,0064	94,22	93,96	80,43	4

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 36: Datos de indicadores de la germinación de las semillas de *Cucurbita maxima* inoculadas con *Azospirillum* sp. (Tratamiento Experimental)

Nro.	LongTallo (cm)	LongRaizP (cm)	PmsHojas (g)	PmsTallo (g)	PmsRaiz (g)	%Hojas (%)	%Htallo (%)	%Hraiz (%)	TiempGerm (día)
1	34,00	44,50	0,3189	0,2570	0,2570	93,22	95,42	71,58	8
2	30,80	32,65	0,2389	0,1512	0,0653	93,92	96,63	87,95	11
3	43,00	63,00	0,358	0,3112	0,0661	92,52	96,08	93,37	1
4	26,70	38,18	0,3119	0,1925	0,4349	92,58	96,69	63,52	11
5	33,10	52,00	0,3614	0,2571	0,2089	93,12	96,00	59,25	8
6	43,00	40,00	0,2321	0,1744	0,0555	94,13	96,86	93,17	5
7	24,00	40,00	0,222	0,1866	0,1866	93,92	96,12	67,76	2
8	19,20	21,06	0,1527	0,1229	0,0983	91,60	96,55	84,05	17
9	20,70	22,04	0,1565	0,1244	0,1381	95,93	97,58	76,61	16
10	22,10	22,78	0,1567	0,1314	0,1624	94,55	97,34	78,11	19
11	30,30	48,80	0,2883	0,1925	0,1226	92,80	96,59	78,79	10
12	35,60	42,50	0,2067	0,1552	0,0873	94,16	97,20	75,46	2
13	23,00	25,39	0,1598	0,1344	0,1855	96,30	96,45	67,88	17
14	26,50	32,50	0,2092	0,1189	0,0426	93,76	96,86	92,42	14
15	39,00	16,00	0,194	0,1376	0,0491	93,20	96,93	94,09	7
16	46,00	36,00	0,2324	0,1562	0,0517	91,26	97,02	94,22	2
17	23,10	25,80	0,1801	0,1364	0,1938	95,56	97,14	69,25	19
18	24,00	26,94	0,1957	0,1852	0,2049	92,20	94,95	69,43	17
19	27,90	34,91	0,2009	0,1946	0,2561	91,46	96,46	67,18	19

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 37: Datos de indicadores de la germinación de las semillas de *Cucurbita maxima* con agua (Control Experimental)

Nro.	LongTallo (cm)	LongRaizP (cm)	PmsHojas (g)	PmsTallo (g)	PmsRaiz (g)	%Hojas (%)	%Htallo (%)	%Hraiz (%)	TiempGerm (día)
1	16,80	33,70	0,1517	0,1485	0,0165	95,62	96,95	96,87	19
2	44,00	44,00	0,2149	0,1892	0,0480	94,00	96,71	90,14	2
3	17,90	37,20	0,1958	0,1602	0,0479	93,21	96,77	94,32	18
4	17,20	34,60	0,1612	0,1524	0,0253	95,72	97,11	96,60	19
5	16,80	34,00	0,1593	0,1523	0,0169	95,68	97,05	95,37	19
6	18,20	38,80	0,2273	0,1662	0,0621	93,76	96,64	92,88	17
7	17,80	36,80	0,1884	0,1540	0,0381	91,84	96,84	95,55	18
8	19,00	35,00	0,1592	0,1550	0,0292	94,20	96,94	94,16	16
9	17,80	36,50	0,1684	0,1531	0,0299	92,83	96,88	93,96	18
10	27,00	39,00	0,2295	0,1482	0,0447	93,50	97,14	95,09	12
11	36,00	46,50	0,2462	0,1822	0,0559	94,06	96,79	90,10	2
12	29,00	40,50	0,1622	0,1551	0,0349	93,79	96,72	86,53	11
13	29,00	39,50	0,1928	0,1673	0,0626	94,00	96,92	92,62	2
14	16,10	32,40	0,1275	0,1479	0,0077	95,60	96,82	98,58	19
15	22,00	43,50	0,2040	0,1576	0,0554	94,05	96,62	87,86	8
16	44,00	45,00	0,2822	0,1885	0,0543	93,41	96,71	93,28	2
17	20,00	38,00	0,2316	0,1641	0,0523	93,80	96,56	94,20	16
18	15,50	31,70	0,1099	0,1417	0,0045	96,88	97,02	99,04	19
19	24,50	33,10	0,1920	0,1291	0,0421	93,58	96,90	88,29	11

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 38: Datos de indicadores del enraizamiento de estacas de *Olea europaea* inoculadas con *Azospirillum* sp. (Tratamiento Experimental)

Nro.	CantRaiz (Unidad)	XLongRaizP (cm)	Ramas (Unidad)	XLongRama (cm)	Xnodos (Unidad)	Rama PmsRama	Rama %Hrama	Raíz PmsRaiz	Raíz %Hraiz
1	3	23,07	2	2,80	2,50	0,3347	58,57	0,1199	75,00
2	5	15,84	1	2,90	2,00	0,4104	55,29	0,2317	76,27
3	4	22,53	2	5,50	4,00	0,4923	58,30	0,1977	70,57
4	4	13,43	1	2,10	2,00	0,2234	55,62	0,1274	84,91
5	7	7,13	2	2,35	2,50	0,1257	62,58	0,0763	87,76
6	3	3,73	3	2,33	1,67	0,2221	60,45	0,0375	83,09
7	2	11,50	2	2,20	1,50	0,0542	66,48	0,0431	89,77
8	1	4,10	0	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,0159	88,83
9	2	0,15	2	0,70	1,50	0,0278	67,60	0,0006	78,33
10	6	15,29	2	2,93	2,15	0,4048	61,70	0,2160	79,56
11	3	19,58	3	3,65	1,10	0,2519	51,75	0,0864	73,58

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 39: Datos de indicadores del enraizamiento de estacas de *Olea europaea* inoculadas con Acido indol butírico (AIB). (Tratamiento Experimental)

Nro.	CantRaiz (Unidad)	XLongRaizP (cm)	Ramas (Unidad)	XLongRama (cm)	Xnodos (Unidad)	Rama PmsRama	Rama %Hrama	Raíz PmsRaiz	Raíz %Hraiz
1	13	3,38	3	2,50	2,67	0,0538	80,30	0,0436	80,30
2	4	7,48	3	1,50	1,67	0,4158	59,18	0,1398	85,97
3	6	18,37	3	2,33	2,33	0,5964	59,79	0,3266	80,30
4	2	16,85	1	2,40	2,00	0,0926	66,94	0,0766	89,28
5	3	10,17	2	3,95	2,50	0,6616	56,92	0,3053	82,24
6	3	11,10	3	1,07	1,33	0,2559	60,59	0,1321	85,44
7	3	10,50	0	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,0229	90,45
8	8	14,81	3	1,37	1,00	0,1719	60,30	0,2951	86,00
9	8	21,98	3	4,03	2,67	0,4591	58,78	0,3883	82,84
10	3	15,57	0	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,1374	87,96
11	1	8,10	2	0,33	1,00	0,0071	31,07	0,0090	92,33

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 40: Datos de indicadores del enraizamiento de estacas de *Olea europaea* inoculadas con agua. (Contol Experimental)

Nro.	CantRaiz (Unidad)	XLongRaizP (cm)	Ramas (Unidad)	XLongRama (cm)	Xnodos (Unidad)	Rama PmsRama	Rama %Hrama	Raíz PmsRaiz	Raíz %Hraiz
1	1	4,62	1	1,19	1,00	0,0817	65,59	0,0137	89,49
2	0	0,00	3	0,61	1,00	0,0345	31,55	0,0000	0,00
3	0	0,00	2	0,70	1,00	0,0190	54,87	0,0000	0,00
4	1	1,94	2	0,28	0,94	0,0732	68,45	0,0065	22,27
5	0	0,00	2	1,01	0,81	0,0289	53,56	0,0000	0,00
6	1	7,47	3	0,90	0,98	0,0787	39,75	0,0044	35,63
7	0	0,00	2	0,63	1,10	0,0485	64,01	0,0000	0,00
8	2	1,72	1	1,17	1,00	0,0567	44,27	0,0085	67,02
9	0	0,00	1	0,59	1,00	0,1284	74,65	0,0000	0,00
10	0	0,00	2	0,39	1,06	0,0991	74,19	0,0000	0,00
11	1	3,85	2	1,12	0,99	0,0557	61,60	0,0015	85,00

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 06: Cuadro comparativo de diferencia y no diferencia de acuerdo a indicadores

Indicador/variable	Sí hay diferencia significativa 95% de confianza	No hay diferencia significativa 95% confianza
Longitud de raíz olivo germinado	X	
Longitud del tallo de olivo germinado		X
Tiempo de germinación de olivo		X
Pms Hojas olivo germinado	X*	
Pms tallo de olivo germinado	X	
Pms raíz de olivo germinado		X*
%Hojas de olivo germinado	X*	
%Htallo de olivo germinado	X	
%Hraiz de olivo germinado		X
Longitud raíz tomate	X	
Longitud del tallo tomate		X
Tiempo de germinación tomate	X*	
Pms hojas tomate germinado		X
Pms tallo tomate germinado		X
Pms raíz tomate germinado	X	
%Hojas de tomate germinado		X
%Htallo de tomate germinado		X
%Hraiz de tomate germinado	X	
Longitud raíz zapallo germinado		X*
Longitud del tallo zapallo germinado	X	
Tiempo de germinación		X
Pms hojas zapallo germinado	X	
Pms tallo zapallo germinado		X*
Pms raíz zapallo germinado		X*
%Hojas de zapallo germinado		X
%Htallo de zapallo germinado		X*
%Hraiz de zapallo germinado	X*	
Cantidad de raíces olivo enraizado	X	
Longitud de raíz principal olivo enraizado	X	
Pms raíz olivo enraizado	X*	
%Hraiz de olivo enraizado	X	

ANEXO 07: Hipótesis específicas por tratamientos

1. Tratamiento de semillas de *Olea europaea*:

1.1. Hipótesis específica. Longitud Raíz Olivo.

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\text{LongRaizP Olivo})} = TC_{(\text{LongRaizP Olivo})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\text{LongRaizP Olivo})} \neq TC_{(\text{LongRaizP Olivo})}$$

1.2. Hipótesis específica. Longitud del tallo Olivo.

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea*, produce un mejor desarrollo de la longitud del tallo, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce un mejor desarrollo de la longitud del tallo, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: T_{\text{Exptl}}(\text{LongTallo Olivo}) = T_{\text{Ctrl}}(\text{LongTallo Olivo})$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: T_{\text{Exptl}}(\text{LongTallo Olivo}) \neq T_{\text{Ctrl}}(\text{LongTallo Olivo})$$

1.3. Hipótesis específica. Tiempo de germinación Olivo.

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce un mejor desarrollo del tiempo de germinación, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce un mejor desarrollo del tiempo de germinación bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\text{TiempGerm Olivo})} = TC_{(\text{TiempGerm Olivo})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente un mejor desarrollo del tiempo de germinación, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\text{TiempGerm Olivo})} \neq TC_{(\text{TiempGerm Olivo})}$$

1.4. Hipótesis específica. Peso de materia seca Hojas Olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce un mejor

desarrollo de materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(PmsHojas\ Olivo)} = TC_{(PmsHojas\ Olivo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(PmsHojas\ Olivo)} \neq TC_{(PmsHojas\ Olivo)}$$

1.5. Hipótesis específica. Peso de materia seca Tallo Olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce un mejor desarrollo de la materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea*, no produce un mejor desarrollo de la materia vegetal del tallo

(expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(PmsTallo\ Olivo)} = TC_{(PmsTallo\ Olivo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea*, produce, significativamente, un mejor desarrollo de la materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(PmsTallo\ Olivo)} \neq TC_{(PmsTallo\ Olivo)}$$

1.6. Hipótesis específica. Peso de materia seca Raíz Olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz

(expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(PmsRaiz\ Olivo)} = TC_{(PmsRaiz\ Olivo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(PmsRaiz\ Olivo)} \neq TC_{(PmsRaiz\ Olivo)}$$

1.7. Hipótesis específica. Porcentaje de humedad hojas olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce mayor contenido de humedad en desarrollo de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de

las hojas (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\%Hojas\ Olivo)} = TC_{(\%Hojas\ Olivo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de las hojas (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\%Hojas\ Olivo)} \neq TC_{(\%Hojas\ Olivo)}$$

1.8. Hipótesis específica. Porcentaje de humedad del tallo olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce mayor contenido de humedad en el desarrollo de la materia vegetal de los tallos (expresado en un mayor porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce

significativamente una diferencia en el contenido de humedad de los tallos (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\% \text{Htallo Olivo})} = TC_{(\% \text{Htallo Olivo})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de los tallos (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\% \text{Htallo Olivo})} \neq TC_{(\% \text{Htallo Olivo})}$$

1.9. Hipótesis específica. Porcentaje de humedad de la raíz Olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce mayor contenido de humedad en el desarrollo de la materia vegetal de las raíces (expresado en un mayor porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* no produce

significativamente una diferencia en el contenido de humedad de las raíces (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\% \text{Hraíz Olivo})} = TC_{(\% \text{Hraíz Olivo})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Olea europaea* produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de las raíces (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\% \text{Hraíz Olivo})} \neq TC_{(\% \text{Hraíz Olivo})}$$

2. TRATAMIENTO DE SEMILLAS DE *Solanum lycopersicum*:

2.1. Hipótesis específica. Longitud Raíz Tomate

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce

un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\text{LongRaizP Tomate})} = TC_{(\text{LongRaizP Tomate})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\text{LongRaizP Tomate})} \neq TC_{(\text{LongRaizP Tomate})}$$

2.2. Hipótesis específica. Longitud del tallo Tomate

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce un mejor desarrollo de la longitud del tallo, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce un mejor desarrollo de la longitud del tallo, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\text{LongTallo Tomate})} = TC_{(\text{LongTallo Tomate})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente un mejor desarrollo de la longitud del tallo, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H1: TE_{(\text{LongTallo Tomate})} \neq TC_{(\text{LongTallo Tomate})}$$

2.3. Hipótesis específica. Tiempo de germinación Tomate

La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce un mejor desarrollo del tiempo de germinación, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce un mejor desarrollo del tiempo de germinación, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H0: TE_{(\text{TiempGerm Tomate})} = TC_{(\text{TiempGerm Tomate})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente un mejor desarrollo del tiempo de

germinación, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H1: TE_{(TiempGerm\ Tomate)} \neq TC_{(TiempGerm\ Tomate)}$$

2.4. Hipótesis específica. Peso de materia seca Hojas Tomate

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce un mejor desarrollo de materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H0: TE_{(PmsHojas\ Tomate)} = TC_{(PmsHojas\ Tomate)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal de

las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca),
bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$\mathbf{H1: TE_{(PmsHojas Tomate)} \neq TC_{(PmsHojas Tomate)}}$$

2.5. Hipótesis específica. Peso de materia seca Tallo Tomate

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum*, produce un mejor desarrollo de la materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce un mejor desarrollo de la materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$\mathbf{H0: TE_{(PmsTallo Tomate)} = TC_{(PmsTallo Tomate)}}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal del

tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca) bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H1: TE_{(PmsTallo\ Tomate)} \neq TC_{(PmsTallo\ Tomate)}$$

2.6. Hipótesis específica. Peso de materia seca Raíz Tomate

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H0: TE_{(PmsRaiz\ Tomate)} = TC_{(PmsRaiz\ Tomate)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H1: TE_{(PmsRaiz\ Tomate)} \neq TC_{(PmsRaiz\ Tomate)}$$

2.7. Hipótesis específica. Porcentaje de humedad hojas tomate

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce mayor contenido de humedad en el desarrollo de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de la las hojas (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\%Hhojas\ Tomate)} = TC_{(\%Hhojas\ Tomate)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de las hojas (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\%Hhojas\ Tomate)} \neq TC_{(\%Hhojas\ Tomate)}$$

2.8. Hipótesis específica. Porcentaje de humedad tallo tomate

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce mayor contenido de humedad en el desarrollo de la materia vegetal del tallo (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de los tallos (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\%H\text{tallo Tomate})} = TC_{(\%H\text{tallo Tomate})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de los tallos (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\%H\text{tallo Tomate})} \neq TC_{(\%H\text{tallo Tomate})}$$

2.9. Hipótesis específica. Porcentaje de humedad raíz tomate

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce mayor contenido de humedad en el desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* no produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de las raíces (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\% \text{Hraiz Tomate})} = TC_{(\% \text{Hraiz Tomate})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Solanum lycopersicum* produce significativamente, una diferencia en el contenido de humedad de las raíces (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\% \text{Hraiz Tomate})} \neq TC_{(\% \text{Hraiz Tomate})}$$

3. TRATAMIENTO DE SEMILLAS DE *Cucurbita maxima*:

3.1. Hipótesis específica. Longitud Raíz Zapallo

La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* no produce un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\text{LongRaizP Zapallo})} = TC_{(\text{LongRaizP Zapallo})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce significativamente un mejor desarrollo de la parte radicular, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\text{LongRaizP Zapallo})} \neq TC_{(\text{LongRaizP Zapallo})}$$

3.2. Hipótesis específica. Longitud del tallo Zapallo

La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce un mejor desarrollo de la longitud del tallo, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* no produce un mejor desarrollo de la longitud del tallo, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\text{LongTallo Zapallo})} = TC_{(\text{LongTallo Zapallo})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce significativamente un mejor desarrollo de la longitud del tallo, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\text{LongTallo Zapallo})} \neq TC_{(\text{LongTallo Zapallo})}$$

3.3. Hipótesis específica. Tiempo de germinación Zapallo

La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce un mejor desarrollo del tiempo de germinación, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* no produce un mejor desarrollo del tiempo de germinación, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\text{TiempGerm Zapallo})} = TC_{(\text{TiempGerm Zapallo})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum sp.* sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce significativamente un mejor desarrollo del tiempo de germinación, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\text{TiempGerm Zapallo})} \neq TC_{(\text{TiempGerm Zapallo})}$$

3.4. Hipótesis específica. Peso de materia seca Hojas Zapallo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* no produce un mejor desarrollo de materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(PmsHojas Zapallo)} = TC_{(PmsHojas Zapallo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal de las hojas (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(PmsHojas Zapallo)} \neq TC_{(PmsHojas Zapallo)}$$

3.5. Hipótesis específica. Peso de materia seca Tallo Zapallo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce un mejor desarrollo de la materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* no produce un mejor desarrollo de la materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(PmsTallo Zapallo)} = TC_{(PmsTallo Zapallo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal del tallo (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(PmsTallo Zapallo)} \neq TC_{(PmsTallo Zapallo)}$$

3.6. Hipótesis específica. Peso de materia seca Raíz Zapallo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* no produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(PmsRaiz Zapallo)} = TC_{(PmsRaiz Zapallo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de germinación de *Cucurbita maxima* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(PmsRaiz Zapallo)} \neq TC_{(PmsRaiz Zapallo)}$$

4. TRATAMIENTO DE ESTACAS DE *Olea europaea*:

4.1. Hipótesis específica. Cantidad de raíces Olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* produce un mejor desarrollo de la parte radicular expresado en mayor cantidad de raíces, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* no produce un mejor desarrollo de la parte radicular expresado en cantidad de raíces, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(CantRaizP\ Olivo)} = TC_{(CantRaizP\ Olivo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* produce significativamente un mejor desarrollo de la parte radicular expresado en cantidad de raíces, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(CantRaizP\ Olivo)} \neq TC_{(CantRaizP\ Olivo)}$$

4.2. Hipótesis específica. Longitud Raíz Olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* produce un mejor desarrollo de la parte radicular expresado en mayor longitud de sus raíces, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* no produce un mejor desarrollo de la parte radicular expresado en mayor longitud de sus raíces, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(XLongRaizP\ Olivo)} = TC_{(XLongRaizP\ Olivo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* produce, significativamente un mejor desarrollo de la parte radicular expresado en mayor longitud de sus raíces, bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(XLongRaizP\ Olivo)} \neq TC_{(XLongRaizP\ Olivo)}$$

4.3. Hipótesis específica. Peso de materia seca Raíz Estaca de Olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* no produce un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(PmsRaiz\ olivo)} = TC_{(PmsRaiz\ olivo)}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* produce significativamente un mejor desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor peso de su materia seca), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(PmsRaiz\ olivo)} \neq TC_{(PmsRaiz\ olivo)}$$

4.4. Hipótesis específica. Prcentage de humedad raíz estaca de Olivo

La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* produce un mayor contenido de humedad en el desarrollo de la materia vegetal de la raíz (expresado en un mayor porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

Hipótesis nula: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea*, no produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de la raíz (expresado en porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_0: TE_{(\% \text{Hraiz olivo})} = TC_{(\% \text{Hraiz olivo})}$$

Hipótesis alternativa: La inoculación de *Azospirillum* sp. sobre el proceso de enraizamiento de estacas de *Olea europaea* produce significativamente una diferencia en el contenido de humedad de la raíz (expresado porcentaje de humedad), bajo condiciones de invernadero que las no inoculadas.

$$H_1: TE_{(\% \text{Hraiz olivo})} \neq TC_{(\% \text{Hraiz olivo})}$$

ANEXO 08: Imágenes fotográficas



IMAGEN 01: Medio Rojo de Congo y NFB.

Fuente: Elaboración propia. Medio rojo de Congo (izquierda); medio NFB (derecha)



IMAGEN 02: Masificación y obtención del inoculante en el biorreactor.

Fuente: Elaboración propia.



IMAGEN 03: Proceso de medición de los indicadores.
Fuente: Elaboración propia.



IMAGEN 04: Distribución de germinados de *Olea europaea*.
Fuente: Elaboración propia.



IMAGEN 05: Distribución de germinados de *Solanum lycopersicum*.
Fuente: Elaboración propia.



IMAGEN 06: Distribución de germinados de *Cucurbita maxima*.
Fuente: Elaboración propia.



IMAGEN 07: Distribución de enraizado de estacas de *Olea europaea*.
Fuente: Elaboración propia.



M.Sc. Blgo. Daladier Miguel Castillo Cotrina
ASESOR



Dr. Ing. Oscar Octavio Fernández Cutire
CO-ASESOR