UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE INOCULANTES Y ÁCIDOS HÚMICOS GRANULADOS EN EL DESARROLLO DE PLANTULAS DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) cv. RIO GRANDE, ANDAHUAYLAS.

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO, PRESENTADO POR EL BACHILLER EN CIENCIAS AGRARIAS

Huber VERA VELASQUEZ.

ASESOR : Mg Sc. Juan ALARCON CAMACHO

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC

2017

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

1.1. Planteamiento del problema 1

1.2. Objetivos 2

1.2.1 Objetivo general 2

1.2.2 Objetivos específicos 2

1.3. Justificación 3

1.4. Hipótesis 4

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 El cultivo de tomate 5

2.1.1 Origen 5

2.1.2 Taxonómica 5

2.1.3 Morfología del tomate 6

2.1.4 Propagación del tomate 13

2.1.5 Germinación de semillas 13

2.1.6 Almácigos 14

2.2 Cultivar Río Grande 15

2.3 Importancia nutricional de tomate 16

2.4 Inoculante biológico 17

2.5 Beneficios de los microorganismos productores de promotores de crecimiento vegetal 18

2.5.1 Fijación de nitrógeno 18

2.5.2 Solubilizador de fosfato 20

2.5.3 Producción de fitohormonas 21

2.6 Enmienda orgánica o fertilizante orgánico 22

2.6.1 Fertilizantes orgánicos con aminoácidos 22

2.6.2 Micronutrientes quelatados 24

2.6.3 Ácidos húmicos 26

2.6.4 Ácidos algínicos 28

2.6.5 Ecoterra 30

2.6.6 Humax 30

2.6.7 Terramar 31

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica e hidrográfica 32

3.2 Materiales 33

3.2.1 Materiales biológicos 33

3.2.2 Materiales de campo 33

3.2.3 Materiales de gabinete 33

3.3 Metodología 34

3.3.1 Diseño experimental 34

3.3.1.1 Área experimental 35

3.3.2 Variables 36

3.3.3 Labores agronómicas 36

3.3.4 Indicadores 37

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓNES

4.1 Longitud radicular de la plántula de tomate 39

4.2 Peso radicular de la plántulas de tomate 41

4.3 Altura de plántulas de tomate 43

4.4 Diámetro del tallo de plántulas de tomate 46

4.5 Longitud de foliolos de plántulas de tomate 49

4.6 Peso de plántulas de tomate 51

4.7 Resultados del análisis de tejidos vegetales 53

4.7.1 Contenido de Nitrógeno (%) 54

4.7.2 Contenido de Fósforo (%) 56

4.7.3 Contenido de Potasio (%) 58

4.7.4 Contenido de Calcio (%) 61

4.7.5 Contenido de Magnesio (%) 62

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones 65

5.2 Recomendaciones 67

BIBLIOGRAFÍA 68

ANEXOS 74

LISTA DE TABLA

TABLA 1. Principales Agentes Quelatantes 25

TABLA 2. Fuerza de quelatación de agentes quelatantes..... 26

TABLA 3. Resumen estadístico de la variable longitud radicular 39

TABLA 4. Resultado del ANVA en la variable altura radicular..... 40

TABLA 5. Resultado de Tukey al 5% en la variable altura radicular..... 41

TABLA 6. Resumen estadístico de la variable peso radicular 42

TABLA 7. Resultado del ANVA en la variable peso radicular……..…….42

TABLA 8. Resultado de Tukey al 5% en la variable peso radicular 43

TABLA 9. Resumen estadístico de la altura de plántulas de tomate 44

TABLA 10. Resultado del ANVA en la variable altura de la plántula 45

TABLA 11. Resultado de Tukey al 5% en la altura de la plántula 45

TABLA 12. Resumen estadístico en la variable diámetro del tallo 46

TABLA 13. Resultado del ANVA en la variable diámetro del tallo 47

TABLA 14. Resultado de Tukey al 5% en la variable diámetro de tallo..... 48

TABLA 15. Resumen estadístico de longitud de foliolos 49

TABLA 16. Resultado del ANVA en la variable longitud de foliolos 50

TABLA 17. Resultado de Tukey al 5% en la variable longitud de foliolos .. 51

TABLA 18. Resumen estadístico del peso de plántulas de tomate 52

TABLA 19. Resultado del ANVA en el peso de plántulas de tomate 52

TABLA 20. Resultado de Tukey al 5% en el peso de plántulas de tomate 53

TABLA 21. Resultado del ANVA en la variable contenido de nitrógeno 54

TABLA 22. Resultado de Tukey al 5% en la concentración de nitrógeno .. 55

TABLA 23. Resultado del ANVA en el contenido de fósforo 56
TABLA 24. Resultado de Tukey al 5% en la concentración de fósforo 57
TABLA 25. Resultado del ANVA en el contenido de potasio..... 59
TABLA 26. Resultado de Tukey al 5% en la concentración de potasio 60
TABLA 27. Resultado del ANVA en la concentración de calcio..... 61
TABLA 28. Resultado de Tukey al 5% en la concentración de calcio 62
TABLA 29. Resultado del ANVA en la concentración de magnesio 63
TABLA 30. Resultado de Tukey al 5% en la concentración de magnesio .. 64

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Diversos tipos de crecimiento 8
FIGURA 2. Sustancias húmicas 28
FIGURA 3. Estructura del ácido algínico 30
FIGURA 4. Croquis del diseño experimental..... 36
FIGURA 5. Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable altura radicular 41
FIGURA 6. Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable peso radicular 43
FIGURA 7. Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable altura de plántulas..... 46
FIGURA 8. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable diámetro de tallo 48

FIGURA 9. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable longitud del foliolo. 51
FIGURA 10. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable pesos de plántulas 53
FIGURA 11. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de nitrógeno 56
FIGURA 12. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de fósforo 58
FIGURA 13. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de potasio 60
FIGURA 14. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de calcio 62
FIGURA 15. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de magnesio 64

DEDICATORIA

Con mucho amor y respeto dedico a mi hermana Soraida y demás hermanos porque sin ellos nunca se habría logrado este objetivo a pesar de las dificultades siempre han estado a mi lado dando todo su respaldo que para uno es de cada importancia.

A mis hijos André y Alessandro que son el pilar para que todo lo bueno sea realizado, son ellos a quienes mi amor y sobre todo mi esfuerzo son entregados.

A mi bella esposa Fany cuyo apoyo incondicional se evidencia en cada logro de mi vida, me has dado muchos motivos para continuar en esta lucha y sobre todo el sentido de ser feliz.

Huber

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por mi existencia y las hermosas obras producto de su creación.

A mis padres, que me brindaron e inculcaron valores que han permitido forjarme como hombre de bien; su gran amor en mí, hicieron creer en la posibilidad de materializar los sueños que uno lleva dentro de sí.

A mi alma mater, aquella en cuyas aulas me permitieron día a día olvidar los tiempos muertos de perder la libertad de abrazar los conocimientos de las ciencias agrarias.

A mis docentes, cuyas sesiones didácticas fueron fructíferas y en las cuales se tejieron lazos de fuerte amistad a través de insaciables debates.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos, que día a día en largas y productivas conversaciones planificábamos nuestro plan de vida, que poco a poco se ha venido concretando; a ustedes decirles que ya es un éxito el estar aquí luchando, gracias por la tenacidad de enrumbarnos en esta empresa llamada vida profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos la evaluación de inoculantes y ácidos húmicos en la producción de plántulas de tomate cultivar Río Grande, bajo condiciones de almacigo. En esta investigación se utilizó el inoculante comercial de la marca Ecoterra ® W y ácidos húmicos comerciales Humax® 90 y Terramar®.

Se utilizó el Diseño Completamente Aleatorizados (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones; las variables agronómicas evaluadas fueron: altura de plántula de tomate, peso radicular, altura radicular, longitud de foliolos, peso de plántula, diámetro de tallo y concentración de macro y micro nutrientes en los tejidos vegetales. De los tratamientos evaluados, todos mostraron diferencias significativas respecto al testigo, sin embargo solo dos de los tratamientos en estudio mostraron la mayor influencia en las variables agronómicas evaluadas.

Por consiguiente, el tratamiento que resulto significativamente superior en la mayoría de variables agronómicas de las plántulas de tomate, fue el INOCULANTE + TERRAMAR. Con la aplicación de este tratamiento se alcanzó una altura promedio en la raíz de 14.67 centímetros alcanzando un peso radicular de 4.44 gramos y una altura de plántula de 15.78 centímetros con un grosor de 4.32 milímetros. Los foliolos tuvieron una longitud de 3.18 centímetros en promedio y la biomasa alcanzó un peso promedio de 4.44 gramos.

Aunque, en la concentración de macro y micro nutrientes los resultados fueron muy variables entre sí.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate en el distrito de Talavera, sector de Poccontoy provincia de Andahuaylas, destina la mayor área agrícola al cultivo de hortalizas especialmente al tomate, según estadísticas del Dirección Regional de Agricultura de Apurímac la superficie agrícola en promedio destinada para la siembra de este cultivo se sitúa en 2 hectáreas; esto debido a que dicha hortaliza se ubica entre los primeros lugares de consumo y comercialización. Es sabido que de un buen almácigo depende todo el cultivo posterior, por lo que las aplicaciones tecnológicas y las atenciones que se le dé, determinan el éxito del cultivo.

Es el sustrato que constituye el medio en que se desarrollaran las raíces de las plántulas de tomate, por lo que su importancia radica en la influencia del crecimiento, así mismo el empleo de inoculantes biológicos cuyo beneficios están en su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, descomposición de residuos orgánicos, aporte de nutrientes, como antagonistas y síntesis de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas, pese a ello existe una desinformación de los beneficios que proporcionan los inoculantes biológicos, como la falta de un medio nutritivo adecuado que permita el desarrollo de plántulas de tomate, por lo que el presente trabajo de investigación se plantea evaluar la aplicación de inoculantes biológicos y ácidos húmicos granulados en el desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cv. Río Grande, bajo condiciones de almácigo, en Andahuaylas.

EL AUTOR

CAPÍTULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de la raíz está limitado por la calidad del almacigo, por tanto una alteración en el crecimiento de la raíz tendrá efectos negativos en el anclaje de las plantas adultas y en la absorción de nutrientes, causando plantas poco vigorosas y probablemente una sensibilidad del cultivo a sequias. Por consiguiente la producción se ve limitado por la falta de uniformidad en el prendimiento, emergencia y desarrollo de las plántulas por la deficiente preparación en los sustratos que ocasionan perdidas en cantidad y calidad de producción.

Ante esta situación el problema es la falta de información sobre el uso y aprovechamiento de los sustratos comerciales en comparación con el uso de sustratos locales en la producción de plántulas de tomates, que implican dejar de lado alternativas que permite la obtención de mayores rendimientos y en la promoción del crecimiento vegetal y control biológico de fitopatógenos, influir positivamente sobre la germinación de las semillas y, posteriormente, en el desarrollo de las raíces con un balance nutricional adecuado y crecimiento uniforme. En tal sentido, cabe la siguiente interrogante de investigación: **¿De qué manera la aplicación de inoculantes y ácidos húmicos granulados influyen en la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cv. Río Grande?**

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

- Evaluar la aplicación de los inoculantes *y* ácidos húmicos granulados en el desarrollo de plántulas de tomate *(Lycopersicum esculentum* Mill*)* cv. Río Grande, Andahuaylas*.*

1.2.2. Específicos

- Evaluar la aplicación de los inoculantes que contienen *Bacillus megaterium, Bacillus licheniforme, Bacillus subtilis, Azotobacter chroococcum y Pseudomonas fluorescens* (Ecoterra® W); en el desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cv. Río Grande, Andahuaylas.
- Evaluar la aplicación combinada entre los inoculantes y ácidos húmicos granulados de extracto de Lenardita (Humax®), que permitan obtener mejores resultados en el desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cv. Río Grande, Andahuaylas.
- Evaluar la aplicación combinada entre los inoculantes y ácidos húmicos granulados compuestos de algas marinas (Terramar®), que permitan obtener mejores resultados en el desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cv. Río Grande, Andahuaylas.
- Determinar el contenido de macro y micro nutrientes presentes en el tejido vegetal de plántulas de tomate.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El éxito de una explotación con fines comerciales de tomate depende en gran parte del cuidado que se preste en los almácigos lo cual permite la obtención de plántulas uniformes y en buen estado de desarrollo; por consiguiente al obtener plántulas sanas durante el proceso de almacigado, logramos una mayor uniformidad, reducimos el periodo de producción y un mejor aprovechamiento de las enmiendas nutricionales que se le apliquen al iniciar la floración y el cuajado. Esto ocurre a causa de la homogénea fenología del cultivo a la fecha de aplicación y por tanto una cosecha más concentrada, disminuyendo el periodo de mantenimiento del campo influenciando positivamente en los costos de producción.

Entre los beneficios del uso de inoculantes en la agricultura están en su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, descomposición de residuos orgánicos, aporte de nutrientes, como antagonistas y síntesis de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas.

Por otra parte, los beneficios de los ácidos húmicos son de mejorar las características físico-químicas del suelo tales como su estructura y su capacidad de intercambio catiónico (CIC), pues fija cationes ya sea que estos formen parte del suelo o sean suministrados y los mantiene disponibles en el momento en el que la planta los necesite.

Sin embargo no existen estudios referidos en la zona al uso combinado de inoculantes biológicos y enmiendas orgánicas en la obtención de plántulas

de tomate en condiciones de almacigo. En tal sentido, esta investigación es importante porque contribuirá en brindar una alternativa de producción sostenible que garanticen el buen desarrollo de las plántulas de tomate en condiciones de almacigo.

1.4. HIPÓTESIS

Se plantea como hipótesis, que la aplicación de inoculantes y ácidos húmicos influyen en la calidad de las plántulas de tomate.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. El CULTIVO DE TOMATE

2.1.1 Origen

Al respecto **Benton (2001)**, sostiene que el tomate, y las plantas más relacionadas con él, tienen su centro de origen en una región montañosa, estrecha, y alargada de los Andes del Perú, Ecuador y Chile. Además, algunas plantas claramente emparentadas con el tomate cultivado son parte de la flora nativa de las Islas Galápagos. Estos parientes primitivos del tomate ocupaban ambientes diversos y distintos, y representan una fuente de genes casi inagotable para la mejora genética de la especie.

2.1.2 Taxonomía

Vallejo y Estrada (2004) indica que, es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanaceae y al género Lycopersicon. L. esculentum es la especie cultivada y posee nueve especies silvestres relacionadas. El nombre genérico y específico del tomate fue dado por Miller en 1788. La mayoría de los investigadores consideran que el género Lycopersicon posee las siguientes especies:

1. *L. esculentum Mill. (especie cultivada).*
2. *L. esculentum var. cerasiforme*
3. *L. pimpinellifolium (jusi) Mill.*
4. *L. hirsutum Humb and Bonpl.*
5. *L. cheesmanii Riley*

6. *L. parviflorum*
7. *L. chmielewskií*
8. *L. peruvianum (L.) Mili*
9. *L. pennellii (Sin, de Solamun pennellii Corr.)*
10. *L. chilense Dun***.**

2.1.3 Morfología del tomate

Con respecto a la morfología de la planta de tomate, **la FAO & Agriculture Org. (2002)**, describe de la siguiente manera:

a) Sistema radicular

La raíz de las plantas jóvenes de tomate es pivotante, pero más tarde la ramificación es tan importante que es difícil distinguir la raíz principal de las secundarias. El sistema radicular del tomate puede llegar a una profundidad de más de 1.25 m, pero la mayoría de las raíces se sitúan en la capas superior del suelo (más del 70% en la zona de 0 hasta 20 cm y hasta el 95% en la zona de 0 hasta 50 cm de profundidad). En general las variedades de crecimiento determinado tiene un sistema radicular más pequeño y superficial; también las plantas procedentes de siembra directa tienen una raíz principal más importante y un sistema radicular más profundo que las plantas transplantadas. Los suelos ligeros y arenosos favorecen el desarrollo de raíces profundas.

b) Crecimiento de la planta

La planta del tomate se caracteriza por su crecimiento simpodial. Como norma, cuando se ha desarrollado 5 – 8 hojas aparece un racimo floral terminal en el tallo principal (figura 1a). La temperatura elevada y la iluminación débil y en especial la asociación de ambas condiciones, hacen que se retrase la aparición de este primer racimo floral. El tallo principal se prolonga en el brote lateral más vigoroso que nace de la axila de la hoja que está justo debajo del racimo (figura 1b). Por fototropismo ese brote crece hacia arriba, desviando hacia un lado la parte superior del tallo principal y dando la impresión de que el racimo terminal está ladeado (figura 1c), este brote axilar termina igualmente en un racimo floral que aparece normalmente después del desarrollo de 3 hojas, aunque a veces aparece tras solo 1 ó 2 hojas (figura 1d). El crecimiento se prolonga nuevamente a través del brote lateral más vigoroso, siendo los laterales inferiores más débiles.

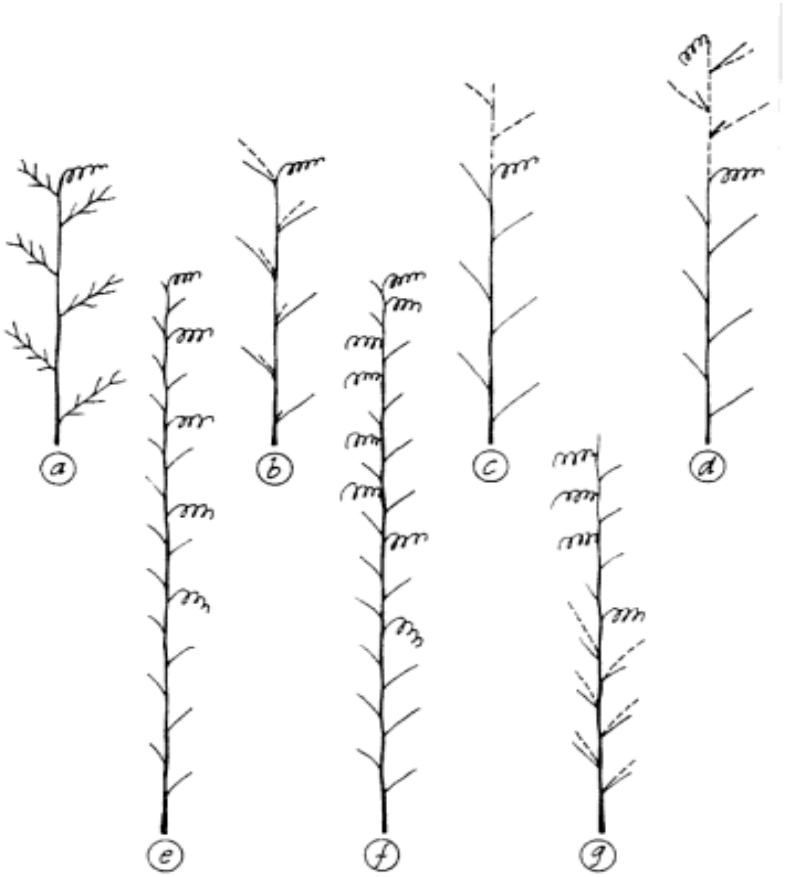


Figura 1. Diversos tipos de crecimiento de tomate.

Fuente: Food & Agriculture Org. El cultivo protegido en clima mediterráneo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Cuando el número de hojas entre dos racimos florales consecutivos es solamente de una o dos, la planta es menos vigorosa y bajo ciertas condiciones de crecimiento se agota y detiene su desarrollo. En estas circunstancias se habla de “crecimiento determinado” (gen “sp”), en contraposición al “crecimiento indeterminado” que se caracteriza el tipo de planta con crecimiento normal (gen “sp+”).

Las condiciones del Mediterráneo permiten el cultivo en invernadero de estos dos tipos indistintamente.

El tipo “indeterminado” se caracteriza invariablemente por la presencia de simpodios de tres hojas y siempre que las condiciones de crecimiento y el estado sanitario lo permitan, puede crecer durante un largo periodo, produciendo numerosos racimos (figura 1e).

El tipo “determinado” no se cultiva con tanta frecuencia en invierno.

Ciertas variedades conocidas con el nombre de “semideterminadas” tienen simpodios de 3 ó 2 hojas y en casos muy contados una sola hoja y por ello resultan menos sensibles a la determinación del crecimiento y en casos contados una sola hoja y por ello resultan menos sensibles a la determinación del crecimiento, lo que las hace más adecuadas al cultivo de invernadero (figura 1f). El verdadero tipo de crecimiento determinado tiene 1 ó 2 hojas por simpodio y es más conveniente para cultivos destinados a la industria, pues permite la recolección de una sola vez (figura 1g).

El crecimiento puede ser reducido o incluso determinado en cualquier momento del desarrollo a causa sobre todo de temperaturas frías, días cortos, falta de humedad, estrés hídrico, salinidad. Esto puede sobrevenir muy tempranamente, después

de tres o cuatro racimos, incluso en variedades semideterminadas; mientras que en condiciones favorables estas mismas variedades pueden producir por lo menos diez racimos.

c) Hojas

La hoja es compuesta y posee un número impar de foliolos verdes, que depende de la variedad y de la posición de la hoja de la planta. Así mismo la forma, dimensión, estructura, espesor y color son factores que dependen de la variedad. En general las hojas de variedades tardías son más gruesas y más obscuras aunque también influyen las condiciones de cultivo.

Cuando la planta es muy vigorosa ocurre que la hoja se repliega alrededor del raquis, mientras que el abullonado de las hojas jóvenes puede ser debido a un estrés hídrico o a los pinzamientos, sobre todo en el tipo determinado.

d) Flores

Por lo general se obtendrán frutos de buen tamaño, a partir de las flores de buena calidad, que se desarrollan en racimos de 5 a 12 flores. Dependiendo de las condiciones del medio, el número de flores puede ser muy pequeño con temperatura alta y baja luminosidad, o muy elevado con bajas temperaturas, mientras que con plantas vigorosas que crezcan en condiciones húmedas van a producir racimos con yemas foliares y flores con sépalos muy largos. En condiciones de baja temperatura algunas

variedades son propensas a formar flores dobles que dan lugar a frutos acostillados o asurcados.

La fructificación está muy ligada a la cantidad y calidad del polen y también a la viabilidad de los óvulos. Por lo general el polen es más sensible a las bajas temperaturas que los óvulos, mientras que con temperaturas elevadas la viabilidad de los óvulos es asi mismo muy reducida. Tanto las temperaturas bajas menos de 13°C, como las altas de más de 32°C, intervienen en el sentido de reducir la cantidad de polen. Por otra parte también la calidad del polen se ve afectada por las bajas temperaturas, especialmente durante el periodo de microsporogénesis, que es cuando la flor se encuentra en estado de pequeño botón, aproximadamente dos semanas antes de la floración.

Las temperaturas bajas y la humedad relativa elevada dificultan la liberación del polen y en estas circunstancias se puede mejorar la polinización agitando los racimos con vibradores eléctricos.

Cuando el polen no es de buena calidad, las bajas temperaturas retrasan la germinación del polen y la fructificación de los óvulos; estos problemas no son graves cuando se cuenta con polen de buena calidad.

Las flores se componen de 6 sépalos verdes, 6 pétalos amarillos y 6 estambres verdes soldados en un cono que recubre el pistilo, de tal forma que en condiciones normales el tomate es autogamo.

Con temperaturas elevadas el pistilo se alarga y puede atravesar el cono de los estambres, haciéndose entonces más probable la polinización cruzada.

e) Fructificación

El número de semillas que contiene el fruto y el volumen del mismo son proporcionales al número de óvulos fecundados ya que el desarrollo del fruto depende de la producción de auxinas, lo que a su vez guarda relación con la cantidad de semillas. Si se da la circunstancia de que la calidad y cantidad de polen son escasas y la viabilidad de los óvulos es deficiente, sobre todo cuando son bajas las temperaturas nocturnas, se puede recurrir a la pulverización de los racimos con fitoreguladores de auxinas sintéticas, para favorecer el desarrollo de frutos desprovistos de semillas o partenocárpicos. Los resultados obtenidos dependerán de las variedades, de las condiciones del medio ambiente, del tipo de fitoregulador y de la concentración de la solución empleada. Tanto en la aplicación de concentraciones elevadas como el uso de productos agresivos en variedades sensibles, provocarían deformaciones y la aparición de frutos excesivamente acostillados, interiormente huecos, o de ápice apuntado o hueco.

f) El Fruto

El fruto del tomate es una baya que presenta formas muy variadas, así como distintos tamaños y colores. En general, los tomates cultivados en invernadero son redondos, de tamaño mediano, con 2 a 5 lóculos y de color rojo.

El tamaño del fruto depende principalmente del número de óvulos fecundados, pero hay muchos otros factores que juegan un papel importante, como por ejemplo la nutrición, el riego, la temperatura y el número de lóculos. Con las variedades multiloculares se obtienen frutos grandes y acostillados cuando la planta tiene buen suministro de agua y nutrientes, aun cuando la temperatura sea relativamente baja. Las variedades biloculares, sometidas a estrés hídrico con temperaturas elevadas, producen frutos más pequeños y redondeados.

2.1.4 Propagación del tomate

Las plantas de tomate se pueden propagar en el campo por siembra directa o por trasplante, pero dado el altísimo precio de la semilla y la alta incidencia de virosis trasmitida por la mosca blanca, se recomienda producir plántulas en semilleros protegidos. **(Bolaños, 1998)**.

El trasplante se lleva realiza cuando las plántulas cuenta con 3 – 4 hojas verdaderas. **(UNALMA, 2000)**.

2.1.5 Germinación de semillas

La planta de tomate tarda de seis a ocho días para salir. Primero se produce una pequeña raíz (radícula) y poco después un par de hojas alargadas (hojas cotiledonales). **(Sánchez *et al*., 2008)**.

2.1.6 Almácigos

Holle y **Montes (1985)** definen que, almácigo es el lugar donde se depositan las semillas que se cultivaran, para que inicien su crecimiento hasta llegar a formar pequeñas plantitas y alcance su tamaño de trasplante.

El almácigo consiste en la siembra más o menos densa de un pequeño sector del suelo, preparado previa y esmeradamente, mantenido en óptimas condiciones, donde las plantitas reciben cuidadosa atención: riegos, desmalezaduras, raleos, desinfecciones, etc., antes de su traslado al lugar definitivo.

Por su parte, **Giaconi (1983)** sostiene que el almácigo es una práctica bastante delicada que los horticultores, en general, saben ejecutar en forma acabada y de la cual depende en gran parte el resultado del cultivo.

Debe ubicarse en un lugar fácilmente accesible, en terreno nivelado y fértil. El suelo debe ser de textura media y bien drenado. La parcela estará resguardada de vientos fuertes y fríos. Además, su orientación permitirá recibir la máxima insolación si se hace en época invernal, o bien, le protegerá de ella si se hace en verano. Igualmente habrá que

prever la disponibilidad de agua suficiente y de buena calidad, así como, la posibilidad de vigilancia constante por parte del agricultor. Así mismo, se evitará en sus proximidades la presencia de cultivos que puedan ser fuente de plagas y enfermedades, la de pájaros, roedores y animales domésticos libres, o la de estercoleros o caminos polvorientos.

Nuez *et al*., (1996) señalan que para un buen desarrollo de las plantas en el semillero, a los suelos descritos anteriormente habrá que hacerles aportes de materia orgánica (estiércol, turbas, etc.) con el fin de darle una estructura mullida y esponjosa. De esta forma, teniendo aireación adecuada, retendrán agua y nutrientes suficientes como para evitar rápidas fluctuaciones en los mismos.

Francisco *et al*., (2004) indican, las camas d almacigo deben tener 1 m de ancho para que facilite las labores culturales, el largo y el tamaño de la cama de almacigo estará en función a la cantidad de semillas que se quieren sembrar. El suelo para almácigo debe ser lo más suelto posible, con mezcla de estiércol descompuesto o humus de lombriz en proporción de 5 kg/m^2. Se recomienda el uso de fertilizante químico (N – P – K), cerca de 100g/m^2, mezclado con anticipación. Respecto al espesor de las camas, se recomienda que tengan una altura de 15 a 20 cm del suelo, es decir altas, que es lo ideal. La almaciguera debe ser regada un día antes de la siembra, para que el terreno se asiente adecuadamente.

CATIE (1990) manifiesta que, las plantas se desarrollan muy bien si se siembran a 1.5 cm entre líneas de siembra y a 1 cm entre plantas. Para

el trasplante de una hectárea son suficientes 40 m^2 de almacigo. La profundidad de siembra no debe exceder de 1 cm.

2.2. CULTIVAR RIO GRANDE

BATLLE (2013) describe a este cultivar como un tomate de hábito rastrero, de crecimiento determinado destinado principalmente para hacer conserva aunque puede usarse también para comer en fresco. Frutos alargados cilíndricos, firmes con mucha pulpa y buen sabor.

El **Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – Oficina Perú (1987)** manifiesta que, son plantas de maduración media a tardía y tiene una adaptación climática amplia, son de crecimiento determinado y presentan buen follaje. Tienen gran capacidad para conservar los frutos en buen estado en la planta, agregándose a esto el pedúnculo desprendible que facilita la separación del fruto de la planta en la cosecha, evitándole así mayores daños a la planta.

Sánchez y **Zuloeta (2002)** sostienen que, el cultivar Rio Grande requiere 78 días a la madurez fisiológica y 105 a 140 días (128 días) al inicio de la cosecha, con 4 a 5 Kg de frutos por planta y un peso de 150 a 180 g por fruto.

2.3. IMPORTANCIA NUTRICIONAL DEL TOMATE

El tomate fresco es muy rico en agua (casi un 94% de su peso). Contiene una pequeña proporción de hidratos de carbono (3.54%), proteínas (0.85%) y grasas (0.33%). Los hidratos de carbono están formados principalmente por glucosa y fructuosa. En conjunto, estos nutrientes aportan 21 kcal/100

g, una de las cifras más bajas de todos los alimentos vegetales, inferior incluso a las de los espárragos: 23 Kcal/100 g.

Sin embargo, el valor nutritivo y dietotérapeutico del tomate reside en su riqueza vitamínica y mineral, así como en las sustancias no nutritivas.

En cuanto a vitaminas, la más abundante es la C (19.1 mg/100 g), cantidad inferior a la de la naranja (53.2 mg/100 g) pero suficiente como para hacer del tomate un buen antiescorbútico. Un tomate de 100 g cubre la tercera parte de las necesidades diarias de esta vitamina para un adulto.

Las vitaminas B1, B2, B6, niacina y folatos están todas representadas con cantidades significativas. La provitamina A está presente (62 µg ER/100 g), aunque en cantidad muy inferior a la zanahoria (2813 µg ER/100 g) o el mango (389 µg ER/100 g).

Entre los minerales destaca el potasio, con 222 mg/100 g, seguido del hierro (0.45 mg/100 g), el magnesio y el fosforo. El tomate es una buena fuente de hierro, pues a igualdad de peso contiene nueve veces más de este mineral que la leche (0.05 mg por 100g), aunque unas tres veces menos que el huevo (1.44 mg/100 g). Sin embargo, aunque pueda parecer sorprendente, un tomate mediano, de 180 g de peso, contiene el mismo hierro que un huevo de tamaño normal (unos 60 g). **(Pamplona, 2007)**.

2.4. INOCULANTE BIOLÓGICO

El Instituto Colombiano Agropecuario (2004) al respecto, define que un Inoculante Biológico es una sustancia o mezclas de sustancias que contienen microorganismos viables benéficos que no deben contener

microorganismos patógenos a humanos, plantas y animales. Se clasifican en:

- **Bacterias simbióticas fijadoras de Nitrógeno**

  Son microorganismos capaces de establecer una simbiosis efectiva con las plantas leguminosas hospederas para fijar nitrógeno.

- **Bacterias asimbióticas fijadoras de Nitrógeno**

  Son microorganismos de vida libre, capaz de fijar nitrógeno.

- **Hongos micorrizógenos**

  Son hongos simbióticos mutualistas capaces de asociarse eficazmente con las raíces de las plantas para aumentar la absorción de nutrientes.

- **Microorganismos solubilizadores de fosfatos**

  Son aquellos capaces de solubilizar formas no disponibles de fósforo.

- **Microorganismos productores de promotores de crecimiento vegetal**

  Son aquellos capaces de sintetizar sustancias que estimulan o favorecen el crecimiento de la planta.

- **Microorganismos transformadores de materia orgánica**

  Son aquellos capaces de acelerar el compostaje y otros procesos de transformación de materia orgánica para la producción de abonos.

2.5. BENEFICIOS DE LOS MICROORGANISMOS PRODUCTORES DE PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL

Los microorganismos productores de promotores de crecimiento vegetal están representados por los géneros de bacterias: *Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Pseudomonas y Burkholderia* **(Holguin *et al*., 2003; Glick *et al*., 2007)**.

2.5.1 Fijación de nitrógeno

Al respecto **Hamilton *et al*. (1992)** señalan, que las bacterias no simbióticas de los géneros *Azotobacter* y *Clostridium* pueden fijar nitrógeno. *Azotobacter* es aerobia y *Clostridium* anaerobia; las dos bacterias saprófitas comunes del suelo. Se ha estimado que probablemente añaden cerca de 7 kilogramos de nitrógeno a una hectárea de suelo por año.

Las diferencias entre la fijación del nitrógeno por bacterias de vida libre y por bacterias que viven en asociaciones simbióticas no son siempre claras. Por ejemplo, las bacterias aeróbicas *Azotobacter*, que fijan nitrógeno, crecen regularmente alrededor de las raíces de ciertas gramíneas, como la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) donde tiene un importante papel suministrando nitrógeno a las plantas. Las gramíneas (y otras plantas) presumiblemente exuden compuestos orgánicos que sirven de fuente de energía a estas bacterias que “viven libremente”. Se puede hablar de una asociación que se aproxima a una simbiosis.

El enzima que lleva a cabo la fijación del nitrógeno se llama nitrogenasa. La nitrogenasa contiene molibdeno, hierro, y grupos prostéticos sulfhídricos, por tanto los sistemas biológicos necesitan estos elementos para la fijación de nitrógeno. La nitrogenasa también utiliza grandes cantidades de ATP como fuente de energía para la fijación de nitrógeno, haciéndolo un proceso metabólico caro.

Tortora *et al.,* (2007) indican que, la mayoría de bacterias libres fijadoras de nitrógeno son capaces de fijar gran cantidad de nitrógeno en condiciones de laboratorio. En el suelo hay escasez de carbohidratos utilizables como fuente de energía para reducir el nitrógeno a amoniaco, que luego se incorpora a las proteínas. Sin embargo, las bacterias fijadoras de nitrógeno hacen una importante contribución a la economía del nitrógeno en aéreas como los campos de pastoreo, los bosques y la tundra del ártico.

Urbano (1992) sostiene que, aunque estas bacterias están ampliamente difundidas por todos los suelos agrícolas del mundo, se comprueba que en muchos casos son inactivas: condiciones de acidez representada por pH ≤ 4.5; basicidad o alcalinidad con pH ≥ 7.8; suelos encharcados, reductores, etc.

2.5.2 Solubilizador de fosfato

La movilización del fosforo en la naturaleza lo hacen los microorganismos, ya que participan en la disolución y transformación del

elemento hasta combinaciones asimilables por las plantas y también en la fijación temporal.

Cuando se incorporan al suelo residuos de cosecha, materiales orgánicos, enmiendas, estiércol, se agregan gran cantidad de compuestos organofosforados. El fosfato orgánico es hidrolizado por la enzima fosfatasa que segregan los microorganismos y libera el fosfato, para que sea asimilado por la planta.

Las bacterias *Bacillus megaterium*, *Bacillus mesentericus* y *Pseudomona putida* solubilizan las formas orgánicas del fósforo (ortofosfato) y las transforman a fosfatos asimilables por la plantas. Los hongos del género *Aspergillus, Penicillium* y *Rhizopus* degradan ácidos nucleicos y glicerofosfatos a fosfatos simples. Las levaduras del género *Saccharomyces* y *Rhodotorula* cumplen la misma función que los hongos. El actinomiceto *Streptomyces* destruye las moléculas orgánicas fosfatadas liberando así el Fósforo.

En los suelos de reacción acida predominan los fosfatos insolubles de hierro y aluminio. Cuando se han utilizado las enmiendas cálcicas se fija el fósforo como fosfato tricálcico. Las bacterias de los géneros *Pseudomonas, Achromobacter, Micrococcus, Aerobacter* solubilizan fosfatos inorgánicos en el suelo. Los hongos Aspergillus, *Penicillium* y *Rhizopus* solubilizan fosfatos tricálcicos y rocas fosfóricas. En condiciones aeróbicas la degradación de la materia orgánica libera grandes cantidades de CO_2 como producto de la actividad respiratoria de

los microorganismos y que al reaccionar con el agua y los fosfatos insolubles los transforma en fosfatos solubles.

En condiciones anaerobias (anegamiento, compactación) en la degradación de la materia orgánica se liberan ácidos orgánicos como el ácido málico, ácido tartárico, ácido cítrico, ácido butírico, los cuales solubilizan los fosfatos de hierro y aluminio. Estos ácidos también solubilizan la roca fosfórica. **(Torrico y Omar, 2011)**.

2.5.3 Producción de fitohormonas

El mecanismo de acción de los microorganismos productores de promotores de crecimiento vegetal es la producción de fitohormonas. Algunas especies de los *géneros Pseudomonas, Azotobacter* y *Bacillus* liberan ácido indol – acético (AIA), giberelinas o citoquininas en la rizósfera de las plantas, ejerciendo un efecto estimulador del crecimiento especialmente marcado cuando estas están en estado de plántula. **(Lugtenberg** y **Kamilova, 2009)**.

2.6. ENMIENDA ORGÁNICA O FERTILIZANTE ORGÁNICO

Orozco (1998) define que, los fertilizantes orgánicos son materiales que aportan al suelo cantidad apreciable de materia orgánica y a los cultivos elementos nutritivos asimilables en forma orgánica. Estos materiales contienen numerosos elementos nutritivos pero sobre todo Nitrógeno, Fósforo, Potasio y en menor proporción, Magnesio, Sodio y Azufre, entre otros.

La aportación de los fertilizantes orgánicos al suelo y a la planta es:

- Mejora las condiciones físicas del suelo.
- Aumenta la actividad microbiológica.
- Regula el exceso temporal de sales minerales o de sustancia toxicas, debido a su capacidad de absorción.
- Incrementa la fertilidad del suelo.
- Evita la perdida de nutrimentos por lixiviación.
- Aporte reducido de nitratos y menos contaminación de acuíferos.
- Mejora las condiciones organolépticas de la fruta.

2.6.1 Fertilizantes orgánicos con aminoácidos

Gliessman (2002) manifiesta que, las plantas son organismos autotróficos (autoabastecedores) por su capacidad de sintetizar carbohidratos usando solamente agua, dióxido de carbono y energía solar. La fotosíntesis, el proceso por el cual la planta captura la luz solar, es el fundamento de la nutrición vegetal. Sin embargo, la elaboración de carbohidratos es tan sólo un componente del desarrollo y crecimiento de la planta. Los nutrimentos esenciales, en la combinación con el agua, son necesarios para formar los carbohidratos complejos, los aminoácidos y las proteínas que componen el tejido vegetal, y desempeñan las funciones claves en los procesos vitales de la planta.

Soto y **Meléndez (2003)** señalan que, la planta recibe aminoácidos biológicamente activos de rápida absorción y translocación, lo cual reduce el gasto de energía metabólica por parte de la planta en la

síntesis de proteina. También se le atribuyen propiedades bioestimulantes en el crecimiento vegetal.

Michite (2007) indica que, las plantas sintetizan los aminoácidos a través de reacciones enzimáticas por medio de proceso de aminación y transaminación, los cuales conllevan un gran gasto energético por parte de la planta.

Partiendo del ciclo del nitrógeno, se plantea la posibilidad de poder suministrar aminoácidos a la planta, para que ella se ahorre el trabajo de sintetizarlos, y de esta forma poder obtener una mejor y más rápida respuesta en la planta.

2.6.2 Micronutrientes quelatados

SMART! (2013) indica que, la palabra “Quelato” se deriva de la palabra griega “garra”. Quelatos metálicos son un complejo de un ion de metal unidos a una molécula orgánica (ligando).

Los iones metálicos son minerales muy importantes para las plantas, y sus deficiencias resultan en color amarillento de las hojas, crecimiento retardado y cultivos de baja calidad.

Los quelatos son compuestos de mayor estabilidad y, por lo tanto, están ampliamente utilizados en la agricultura como fertilizantes de micronutrientes para suministrar las plantas con hierro, manganeso, zinc y cobre. Los quelatos más comunes utilizados en la agricultura son EDTA, DTPA y EDDHA.

La quelación del metal es importante puesto que hace los iones metálicos más disponibles para la absorción por las plantas. Los iones metálicos cargados positivamente, tales como Zn^{+2}, Mn^{+2}, Cu^{+2} y Fe^{+2}, reaccionan fácilmente con los iones de hidróxido de carga negativa (OH^-), y como resultado no están disponibles para las plantas.

Los iones OH^- son abundantes en suelos neutros o alcalinos y suelos medios. El revestimiento del ion metálico, protege el ion metálico de los iones OH^- que están al rededor. El complejo se encuentra a continuación, fácilmente absorbido por la planta, donde se degrada y se consume como micronutrientes.

La fuerza del enlace químico entre el ligando y el ion metálico depende del tipo de ligando, el tipo de iones y el pH. Cuanto más fuerte sea el enlace, más estable es el ion metálico y cada quelato tiene una característica "diagrama de estabilidad". Éstos son ejemplos de diagramas de estabilidad para un quelato de cobre y un quelato de cinc. Es evidente que en los niveles de pH específicos, los complejos no son estables, es decir, el ligando tiende a separarse del ion metálico.

Cuando otros minerales de carga positiva, tales como calcio y magnesio, están presentes en altas concentraciones, que compiten con el ion metálico para la unión al ligando. El ion metálico podría entonces ser reemplazado, lo que hace al quelato ineficaz en la entrega de los iones metálicos a la planta.

Tabla 1. Principales agentes quelatantes.

Agente quelatante	Fórmula
EDTA (Ácido etilendiaminotetracético)	$C_{10}H_{16}N_2$
DPTA (Ácido dietilentriaminopentacético)	$C_{4x}H_{23}O_{10}N_3$
EDDHA (Ácido etilendiamino –di– (o – hidroxifenil – acético))	$C_{18}H_{26}O_6N_2$
Ácido cítrico	$C_6H_8O_7$
Ácido glucónico	$C_6H_{12}O_7$
Ácido heptaglucónico	$C_7H_{14}O_8$

Fuente: http://www.infoagro.com/abonos/microelementos_quelatados.htm

Los quelatos más utilizados en la agricultura por sus características químicas son:

Tabla 2. Fuerza de quelatación de agentes quelatantes.

Agente quelatante	Fuerza de quelatación
EDTA	Muy fuerte
DTPA	Muy fuerte
Ácido glucónico	Medio
Ácido cítrico	Medio
Ácido heptaglucónico	Medio

Fuente: http://www.infoagro.com/abonos/microelementos_quelatados.htm

2.6.3 Ácidos húmicos

Son ácidos orgánicos polibásicos de débil disociación, que además de grupos ácidos carboxílicos, fenólicos y alcohólicos, tienen grupos

metódicos (-OCH_3). Por regla general, hay más C y menos O, que es de mayor peso molecular, debido a lo cual se considera que es más polimerizado y de mayor estado de humificación. **(Fundación Hogares Juveniles Campesinos *et al*., 2005)**.

Núñez (1981) indica que, los ácidos húmicos son polímeros complejos de alto peso molecular con núcleos periféricos (grupos radicales) que permiten capturar iones del medio circundante o una mayor polimerización. Hay dos tipos: pardos y grises.

a) **Ácidos húmicos pardos**

   Provienen de la oxidación de la lignina. Son poco estables, pobres en nitrógeno en forma amínica (-NH_2) y floculan poco en presencia de calcio.

b) **Ácidos húmicos grises**

   Se forman por acción de microorganismos del suelo. Tiene mayor contenido de nitrógeno, floculan rápidamente en presencia de calcio y forman los complejos órganos – minerales (arcillas – humus) muy estables.

   Al respecto **Werner** y **Bornemisza (1987)** señalan que, generalmente son polímeros de alto grado que se presentan entrelazados formando coloides esferoidales; su carácter ácido, o sea su capacidad de intercambio catiónico se basa principalmente en la presencia de radicales COOH y OH.

De las Salas (1981) manifiesta que, el termino ácido húmico describe un grupo de sustancias que pueden ser extraídas del suelo por soluciones de hidróxido sódico, fluoruro sódico, oxalato sódico, urea y otros. En el proceso se forman precipitados amorfos con los ácidos. Se ha establecido, como se mencionó, que los ácidos húmicos tiene una estructura compleja. En su molécula ocurren compuestos de naturaleza fenólica o quinoidea y compuestos nitrogenados (como ácidos amínicos y péptidos). Durante la hidrólisis de los ácidos amínicos por intermedio de HCl, una gran parte del nitrógeno pasa a estado soluble.

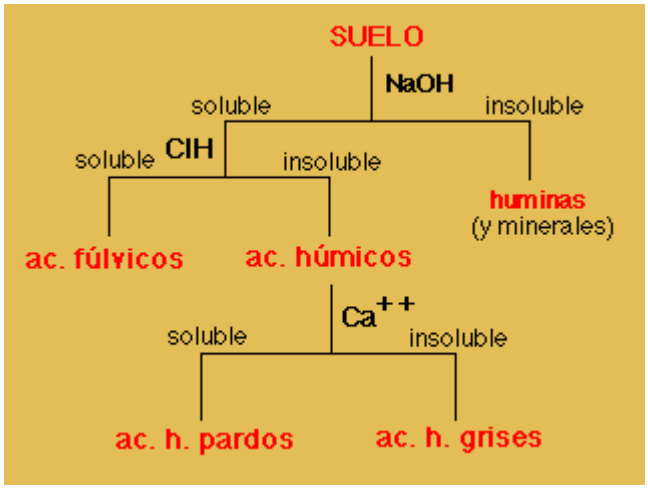


Figura 2. Sustancias húmicas.
Fuente: http://www.edafologia.net/introeda/tema02/susthum.htm

2.6.4 Ácidos algínico

El ácido algínico se encuentra en el alga como una mezcla de sales de calcio y magnesio como iones principales. **(Casas y Hernández, 1989)**.

El ácido algínico, que se extrae de las paredes celulares de algunas especies, sirve para elaborar alginas, las cuales se agregan a varios productos como espesantes, emulsificantes y agentes de suspensión. En el lejano Oriente la gente cosecha los Kelpos como una fuente de alimento y de sales minerales, así como fertilizante para cultivos. **(Starr** y **Taggart, 2008)**.

La importancia técnica del ácido algínico radica principalmente en las propiedades de sus sales, que se disuelven fácilmente en el agua, para formar una solución viscosa. Esta sustancia es un excelente agente espesante, estabilizador, gelificador y emulsionante, por lo que existe una gama amplia de usos industriales. **(Peña *et al*., 2005)**.

En 1947, **Quastel, Webley** y **Bula (2004)** concluyeron que, la propiedad de acondicionamiento del suelo por el alga es atribuido al ácido algínico, el cual comprende cerca de 1/3 del contenido de los carbohidratos que contiene la planta. Al descomponerse, éstos se hunden en el suelo y fomentan la multiplicación de las bacterias propias del mismo. Esta acción acondicionadora del suelo mejora la estructura haciéndolo más particulado y estable y por lo tanto favoreciendo la capacidad del suelo de retener agua. Al mismo tiempo los nutrientes son liberados para ser asimilados por las plantas.

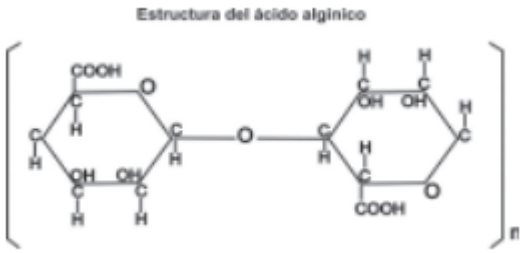


Figura 3. Estructura del ácido algínico.
Fuente:

http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/viewFile/4766/3841

2.6.5 Ecoterra

EcoTerra WG es un producto bioestimulante que contiene células vivas o latentes de cepas microbianas previamente seleccionadas que se caracterizan por producir sustancias fisiológicamente activas como: auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos, péptidos y vitaminas; que al interactuar con la planta estimulan el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos **(FARMAGRO)**.

2.6.6 Humax

Humax mejora las características físico-químicas del suelo tales como su estructura y su capacidad de intercambio catiónico (CIC), pues fija cationes ya sea que estos formen parte del suelo o sean suministrados y los mantiene disponibles en el momento en el que la planta los necesite **(FARMAGRO)**.

2.6.7 Terramar

Compuesto de algas marinas, ácidos húmicos, aminoácidos, macro y micronutrientes granulados de liberación lenta ideal para todo tipo de cultivo.

Mejora las características físico - químicas del suelo como su estructura y su capacidad de intercambio catiónico (CIC). Estimula el desarrollo radicular y mejora la asimilación de nutrientes del suelo **(FARMAGRO)**.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA E HIDROGRÁFICA

El sector de Poccontoy corresponde al ámbito geográfico del distrito de Talavera y provincia de Andahuaylas de la región Apurímac y se encuentra a una altitud de 2732 msnm., teniendo como coordenadas geográficas:

Latitud Sur : 13°39'30.30"

Longitud Oeste : 73°24'5.04"

Hidrográficamente pertenece a la cuenca del Rio Chumbao.

Según INRENA (1995) de acuerdo al mapa ecológico pertenece a Bosque Seco – Montano Bajo Subtropical (bs – MBS) con las siguientes vegetaciones: retama (*Spartium junceum*) el eucalipto (*Eucaliptus globulus*), el capulí (*Prunus capollin*), chamana (*Dodonaea viscosa*) entre otros. Se desarrolla una agricultura tanto de riego como de secano donde destacan los cultivos de maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum*), trigo (*Triticum vulgare*) y diversas hortalizas tales como repollo (*Brassica oleracea*), zanahoria (*Daucus carota*). El patrón edáfico está constituido por suelos generalmente de textura media a pesada, de reacción neutra a calcárea. Respecto al clima, el SENAMHI (2015) reporta para el distrito de Andahuaylas temperaturas mínimas de 9.8 °C y máximas de 25.2 °C y una precipitación anual de 604.2 mm.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Materiales Biológicos

Para realizar la presente investigación se contó con los siguientes materiales biológicos:

1. Semillas de tomate cv. Rio Grande
2. Inoculante Biológico EcoTerra® WG.
3. Fertilizante Orgánico Granular de Algas, Aminoácidos y Micronutrientes Quelatados, además de Ácidos húmicos TERRAMAR ®.
4. Ácido Húmico Granulado de Leonardita HUMAX® 90.
5. Tierra agrícola.

3.2.2. Materiales de Campo

1. rastrillo.
2. Wincha.
3. Plásticos
4. Libreta de campo.
5. Vernier.
6. Cámara fotográfica compacta digital de 14 megapíxeles

3.2.3. Materiales de Gabinete

1. Notebook con procesador AMD Turión II Dual Core 2.20 GHz.
2. Paquete de programas informático para oficinas: Microsoft Office.
3. Software estadístico.
4. Útiles de escritorio.

3.3. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación es del tipo experimental porque permite al investigador controlar los tratamientos a evaluar persiguiendo el objetivo principal de la investigación, en el caso de nuestro trabajo fueron la aplicación de inoculante biológico EcoTerra® WG, fertilizante orgánico granular de algas, aminoácidos y micronutrientes quelatados además de ácidos húmicos TERRAMAR® y ácido húmico granulado de leonardita HUMAX® 90 sobre la producción de plántulas de tomate; en síntesis, se evaluó el efecto de la aplicación de estos insumos comerciales sobre las variables agronómicas de las plántulas de tomate.

3.3.1. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado es el Diseño Completamente al Azar (DCA) con el fin de identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro del estudio; por lo cual se contó con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Respecto a los inoculantes se empleó el producto comercial EcoTerra® WG cuyo ingrediente activo, son los mismos microorganismos en estudio: *Bacillus megaterium*, *Bacillus licheniforme*, *Bacillus subtilis*, *Azotobacter chroococcum* y *Pseudomonas fluorescens*. Así mismo se empleara ácido húmico granulado de la marca comercial TERRAMAR® y ácido húmico granulado de leonardita HUMAX® 90. Los tratamientos estudiados se emplearon de la siguiente manera:

1. Testigo. (A)

2. Inoculante Biológico EcoTerra® WG. (B)

3. Inoculante Biológico EcoTerra® WG + HUMAX® 90. (C)

4. Inoculante Biológico EcoTerra® WG + TERRAMAR ®. (D)

Cada unidad experimental está constituida por una bandeja germinadora de 50 celdas, donde las semillas fueron depositadas en cada una de las celdas. Se llevó a cabo un muestreo al azar de 12 plántulas de tomate por cada unidad experimental con la finalidad de realizar la cosecha de biomasa. Las evaluaciones se ejecutaron cada 14, 21, 28, 35 y 42 días después de la germinación.

3.3.1.1. Área experimental

El experimento se llevó a cabo en condiciones controladas con el propósito de disminuir los errores experimentales y que permitan evaluar los efectos de los tratamientos en estudio con una menor variabilidad. El medio físico que permitió el desarrollo normal de las plántulas de tomate fueron bandejas germinadoras de especies forestales, compuestas por 50 celdas dispuestas en forma cubica con una capacidad de 45 cc con una medida superior de celda de 35 mm e inferior de 25 mm, con dimensiones de 0.21 m^2 (0.35 m de ancho y 0.60 de largo) abarcando en total por las 12 bandejas germinadoras una superficie de 2.52 m^2. El ambiente estuvo acondicionado con techo y cubierto con agrofil para evitar daños por ataque de aves o plagas.

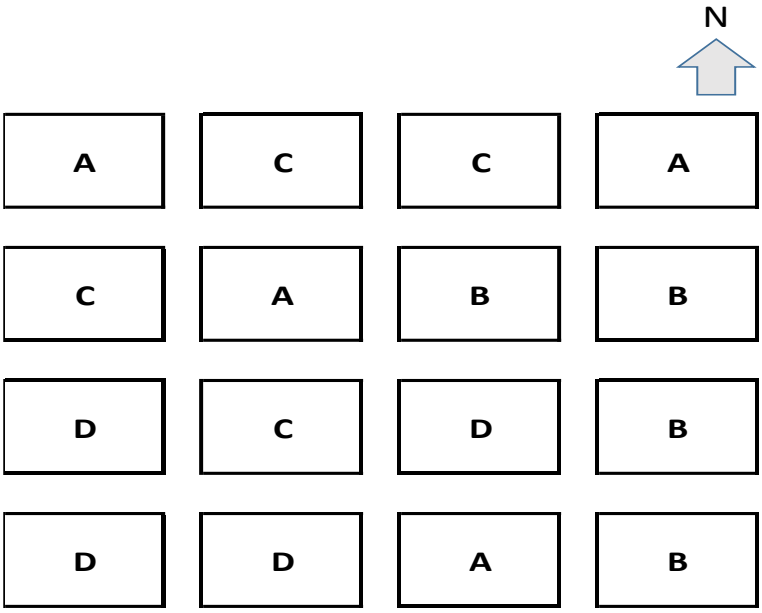


Figura 4. Croquis del diseño experimental.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Variables

- **Independiente**

  Las aplicaciones de los productos comerciales EcoTerra® WG, HUMAX® 90 y TERRAMAR ®.

- **Dependiente**

  Desarrollo fenológico de las plántulas de tomate como consecuencia de las aplicaciones de los productos comerciales.

3.3.3. Labores agronómicas

Preparación del sustrato

Recolección de suelo agrícola de una unidad productiva. La actividad se llevó a cabo el 1 de junio del 2015.

Siembra

Siembra, se realizó el día 28 de junio del 2015 en la cual se depositó cada semilla por cada celda de las bandejas germinadoras, con la finalidad de darle soporte y condiciones para que el embrión presente en la semilla prospere en un ambiente adecuado.

Control de malezas

El control tuvo lugar a lo largo del desarrollo fenológico de la plántula de tomate, para ello se realizó de manera manual. La finalidad de realizar el control oportuno de malezas es eliminar la competencia de luz y nutrientes.

Riego

Se realizó con intervalos de 4 a 5 días, la dotación de agua fue distribuida por una mochila de aspersión.

Control fitosanitario

En todo el ciclo vegetativo del cultivo, no se observó presencia de enfermedades ni ataque de insectos razón por la cual no hubo la necesidad de contar con algún producto agroquímico que contrarreste ataque de plagas y enfermedades.

3.3.4. Indicadores

- Longitud de raíz.
- Diámetro de tallo.
- Altura de planta.
- Peso de raíz.

- Longitud del foliolo.
- Peso de plantas.
- Contenido de macronutrientes.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓNES

4.1. Longitud radicular de plántula de tomate

Se evaluó la altura radicular alcanzado durante el ciclo fenológico inicial de las plántulas de tomate, empleando como unidad de medida, el centímetro. Con el fin de validar los supuestos que se requieren para realizar el análisis de varianza, se procedió primero a determinar si los datos observados se ajustan a una distribución normal para ellos se inició con el resumen estadístico de los datos recolectados en la observación de la variable altura radicular. Con la ayuda del software Infostat, se calculó la estadística descriptiva y se determinó la media en 13.42 cm, desviación estándar de 3.69 cm y la varianza de 13.62 (ver tabla 3).

Tabla 3. Resumen estadístico de los datos de la variable longitud radicular.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Asimetría	Kurtosis
LONGITUD RADICULAR (cm)	72	13.42	3.69	13.63	1.54	3.70

Se procedió al Análisis de Varianzas con un nivel de significancia del 5%. Al realizar el análisis de varianza, no se encontró diferencias significativas en la etapa final de crecimiento radicular en función a los distintos tipos de tratamientos aplicados a las plántulas de tomate. El resultado arroja un valor p de 0.0012 (ver tabla 4), que en comparación del nivel de significancia de 5% resulta inferior, razón por la cual se acepta que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio. Sin embargo el

coeficiente de variabilidad cuyo valor porcentual de 25.02% indica, para estas condiciones de control, que el experimento no guarda un nivel de precisión aceptable. Este resultado se deba probablemente que en la etapa de medición se hayan podido dañar algunas raíces, ocasionando sesgos al momento de la evaluación.

Tabla 4. Resultado del Análisis de varianza en la variable longitud radicular.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
LONGITUD RADICULAR (cm)	72	0.21	0.17	25.02

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	201.18	67.06	5.95	0.0012
TRATAMIENTO	3	201.18	67.06	5.95	0.0012
Error	68	766.29	11.27		
Total	71	967.47			

No obstante, el análisis de varianza no indica cuál de los tratamientos resulto más significativo, razón por la cual se recurrió al análisis de la prueba de significancia honesta de Tukey al 5%.

El resultado de la prueba Tukey, ver tabla 5, indica que el tratamiento que tuvo superioridad frente al resto fue el INOCULANTE + HUMAX mientras que el INOCULANTE y el INOCULANTE + TERRAMAR no presentaron diferencias significativas entre sí, no obstante fueron superiores respecto al testigo.

Tabla 5. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable altura radicular.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.94707

Error: 11.2690 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
TESTIGO	10.55	18	0.79	A	
INOCULANTE	14.00	18	0.79		B
INOCULANTE+HUMAX	14.44	18	0.79		B
INOCULANTE+TERRAMAR	14.67	18	0.79		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

En la figura 5, se aprecia mejor las diferencias bien marcadas de los tratamientos respecto al testigo.

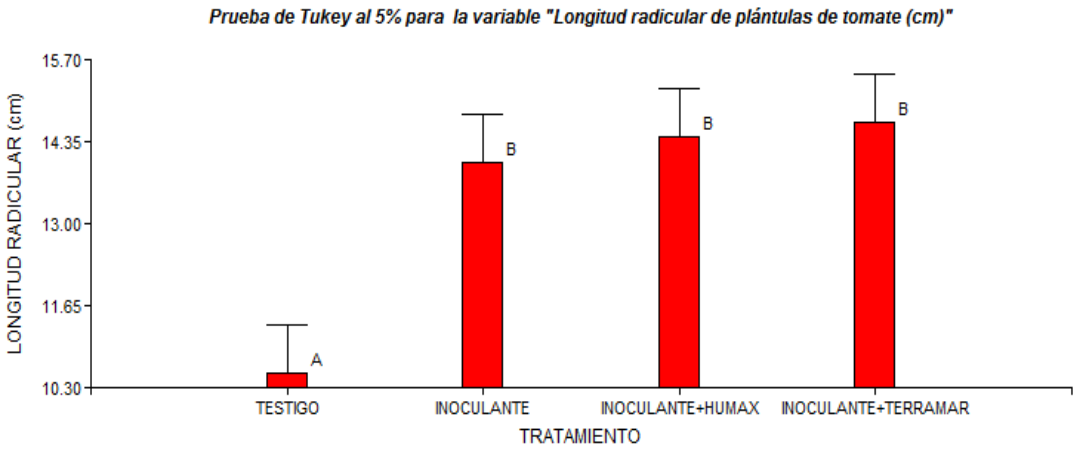


Figura 5. Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable altura radicular.

4.2. Peso radicular de plántulas de tomate

Se inició con el resumen descriptivo estadístico de los datos recolectados. Se utilizó el software Infostat, para determinar la estadística descriptiva, reportando la media aritmética en 1.87 g y la varianza de en 0.60 y una desviación estándar de 0.77 g (ver tabla 6).

Tabla 6. Resumen estadístico de los datos de la variable peso radicular.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Asimetría	Kurtosis
PESO DE LA RAÍZ (g)	72	1.87	0.77	0.60	0.48	0.12

Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, se recurrió al Análisis de Varianza con un nivel de significancia del 5%, resultando que si existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio (ver tabla 7).

Tabla 7. Resultado del Análisis de varianza en la variable peso radicular.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
PESO DE LA RAÍZ (cm)	72	0.43	0.40	32.03

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	18.15	6.05	16.90	<0.001
TRATAMIENTO	3	18.15	6.05	16.90	<0.001
Error	68	24.35	0.36		
Total	71	42.50			

Una vez detectado las diferencias significativas entre tratamientos, se procedió a determinar cuál o cuáles de los tratamientos resultaron significativamente superiores. Se recurrió al análisis de la prueba honesta de significación de Tukey al 5%, los resultados se aprecian en la tabla 8.

Tabla 8. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable peso radicular.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.84464

Error: 0.9257 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
TESTIGO	2.22	18	0.23	A	
INOCULANTE	3.89	18	0.23		B
INOCULANTE+HUMAX	4.28	18	0.23		B
INOCULANTE+TERRAMAR	4.44	18	0.23		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Del resultado de la tabla 8, se observa que los tratamientos estudiados no presentan diferencias estadísticas entre sí, pero respecto al testigo son estadísticamente superiores.

En la figura 6, se visualiza mejor estas diferencias bien marcadas entre los tratamientos INOCULANTE, INOCULANTE + HUMAX e INOCULANTE + TERRAMAR respecto al testigo.

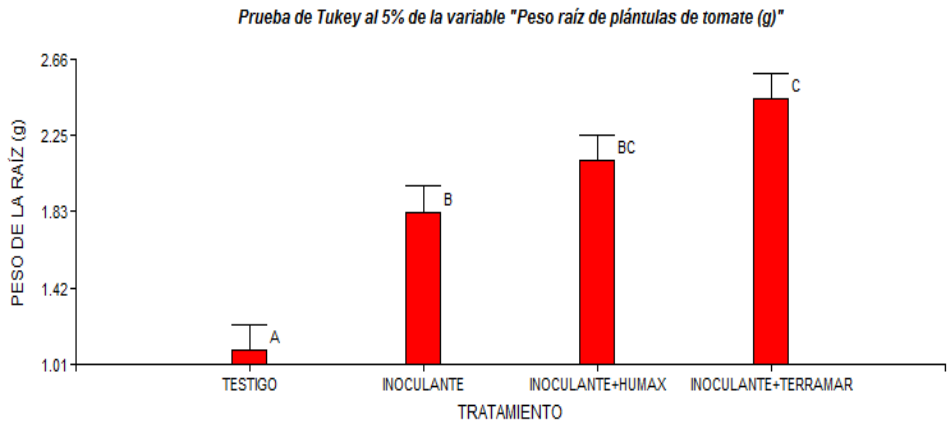


Figura 6. Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable peso radicular.

4.3. Altura de plántulas de tomate

La muestra para la evaluación consistió en doce plántulas de tomate por

tratamiento incluyendo el testigo, la escala de medida fue el centímetro. Con la ayuda del software Infostat, se hizo el calculó de la estadística descriptiva reportando los siguiente: el promedio en 16.59 cm, una desviación estándar de 2.26 cm y la varianza de 5.13 (ver tabla 9).

Tabla 9. Resumen estadístico de los datos de la variable altura de plántulas de tomate.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Asimetría	Kurtosis
ALTURA DE PLANTA (cm)	72	16.59	2.26	5.13	-0.01	-0.50

Finalmente se procedió al análisis de varianza para comprobar si existe o no diferencias significativas entre las medias poblaciones de los tratamientos evaluados.

En los resultados de la tabla 10, se tiene un valor p menor a 0.001 que comparado con el nivel de significancia del 5% resulta inferior, razón por la cual se acepta que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Además el valor porcentual de la variabilidad de las unidades experimentales frente a la aplicación de los tratamientos en estudio (Coeficiente Variabilidad, valor 10.68%) indica que los promedios son representativos, es decir, que los datos recolectados son homogéneos por cada unidad experimental; como conclusión, se ha realizado un buen control del error experimental y un buen cuidado de los tratamientos del experimento.

Tabla 10. Resultado del Análisis de varianza en la variable altura de la plántula.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
ALTURA DE PLANTA (cm)	72	0.41	0.39	10.68

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	150.37	50.12	15.96	<0.0001
TRATAMIENTO	3	150.37	50.12	15.96	<0.0001
Error	68	213.51	3.14		
Total	71	363.88			

Sin embargo recurrimos a la prueba de honestidad significativa de Tukey a fin de determinar la superioridad entre los tratamientos estudiados.

Tabla 11. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable altura de la plántula de tomate.

```
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.55562
Error: 3.1399 gl: 68
    TRATAMIENTO     Medias n  E.E.
TESTIGO              14.95 18 0.42 A
INOCULANTE+TERRAMAR  15.78 18 0.42 A  B
INOCULANTE           16.81 18 0.42    B
INOCULANTE+HUMAX     18.82 18 0.42       C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Del resultado de la tabla 11 podemos determinar que el tratamiento que resulto con mayor significancia estadísticamente frente al resto fue el INOCULANTE + HUMAX, mientras que el INOCULANTE + TERRAMAR e INOCULANTE no mostraron diferencias estadísticamente entre sí, pero si respecto al testigo.

En la figura 7, se visualiza mejor estas diferencias bien marcadas entre los

tratamientos INOCULANTE + HUMAX, INOCULANTE + TERRAMAR e INOCULANTE respecto al testigo.

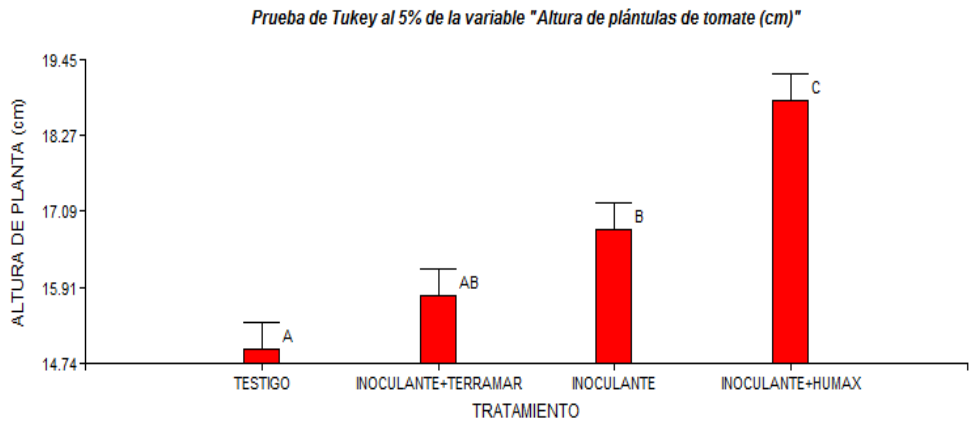


Figura 7. Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable altura de plántulas.

4.4. Diámetro del tallo de las plántulas de tomate

La muestra para la evaluación consistió de doce plántulas de tomate por tratamiento incluyendo el testigo, la escala de medida fue el milímetro. Primero se realizó con la ayuda del software Infostat, el calculó de la estadística descriptiva reportando los siguientes: promedio aritmético de 4.22 mm con una desviación estándar de 0.30 mm y una varianza de 0.09 (ver tabla 12).

Tabla 12. Resumen estadístico de los datos en la variable diámetro de tallo de plántulas de tomate.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Asimetría	Kurtosis
DIAMETRO DEL TALLO (mm)	72	4.22	0.30	0.09	-0.31	1.24

Finalmente se realizó el análisis de varianza con un nivel de significación

del 5% para la variable diámetro de tallo (ver tabla 13) obteniendo un valor p = 0.038, que resulta superior respecto al valor de significancia elegida del 5%, por lo tanto se rechaza la hipótesis de que existe igual de medias entre los tratamientos bajo estudio.

Tabla 13. Resultado del Análisis de varianza en la variable diámetro de tallo.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
DIAMETRO DE TALLO (mm)	72	0.18	0.14	6.48

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	1.10	0.37	4.92	0.0038
TRATAMIENTO	3	1.10	0.37	4.92	0.0038
Error	68	5.09	0.07		
Total	71	6.19			

Además se observa que el valor porcentual del coeficiente de variabilidad de las unidades experimentales evaluadas de los tratamientos en estudio tiene un valor de 6.76% lo que indica que los promedios son representativos, vale decir, que los datos recolectados son homogéneos por cada unidad experimental; como conclusión, se ha realizado un buen control del error experimental y un buen cuidado de los tratamientos del experimento.

Por otro lado, el análisis de varianza no permite determinar la superioridad entre los tratamientos en estudio, por lo que se procedió a calcular la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey empleando un nivel de

confiabilidad al 5% a fin de determinar cuál o cuáles de los tratamientos en estudio fue superior al resto. En la tabla 14 se puede observar que entre los tratamientos INOCULANTE, INOCULANTE + TERRAMAR e INOCULANTE + HUMAX no existen desde el punto de vista estadístico diferencias significativas entre sí, sin embargo muestran diferencias muy marcadas en la influencia del diámetro de tallo de las plántulas de tomate respecto al testigo.

Tabla 14. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable diámetro de tallo.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.24016

Error: 0.0748 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
TESTIGO	4.04	18	0.06	A	
INOCULANTE	4.17	18	0.06	A	B
INOCULANTE+TERRAMAR	4.32	18	0.06		B
INOCULANTE+HUMAX	4.35	18	0.06		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

En la figura 8 se puede apreciar de manera más clara estas diferencias bien marcadas entre los tratamientos en estudio respecto al testigo.

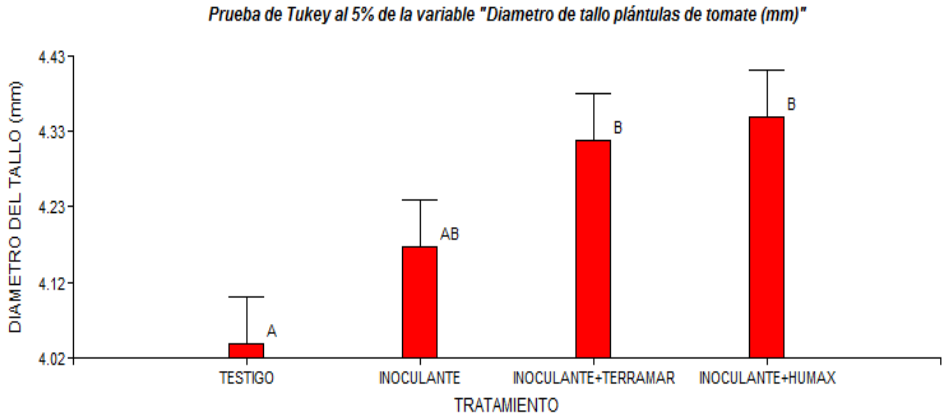


Figura 8. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable diámetro de tallo.

4.5. Longitud del foliolo de plántulas de tomate

Con el fin de detectar diferencias entre las medias de las poblaciones en estudio para la variable longitud de foliolos en las plántulas de tomate, se realizó el análisis de varianza con un nivel de confiabilidad del 5%, no sin antes con la ayuda del software Infostat, realizar el calculó de la estadística descriptiva reportando los siguiente: el promedio en 16.59 cm, una desviación estándar de 2.52 cm con una desviación estándar de 0.73 cm y la varianza de 0.53 (resultados de la tabla 15).

Tabla 15. Resumen estadístico de los datos de la variable longitud de foliolos de plántulas de tomate.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Asimetría	Kurtosis
LONGITUD DEL FOLIOLO (cm)	72	2.52	0.73	0.53	-0.46	-0.47

Finalmente al realizar el análisis de varianza, se tuvo los siguientes resultados. De la tabla 16, se evidencia que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, el valor $p < 0.0001$ es menor frente al nivel de significancia escogida (5%) razón por la cual se rechaza la hipótesis de que las medias de los tratamientos evaluadas son estadísticamente iguales. Como consecuencia de estas diferencias se puede afirmar con base estadística que las hojas de plántulas de tomate presentan diferentes medidas. Además el coeficiente de variabilidad indica un valor porcentual de 16.34% lo que significa que hubo un cuidado en los tratamientos del experimento.

Sin embargo, la prueba de Análisis de Varianza no permite determinar la superioridad de los tratamientos evaluados. Con el propósito de determinar cuál o cuáles de los tratamientos en estudio tuvo mayor influencia en el desarrollo de las longitudes de foliolos en las plántulas de tomate, se realizó la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey con un nivel de confianza al 5%.

Tabla 16. Resultado del Análisis de varianza en la variable longitud de foliolos de plántulas de tomate.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
LONGITUD DEL FOLIOLO (cm)	72	0.70	0.68	16.34

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	26.35	8.78	51.69	<0.0001
TRATAMIENTO	3	26.35	8.78	51.69	<0.0001
Error	68	11.56	0.17		
Total	71	37.91			

De la tabla 17, se visualiza que los tratamientos que mostraron superioridad estadísticamente frente al resto fueron: INOCULANTE + HUMAX e INOCULANTE + TERRAMAR pero no mostraron diferencias entre sí. Así mismo el tratamiento INOCULANTE mostró superioridad frente al testigo.

Tabla 17. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable longitud de foliolo de plántulas de tomate.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.36191

Error: 0.1699 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
TESTIGO	1.67	18	0.10	A		
INOCULANTE	2.25	18	0.10		B	
INOCULANTE+HUMAX	3.00	18	0.10			C
INOCULANTE+TERRAMAR	3.18	18	0.10			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

En la figura 9 se visualiza mejor las diferencias marcadas existentes entre los tratamientos evaluados.

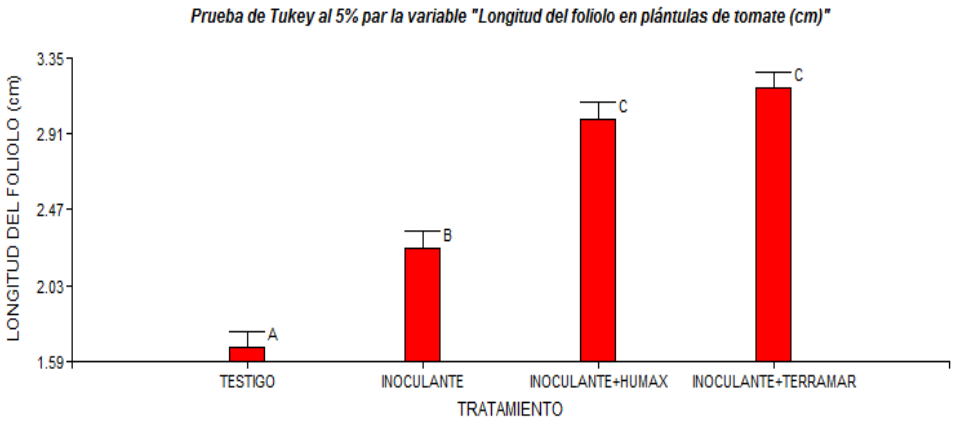


Figura 9. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable longitud de foliolo.

4.6. Peso de las plántulas de tomate

Para el caso de los pesos alcanzados en las plántulas de tomate y evaluar si los tratamientos en estudio tuvieron influencia en su desarrollo, se realizó el análisis de varianza, no sin antes con la ayuda del software Infostat, se realizó el calculó de la estadística descriptiva reportando los siguiente: el promedio de pesos en 3.71 g con una desviación estándar de 1.29 g y la varianza de 1.67 (resultados de la tabla 18)

Tabla 18. Resumen estadístico de los datos de la variable peso de plántulas de tomate.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Asimetría	Kurtosis
PESO DE LA PLANTULA (g)	72	3.71	1.29	1.67	-0.16	-0.12

Posteriormente se procedió a calcular el Análisis de Varianza. De la tabla 19, podemos observar que se reporta un valor p = 0.001 que en contraste con el valor de significancia resulta inferior, razón por la cual se rechaza la hipótesis de que las medias de los tratamientos no presentan diferencias significativas. Por lo tanto la diferencia existente entre los pesos de las plántulas está influenciada por los tratamientos en estudio.

Tabla 19. Resultado del Análisis de varianza en la variable peso de plántulas de tomate.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
LONGITUD RADICULAR (cm)	72	0.47	0.45	25.94

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	55.93	18.64	20.14	<0.0001
TRATAMIENTO	3	55.93	18.64	20.14	<0.0001
Error	68	62.94	0.93		
Total	71	118.88			

También se aprecia que el coeficiente de variabilidad tiene un valor de 25.94% lo que nos da la confiabilidad de que el experimento se manejó con el debido cuidado, reduciendo sustancialmente el error experimental.

A fin de establecer cuál de los tratamientos en estudio tuvo la mayor

influencia en el peso de las plántulas de tomate, se realizó la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey con un nivel de confianza al 5%.

Tabla 20. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable peso de plántulas de tomate.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.84464

Error: 0.9257 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
TESTIGO	2.22	18	0.23	A	
INOCULANTE	3.89	18	0.23		B
INOCULANTE+HUMAX	4.28	18	0.23		B
INOCULANTE+TERRAMAR	4.44	18	0.23		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

De la tabla 20, podemos analizar que los tratamientos que mayor influencia tuvieron en los pesos de las plántulas de tomate fueron INOCULANTE, INOCULANTE + HUMAX e INOCULANTE + TERRAMAR respecto al testigo pero no mostraron diferencias significativas entre sí.

En la figura 10 se aprecian mejor estas diferencias marcadas existentes entre los tratamientos evaluados.

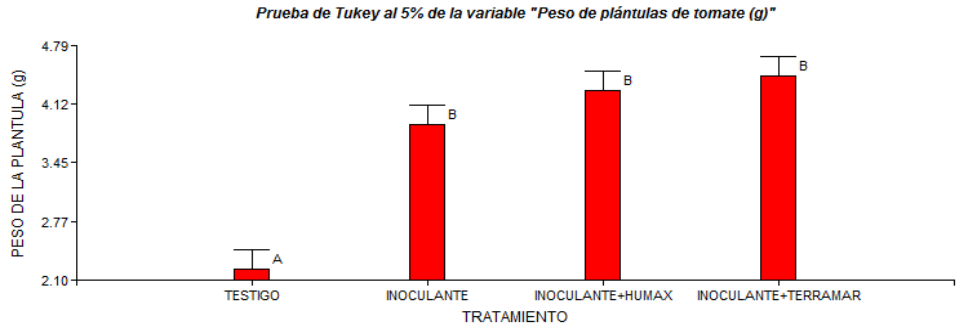


Figura 10. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable pesos de plántulas.

4.7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEJIDOS VEGETALES

Se realizó un análisis de laboratorio a fin de determinar el contenido de macro y micro nutrientes presentes en los tejidos vegetales de las plántulas

de tomate. Se evidencia que para elemento nutricional existen diferencias marcadas.

4.7.1. Contenido de Nitrógeno (N%)

El análisis de tejidos vegetales es un análisis químico del contenido de nutrientes presentes en las plántulas de tomate. Para determinar que tratamiento permitió la mayor concentración de nitrógeno en los tejidos vegetales de las plántulas de tomate, se recurrió al análisis de Varianza con el fin de probar las igualdades de las medias poblacionales de los tratamientos en estudio.

Tabla 21. Resultado del Análisis de varianza en la variable contenido de Nitrógeno.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
CONTENIDO DE N (%)	72	1.00	1.00	0.43

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	46.93	15.64	221618.37	<0.0001
TRATAMIENTO	3	46.93	15.64	221618.37	<0.0001
Error	68	0.0048	0.000071		
Total	71	46.94			

De la tabla 21, se puede concluir que existen diferencias marcadas entre los tratamientos evaluados, puesto que el análisis de varianza

arroja un valor p < 0.001 lo que resulta inferior al valor de significancia del 5%, entonces se rechaza la hipótesis de la igual de medias de la población evaluada. Por lo tanto se puede inferir que los tratamientos aplicados tienen efectos en la concentración de nitrógeno por parte de las plántulas de tomate.

Sin embargo fue necesario realizar la prueba de significancia honesta de Tukey al 5% de confiabilidad con el propósito de determinar la superioridad de los tratamientos en estudio.

Tabla 22. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable concentración de Nitrógeno.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00738

Error: 0.0001 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
TESTIGO	1.20	18	2.0E-03	A		
INOCULANTE	1.40	18	2.0E-03		B	
INOCULANTE+HUMAX	1.96	18	2.0E-03			C
INOCULANTE+TERRAMAR	3.27	18	2.0E-03			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

El resultado de la tabla 22 indica que existe superioridad entre los tratamientos aplicados, siendo el INOCULANTE + TERRAMAR, INOCULANTE + HUMAX e INOCULANTE superiores respectivamente frente al testigo y entre sí.

En la figura 11 se aprecia las diferencias marcadas existentes entre cada tratamiento, en orden de superioridad se tiene: INOCULANTE + TERRAMAR, INOCULANTE + HUMAX e INOCULANTE con promedios de concentración porcentual de 3.27%, 1.96% y 1.40% respectivamente frente al testigo que reporta una concentración de 1.20%

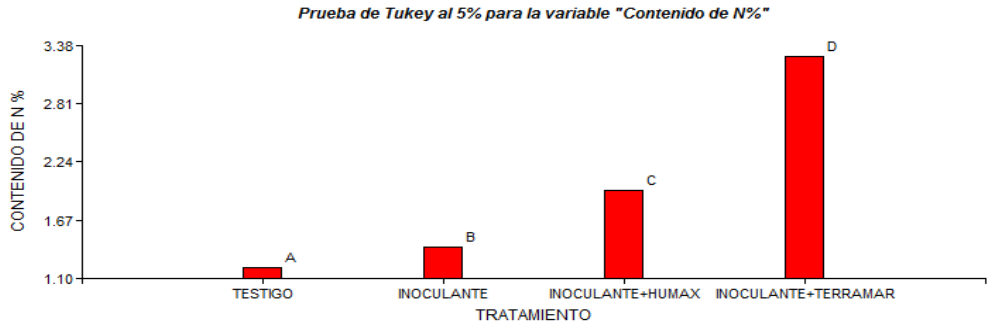


Figura 11. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de Nitrógeno.

4.7.2. Contenido de Fósforo (P%)

Respecto a la concentración porcentual de fosforo en las plántulas de tomate se realizó un análisis de varianza a fin de determinar si los efectos en las variables agronómicas de las plántulas de tomate se debieron a la concentración de fosforo en sus tejidos producto de los distintos tratamientos aplicados.

Tabla 23. Resultado del Análisis de varianza en la variable contenido de Fósforo.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
CONTENIDO DE P (%)	72	0.96	0.96	4.24

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	0.11	0.04	596.07	<0.0001
TRATAMIENTO	3	0.11	0.04	596.07	<0.0001
Error	68	0.0042	0.000062		
Total	71	0.12			

El resultado del análisis de varianza realizado detectó diferencias estadísticas entre las medias poblacionales de los tratamientos en estudio, en el cuadro 37 se aprecia un valor p < 0.001 que en contraste con el nivel de significancia del 5% resulta inferior por lo que, se acepta la hipótesis de que las medias poblacionales de los tratamientos evaluados son diferentes y que las diferencias entre las variables agronómicas de deben a la aplicación de los tratamientos en estudio.

Además se realizó el cálculo respectivo a fin de establecer cuál o cuáles de los tratamientos mostraron los mejores resultados frente al control, para ello se aplicó la prueba de significancia honesta de Tukey al 5% de confiabilidad.

Tabla 24. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable concentración de Fósforo.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00694

Error: 0.0001 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
INOCULANTE+HUMAX	0.13	18	1.9E-03	A		
INOCULANTE	0.17	18	1.9E-03		B	
TESTIGO	0.22	18	1.9E-03			C
INOCULANTE+TERRAMAR	0.23	18	1.9E-03			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

En el resultado de la tabla 24, se observa que existen diferencias bien marcadas entre los distintos tipos de tratamientos. La aplicación de INOCULANTE + TERRAMAR fue el que logro la mayor concentración de fósforo con un valor de 0.23%, seguido del TESTIGO con un valor de 0.22%, el INOCULANTE con 0.17% y

finalmente el INOCULANTE + HUMAX con 0.13%.

La figura 12 permite comprender mejor la diferenciación de los niveles de concentración del fósforo presentes en el tejido vegetal.

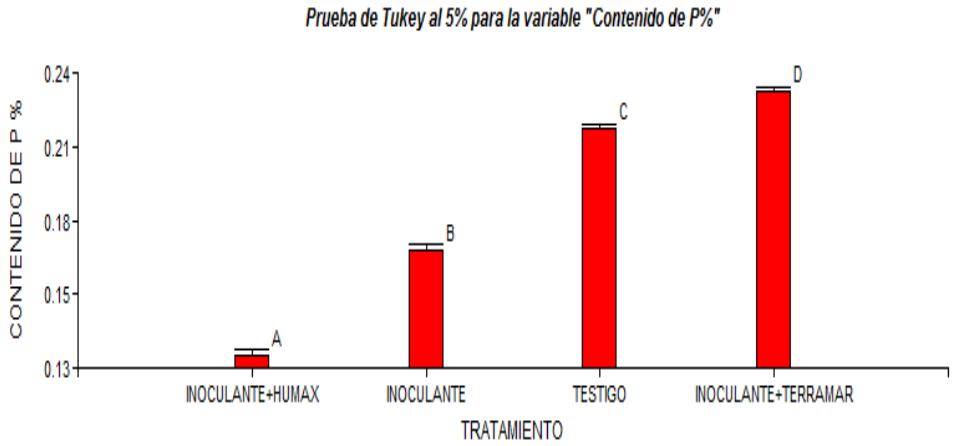


Figura 12. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de Fósforo.

4.7.3. Contenido de Potasio (K%)

A fin de determinar si los cambios en las variables agronómicas son producidos por la influencia de los distintos niveles de concentración de potasio en los tejidos vegetales de las plántulas de tomate, se realizó el análisis de varianza.

Tabla 25. Resultado del Análisis de varianza en la variable concentración de Potasio.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
CONTENIDO DE K (%)	72	1.00	0.99	0.50

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	0.96	0.32	4513.50	<0.0001
TRATAMIENTO	3	0.96	0.32	4513.50	<0.0001
Error	68	0.0048	0.000071		
Total	71	0.96			

El reporte del análisis de varianza de la tabla 25, confirma que efectivamente existe diferencias entre las medias poblaciones de los tratamientos estudiados. Es decir, que las diferencias entre las variables agronómicas existentes es producto de las aplicaciones de los distintos tratamientos por lo que presentan diferentes niveles de concentración de potasio. La regla de decisión estuvo sujeto a comparar el valor $p<0.001$ con la prueba de significancia del 5%, al tener p un valor menor que α se rechaza la hipótesis de que las medias de los tratamientos en estudio son homogéneas.

Posteriormente se recurrió a la prueba de significancia honesta de Tukey con un nivel de confiabilidad a fin de determinar cuál o cuáles de los tratamientos resultaron superiores respecto al testigo.

Tabla 26. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable concentración de Potasio.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00738

Error: 0.0001 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
INOCULANTE+HUMAX	1.50	18	2.0E-03	A		
INOCULANTE+TERRAMAR	1.74	18	2.0E-03		B	
INOCULANTE	1.74	18	2.0E-03		B	
TESTIGO	1.80	18	2.0E-03			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

El resultado de la tabla 26 indica que efectivamente existen diferencias bien marcadas entre los tratamientos. El TESTIGO resulto superior con un valor porcentual de 1.80%, seguido del INOCULANTE e INOCULANTE + TERRAMAR con concentraciones de 1.74% para ambos casos y finalmente el tratamiento INOCULANTE + HUMAX con una concentración de 1.50%.

La figura 13 resumen de manera visual los resultados reportados por la prueba de Tukey.

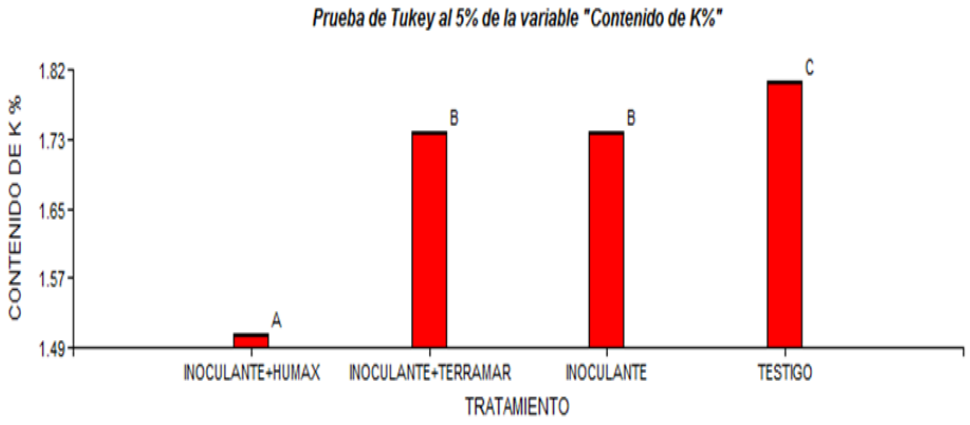


Figura 13. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de Potasio.

4.7.4. Contenido de Calcio (Ca%)

El análisis realizado a los tejidos vegetales de las plántulas de tomate respecto a la tasa de concentración de Calcio, determino que existen diferencias significativas, el resultado de la tabla 27 así lo confirma.

Tabla 27. Resultado del Análisis de varianza en la variable concentración de Calcio.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V (%)
CONTENIDO DE Ca (%)	72	1.00	1.00	0.34

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	1.97	0.66	9305.38	<0.0001
TRATAMIENTO	3	1.97	0.66	9305.38	<0.0001
Error	68	0.0048	0.000071		
Total	71	1.96			

De la tabla 27 podemos concluir que el valor p<0.001 es inferior en comparación con el nivel de significancia elegido (5%), por lo que se rechaza la hipótesis de que existen igualdad entre las medias poblacionales de los tratamientos en estudio.

Como parte complementaria del análisis de varianza, se realizó la prueba de significancia honesta de Tukey al 5% de confiabilidad, hallándose los siguientes resultados contemplados en la tabla 42: INOCULANTE + TERRAMAR con un valor de 2.60% situándolo en

primer lugar, INOCULANTE + HUMAX con un valor de 2.59% alcanzando el segundo lugar seguido del TESTIGO con un valor de 2.45% y finalmente el INOCULANTE con una concentración de 2.19% de calcio.

Tabla 28. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable concentración de Calcio.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00738

Error: 0.0001 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
INOCULANTE	2.19	18	2.0E-03	A		
TESTIGO	2.45	18	2.0E-03		B	
INOCULANTE+HUMAX	2.59	18	2.0E-03			C
INOCULANTE+TERRAMAR	2.60	18	2.0E-03			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

La figura 14 resume visualmente lo reportado por la prueba de Tukey.

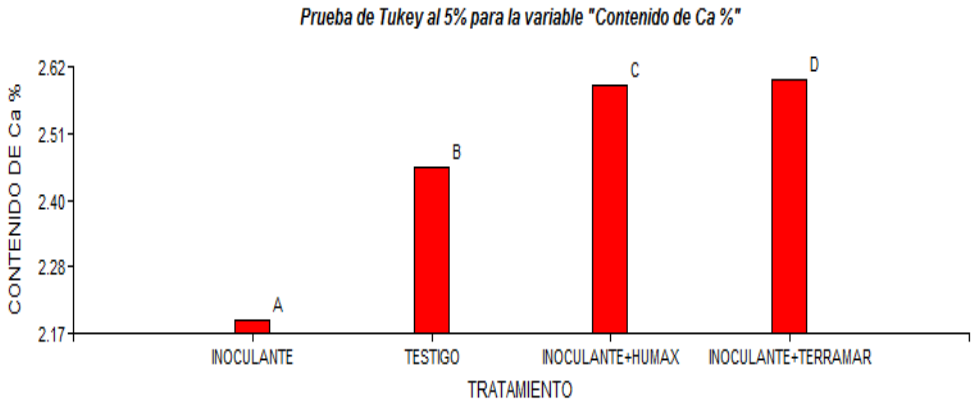


Figura 14. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de Calcio.

4.7.5. Contenido de Magnesio (Mg%)

Se realizó el análisis de varianza con el fin de determinar si existen igualdad de en las medias poblacionales de los tratamientos bajo estudio. Este análisis nos permitirá concluir acerca de los efectos en

las concentraciones de Magnesio de los tejidos vegetales de las plántulas de tomate producto de los tratamientos aplicados.

Tabla 29. Resultado del Análisis de varianza en la variable concentración de Magnesio.

VARIABLE	N	R^2	R^2 Ajus	C.V
CONTENIDO DE Mg (%)	72	1.00	1.00	1.18

F.V	Gl	Suma de Cuadrados	CM	F	p – valor
Modelo.	3	1.16	0.39	5491.00	<0.0001
TRATAMIENTO	3	1.16	0.39	5491.00	<0.0001
Error	68	0.0048	0.000071		
Total	71	1.17			

De la tabla 29 podemos observar que el análisis de varianza reportó un valor p<0.0001 que contrastado con el nivel de significancia evaluado del 5% resulta inferior motivo por la cual se rechaza la hipótesis acerca de la igualdad entre las medias poblacionales de los tratamientos bajo estudio. Por lo tanto se puede afirmar que los tratamientos aplicados a las plántulas de tomate influyen en la asimilación del Magnesio.

La tarea de determinar cuál o cuáles de los tratamientos tuvieron mayor influencia en la concentración de Magnesio en los tejidos vegetales condujo a que se realice la prueba de significancia honesta

de Tukey con un nivel de confiabilidad del 5%. En los resultados reportados en la tabla 30, donde el tratamiento que tuvo mayor influencia en la concentración de Magnesio fue el INOCULANTE + HUMAX seguido de INOCULANTE + TERRAMAR y finalmente el INOCULANTE con valores de 0.91%, 0.72%, y 0.64% respectivamente en comparación al testigo.

Tabla 30. Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable concentración de Magnesio.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00738

Error: 0.0001 gl: 68

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
TESTIGO	0.57	18	2.0E-03	A		
INOCULANTE	0.64	18	2.0E-03		B	
INOCULANTE+TERRAMAR	0.72	18	2.0E-03			C
INOCULANTE+HUMAX	0.91	18	2.0E-03			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

En la figura 15 se visualizan mejor estas diferencias existentes entre los tratamientos evaluados.

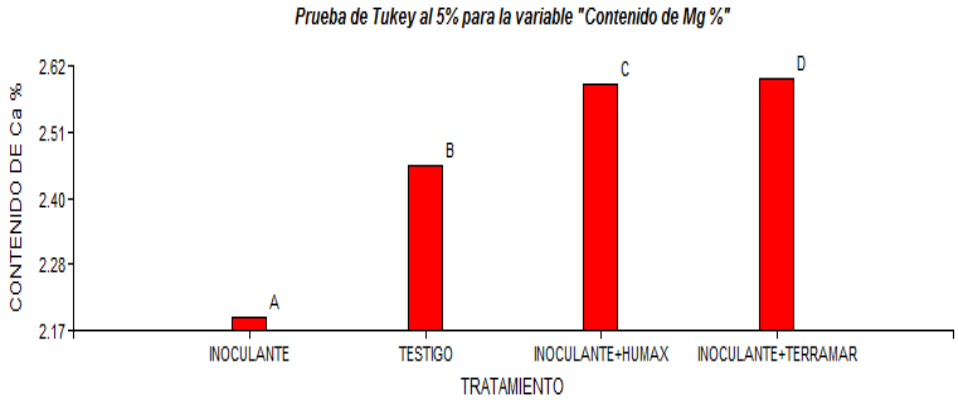


Figura 15. Resultados de la prueba Tukey representados en gráficos de barra para la variable concentración de Magnesio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se concluye con respecto a la aplicación de los inoculantes que contienen *Bacillus megaterium, Bacillus licheniforme, Bacillus subtilis, Azotobacter chroococcum y Pseudomonas fluorescens* de la marca comercial Ecoterra® W, influyeron positivamente en el desarrollo radicular de las plántulas de tomate alcanzando longitudes promedios de 14.00 centímetros. En cuanto al peso de las raíces alcanzó un promedio de 3.89 gramos, para el caso del tamaño de plántulas la aplicación de este tratamiento permitió alcanzar una altura promedio de 16.81 centímetros y en el diámetro del tallo una medida de 4.17 mm, mientras que en la longitud de foliolos se reportó valores promedios de 2.25 centímetros. Además se observó que se alcanzó pesos promedios de 3.89 gramos por planta.
- En cuanto a la aplicación combinada de los inoculantes que contienen *Bacillus megaterium, Bacillus licheniforme, Bacillus subtilis, Azotobacter chroococcum, Pseudomonas fluorescens* de la marca comercial Ecoterra ® W y el ácido húmico comercial compuesto de extracto de Leonardita (Humax®); se concluye que influenciaron positivamente en las variables agronómicas de las plántulas de tomate. En el desarrollo radicular alcanzó una longitud

promedio de 14.44 centímetros con un peso de radicular de 4.28 gramos y una altura de plántulas promedio en 18.82 centímetros con un diámetro en el tallo de 4.35 milímetros. En la parte área, los foliolos alcanzaron una longitud de 3.18 centímetros y la biomasa total alcanzó un peso de 4.28 gramos promedio por planta.

- Los estudios de la aplicación combinada de los inoculantes *Bacillus megaterium, Bacillus licheniforme, Bacillus subtilis, Azotobacter chroococcum, Pseudomonas fluorescens* y el ácido húmico comercial compuesto de extracto de algas marinas (Terramar®), permitieron concluir que tuvieron influencia positiva en las variables agronómicas de plántulas de tomate. Con la aplicación de este tratamiento se alcanzó una altura promedio en la raíz de 14.67 centímetros alcanzando un peso radicular de 4.44 gramos y una altura de plántula de 15.78 centímetros con un grosor de 4.32 milímetros. Los foliolos tuvieron una longitud de 3.18 centímetros en promedio y la biomasa alcanzó un peso promedio de 4.44 gramos.
- Se concluye que la superioridad de los tratamientos respecto a la concentración de macro y micro nutrientes presentes en el tejido vegetal estuvieron bien diferenciadas, tal es el caso que el tratamiento INOCULANTE + TERRAMAR ® e INOCULANTE + HUMAX ® fueron los que mayores valores alcanzaron en la concentración de macronutrientes y micronutrientes sin embargo no mostraron muchas diferencias entre sí.

En el tratamiento combinado inoculante y Humax® se observó que las concentraciones de macro y micro nutrientes tuvieron los siguientes valores: 1.96% de nitrógeno, 0.13% de fósforo, 1.50% de potasio; y de micronutrientes: 2.59% calcio y 0.91 de magnesio; para el caso del tratamiento combinado de inoculante más Terramar ®, el contenido de macro nutrientes reportó los siguientes valores: 3.27% de nitrógeno, 0.23% de fósforo y 1.74% de potasio. En el caso de los micronutrientes, el tratamiento permitió concentrar calcio al 2.60% y magnesio en 0.72%

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a partir de los resultados obtenidos, hacer la difusión del empleo de los inoculantes y los ácidos húmicos en la producción de almácigos de plántulas de tomate, como alternativa de garantiza una buena producción.
- Además se recomienda que en las futuras investigaciones tendrán como objetivo corroborar que estos beneficios obtenidos en la primera etapa del almacigado tengan un impacto sobre la calidad y producción una vez instalado en campo definitivo.

.

BIBLIOGRAFÍA

BATLLE. Tomate Rio Grande. Recuperado el 20 de abril del 2015 de: http://www.semillasbatlle.es/es/rio-grande

Benton Jones, J. (2001). Plagas y Enfermedades del Tomate. España: Mundi - Prensa Libros S.A.

Bolaños Herrera Alfredo. (1998). Introducción a la Olericultura. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Bula Meyer, Germán. (2004). Las macroalgas marinas en la agronomía y el uso potencial del Sargassum flotante en la producción de fertilizantes en el archipiélago de San Andrés y Providencia, Colombia.

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://intropica.unimagdalena.edu.co/Ediciones/Volumen_1/Intropica_Vol_01-08.pdf

Casas Valdez, M; Hernandez Carmona, G. (1989). Trabajos presentados en la segunda consulta de expertos sobre tecnología de productos pesqueros en América Latina: Montevideo, 11-15 de diciembre de 1989. Roma: Food & Agriculture Org.

CATIE. (1990). GUIA PARA EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL CULTIVO DE TOMATE. Costa Rica: Programa de Mejoramiento de Cultivos Tropicales.

De las Salas, Gonzalo. (1981). Materia Orgánica del Suelo. Costa Rica: CATIE.

FAO & Agriculture Org. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo, Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FARMAGRO. Acondicionadores de suelo. Recuperado el 16 de abril del 2017 de www.farmagro.com.pe

Fernando Nuez Viñals, Ramiro Gil Ortega, Joaquín C. Costa García. (1996). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. España: Ediciones Mundi - Prensa.

Fundación Hogares Juveniles Campesinos; García Conde, Mary Ruth; Solano Fajardo, Viviana; Perdomo Delgado, Fabián; Palomino Aguirre, Sandra. (2005). Manual cría de la lombriz de tierra: una alternativa ecológica y rentable. Colombia: Editorial San Pablo.

Francisco dos Santos, Fausto; Salas, Sonia; Flores Salgado, Desidério; Guamanda, Augustin; Coronado, Gilberto; Villaroel, Tito. (2004). Manejo de Semilla y Uso de Almácigo en El Cultivo de la Arracacha (Arracacia xanthorrhiza). Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP).

Giaconi M., Vicente. (1983). Cultivo de Hortalizas (15ª ed.). Chile: Editorial Universitaria S.A.

Gliessman R., Stephen. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Costa Rica: CATIE.

Glick R., Bernard; Biljana Todorovic, Jennifer Czarny, Zhenyu Cheng, Jin Duana & Brendan McConkey pages 227-242 .Promotion of Plant

Growth By Bacterial ACC Deaminase. Recuperado el 19 de mayo del 2015 de:

http://www.redorbit.com/news/science/1155940/promotion_of_plant_growth_by_bacterial_acc_deaminase/

Hamilton Raven, Peter; Franklin Evert, Ray; E. Eichhorn, Susan. (1992). Biología de las plantas. Vol. 2. España: Editorial Reverte S.A.

Hans Werner Fassbender, Elemer Bornemisza. (1987). Química de Suelos con énfasis en los Suelos de América Latina (2ª ed.). Costa Rica: IICA.

Holle, Miguel; Montes, Alfredo. (1985). Manual para enseñanza práctica de producción de hortalizas. Venezuela: IICA.

Infoagro. Los Quelatos de microelementos. Recuperado el 10 de mayo del 2015 de:

http://www.infoagro.com/abonos/microelementos_quelatados.htm

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Resolución No. 00698, 4 de febrero de 2011. Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de los departamentos técnicos de ensayos de eficacia, productores e importadores de bioinsumos de uso agrícola y se dictan otras disposiciones. Colombia - Bogotá. Recuperado el 22 de junio del 2015 de:

http://64.76.123.202/SAGPYA/economias_regionales/forobioinsumos/normativas/col_res_698_2011.pdf

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - Oficina Perú. (1987). Investigación de Costos de Producción y Comercialización de Tomate en el Departamento de Lima. Perú: Ministerio de Agricultura.

INRENA. (1995). Mapa ecológico del Perú. Lima – Perú: Ministerio de Agricultura.

Lugtenberg B; Kamilova F. (2009). Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. Annu. Rev. Microbiol., 63: 541-556. Recuperado el 10 de julio del 2015 de: http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918

Manejo sostenible del cultivo de tomate. Recuperado el 16 de julio del 2013 de: http://plagbol.org.bo/files/Manejo%20sostenible%20del%20cultivo%20del%20tomate.pdf

Michitte, Paola. (2007). Nutrición Vegetal: Aminoácidos. Recuperado el 30 de julio del 2013 de: http://www.econatur.net/media/File/aminoacidos.pdf

Núñez Solís, Jorge. (1981). Fundamentos de Edafología (2ª ed.). Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia San José.

Orozco Romero, José. (1998). Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable. Costa Rica: CIID - EARTH

Pamplona Roger, Jorge D. (2007). Salud por los alimentos. España: Editorial Safeliz, S. L.

Peña Salamanca, Enrique Javier; Palacios Peñaranda, Matha Lucía; Ospina Álvarez, Natalia. (2005). Algas como indicadoras de contaminación. Colombia: Universidad del Valle.

Promoción del crecimiento en plantas por bacterias de la rizósfera. Recuperado el 21 de agosto del 2015 de: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60829210

Quastel, J.H. y D.M. Webley. 1947. The effects of addition to soil of alginic acid and of other forms of organic matter on soil aeration. J. Agric. Sci. 37: 257-266. Recuperado el 24 de abril del 2015 de: http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=4516392

Sánchez, A.; Zuloeta, J. 2002. Fuentes y dosis de abonamiento en el manejo agroecológico de cultivos asociados de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) cv. Río Grande y beterraga (Beta vulgaris L.) cv. Early Gonder, en la parte baja del valle Chancay. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

Sanchez Garita,Vera; Gutierrez Montes, Isabel; Galileo Rivas - Platero, Gonzalo. (2008). Producción ecológica de cultivos anuales comerciales: chile y tomate. Costa Rica: CATIE.

SENAMHI. (2015). Reporte del clima de la provincia de Andahuaylas. Recuperado el 5 de julio de 2015 de:

www.senamhi.gob.pe

Soto Gabriela; Meléndez Gloria. (2003). Taller de abonos orgánicos. Costa Rica: CANIAN - CATIE.

SMART!. Los Fertilizantes Quelatos y su Uso. Recuperado el 23 de setiembre del 2015 de:

http://www.smart-fertilizer.com/articulos#Nutrición Vegetal

Starr Cecie, Taggart Ralph. (2008). Biología: La unidad y diversidad de la vida (11ª ed.). México: Cengage Learning Editores.

Torrico Albino, Juan Carlos; Omar Cardona, José. (2011). Ganadería Ecológica: Guía para las buenas prácticas ganaderas, experiencia en el Sumapaz - Colombia. España: epubli.

Tortora, Gerard J.; Berdell R. Funke; Christine L. Case. (2007). Introducción a la microbiología (9ª ed.). España: Editorial Medica Panamericana.

UNALMA. (2003). Programa de hortalizas. Perú: UNA La Molina.

Urbano Terrón, Pedro. (1992). Tratado de Fitotecnia General (2ª ed.). España: Ediciones Mundi - Prensa.

Vallejo Cabrera, Franco Alirio; Estrada Salazar Edgar Ivan. (2004). Producción de hortalizas de clima cálido. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de tejidos vegetales de las plántulas de tomate.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

INFORME DE ANALISIS FOLIAR

: HUBER VERA VELASQUEZ
: APURÍMAC/ ANDAHUAYLAS
: HOJAS DE TOMATE
: H.R. 51791
: 12555
: 28/10/2015

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
4486	Tratamiento A	1.20	0.22	1.80	2.45	0.58
4487	Tratamiento B	1.40	0.17	1.74	2.19	0.64
4488	Tratamiento C	1.96	0.13	1.50	2.59	0.91
4489	Tratamiento D	3.28	0.23	1.75	2.60	0.72

Dr. Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

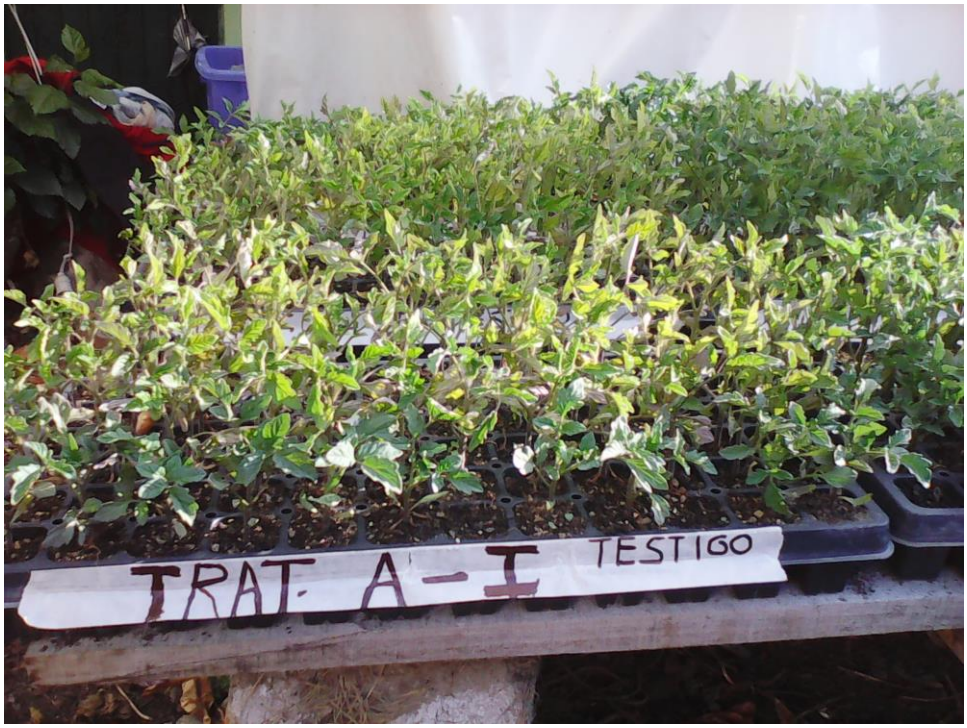
LASPAF

r. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fotografía 1. Siembra de las semillas de tomate.

Fotografía 2. Germinación de las plántulas de tomate bajo estudio.

Fotografía 3. Desarrollo de la parte aérea de las plántulas de tomate.



Fotografía 4. Monitoreo de las plántulas de tomate.

Fotografía 5. Riego de los plantines de tomate.

Fotografía 6. Evaluación radicular de los plantines de tomate.

Fotografía 7. Volumen radicular de las plántulas de tomate.

Fotografía 8. Evaluación del diámetro del tallo con la ayuda de un vernier.

Fotografía 9. Registro de los datos de la variable diámetro de tallo.

Fotografía 10. Peso de la biomasa de plántulas de tomate.

Fotografía 11. Registro de los datos de la variable diámetro de tallo.

Fotografía 12. Registrando el peso de la biomasa de plántulas de tomate.

Fotografía 13. Cartel indicando el proyecto de tesis con la debida información.

Fotografía 14. Registrando el tamaño de la biomasa de plántulas de tomate.