

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum*, Mill) EN SAN GABRIEL – ABANCAY.

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO, PRESENTADO POR:
BACHILLER EN CIENCIAS AGRARIAS, David Carlos RECHARTE PINEDA.**

ASESOR

: Mg. Sc. Juan ALARCÓN CAMACHO

ABANCAY- APURÍMAC- PERÚ

2015

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INTRODUCCIÓN

RESUMEN

	Pág.
I. CAPÍTULO I	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. General.....	2
1.2.2. Específicos	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. HIPÓTESIS.....	3
II. CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS.....	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.1.2. Modo de acción de los microorganismos eficientes autóctonos	5
2.1.3. Tipos de organismos presentes en una solución de ME.....	6
2.1.3.1. Microorganismos fijadores biológicos de nitrógeno (diazotróficos).....	6
2.1.3.2. Bacterias Ácido Láctica.....	7
2.1.3.3. Bacterias Fotosintéticas.....	7
2.1.3.4. Levaduras.....	8
2.1.3.5. Actinomicetos.....	9
2.1.3.6. Hongos de Fermentación.....	9
2.1.4. Aplicaciones de microorganismos eficientes autóctonos.....	9
2.1.4.1. Semilleros	10
2.1.4.2. Las plantas.....	10
2.1.4.3. Los suelos	11
2.1.4.4. Condiciones ideales para el uso de MEAs.....	12
2.1.4.5. Duración y conservación de MEAs.....	13
2.2. GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL TOMATE.....	14

2.2.1. Orígenes.....	14
2.2.2. Condiciones agro climáticas del cultivo.....	16
2.2.3. Descripción botánica del Tomate.....	17
2.2.4. Fenología del cultivo de tomate.....	19
2.2.5. Variedades de tomate.....	20
2.2.6. Características nutraceuticas del tomate.....	21
2.2.7. Agrotécnia del cultivo.....	23
2.2.7.1. Época de siembra.....	23
2.2.7.2. Labores en el semillero.....	23
2.2.7.3. Labores en el campo de plantación del cultivo de tomate.....	25
2.2.7.3.1. Preparación del terreno.....	25
2.2.7.3.2. Trasplante.....	25
2.2.7.3.3. Distancia de siembra.....	26
2.2.7.3.4. Fertilización.....	26
2.2.7.3.5. Deshierbo.....	27
2.2.7.3.6. Aporque.....	27
2.2.7.3.7. Riego.....	28
2.2.7.3.8. Cosecha.....	28
III. CAPÍTULO III.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA E HIDROGRÁFICA.....	30
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.....	32
3.3. MATERIALES.....	33
3.3.1. Materiales Biológicos.....	33
3.3.2. Materiales de Campo.....	33
3.3.3. Materiales de Gabinete.....	34
3.4. METODOLOGÍA.....	34
3.4.1. Diseño experimental.....	35
3.4.1.1. Área del experimento.....	36
3.4.2. Contraste de hipótesis y medias de cada tratamiento.....	38
3.4.3. Variables.....	38
3.4.4. Elaboración del capturador de MEA.....	38

3.4.5.	Obtención de Solución Madre.....	39
3.4.6.	Labores agronómicas.....	40
3.4.6.1.	Preparación del terreno.....	40
3.4.6.2.	Delimitación del campo experimental.....	41
3.4.6.3.	Almacigado.....	41
3.4.6.4.	Trasplante.....	41
3.4.6.5.	Desahije.....	42
3.4.6.6.	Aporques y deshierbo.....	42
3.4.6.7.	Fertilización.....	42
3.4.6.8.	Riego.....	42
3.4.6.9.	Control fitosanitario.....	42
3.4.6.10.	Control de plagas.....	43
3.4.6.11.	Cosecha.....	43
IV.	CAPITULO IV.....	44
	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	44
4.1.	EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE TOMATE.....	44
4.1.1.	Altura de la planta a los 60 días de edad del cultivo.....	44
4.1.2.	Número de flores a los 60 días de edad del cultivo.....	50
4.1.3.	Área foliar a los 60 días de edad del cultivo.....	56
4.1.4.	Número de tallos por planta.....	60
4.1.5.	Peso de la raíz a la cosecha.....	63
4.1.6.	Rendimiento en gramos.....	69
4.2.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS FITOPATOLÓGICO.....	74
4.3.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MICROBIOLOGÍA.....	82
V.	CAPITULO V.....	87
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
5.1.	CONCLUSIONES.....	87
5.2.	RECOMENDACIONES.....	88
VI.	CAPITULO VI.....	90
	BIBLIOGRAFÍA.....	90
VII.	CAPITULO VII.....	94
	ANEXOS.....	94

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos, producto, dosis y frecuencia.....	36
Cuadro 2. Análisis de la varianza para la variable altura de planta.....	45
Cuadro 3. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable altura de planta.....	45
Cuadro 4. Prueba Tukey al 5% para la interacción dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable altura de planta.....	46
Cuadro 5. Análisis de la varianza para la variable número de flores.....	51
Cuadro 6. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable número de flores.....	51
Cuadro 7. Prueba Tukey al 5% para la interacción dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable número de flores.....	52
Cuadro 8. Análisis de la varianza para la variable área foliar.....	56
Cuadro 9. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable área foliar.....	57
Cuadro 10. Análisis de la varianza para la variable número de tallos.....	60
Cuadro 11. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable número de tallos.....	61
Cuadro 12. Análisis de la varianza para la variable peso de raíz.....	64
Cuadro 13. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable peso de raíz.....	64
Cuadro 14. Prueba Tukey al 5% para la interacción dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable peso de raíz.....	65
Cuadro 15. Análisis de la varianza para la variable rendimiento del cultivo.....	70
Cuadro 16. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable rendimiento.....	70
Cuadro 17. Prueba Tukey al 5% para el factor frecuencia de aplicación en la variable rendimiento.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fenología del cultivo de tomate	20
Figura 2. Mapa de ubicación política	31
Figura 3. Mapa vial del lugar donde se condujo el trabajo de investigación.....	31
Figura 4. Gráfica de interacción para los factores dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable altura de planta.....	47
Figura 5. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis microorganismos eficientes autóctonos para la altura de planta.....	48
Figura 6. Gráfica de cajas para la variable altura de planta.....	49
Figura 7. Gráfica de barras para la variable altura de planta.....	50
Figura 8. Gráfica de la interacción para los factores dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable número de flores.....	53
Figura 9. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis microorganismos eficientes autóctonos para el número de flores.....	54
Figura 10. Gráfica de cajas para la variable número de flores.....	55
Figura 11. Gráfica de barras para la variable número de flores.....	55
Figura 12. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis microorganismos eficientes autóctonos para el área foliar.....	58
Figura 13. Gráfica de cajas para la variable área foliar.....	59
Figura 14. Gráfica de barras para la variable área foliar.....	59
Figura 15. Gráfica de cajas para la variable número de tallos.....	62
Figura 16. Gráfica de barras para la variable número de tallos.....	62
Figura 17. Gráfica de la interacción para los factores dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable peso de raíz.....	66
Figura 18. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis microorganismos eficientes autóctonos para el peso de la raíz.....	67
Figura 19. Gráfica de cajas para la variable peso de la raíz.....	68
Figura 20. Gráfica de barras para la variable peso de la raíz.....	69
Figura 21. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis microorganismos eficientes autóctonos para el peso de la raíz.....	72
Figura 22. Gráfica de cajas para la variable rendimiento del cultivo de tomate.....	73

LISTA DE CROQUIS

Croquis 1. Diseño del experimento (medidas expresada en metros).....37

DEDICATORIA

Primero a Dios por ser esa fuerza invisible y guiarme siempre, por darme fe, salud y esperanza para culminar mi meta con satisfacción, con mucho cariño para mi madre Julia Pineda por el amor, el ejemplo y el apoyo incondicional en el camino recorrido de mi vida gracias por darme una profesión para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado conmigo.

A mis hermanas Milagros y Miriam por todo el apoyo, cariño y paciencia brindada durante mi vida estudiantil y que aportaron para culminar esta etapa con éxito.

A mis sobrinos Yadira, Abel, Rodrigo, Carlos y Álvaro, que este logro mío se transforme en la inspiración que necesite para alcanzar sus propios sueños.

A todos y cada uno de los que estuvieron a mi lado en este largo camino apoyándome desinteresadamente mi eterno reconocimiento, conjuntamente con mi compromiso de ser cada día mejor como tributo a todos sus sacrificios.

David Recharte

AGRADECIMIENTO

Quiero hacer público mi reconocimiento y gratitud a la Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Agronomía de la Universidad Tecnológica de los Andes, al personal directivo, docente y administrativo que contribuyeron a mi formación académica.

A mi asesor Mg. Sc. Ing. Juan Alarcón Camacho, por su ayuda desinteresada, sus valiosas sugerencias y por haber realizado las correcciones y recomendaciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos.

Al señor Miguel Camacho propietario de la parcela, por la apertura y colaboración brindada para la ejecución de esta Tesis.

Al Ing. Francisco Medina, quien a pesar de tener bajo su responsabilidad diversas tareas ha sabido brindarme su valioso tiempo compartiendo sus ideas y conocimientos para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

A mi madre y hermanas quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mi capacidad e inteligencia.

Eterna gratitud a todas aquellas personas que de una u otra forma fueron partícipes, gracias por brindarme su tiempo, paciencia y ser apoyo en momentos de declive y cansancio, un gracias por ser parte de mis sueños.

David Recharte.

**EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES
AUTÓCTONOS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE
(*Lycopersicum esculentum*, Mill) EN SAN GABRIEL – ABANCAY.**

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las principales hortalizas cultivadas en el mundo y una de las de mayor valor económico. En el Perú, la producción asciende a 221594 t por año y en la región Apurímac se estima en 1086 T por año (Minagri, 2013).

Los fertilizantes químicos han sido benéficos para el sector agrícola; no obstante, el abuso en su utilización genera residuos que producen salinización, problemas en el drenaje, compactación del suelo y disminución de la actividad microbiana comprometida en la nutrición vegetal. Cada año se incrementa la cantidad de fertilizantes aplicados generando problemas en la eficiencia de adsorción en el suelo y planta, así mismo incrementa los problemas ambientales debido a la producción de gases tóxicos que se desprenden de los fertilizantes como los óxidos de nitrógeno que dañan la capa de ozono.

Dentro de la tecnología de la agricultura sostenible se encuentra el uso de los Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMA), cuyo resultado al ser aplicados es el incremento de la productividad del cultivo y la calidad de los mismos.

Varios trabajos sobre biofertilización han demostrado su bondad en la respuesta positiva de los cultivos; no obstante, dado los resultados muy variables es necesario hacer más trabajos de investigación sobre el uso de EMA, con el propósito de optimizar la capacidad productiva de las cosechas.

El autor

RESUMEN

El presente trabajo de investigación experimental se realizó en el sector Pisonaypata de la comunidad de San Gabriel del distrito de Abancay, provincia de Abancay a una altitud de 1832 m.s.n.m, con el propósito de evaluar la efectividad de aplicar microorganismos eficientes autóctonos en el rendimiento del cultivo de tomate.

Para conducir el experimento se recurrió a un Diseño Por Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA), con un arreglo factorial del tipo $3 \times 3 + 1$ testigo, haciendo un total de 10 tratamientos, con 3 réplicas (incluido el testigo). Los factores evaluados fueron dosis de microorganismos eficientes con 3 niveles de aplicación: 12.5 cc, 25 cc y 50 cc; y las frecuencias de aplicación con 3 niveles: cada 7 días, cada 14 días y cada 21 días. Para evaluar la significancia estadística de los tratamientos se recurrió al análisis de varianza y se realizó la prueba Tukey para determinar cuál de los tratamientos en estudio resultó mejor en comparación del resto.

Los resultados obtenidos producto de las aplicaciones de los tratamientos sobre el cultivo de tomate, evidenciaron la existencia de respuestas distintas sobre la altura de la planta, número de tallos, número de flores, área foliar y el rendimiento.

Se concluye que la dosis 25 cc con intervalos de aplicación de 14 días, fue la que dio mejores resultados sobre los parámetros agronómicos de las plantas de tomate y permitió alcanzar un rendimiento de 5440.90 kilogramos por hectárea, en comparación con el testigo que alcanzó un rendimiento de 3198.50 kilogramos por hectárea.

Finalmente por medio de la descomposición de polinomios ortogonales se determinó la dosis óptima cuyo valor es de 21.15 cc de microorganismos eficientes.

CAPÍTULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se conoce que la mayoría de los productores de tomate del sector de San Gabriel utilizan elevadas dosis de agroquímicos durante el ciclo productivo, ocasionando serios problemas de contaminación ambiental al tiempo que ponen en peligro su salud y la de los consumidores. Pero aún más preocupante es el desconocimiento de las ventajas del uso de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMA) que se encuentran presentes en la naturaleza misma y no son utilizados por la falta de información, lo que limita el rendimiento del cultivo de tomate.

El cultivo de tomate rio grande (*Solanum lycopersicum*), con fines de comercialización, requiere de la puesta en práctica de tecnologías adecuadas a nuestra realidad ecológica, económica y sociocultural, que permitan un manejo racional de los recursos naturales, abaratando los costos de producción, generando ingresos significativos para los agricultores y protegiendo el ambiente y la salud de los consumidores.

La función de los microorganismos en el suelo, especialmente la de algunos grupos definidos, puede ser manipulada para determinadas actividades microbianas, bioquímicas y enzimáticas que se expresen de forma eficaz, de allí que pueden jugar un papel preponderante como indicadores de calidad y salud de los suelos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

- Evaluar la aplicación de los microorganismos eficientes autóctonos en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill), en el sector de San Gabriel – Abancay.

1.2.2. Específicos

1. Evaluar el efecto de las dosis de microorganismos eficientes autóctonos sobre las variables agronómicas del cultivo de tomate.
2. Determinar la dosis óptima de aplicación, de microorganismos eficientes autóctonos, que permita incrementar el rendimiento en el cultivo de tomate.
3. Determinar los agentes fitopatógenos en el cultivo de tomate al momento de la cosecha.
4. Determinar el tipo de microorganismos eficientes autóctonos existentes en la solución madre utilizada.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El Tomate (*L. esculentum*) es una de las hortalizas que ha adquirido mayor consumo en nuestro país, por su alto nivel nutritivo, sin embargo, la producción nacional, no es suficiente para satisfacer la demanda interna, por lo que se

tiene que importar. De igual manera los agricultores ven que en un corto plazo sus sistemas tradicionales de cultivo serán cada vez menos sostenibles debido a su alta dependencia de insumos, por lo que la agricultura orgánica se presenta como una opción interesante, en la que sin embargo es fundamental una adecuada fertilidad del suelo para asegurar una producción de calidad.

En tal sentido, una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos pueden ser los EMAS (Microorganismo Eficientes Autoctonos), los mismos que son un cultivo mixto de microorganismos útiles que se desarrollan en la naturaleza y se emplean como agente inoculante para incrementar la variedad microbiológica de suelos y plantas, las investigaciones han demostrado que la inoculación del suelo con EMAS puede mejorar la calidad y condición del suelo, así como potenciar el crecimiento, rendimiento y calidad de las cosechas. Todos estos organismos interactúan y pueden convivir en cultivos líquidos. La utilización de este producto no sustituye al resto de medidas de la agricultura convencional. Si no que constituye un paso más en la optimización de las prácticas de la agricultura alternativa.

1.4. HIPÓTESIS

La aplicación de microorganismos eficientes autóctonos influye sobre el rendimiento del cultivo de tomate.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS

2.1.1. Generalidades

Rodríguez (2009), manifiesta que los microorganismos eficientes (EM) fueron desarrollados en la década de los 70, por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Teóricamente este producto comercial se encuentra conformando esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería, según sus promotores.

Piedrabuena (2003), indica que los Microorganismos Eficientes son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro géneros principales: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además mediante su acción cambian la micro y macroflora de los

suelos y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y ésta se transforme a su vez en tierra (suelo) azimogénico. A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus.

Hurtado (2001), expresa que el EM viene únicamente en forma líquida y contiene microorganismos útiles y seguros. No es un fertilizante, ni un químico, no es sintético y no ha sido modificado genéticamente. Este se utiliza junto con la materia orgánica para enriquecer los suelos y para mejorar la flora y la labranza. Dichos microorganismos se encuentran en estado latente y por lo tanto se utiliza para hacer otros productos secundarios de microorganismos eficientes.

2.1.2. Modo de acción de los microorganismos eficientes autóctonos

Hurtado (2001), manifiesta que los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

IDIAF (2009), expresa que a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de NPK y CN. Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción.

2.1.3. Tipos de organismos presentes en una solución de microorganismos eficientes

2.1.3.1. Microorganismos fijadores biológicos de nitrógeno (diazotróficos)

Los microorganismos capaces de catalizar el rompimiento del triple enlace de nitrógeno y activarlo para que se combine con otros elementos químicos, como el hidrogeno o el oxígeno, se les conoce con el nombre de fijadores de nitrógeno o diazotrofos (Mishustin *et al.*, 1971).

Dentro de las bacterias fijadoras de vida libre encontramos especies de *Azospirillum*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Bacillus*. Numerosas investigaciones en el ámbito mundial demuestran las bondades la utilización de bacterias asimbióticas del género *Azotobacter*

sp. y *Azospirillum sp.* en lo que se refiere a la reducción del periodo de tiempo de germinación en las semillas de tomate, ají y algodón, inoculadas con este microorganismo probablemente por la inducción de la producción de hormonas de crecimiento, incrementan la respuesta a la fertilización química u orgánica.

2.1.3.2. Bacterias Ácido Láctica

Biosca (2001), manifiesta que estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. Ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca.

2.1.3.3. Bacterias Fotosintéticas

Biosca (2001), indica que son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía. Las sustancias

sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficientes.

EARTH (2008), expresa que estas bacterias funcionan como un componente importante del EM. Ayudan a mantener el balance con otros microorganismos benéficos, permitiendo a coexistir y funcionar juntamente con los mismos.

2.1.3.4. Levaduras

Biosca (2001), indica que estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto. **EARTH (2008)**, manifiesta que la levadura ayuda a fermentar la materia orgánica y contiene vitaminas y aminoácidos.

2.1.3.5. Actinomicetos

APNAN (2003), manifiesta que funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biácidas). Benefician el crecimiento y actividad del *Azotobacter* y de las micorrizas

2.1.3.6. Hongos de Fermentación

APNAN (2003), expresa que los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicillium* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteroides y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales.

2.1.4. Aplicaciones de microorganismos eficientes autóctonos

IDIAF (2009), manifiesta que el mejor uso de EM en agricultura depende de la zona, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y la irrigación, entre otros factores. Con la aplicación de EM el suelo retiene más agua. Este cambio implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos. Esta mejora viene dada tanto por el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la

porosidad, como consecuencia de la actividad microbiana, como por el equilibrio iónico que aporta EM al suelo, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua.

El uso de EM incrementa tanto el crecimiento como la productividad del cultivo. Los principales beneficios para los cultivos se originan en el mantenimiento de la materia orgánica durante la etapa de crecimiento. Los macro y micronutrientes solubles están más disponibles a causa de la rápida descomposición de las macromoléculas que los liberan.

2.1.4.1. Semilleros

Silva (2009), indica que existe aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico, aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

2.1.4.2. Las plantas

Silva (2009), manifiesta que genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que

pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

2.1.4.3. Los suelos

Silva (2009), expresa que los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se enmarcan en:

1. Efectos en las condiciones físicas del suelo:

Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.

2. Efectos en las condiciones químicas del suelo: Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.

3. Efectos en la microbiología del suelo: Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

2.1.4.4. Condiciones ideales para el uso de microorganismos eficientes autóctonos

MOA (2003), manifiesta que el EM se compone de seres vivos; por lo tanto, no deberá ser utilizado de la misma manera que los químicos y los agrotóxicos, pues esto tenderá a reducir su eficacia. Nunca debe ser diluido con agrotóxicos o fertilizantes. Debe tenerse sumo cuidado en su manejo, para asegurar su fijación al suelo. En caso de tener que utilizar agua clorada, se debe colocar dentro de un recipiente o tanque de captación y dejarla en reposo por un periodo de 12 horas, de manera que el cloro se volatilice, y no interfiera con el accionar de los

microorganismos.

Los microorganismos son muy sensibles a las sequias, por eso durante el verano, cuando el sol es más fuerte, la aplicación deberá ser hecha al atardecer, o en días nublados. Las condiciones ideales para la aplicación serán antes o después de las lluvias, cuando el suelo está húmedo. El uso del EMA diluido es conveniente hacerlo en un periodo máximo de tres días. En caso de tener que aplicar EMAS a nivel foliar, se deberá hacer la dilución con agua de buena calidad, hasta llegar a una dilución con un pH en torno a los 6.5., si este fuera mayor utilizar; por ejemplo, vinagre para disminuir el pH.

Los materiales porosos mejoran el suelo, física y químicamente, aumentan la capacidad de retención de nutrientes y, al mismo tiempo se vuelven albergue para los microorganismos. Por esto la incorporación de cascara de arroz carbonizada, de cáscara de arroz semi - carbonizada, etc. es muy eficaz. La cantidad a incorporar deberá ser de 100 a 200 kilogramos por hectárea, y la incorporación debe hacerse durante algunos años.

2.1.4.5. Duración y conservación de microorganismos eficientes autóctonos

MOA (2003), expresa que el EMA tiene una duración aproximada de 6 meses a partir de la fecha de envasado, es conveniente almacenarlo en un lugar donde la temperatura sea constante, en la que haya poca variación de temperatura entre el día y la noche, y que sea fresco y oscuro y con poca luz. No es aconsejable almacenar el EM en invernaderos porque durante el día habrá grandes variaciones de temperatura. En el caso en que el EM presente mal olor, no deberá ser utilizado. Podría haber variaciones en la coloración (color té más oscuro o más claro) debido a la materia prima, no variando por ello la calidad del producto.

2.2. GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL TOMATE

2.2.1. Orígenes

CATIE (1990), menciona que las variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) cultivado actualmente, probablemente se deriva de un ancestro que aún se encuentra en forma silvestre en los trópicos de Centro América y que se conoce comúnmente como tomatillo (*L. esculentum* var. *cerasiforme*). El tomate pertenece a la familia de las Solanáceas (Solanáceae), que incluyen otras plantas comestibles domesticadas (chile, papa, berenjena), poco domesticadas

(miltomates), no domesticadas pero de uso tradicional (hierva, mora) y otras sin ningún uso actual. La familia es de fácil reconocimiento en el campo por ciertas características botánicas, típicamente sus miembros contienen alcaloides (en el caso del tomate tomatina) en concentraciones variables, dependiendo de la especie y parte de la planta de que se trate. **INTA (1999)** manifiesta que numerosos autores coinciden al mencionar que el tomate es originario de América del Sur, entre las regiones de Bolivia, Perú y Ecuador, sin embargo algunos consideran que es originario de México, **CATIE (1990)**, pero cabe mencionar que México es donde este cultivo fue domesticado.

INTA (1999) y **Jarquín (2004)** hacen mención de que el tomate es cultivado por su fruta comestible que se puede consumir fresco o cocinado. Se utiliza para hacer tomate pelado, deshidratado, sopas, jugos, salsas, pastas, purés y en polvo. Los tomates son muy utilizados como condimentos en la cocina y en la industria de enlatados. En su estado verde, son usados para encurtidos y conservas. **INTA (1999)**, manifiesta que las semillas de tomate contienen un 24% de aceites, este se obtiene de las semillas presentes en los residuos de las industrias de enlatados. El aceite se utiliza en ensaladas y en la fabricación de margarinas y jabones. Los residuos son exprimidos para formar una torta usada como alimentos para animales o abonos. El valor nutritivo de tomate no es muy alto,

pero puede ser una fuente importante de minerales y vitaminas si se estimula su consumo. Por ejemplo, en EEUU el tomate ocupa el decimosexto lugar como posible fuente de vitamina A, el decimotercero como fuente de vitamina C; sin embargo, a causa del alto consumo que tienen entre los consumidores Norte Americanos, el tomate ocupa el tercer lugar como fuente real de esas dos vitaminas, en países centro Americanos se puede aumentar el consumo de tomate brindando suministros más abundantes a precios menores, convirtiéndolo así en una mayor fuente de vitaminas.

Jarquín (2004), dice, por estas y por muchas otras razones, el tomate es considerado una de las hortalizas más importantes del mundo, ocupando el segundo lugar en importancia, superado únicamente por la papa.

2.2.2. Condiciones agro climáticas del cultivo.

CATIE (1990), para cultivar tomate se recomienda hacerlo en suelos francos o franco-arcillosos, ya que suelos muy pesados retienen mucha humedad y restringen la respiración de las raíces, lo cual crea además un ambiente favorable para muchas enfermedades.

Las temperaturas del suelo deben de ser de 12°C – 16°C y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21 – 24°C, siendo el óptimo 22°C (**INTA, 1999**), en general se puede decir que el tomate es un cultivo con capacidad de crecer en condiciones climáticas

variadas. En la región de Centro América (altiplanos de Guatemala, Costa Rica y Honduras) este cultivo se produce en alturas, y en los valles bajos del trópico seco, pero **Jarquín (1999)**, reporta que las alturas más adecuadas para cosechar tomate están entre 400 y los 2000 msnm. La humedad relativa (HR) óptima para el buen desarrollo del cultivo de tomate es de aproximadamente un 70 – 80 %, aun en temperaturas bajas; ya que H^o muy altas (90%) favorece el desarrollo de enfermedades foliares, sobre todo bajo condiciones de poca iluminación.

2.2.3. Descripción botánica del Tomate

Arcy (1991), manifiesta que el tomate es una especie dicotiledónea pertenecientes a las familia de las solanáceas. Esta familia, es una de las más grandes e importantes entre las angiospermas, comprende unas 2,300 especies agrupadas en 96 géneros.

Según **Hunziker (1979)** la clasificación taxonómica del tomate es la siguiente:

Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Solanales
Familia	: Solanáceas
Subfamilia	: Solanoideae
Tribu	: Solaneae
Género	: <i>Lycopersicon</i>
Especie	: <i>Lycopersicon esculentum</i>

Las plantas de tomate, tienen un sistema radical compuesto por una raíz principal o pivotante, de la que se originan raíces laterales y fibrosas pudiendo lograr los 1.5 m de radio. Más del 80% de las raíces se profundizan entre los 20 y 45 cm, aunque en condiciones apropiadas pueden llegar hasta los dos metros. Es muy frecuente la formación de raíces adventicias, especialmente en los nudos inferiores del tallo principal, siempre y cuando esta parte de la planta esté en contacto con suelo húmedo.

El tallo, es típico de las plantas herbáceas, cuya forma es cilíndrica y erecta en sus primeras fases de crecimiento y se vuelve decumbente y angular posteriormente, en su superficie está recubierta por pelos angulares, los cuales segregan una sustancia viscosa de color verde amarillenta. El tamaño varía según las características genéticas de cada variedad, encontrándose tallos de 30cm y hasta de 3m de altura. Las hojas son pinnadas compuestas, pudiendo medir unos 50cm de largo y un poco menos de ancho, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales. Los foliolos son peciolados y lobulados irregularmente, pilosos y aromáticos.

Las flores son inflorescencias en forma de racimos, con flores pequeñas y de color amarillo. El número de flores por racimos, por lo general puede ser de 7 a 9 aunque hay casos que superan las 100 **(Huerres y Carballo, 1988)**; las flores son hermafroditas con 5 o 6 pétalos dispuestos en una corola tubular. Todos los cultivos modernos

se auto polinizan, ocurriendo generalmente durante la ántesis, aun cuando los estigmas permanecen receptivos dos días antes y hasta dos días después de la misma.

El fruto del tomate consiste en una valla de formas, dimensiones y número de lóculos variables según el cultivar. Dependiendo de la forma, los frutos de tomate pueden ser redondeados, aplanados, ovalados, semi ovalados, alargados, en forma de uva o pera, etc. La superficie puede ser liza o rugosa, la cantidad de lóculos pueden ser de dos o más, aunque la mayoría de las variedades típicas industriales y las especies silvestres de frutos muy pequeñas son de dos lóculos, mientras que las de consumo fresco (generalmente de fruto grande) poseen varios lóculos, 8 – 10 o más.

Según **INTA (1999)**, la semilla es pequeña, con dimensiones de 5 x 4 x 2 mm Su coloración es amarillenta con matiz grisáceo; su forma puede ser aplanada, alargada, en forma de riñón, redondeada y pubescente.

2.2.4. Fenología del cultivo de tomate

La diversidad de microclimas en los que se cultiva el tomate hace difícil una generalización de la fenología del cultivo [...] la plántula de tomate se mantiene en semillero por 20 a 25 días. Luego del transplante, el tomate continúa en su etapa vegetativa por unos 30 a 35 días más y, a los 50 a 60 días (30 a 35 días después de la siembra), inicia la

floración. La etapa reproductiva, floración y fructificación se extiende por unos 32 a 40 días antes de la cosecha, la cual se inicia a los 62 – 72 días después de la siembra. Bajo condiciones de buena nutrición y buena sanidad del cultivo, se realizan hasta 6 o 7 cortes, según la variedad, durante un periodo de 20 a 25 días. (CATIE, 1990).

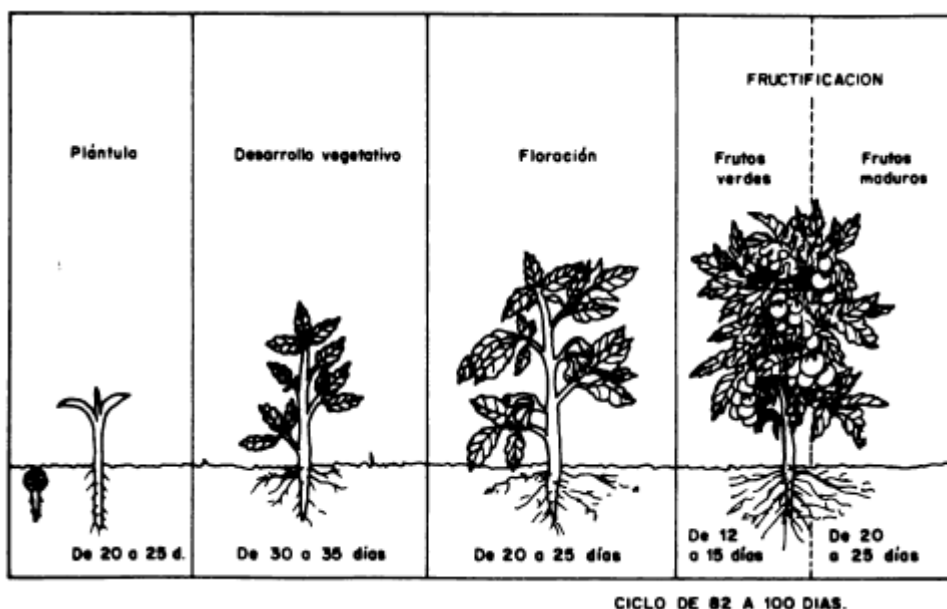


Figura 1. Fenología del cultivo de tomate.
Fuente: CATIE (1990). Guía para el manejo integrado de plagas en el cultivo de tomate.

2.2.5. Variedades de tomate.

CATIE (1990), dice, según su hábito de crecimiento las variedades de tomate pueden ser determinadas o indeterminadas. Las variedades de habito determinado son de tipo arbustivo, de porte bajo compactas y su producción de frutos se concentra en un periodo relativamente corto. Las plantas crecen, florecen y fructifican en etapas bien definidas; poseen inflorescencias apicales. Las variedades de tomate

para industrializar son, por lo general, de hábito determinado, con frutos en formas de pera, ovaladas, acorazonadas o en forma de cilindro. Las de hábito indeterminado tienen inflorescencia lateral y su crecimiento vegetal es continuo. La floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos muy largos. Las variedades de tomate para mesa y los tomatillos (cherry) tienen por lo general hábito indeterminado y las plantas necesitan de tutores que conduzcan su crecimiento.

En América Latina se cultivan variedades tanto de crecimiento determinado como indeterminado, así como también tomate de mesa; en realidad, el consumo de este último no es muy grande; entre los cultivares más utilizadas se mencionan los siguientes: Rio grande, Floradade, Gem Pride, Gem Star, Yaqui, Bute.

2.2.6. Características nutraceuticas del tomate.

Steven W. (2009) Científicos aseguran que las personas que comen tomates pueden disminuir sus riesgos de contraer enfermedades peligrosas. Lycopene, un antioxidante que da al tomate su color rojo ayuda a remover los radicales libres del organismo. Los radicales libres son moléculas de oxígeno inestables y pueden generar cáncer y otras enfermedades peligrosas.

En los últimos años el licopene ha sido ampliamente estudiado, no

solamente en animales, como es el caso de otros fitonutrientes, sino en seres humanos debido a sus propiedades como antioxidante y a sus posibilidades de prevenir distintos tipos de cáncer, como: colon, próstata, seno, pulmones, páncreas.

Los estudios han probado también que el licopene protege nuestro DNA (material genético) y, que también previene de enfermedades cardiacas.

Lycopene además previene la formación de colesterol malo en la sangre, el cual endurece y obstruye las arterias y puede ocasionar ataques al corazón.

El cuerpo humano no produce lycopene y por ello necesita del consumo de tomates y de productos derivados del tomate. Lycopene es el antioxidante más poderoso que se conoce hoy en día.

Sin embargo, de acuerdo también con los estudios el licopene no sería el único componente de los tomates que favorece a la salud humana; si bien el licopene juega un papel principal en la prevención del cáncer, el licopene interactúa con otros carotenos que el tomate contiene por lo cual los beneficios que ofrece serian un resultado de conjunto. Debido a esto es más recomendable consumir tomates y productos que contengan tomate que consumir suplementos que contengan licopene.

De acuerdo con los resultados de algunas investigaciones, las mujeres embarazadas y las que dan de lactar deben obtener lycopene de los alimentos y no de los suplementos alimenticios.

2.2.7. Agrotécnia del cultivo.

2.2.7.1. Época de siembra.

Se recomienda sembrar tomate en épocas con condiciones climáticas favorables para el cultivo, por lo general el tomate se siembra entre los meses de abril a octubre; por tal razón, los semilleros se deben de preparar para la época de febrero, marzo y abril. En los meses comprendidos entre mayo y septiembre la producción es baja pero los precios son favorables debido a la escasez de este producto en el mercado y a la alta demanda del mismo.

2.2.7.2. Labores en el semillero.

CATIE (1990), manifiesta que el método por trasplante exige la preparación de áreas de terreno con condiciones óptimas para la germinación y desarrollo de las plántulas. **INTA (1999)** menciona que por lo general, los semilleros se preparan con dimensiones de 1 metro de ancho, 15 a 20 centímetros de alto con un largo de no más de 40 metros. La cantidad de semilla por metro cuadrado debe de ser de 1 – 2 g con el fin de

garantizar un buen desarrollo y disminuir enfermedades como el mal del talluelo, la distancia de siembra debe de ser de 10 cm entre hilera y de 0.5 a 1cm. de profundidad, colocando la semilla a chorrillo ralo. Antes de la siembra se recomienda desinfectar la tierra, lo cual se puede hacer por medio de prácticas culturales como es la solarización, agua hirviendo 3 galones/m², cal, etc. o bien hacer usos de productos químicos no perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

CATIE (1990) señala, es recomendable que el semillero se ubique en un terreno diferente o distante al de la plantación definitiva; son ideales los terrenos planos con buen drenaje, libres de piedras y con bajo contenido de arcillas. **CATIE (1990)** e **INTA (1999)**; manifiestan que los semilleros debe de estar protegido del viento y animales domésticos, cerca de una fuente de agua y con una orientación de forma que aproveche al máximo las horas luz.

INTA (1999), recomienda para la fertilización hacer un análisis químico del suelo, y basarse en el mismo para hacer una aplicación de fertilizante y poder obtener plántulas vigorosas. Dicha fertilización se puede hacer con abonos orgánicos o productos químicos. Es de suma importancia escoger semilla certificada, ya que con estas se tiene la garantía de que está libre de cualquier agente patógeno y así evitar futuras

infecciones de enfermedades.

2.2.7.3. Labores en el campo de plantación del cultivo de tomate.

2.2.7.3.1. Preparación del terreno.

Jarquín (2004) sostiene que la preparación del terreno se debe de iniciar con una anticipación de 15 a 20 días antes del transplante para así garantizar que los rastrojos o malezas se descompongan antes de que se transplante y evitar que las plantas no sufran un recalentamiento producto del proceso de descomposición. El día que se transplante se deben de hacer los surcos de manera que queden de forma perpendicular a la pendiente del suelo, para que a la hora del riego no se arrastren las plantas ni haya pérdidas de nutrientes por escorrentías. Además hay que considerar la dirección del viento y la orientación solar con el propósito de garantizarle a la planta una mejor aeración y un mejor aprovechamiento de las horas luz.

2.2.7.3.2. Trasplante.

Según **INTA (1999)**, es recomendable que el tomate se transplante por la tarde o bien en días nublados, para así asegurarnos de que las plantas no se estresen y que crezcan sin ningún problema, con el mismo objetivo se

debe de procurar que el suelo del semillero esté bastante húmedo (para que las plantas no se estresen al hacer el arranque). El suelo en el que se va a transplantar debe de regarse un día antes para que a la hora del transplante este un poco firme y así facilitar la absorción de nutrientes y agua.

2.2.7.3.3. Distancia de siembra.

CATIE (1990), menciona que la densidad óptima de planta es aquella que permite obtener un rendimiento máximo y una madures uniforme. Para lograrlas se debe de tener en cuenta el cultivar seleccionado a fin de calibrar la competencia entre las plantas con la densidad de siembra escogida.

El tomate industrial en Centro América se siembra por transplante casi en su totalidad y se utilizan dos sistemas: en línea simple y en doble línea. El primero, la distancia entre surco es de 0.70-1.00 m. y entre plantas de 25-35cm, colocándose una sola planta por postura. En el de doble línea se hace en eras de 90cm, sembrándose una cama en hileras dobles a 30cm entre plantas, y la otra queda como surco muerto.

2.2.7.3.4. Fertilización.

CIAA (1997) manifiesta que las necesidades nutricionales

del cultivo de tomate dependen por lo general del estado de crecimiento de la planta, de la variedad y las condiciones del tiempo entre otros factores. **CATIE (1990)**, Así mismo, se puede decir que una fertilización eficiente es aquella que, en base a los requerimientos nutricionales del cultivo y el estado nutricional del suelo, proporciona los nutrientes en las cantidades y épocas críticas para la planta.

2.2.7.3.5. Deshierbo.

CATIE (1990), menciona que el número de deshierbas en el cultivo está en dependencia de la abundancia y tipo de maleza que se encuentre en el mismo, generalmente se realizan tres ciclos de limpieza. La primera se realiza aproximadamente a las tres semanas después del transplante, la segunda a los tres meses cuando los frutos comienzan a cuajar y la última durante la producción. El desmalezado se puede hacer bien haciendo uso de prácticas mecánicas con azadón o machete.

2.2.7.3.6. Aporque.

El aporque es una labor que no todos los productores la usan; ya que, siempre y cuando el transplante se haga correctamente no es necesario. Esta práctica consiste en el levantamiento de un montículo de tierra a ambos lados de la planta de tomate, formado una especie

de camellón, lo que le permite a la planta un mejor anclaje, mayor número de raíces adventicias y eliminación de malas hierbas.

2.2.7.3.7. Riego.

El sistema de riego más utilizado es el de gravedad, el sistema de riego por goteo o aspersión se usan pero en menor escala. **INTA (1999)**, dice, bajo condiciones de insuficiencia de humedad, el riego representa el medio agrotécnico más eficaz para obtener del tomate altas y constantes producciones de buena calidad.

Según **CIAA (1997)** y **Jarquín (2004)**, Las necesidades hídricas del tomate son muy variables y dependen en parte de la variedad (crecimiento abierto o compacto), el estado de desarrollo del cultivo, el tipo de suelo o sustrato, la topografía y las condiciones climáticas, el periodo más crítico para el riego ocurre desde antes y después del trasplante, los cuatro primeros días del trasplante y desde el inicio de la floración hasta el inicio de la maduración de los primeros frutos, es decir la época en que las plantas llega a su máxima carga de frutos.

2.2.7.3.8. Cosecha.

CATIE (1990) al respecto indica que la cosecha se hace de forma manual independientemente que el producto sea

para la industria o para el consumo local, esto con el objetivo de no maltratar los frutos y conservar la calidad de los mismos. El número de cortes está en dependencia del destino del producto, si es para el mercado local el primer corte se realiza cuando el 80% de los frutos están maduros; pero si estos presentan alta incidencia de infecciones de patógenos causantes de pudriciones de frutos, se deben restringir los riesgos y realizar la primera cosecha cuando el 60% de los frutos estén maduros. Una segunda cosecha o una eventual tercera se debe hacer a un plazo de 15 a 30 días después de la primera, dependiendo de la precocidad del cultivar y las condiciones climáticas. En el caso del tomate para el consumo fresco, la cosecha depende mucho de las distancias entre el cultivo y el mercado consumidor.

La clasificación de los frutos ya cosechados depende de la uniformidad y del mercado al que se destina, así como también del peso, la madurez (color) y del tamaño.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA E HIDROGRÁFICA

El trabajo de investigación se realizó en la parcela propiedad del Señor Miguel Camacho Cervantes, desde la preparación del almacigado hasta la cosecha (28 de junio del 2014 hasta el 25 de octubre del 2014), el cual se encuentra ubicado de acuerdo a:

Descripción geográfica

Región : Apurímac

Provincia : Abancay

Distrito : Abancay.

Comunidad : San Gabriel

Sector : Pisonaypata.

Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas de 72°24'01" longitud Oeste y 13°22'22" latitud Sur, con una altura de 1832 respecto al nivel del mar.

Descripción hidrográfica

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el lugar donde se desarrolló el experimento pertenece a:

Intercuenca : Alto Apurímac.

Cuenca : Pachachaca.

Sub cuenca : Mariño.

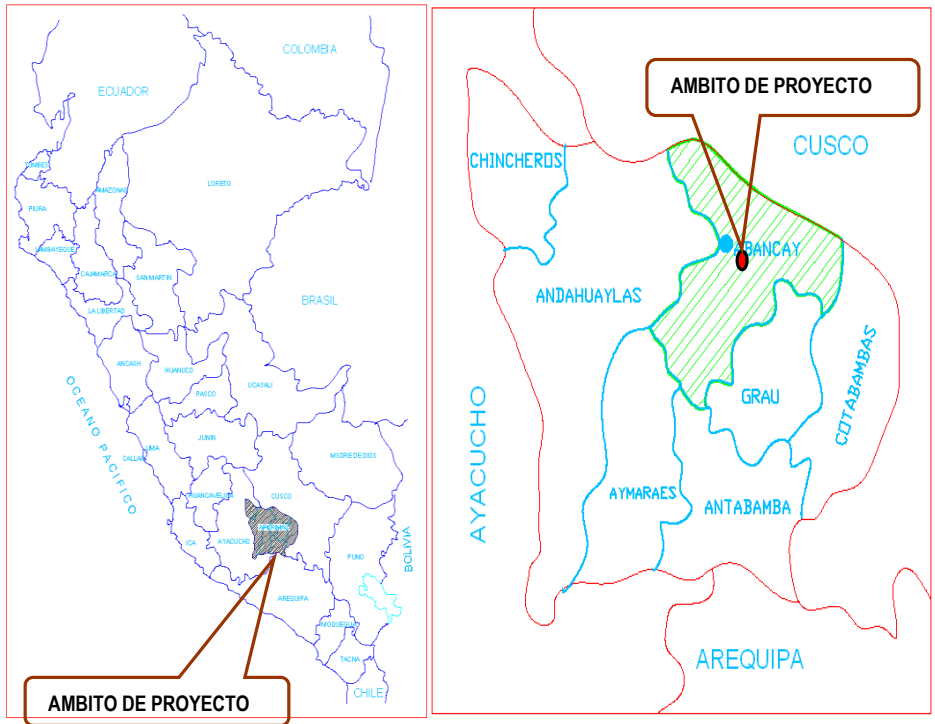


Figura 2. Mapa de ubicación política

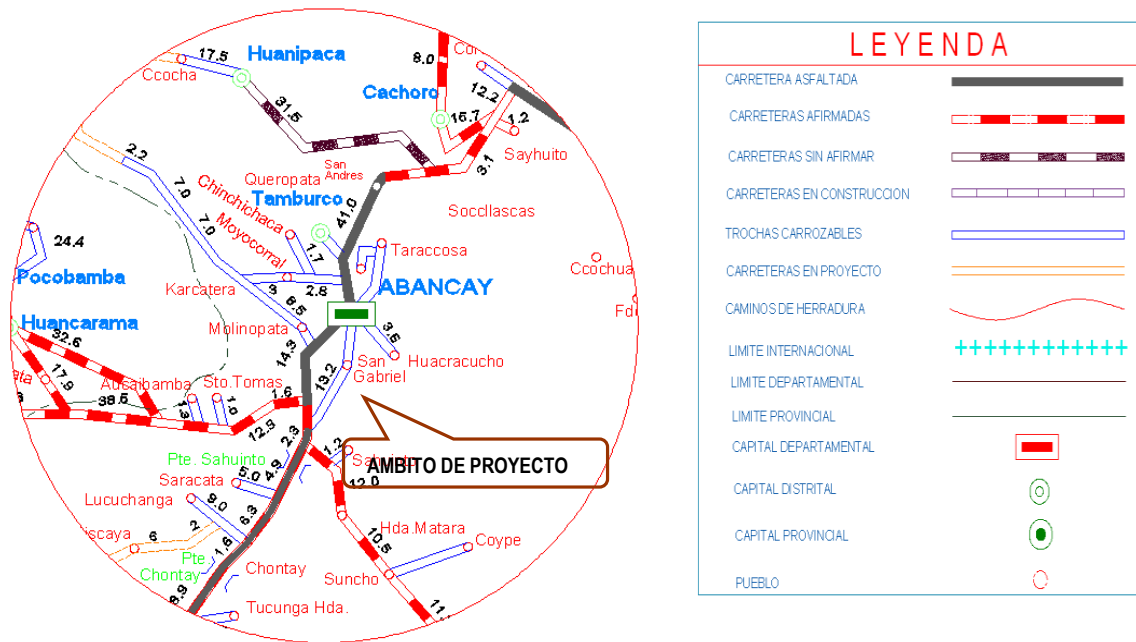


Figura 3. Mapa vial del lugar donde se condujo el trabajo de investigación

3.2. Descripción de la parcela del experimento.

El terreno experimental tiene un área de 540 m² de los cuales se utilizaron 172.02 m². En las campañas anteriores se sembraron:

Cultivo	Campaña
Camote	2010
Ají amarillo, pimentón y berenjena	2011
Maíz amarillo duro.	2012
Vainita y camote.	2013
Tomate.	2014

El campo experimental de acuerdo al análisis de suelos (ver anexo1), presenta una textura franco arcillosa, con un pH neutro y alto contenido de Nitrógeno NO₃– N y Fosforo P₂O₅, mientras que el contenido de Potasio K₂O fue medio. Respecto a la conductividad eléctrica, se encontró valores dentro de lo normal.

Por otro lado, San Gabriel es un valle interandino ubicado en la cuenca del río Pachachaca situado en un lugar aluvial formado por un aglomerado de arena, arcilla, roca calcárea con predominancia de arena. Se halla comprendida en la zona de vida de bosque húmedo montano sub tropical, con temperatura media de 18.1°C, precipitación anual de 500 – 600 mm, con

una humedad relativa de 45 – 55 %, los mismos que se caracterizan con clima cálido a templado con noches frescas (**Bazan y Merino, 2009; INRENA 1995**).

Cuenta con una diversidad de especies vegetales entre plantas nativas y exóticas, entre los más importantes se tiene (**Bazan y Merino, 2009**):

Pati (*Bombax vargassi*), tara (*Caesalpinia espinosa*), molle (*Schinus molle*), huaranhuay (*Tecona mollis*), nogal (*Juglans neotropica*); entre los cultivos predominantes se tiene al maíz (*Zea mays*), pallar y frijol (*Phaseolus lunatus* y *Phaseolus vulgaris*), tomate (*Lycopersicum sculentum*), limón (*Citrus limón*), naranja (*Citrus aurantium*), pacay (*Inca edulis*), tuna (*Opuntia ficus induca*), chirimoya (*Annona cherimolia*) y níspero japonés (*Eriobothrya japónica*).

3.3. MATERIALES

3.3.1. Materiales Biológicos

En la conducción del experimento se utilizó como primer material biológico microorganismos eficientes autóctonos los cuales fueron capturados en bosques donde no hubo actividad agrícola. Posteriormente se elaboró la solución madre en un volumen de 15 litros.

El segundo material biológico utilizado fue semillas de tomate de la variedad Rio grande.

3.3.2. Materiales de Campo

1. Cuaderno de campo.

2. Lapiceros.
3. Cámara fotográfica.
4. Herramientas de medición (wincha métrica y balanza).
5. Herramientas de campo: picos y lampa.
6. Mochila pulverizadora (capacidad de 15 litros).
7. Cilindro.

3.3.3. Materiales de Gabinete

1. Notebook con procesador Intel i7 de 2.31 Ghz.
2. Pendrive con puerto USB 3.0
3. Paquete informático de escritorio: Microsoft Office 2013.
4. Softwares estadísticos: R, Minitab e Infostat.
5. Útiles de escritorio.

3.4. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación es bajo el enfoque cuantitativo ya que nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos, para nuestro caso, la aplicación de microorganismos al cultivo de tomate; así como un punto de vista de conteo y las magnitudes de éstos, es decir medir el efecto de la dosis de microorganismos sobre las variables agronómicas del cultivo de tomate. También nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares (**Hernández et al., 2010**).

3.4.1. Diseño experimental

Para la conducción del trabajo de investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), (ver figura 3), con arreglo factorial del tipo 3x3+1 testigo, teniendo un total de 10 tratamientos (figura 3), con 3 réplicas por tratamiento lo que equivale a 30 unidades experimentales. El modelo matemático del diseño fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = valor de la característica en estudio debido a la réplicas i , las dosis de microorganismos j y las frecuencias de aplicación k , μ = efecto común de todas las observaciones; R_i = efecto de las réplicas; A_j = efecto de las dosis de microorganismos; B_k = efecto de las frecuencias de aplicación; $(AB)_{jk}$ = efecto de la interacción entre la dosis de microorganismos y la frecuencia de aplicación; ε_{ijk} = error de observación sobre la unidad experimental ijk .

El primer factor en estudio consistió en la aplicación de dosis con 3 niveles de dosificación: 12.5 cc, 25 cc y 50 cc; en general las dosis establecidas están en función a la mezcla con 1 litro de agua.

Para cada tratamiento con sus respectivas replicas se usó 15 litros de agua a razón de sus niveles de dosificación; por lo que para cada unidad experimental le correspondió 5 litros de agua con las mezclas respectivas de los microorganismos eficientes autóctonos.

El segundo factor en estudio fue la frecuencia de aplicación con 3 niveles: cada 7 días, 14 días y 21 días.

N° de Trat.	CÓDIGO	BIOFERTILIZANTE	DOSIS cc	FRECUENCIA
1	D1F1	Microorganismos eficientes Autóctonos	12.5 cc	07 días
2	D1F2	Microorganismos eficientes Autóctonos	12.5 cc	14 días
3	D1F3	Microorganismos eficientes Autóctonos	12.5 cc	21 días
4	D2F1	Microorganismos eficientes Autóctonos	25.0 cc	07 días
5	D2F2	Microorganismos eficientes Autóctonos	25.0 cc	14 días
6	D2F3	Microorganismos eficientes Autóctonos	25.0 cc	21 días
7	D3F1	Microorganismos eficientes Autóctonos	50.0 cc	07 días
8	D3F2	Microorganismos eficientes Autóctonos	50.0 cc	14 días
9	D3F3	Microorganismos eficientes Autóctonos	50.0 cc	21 días
10	T	Cero aplicaciones		

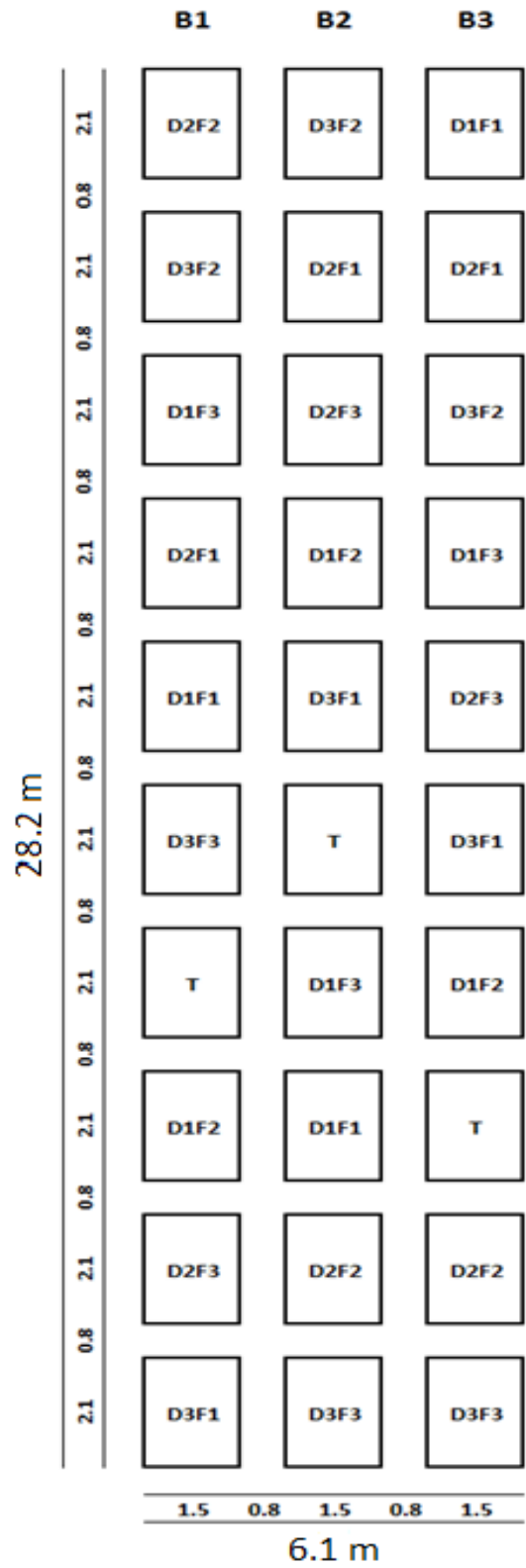
Cuadro 01. Descripción de los tratamientos, producto, dosis y frecuencia.

Fuente: Elaboración propia del autor.

3.4.1.1. Área del experimento

El experimento tuvo las siguientes características de diseño:

- Área total del terreno experimental : 172.02 m²
- Área útil del experimento : 94.50 M²
- Área de la unidad experimental : 3.15 M²
- Largo del experimento : 28.20 M
- Ancho del experimento : 6.10 M.L
- Cantidad de parcelas experimentales : 30 Unid.
- Distanciamiento entre planta y surco : 0.3/0.7 M
- Número de plantas por unidad exp. : 16 plantas
- Total de plantas : 480 plantas



Croquis 01. Diseño del experimento (medidas expresada en metros)

3.4.2. Contraste de hipótesis y medias de cada tratamiento

Para contrastar las hipótesis y las medias de cada tratamiento en estudio, se recurrieron al Análisis de Varianza y las pruebas de comparaciones múltiples (Tukey), ambas con un nivel de significancia del 5%, en función de la información obtenida en campo. También se empleó polinomios ortogonales para determinar los óptimos de los factores en estudio en base a las medias de cada tratamiento.

3.4.3. Variables

- **Independiente**

Dosis de microorganismos eficientes autóctonos.

- **Dependiente**

Rendimiento del cultivo de tomate.

3.4.4. Elaboración del capturador de microorganismos eficientes autóctonos

Se elaboró 8 capturadores de Microorganismos eficientes autóctonos, cerca del lugar de ensayo; al inicio del ciclo del cultivo: Aplicando el procedimiento de **Suquilanda (2006)**, descrito en Agricultura Orgánica:

Procedimiento

1. Se colocaron 250 g de arroz cocinado sin sal, 2 cucharadas de melaza y 2 cucharadas de harina de pescado.
2. Se tapó la boca del envase descartable con un pedazo de

tela nylon.

3. Se eligió los sitios donde se realizó las capturas.
4. Se enterró los envases en las áreas elegidas, dejando el borde de las mismas a 10 centímetros de profundidad.
5. Se colocó materia orgánica en proceso de descomposición recogida en los sectores circundantes, sobre el nylon que tapa la boca del envase.
6. Se identificó el sitio donde se enterró los envases, con una baliza.

Cosecha

1. Después de 2 semanas se desenterró los envases y se sacó el arroz que estuvo impregnado de microorganismos.
2. Se mezcló en un balde el arroz de todas los envases cosechados.

3.4.5. Obtención de Solución Madre

1. Se agregó 2 litros de agua limpia hervida fría a la cosecha de arroz con microorganismos.
2. Se agregó 2 litros de melaza y 1 de yogurt, se procedió a licuar la mezcla por el espacio de 5 minutos.
3. Se filtró la mezcla para eliminar la parte gruesa de la mezcla (se obtuvo 5 litros de SOLUCIÓN MADRE de

Microorganismos).

4. Se mezcló en el tanque de plástico, los siguientes materiales:
 - a. 5 litros de SOLUCIÓN MADRE de Microorganismos.
 - b. 3 litros de yogurt.
 - c. 3 litros de melaza.
 - d. 4 litros de caldo de pescado
 - e. Se agregó 15 litros agua hervida fría en el tanque.
 - f. Se cerró el tanque y se dejó fermentar 18 días.

3.4.6. Labores agronómicas

3.4.6.1. Preparación del terreno

1. Riego machaco, distribuido por gravedad con la finalidad de dotar agua al suelo para generar las condiciones físicas favorables en la labranza. Se realizó el día 15 de junio del 2014.
2. Roturación, se hizo de manera manual empleando pala y pico, con la finalidad de mejorar las condiciones del suelo y favorecer un ambiente adecuado para el crecimiento de los almácigos de tomate. Esta actividad se llevó a cabo el 20 de junio del 2014.
3. Desterronado y nivelado, estas labores se realizaron en forma simultánea, se utilizó pala y pico. El propósito de esta actividad es generar condiciones homogéneas

en la configuración del suelo para facilitar las labores de riego, crecimiento de las plantas y fertilización.

3.4.6.2. Delimitación del campo experimental

1. Establecimiento de calles y las parcelas experimentales, para ello se empleó, estacas, cordeles, yeso y una wincha.
2. Surcado, con el propósito de establecer la densidad poblacional por cada unidad experimental, el distanciamiento entre surcos fue de 0.70 m. Se realizó el día 26 de junio del 2014.
3. Colocación del cartel de investigación, indicando el nombre del experimento y los tratamientos utilizados.

3.4.6.3. Almacigado

Se realizó el día 25 de mayo del 2014, en bandejas germinadoras empleando tierra agrícola más humus de lombriz como sustrato. El tiempo de almacigado fue de 30 días, cuando las plántulas alcanzaron un tamaño de 15 cm.

3.4.6.4. Trasplante

Esta labor se realizó después de 30 días de haber almacigado las semillas de tomate. El distanciamiento usado para los plantines de tomate fue de 0.30 cm y por cada golpe se colocó dos plántulas. Esta actividad se realizó el 28 de junio del 2014.

3.4.6.5. Desahije

Se hizo con la finalidad de eliminar el exceso de plantas de tomate y evitar la competencia entre estas por nutrientes. Esta actividad se realizó el 13 de julio del 2015.

3.4.6.6. Aporques y deshierbo

Durante el ciclo fenológico del cultivo solo se realizó un aporque (el 27 de julio del 2015), con la finalidad de dar protección y soporte a las plantas de tomate y facilitar el drenaje. Los deshierbos se realizaron de forma manual cada 15 días después del aporque.

3.4.6.7. Fertilización

Se aplicó una mezcla de guano de isla y humus a razón de 20 gramos por golpe entre planta y planta al momento del aporque.

3.4.6.8. Riego

Se realizó con intervalos de 4 a 5 días, la dotación de agua fue distribuida por gravedad a lo largo del terreno.

3.4.6.9. Control fitosanitario

Durante el estado inicial e intermedio del ciclo vegetativo del cultivo, no se presentó ataque de ninguna enfermedad por lo que no fue necesario realizar aspersiones preventivas o curativas pero en las últimas etapas del desarrollo fisiológico se observó pudrición del tallo y necrosis en las hojas basales, estos síntomas parecían indicios de *Pectobacterium*

carotovorum y *Fusarium sp*, por lo que se tomó la decisión de no aplicar ningún fungicida para evitar que suprima a los microorganismos eficientes autóctonos presentes en el campo del experimento.

3.4.6.10. Control de plagas

Durante el ciclo vegetativo se observó la presencia de plagas como los “silwi o gusano de tierra” (*Agrotis sp*) pero en mínima cantidad por lo que no fue necesario realizar aspersiones de insecticidas, posteriormente se presentó el ataque de la mosca blanca y la polilla; plagas que fue controladas empleando el control etológico y la recolección manual.

3.4.6.11. Cosecha

A los 90 días (aproximadamente 3 meses) después de la siembra, se realizó la primera cosecha y así cada semana por un mes y medio, en total se realizó 6 cosechas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN EL CULTIVO DE TOMATE

4.1.1. Altura de la planta a los 60 días de edad del cultivo

Se evaluaron cuatro plantas (parcela neta) de cada tratamiento y del testigo, se procedió a medir desde el cuello de la planta hasta el ápice de la hoja bandera del tallo a los 60 días del cultivo con la ayuda de una wincha.

Al realizar el análisis de varianza con un nivel del 5% de significancia, para la variable altura de planta (ver Tabla 1), se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en las dosis de aplicación de los microorganismos eficientes autóctonos además de la significancia entre las interacciones de las dosis de microorganismos eficientes autóctonos y las frecuencias de aplicaciones. El coeficiente de variabilidad fue de 5.7%, lo cual indica que los valores observados en la variable altura de planta en conjunto, no fueron muy heterogéneos. Las significancias encontradas nos permiten inferir que las plantas de tomate alcanzaron alturas diferentes debido a las dosis de microorganismos eficientes con las cuales fueron tratadas además de las frecuencias con las que fueron aplicadas.

Cuadro N° 2. ANVA para altura de planta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
REPETICIONES	7.40	2	3.70	0.989	0.3840
TRATAMIENTO	134.70	9	14.97	4.003	0.0021
DOSIS	29.85	2	14.93	3.992	0.0294
FRECUENCIAS	16.07	2	8.04	2.150	0.1347
DOSIS*FRECUENCIAS	46.37	4	11.59	3.099	0.0307
12.5 cc					
Lineal	6.00	1	6.00	1.604	0.2214
Cuadrática	0.22	1	0.22	0.059	0.8111
25 cc					
Lineal	32.67	1	32.67	8.735	0.0085
Cuadrática	18.00	1	18.00	4.813	0.0416
50 cc					
Lineal	0.00	1	0.00	0.000	1.0000
Cuadrática	5.56	1	5.56	1.487	0.2385
TESTIGO versus el resto	42.400	1	42.400	11.337	0.0022
Error	67.33	18	3.74		
Total	202.70	29			
\bar{X}	33.90				
CV	5.7%				

La prueba Tukey realizado con un nivel de significancia del 5% (Cuadro 2) confirma lo reportado en el análisis de varianza para la variable altura de planta. La mejor dosis que da las mejores respuestas en el crecimiento de la planta de tomate es de 25 cc, mientras que las dosis 50 cc y 12.5 cc no son estadísticamente diferentes.

Cuadro N° 3. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable altura de planta.

DOSIS	MEDIAS	N	E.E.		
TESTIGO	30.33	3	1.29	A	
12.5	33.11	9	0.75	A	B
50	34.11	9	0.75		B
25	35.67	9	0.75		B

También se realizó la prueba Tukey con un nivel de significancia del 5% para determinar cuál fue la mejor interacción entre las dosis de microorganismos eficientes autóctonos y la frecuencia de aplicación que tuvieron mejores respuestas en el crecimiento de las plantas de tomate. Del cuadro 3 se observa que la dosis de 25 cc con una frecuencia de aplicación de 14 días fue superior al resto.

Cuadro N° 4. Prueba Tukey al 5% para la interacción dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable altura de planta.

DOSIS	FRECUENCIA	MEDIAS	N	E.E.		
12.5	14 días	32	3	1.12	A	
50	21 días	33	3	1.12	A	
12.5	21 días	33.33	3	1.12	A	
25	21 días	33.67	3	1.12	A	B
12.5	7 días	34	3	1.12	A	B
25	7 días	34.33	3	1.12	A	B
50	7 días	34.67	3	1.12	A	B
50	14 días	34.67	3	1.12	A	B
25	14 días	39	3	1.12		B

La figura 6 permite visualizar los efectos entre las dosis de microorganismos eficientes autóctonos y las frecuencias de aplicación en relación al crecimiento de las plantas de tomate. Esta gráfica de interacción nos muestra que el aumento en el tamaño de la planta de tomate es mayor cuando la dosis corresponde a 25 cc con una frecuencia de aplicación de 14 días, respecto a las dosis de 12.5 cc y 50 cc; probablemente esto se deba a la condición necesaria para que los microorganismos hagan efecto y no se vea reducida su población en el medio del cultivo sumado a los factores medioambientales. Esta

interpretación corrobora el resultado reportado por la prueba Tukey realizado a la interacción de los factores dosis de aplicación y frecuencia de aplicación.

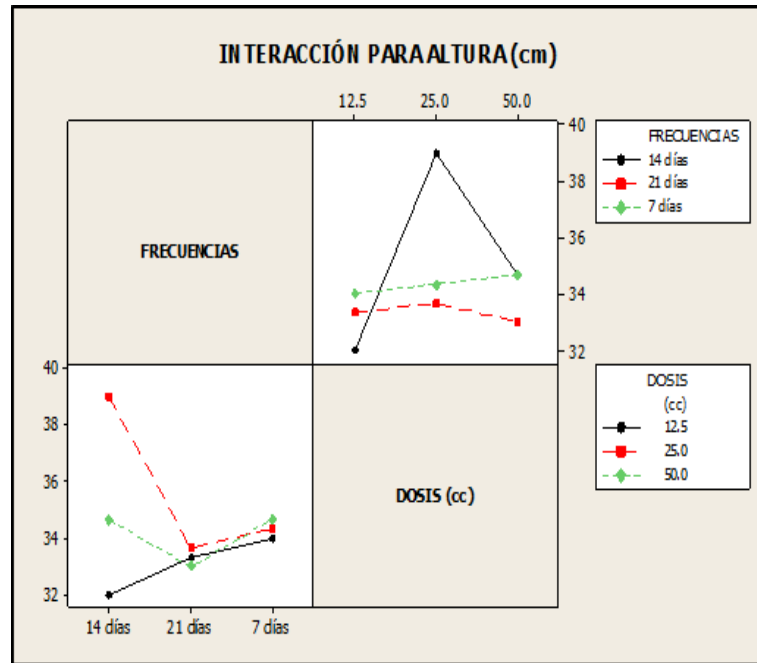


Figura 4. Gráfica de interacción para los factores dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable altura de planta.

Del análisis de varianza para el caso de la dosis de 25cc, mediante la descomposición de polinomios ortogonales, se observó dos tipos de ecuaciones; una lineal y otra cuadrática, siendo la cuadrática la que explica mejor los comportamientos biológicos de la planta de tomate en función a las dosis aplicadas (Figura 7) para la variable altura de planta.

La función cuadrática fue $y = -0.102x^2 + 2.8095x + 19.667$, la cual a

través del cálculo diferencial¹, se determinó la dosis óptima (ver anexos) de microorganismos eficientes autóctonos el cual fue de 13.77 cc con lo que se alcanzaría una altura de 39 cm en las plantas de tomate.

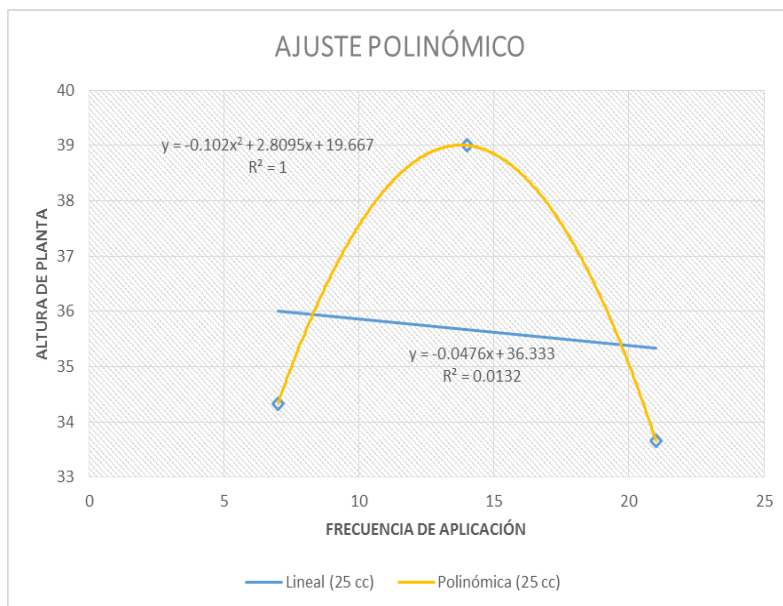


Figura 5. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis de microorganismos autóctonos para la altura de planta.

Las figuras 8 y 9 ratifican el resultado del coeficiente de variabilidad que nos indicó que las diferencias entre las alturas de las plantas producto de los tratamientos en estudio no fueron muy variables. De la figura, si se comparan los tratamientos en estudio, se concluye que la mediana de la variable altura de planta evaluada por cada tratamiento, se encuentra dentro del primer cuartil y tercer cuartil además de los bigotes superior e inferior, a excepción del tratamiento

¹ $\frac{dy}{dx} = -0.102x^2 + 2.8095x + 19.667 = 0$

dosis de aplicación de 25 cc con un intervalo de 14 días; mientras que en la figura 9 se aprecia mejor el resultado de las comparaciones realizadas a los distintos tratamientos a excepción del testigo, del cual se observa para el caso del tratamiento 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos con una frecuencia de 14 días de aplicación obtuvo una respuesta de 39 centímetros en la altura de planta del cultivo de tomate.

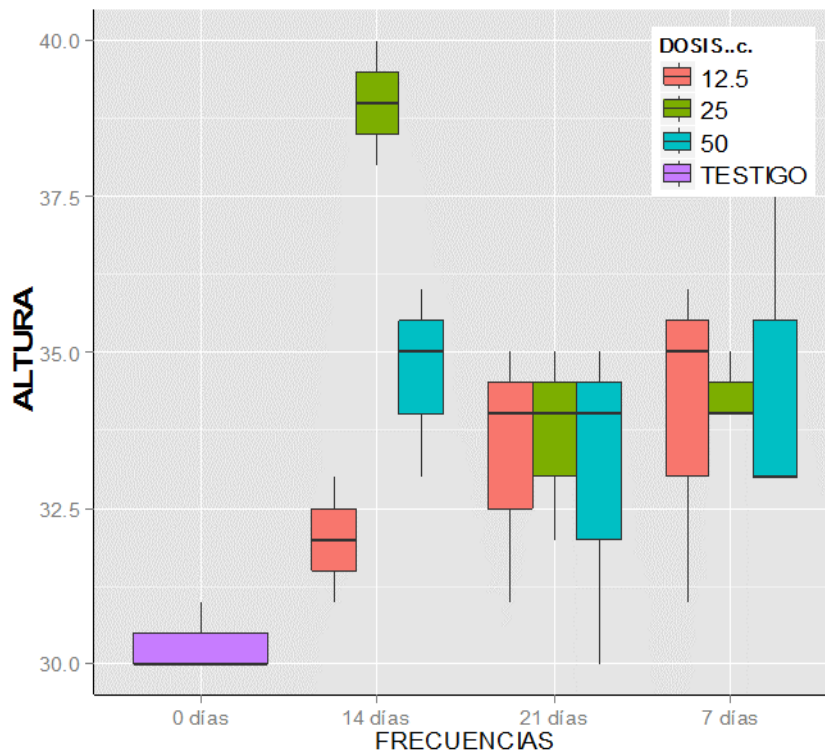


Figura 6. Gráfica de cajas para la variable altura de planta.

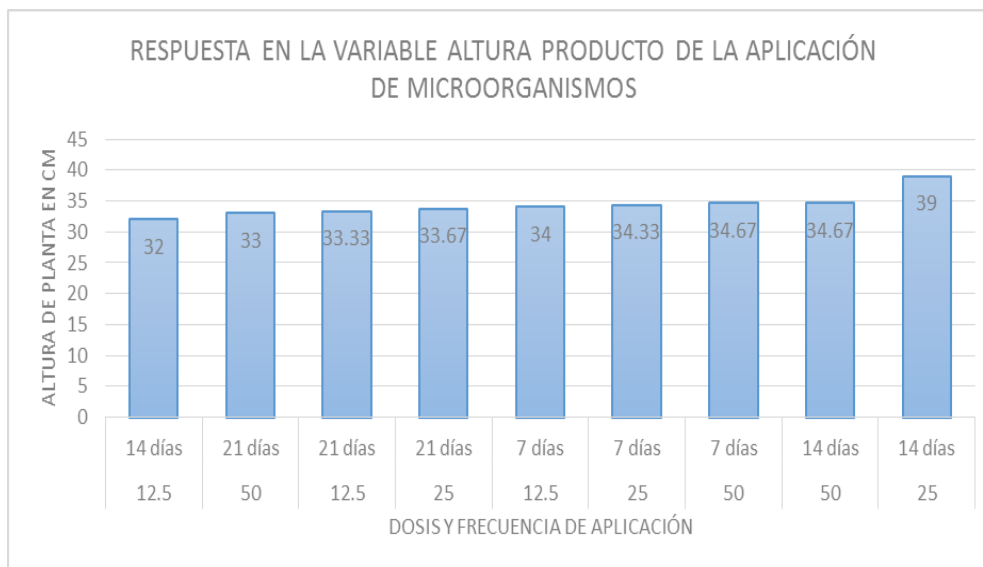


Figura 7. Gráfica de barras para la variable altura de planta.

4.1.2. Número de flores a los 60 días de edad del cultivo

Se evaluaron cuatro plantas de cada tratamiento y del testigo, se procedió a realizar el conteo de todas las flores abiertas los 60 días del cultivo. Posteriormente se realizó el análisis de varianza a un nivel de significación del 5% para la variable número de flores.

Del análisis de varianza (Cuadro 4) se afirma la existencia de diferencias significativas en las dosis de microorganismos eficientes autóctonos y la influencia en el número de flores producto de la interacción dosis de microorganismos autóctonos con la frecuencia de aplicación. Respecto a la uniformidad del contenido de flores en las plantas de tomate, el coeficiente de variabilidad de valor 22.47% nos indica que los valores observados fueron muy heterogéneos.

Cuadro N° 5. ANVA para el número de flores.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
REPETICIONES	199.40	2	99.70	3.867	0.0324
TRATAMIENTO	945.20	9	105.02	4.074	0.0018
DOSIS	234.89	2	117.44	4.555	0.0190
FRECUENCIAS	170.89	2	85.44	3.314	0.0506
DOSIS*FRECUENCIAS	394.22	4	98.56	3.823	0.0129
12.5 cc					
Lineal	37.50	1	37.50	1.455	0.2434
Cuadrática	2.72	1	2.72	0.106	0.7491
25 cc					
Lineal	192.67	1	192.67	7.474	0.0136
Cuadrática	288.00	1	288.00	11.171	0.0036
50 cc					
Lineal	0.67	1	0.67	0.026	0.8737
Cuadrática	43.56	1	43.56	1.690	0.2100
TESTIGO versus el resto	145.200	1	145.200	5.632	0.0245
Error	464.00	18	25.78		
Total	1411.20	29			
\bar{X}	22.60				
CV	22.47%				

Al existir diferencias significativas para las dosis de microorganismos eficientes autóctonos, se recurrió a la prueba Tukey (Cuadro 5) para concluir cuál de las dosis mostró mejores resultados en la variable número de flores. Los tratamientos comparados en base a sus respectivas medias, mostraron que la dosis 25 cc fue la mejor respecto al resto en estudio, ya que permitió obtener en promedio 29 flores por planta.

Cuadro N° 6. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable número de flores.

DOSIS	MEDIAS	N	E.E.		
TESTIGO	16.00	3	3.64	A	
12.5	19.78	9	2.1	A	B
50	23.22	9	2.1	A	B
25	27.00	9	2.1		B

Del mismo modo, se realiza la prueba Tukey (Cuadro 6) con un nivel de significancia del 5%, del resultado se ratifica lo encontrado en el análisis de varianza. El resultado indica que la dosis de 25 cc con un intervalo de aplicación de 14 días resultó mejor en comparación de los demás tratamientos, alcanzando 37 flores por plantas.

Cuadro N° 7. Prueba Tukey al 5% para la interacción dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable número de flores.

DOSIS	FRECUENCIA	MEDIAS	N	E.E.	
12.5	7 días	17.67	3	2.93	A
25	21 días	19	3	2.93	A
12.5	21 días	19	3	2.93	A
50	14 días	21.33	3	2.93	A
50	7 días	22	3	2.93	A
12.5	14 días	22.67	3	2.93	A
25	7 días	25.33	3	2.93	A
50	21 días	26.33	3	2.93	A
25	14 días	36.67	3	2.93	B

A medida que se aumenta las dosis de microorganismos eficientes autóctonos simultáneamente con la frecuencia de aplicación se logró incrementar las cantidades de flores en las plantas de tomate. Tal como se reportó en la prueba Tukey y corroborando con los valores que se aprecia en la figura 10, se afirma que los mejores resultados se consiguen con la dosis 25 cc con una frecuencia de aplicación de 14 días.

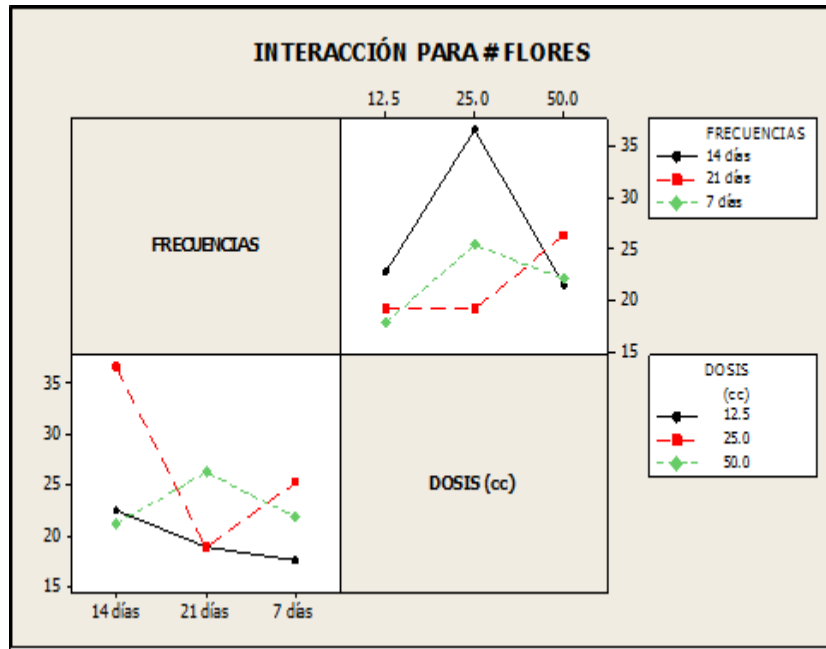


Figura 8. Gráfica de la interacción para los factores dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable número de flores.

Al ratificar que existen diferencias significativas en las dosis de microorganismos eficientes autóctonos aplicados al cultivo de tomate, se determinó la dosis óptima mediante la descomposición de polinomios ortogonales, producto de esta descomposición se obtuvo dos funciones de respuesta: una lineal y otra cuadrática (Figura 11). Se eligió la función cuadrática debido a que este tipo de funciones explican mejor los comportamientos biológicos (además reporta un valor R^2), y finalmente empleando el cálculo diferencial² se resolvió la ecuación $y = -0.296x^2 + 7.8364x - 15.02$, dando como resultado la dosis óptima de 13.24 cc con el cual se alcanza 37 flores por planta.

$$2 \frac{dy}{dx} = -0.296x^2 + 7.8364x - 15.02 = 0$$

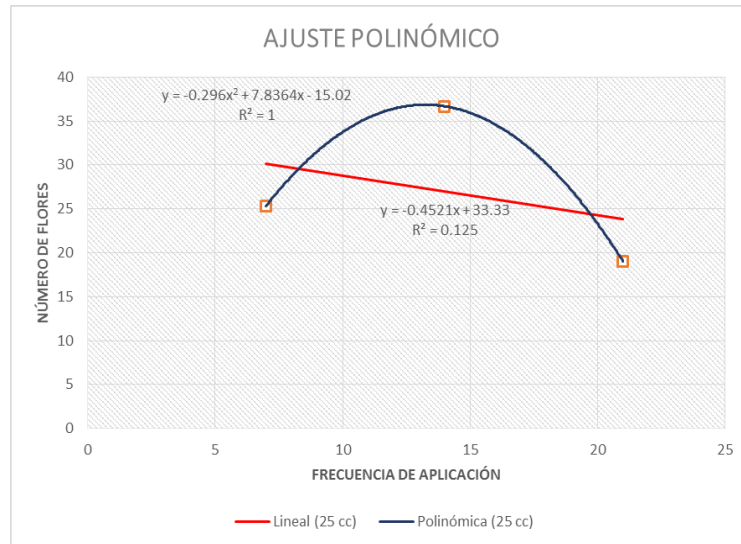


Figura 9. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis microorganismos eficientes autóctonos para el número de flores.

La cantidad de flores observadas en campo, se encuentran ubicados en diferentes intervalos de clasificación (Figura 12), siendo la dosis 25 cc con una frecuencia de aplicación de 14 días la que presenta sus medidas de tendencia central muy alejada en comparación a los demás tratamientos, afirmando lo encontrado en el análisis de varianza y el coeficiente de variabilidad. A mayor cantidad de flores y una buena fructificación, se espera mejores rendimientos. La gráfica de barras (Figura 13) permite una mejor percepción visual respecto al resultado de la prueba Tukey realizado a la interacción y frecuencia de aplicación, teniendo como resultado que las plantas de tomate durante el periodo de floración alcancen a tener 37 flores, producto del tratamiento con 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos aplicado con una frecuencia de 14 días

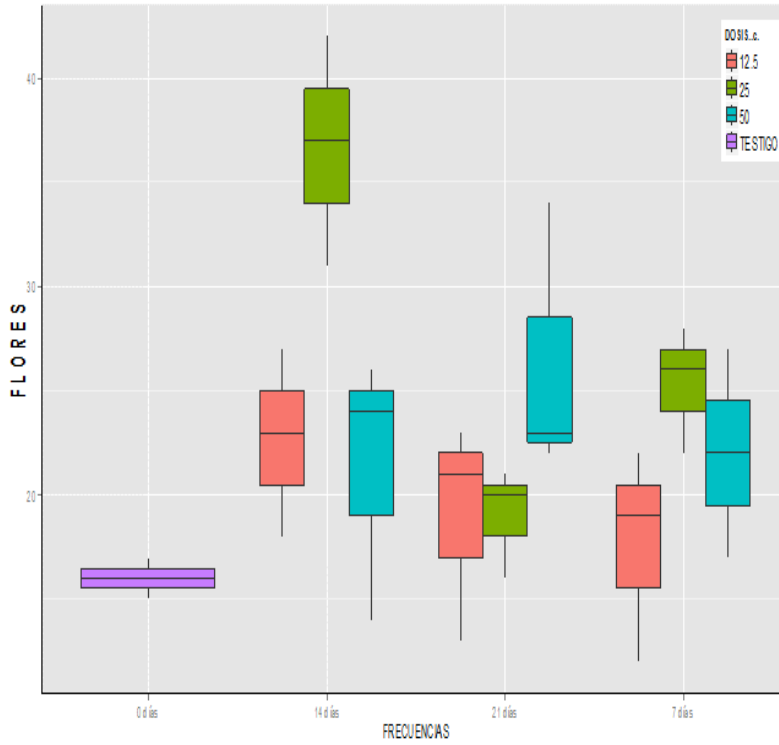


Figura 10. Gráfica de cajas para la variable número de flores.

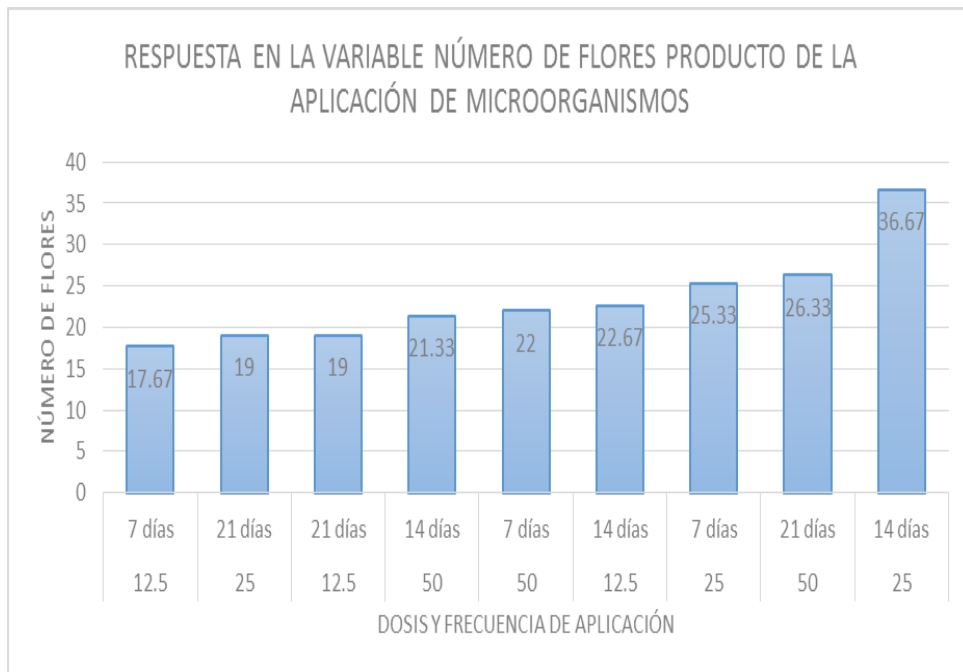


Figura 11. Gráfica de barras para la variable número de flores.

4.1.3. Área foliar a los 60 días de edad del cultivo

Al realizar el análisis de varianza (Cuadro 7), se encontró diferencias significativas (prueba de significancia al 5%) en las dosis de microorganismos eficientes autóctonos aplicados al cultivo de tomate, de igual modo se observa que el testigo en comparación con las dosis muestra significancia estadística. Como consecuencia de estas diferencias entre las dosis de microorganismos, se puede afirmar con base estadística que las hojas del cultivo de tomate presentan diferentes medidas del área foliar. El coeficiente de variabilidad indica un valor de 15.57% lo que significa que existe una moderada heterogeneidad en la población observada.

Cuadro N° 8. ANVA para el área foliar.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
REPETICIONES	25.80	2	12.90	1.521	0.2354
TRATAMIENTO	233.63	9	25.96	3.061	0.0106
DOSIS	62.89	2	31.44	4.000	0.0292
Lineal	2.72	1	2.72	0.321	0.5781
Cuadrático	60.17	1	60.17	7.096	0.0158
FRECUENCIAS	44.67	2	22.33	3.000	0.0654
DOSIS*FRECUENCIAS	52.44	4	13.11	2.000	0.1209
TESTIGO versus el resto	73.630	1	73.630	8.683	0.0063
Error	152.67	18	8.48		
Total	388.30	29			
\bar{X}	18.70				
CV	15.57%				

La prueba Tukey (Cuadro 8) realizada con un nivel de significancia del 5%, refuerza lo encontrado en el análisis de varianza. El mejor tratamiento fue de 25 cc que alcanzó una media de 21.33 cm² de área foliar por planta.

Cuadro N° 9. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable área foliar.

DOSIS	MEDIAS	N	E. E		
TESTIGO	14.00	3	1.80	A	
12.5	17.78	9	1.04	A	B
50	18.56	9	1.04	A	B
25	21.33	9	1.04		B

Los resultados respecto a las diferencias significativas en la dosis de microorganismos eficientes autóctonos no aportan información de cuál sería la dosis óptima, para ello se recurrió a la descomposición polinómica con la finalidad de encontrar el punto óptimo que de mejores respuestas en la variable área foliar. La ecuación de respuesta (Figura 14) elegida fue la cuadrática por presentar un valor p cercano a 0 en comparación de la lineal con un valor $p = 0.57$, que es lo mismo decir que 57 de 100 inferencias son ciertas; dicho de otra forma, existe un 57% en rechazar la función lineal cuando es la apropiada. Con ayuda del cálculo diferencial³ se resolvió la siguiente ecuación $y = -0.0105x^2 + 0.6788x + 10.94$, siendo la dosis óptima de 32.32 cc la cual permite obtener un área foliar de 21.9 cm² por planta de tomate.

³ $\frac{dy}{dx} = -0.0105x^2 + 0.6788x + 10.94 = 0$

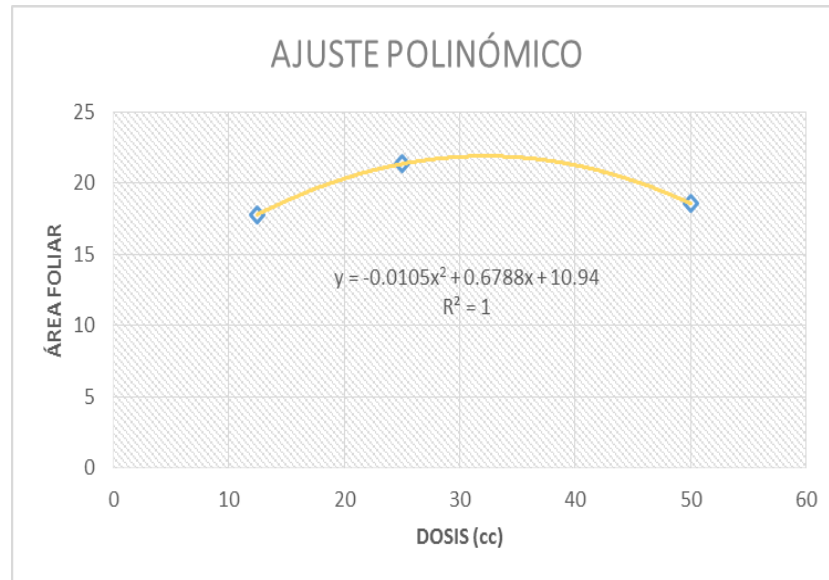


Figura 12. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis microorganismos eficientes autóctonos para el área foliar.

Las medidas de tendencia central de acuerdo a la figura 15 corroboran con lo encontrado en el análisis de varianza y el coeficiente de variabilidad. Se observa que la dosis 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos con una frecuencia de 14 días de aplicación concentran plantas de tomate con valores comprendidos entre 24 cm² (primer cuartil) a 27 cm² (tercer cuartil) de área foliar y una mediana de 24 cm². En la figura 16, podemos concluir que la aplicación de 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos con una frecuencia de 14 días de aplicación permitió alcanzar en promedio un área foliar de 21.33 cm² por planta de tomate.

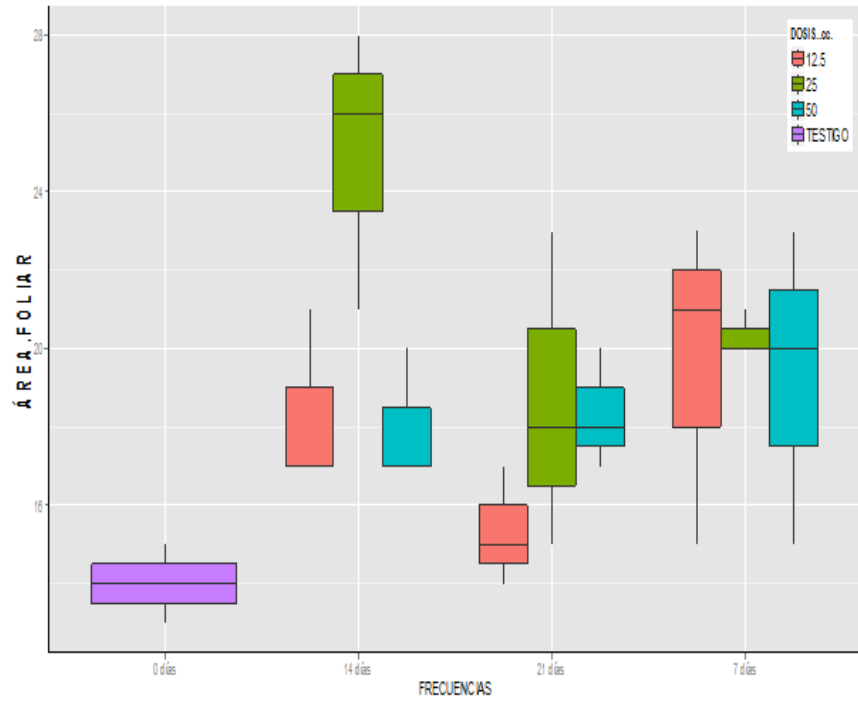


Figura 13. Gráfica de cajas para la variable área foliar.

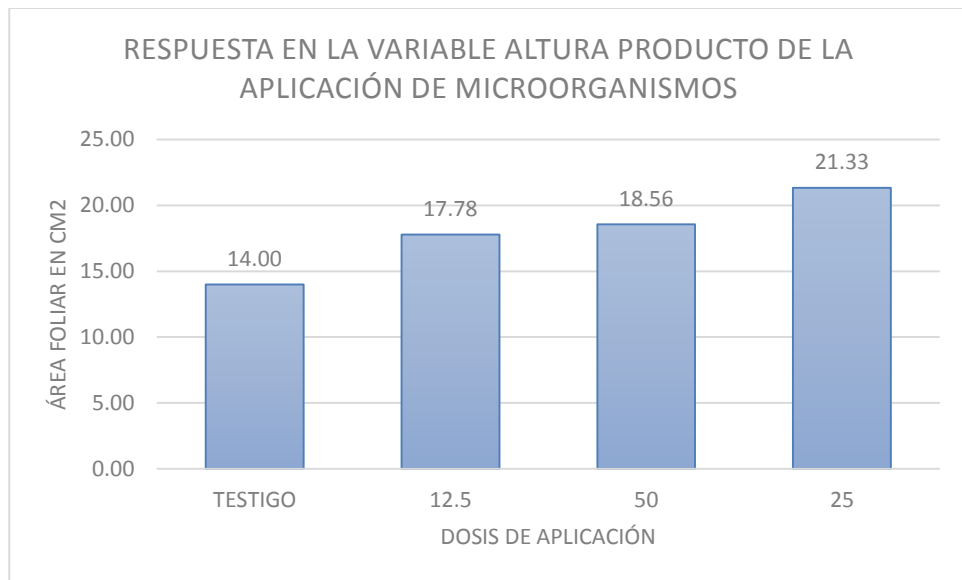


Figura 14. Gráfica de barras para la variable área foliar.

4.1.4. Número de tallos por planta

Se procedió a contabilizar el número de tallos de cada planta de la parcela neta al momento de la cosecha.

El cuadro 9 muestra el análisis de varianza del número de tallos promedio de las plantas de tomate producidos por las dosis de microorganismos eficientes autóctonos, existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las dosis. El valor del coeficiente de variabilidad es de 11.17%, indicando una leve heterogeneidad en las plantas de tomate respecto a la cantidad de tallos.

Cuadro N° 10. ANVA para el número de tallos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
REPETICIONES	0.80	2	0.40	1.818	0.1803
TRATAMIENTO	8.80	9	0.98	4.455	0.0010
DOSIS	1.56	2	0.78	3.545	0.0419
FRECUENCIAS	0.67	2	0.33	1.500	0.2399
DOSIS*FRECUENCIAS	1.78	4	0.44	2.000	0.1209
TESTIGO versus el resto	4.800	1	4.800	21.818	0.0001
Error	4.00	18	0.22		
Total	12.80	29			
\bar{X}	4.20				
CV	11.17%				

La prueba Tukey (Cuadro 10) con un 5% de significancia indica que entre las dosis aplicadas al cultivo de tomate, las que mostraron mejores resultados fueron 50 cc, 25 cc y 12.5 cc en comparación con el testigo. Estos resultados confirman lo hallado en el análisis de varianza.

Cuadro N° 11. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable número de tallos.

DOSIS	MEDIAS	N	E.E.	
TESTIGO	3	3	0.29	A
12.5	4.11	9	0.17	B
50	4.22	9	0.17	B
25	4.67	9	0.17	B

No hubo la necesidad de encontrar una dosis óptima entre las dosis aplicadas de microorganismos eficientes autóctonos, debido a que estos desde el punto de vista estadístico no existen diferencias entre ellos.

El tratamiento 25 cc con un intervalo de frecuencia de 14 días se encuentra más alejado respecto a las demás medidas de tendencia central producto de los otros tratamientos (Figura 17), es decir no hay mucha variación entre las plantas aplicadas con esta dosis. También se observa que los demás tratamientos coinciden suavemente sus medidas de tendencia central, resultado que afirma lo encontrado en la prueba Tukey acerca de que no existe diferencias muy marcadas entre ellas y confirmando la leve heterogeneidad existente en el material vegetal estudiado. Esta leve heterogeneidad se aprecia mejor con la figura 18, donde los tratamientos con mayor número de tallos desarrollados fueron: 12.5 cc, 50 cc y 25 cc; alcanzando 4.11, 4.22 y 4.67 tallos respectivamente.

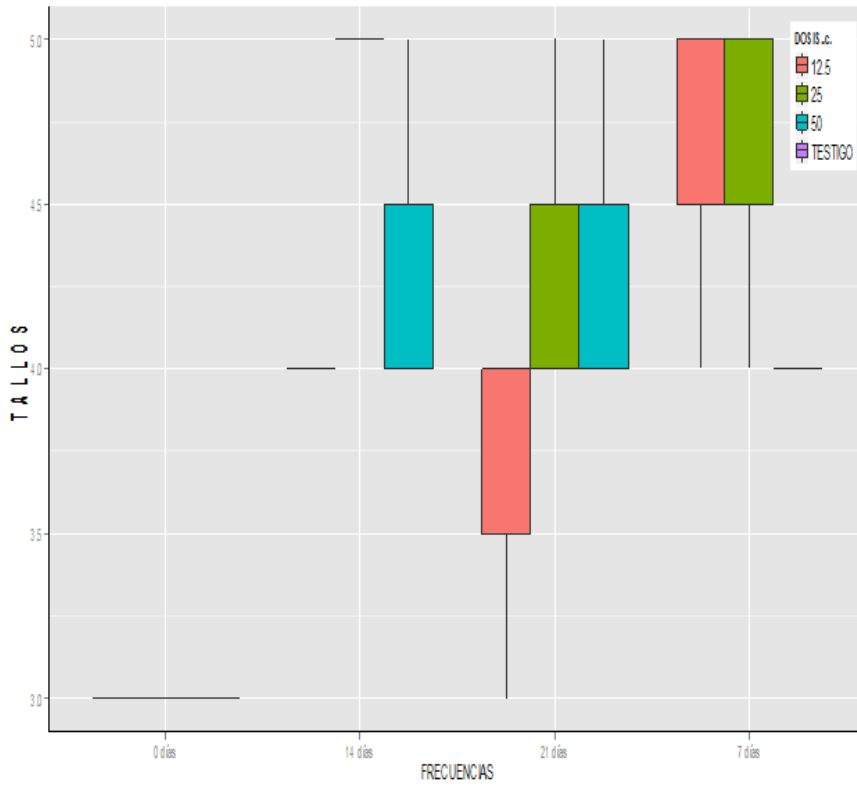


Figura 15. Gráfica de cajas para la variable número de tallos.

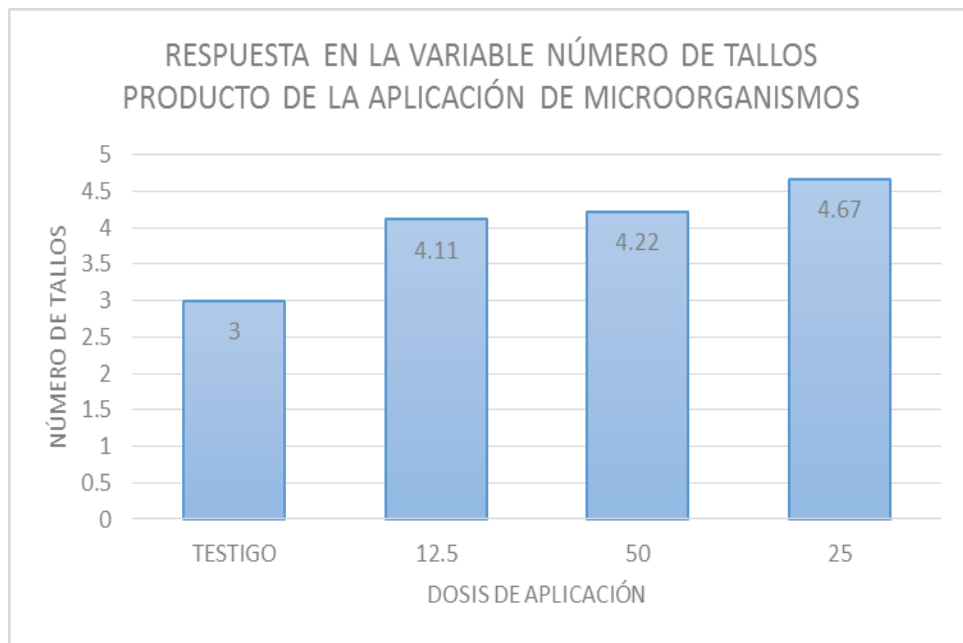


Figura 16. Gráfica de barras para la variable número de tallos.

4.1.5. Peso de la raíz a la cosecha

Se empleó una balanza electrónica de 7000 g x 1g; se cortó la raíz desde el cuello de la planta, se colocó en la balanza y se registró el peso de raíces de las plantas de la parcela neta, al finalizar la cosecha.

Los resultados del Cuadro 11 indican que existen diferencias estadísticas en la dosis de microorganismos eficientes autóctonos y las interacciones entre las dosis y las frecuencias de aplicación evaluadas. El valor p para las dosis de aplicación es 0.0198 y la interacción dosis – frecuencias de aplicación tuvo un valor p de 0.0071 argumentos suficientes para rechazar las hipótesis estadísticas acerca de la igualdad de medias entre los tratamientos en estudio. Además este análisis de varianza indica que existe dentro del material vegetal estudiado una moderada heterogeneidad entre los peso de raíz de cada tratamiento evaluado, así lo confirma el coeficiente de variabilidad con un valor de 14.14%.

Cuadro N° 12. ANVA para el peso de raíz.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
REPETICIONES	97.27	2	48.63	1.383	0.2668
TRATAMIENTO	1606.53	9	178.50	5.078	0.0004
DOSIS	316.67	2	158.33	4.504	0.0198
FRECUENCIAS	150.00	2	75.00	2.134	0.1366
DOSIS*FRECUENCIAS	610.67	4	152.67	4.343	0.0071
12.5 cc					
Lineal	4.17	1	4.17	0.119	0.7345
Cuadrática	9.39	1	9.39	0.267	0.6115
25 cc					
Lineal	541.50	1	541.50	15.405	0.0010
Cuadrática	156.06	1	156.06	4.440	0.0494
50 cc					
Lineal	48.17	1	48.17	1.370	0.2570
Cuadrática	1.39	1	1.39	0.040	0.8446
TESTIGO versus el resto	529.200	1	529.200	15.055	0.0006
Error	632.67	18	35.15		
Total	2259.87	29			
\bar{X}	41.93				
CV	14.14%				

Al detectar diferencias estadísticas entre las dosis evaluadas, se procedió a realizar la prueba Tukey con un nivel de significancia del 5% (Cuadro 12), los resultados avalan lo que se determinó en el análisis de varianza. Las dosis que mostraron mejores resultados fueron las de 25 cc, 50 cc y 12.5 cc frente al testigo.

Cuadro N° 13. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable peso de raíz.

DOSIS	MEDIAS	N	E.E
TESTIGO	29.33	3	4.26 A
12.5	38.89	9	2.46 A B
50	43.89	9	2.46 B
25	47.22	9	2.46 B

De igual forma, se procedió con la interacción dosis de aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y las frecuencias de aplicación.

El resultado de la prueba Tukey con un nivel de 5% (Cuadro 13) sostiene que el tratamiento 25 cc de microorganismos eficientes

autóctonos con un intervalo de 14 días de aplicación y 50 cc de microorganismos eficientes autóctonos en un intervalo de 7 días de aplicación, fueron superiores al resto a pesar que estadísticamente no fueron distintos.

Cuadro N° 14. Prueba Tukey al 5% para la interacción dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable peso de raíz.

DOSIS	FRECUENCIA	MEDIAS	N	E. E		
13	7 días	37.33	3	3.42	A	
13	14 días	39.00	3	3.42	A	
13	21 días	40.33	3	3.42	A	
25	7 días	40.67	3	3.42	A	
50	14 días	41.33	3	3.42	A	
25	21 días	41.33	3	3.42	A	
50	21 días	43.33	3	3.42	A	B
50	7 días	47.00	3	3.42	A	B
25	14 días	59.67	3	3.42		B

La gráfica de interacción (Figura 19) confirma el resultado del análisis de varianza, se aprecia que la dosis 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos en un intervalo de frecuencia de 14 días alcanza pesos de 60 gramos, pero al ir incrementando la dosis y las frecuencias de aplicación se observa una disminución en el peso de la raíz de las plantas de tomate.

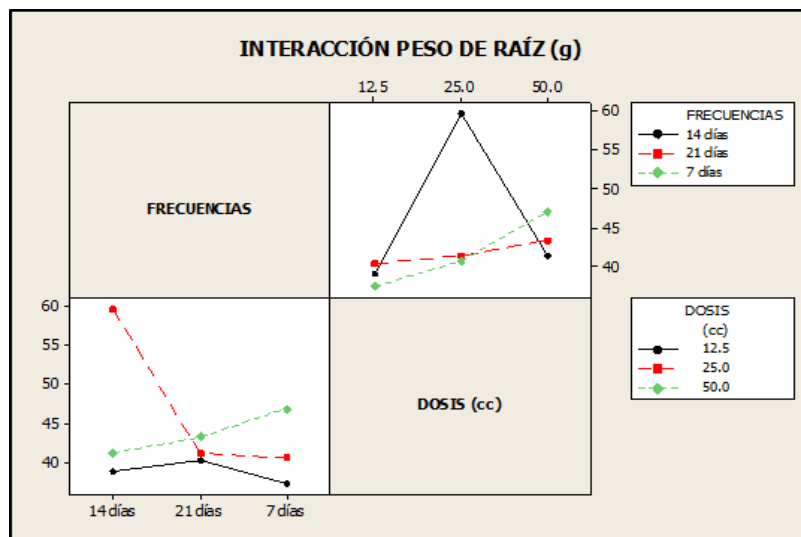


Figura 17. Gráfica de la interacción para los factores dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencia de aplicación en la variable peso de raíz.

Respecto a las diferencias estadísticas encontradas en el análisis de varianza para la interacción dosis de microorganismos eficientes autóctonos y frecuencias de aplicación, se procedió mediante la descomposición de polinomios ortogonales, determinar la dosis óptima para incrementar el peso de la raíz de las plantas de tomate.

La descomposición polinómica permitió obtener nos tipos de funciones: uno lineal y otro cuadrática; para cada interacción.

De la interacción 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos con una frecuencia de aplicación de 14 días (tratamiento superior al resto), se escogió la función cuadrática por describir mejor los comportamientos biológicos comparados al de la función lineal (Figura 20).

Finalmente con la ayuda del cálculo diferencial⁴, se procedió a derivar la ecuación $y = -0.381x^2 + 10.714x - 15.667$ para obtener el óptimo.

La dosis óptima es 14.06 cc de microorganismos eficientes autóctonos en un intervalo de aplicación de 14 días, permitirá alcanzar pesos de 59.65 gramos en la raíz de las plantas de tomate.

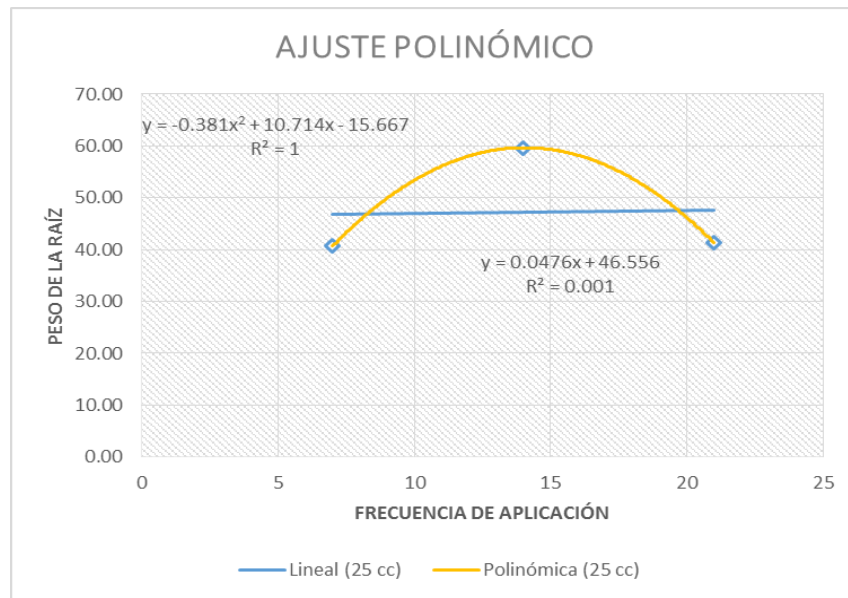


Figura 18. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis microorganismos eficientes autóctonos para el peso de la raíz.

La figura 21 ratifica los resultados reportados hasta ahora, se puede afirmar que a excepción del tratamiento 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos en un intervalo de aplicación de 14 días, los demás tratamientos, incluyendo el testigo muestran una moderada dispersión de sus medidas de tendencia central o dicho de otra

⁴ $\frac{dy}{dx} = y = -0.381x^2 + 10.714x - 15.667 = 0$

manera, la presencia de una moderada heterogeneidad de las raíces de las plantas de tomate, producto de los tratamientos aplicados. La figura 22 indica que la interacción dosis con frecuencia de aplicación tuvo una respuesta significativa en el peso de la raíz, siendo la dosis de 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos con un intervalo de 14 días de aplicación la que alcanzó un peso de 59.67 gramos en las raíces de plantas de tomate.

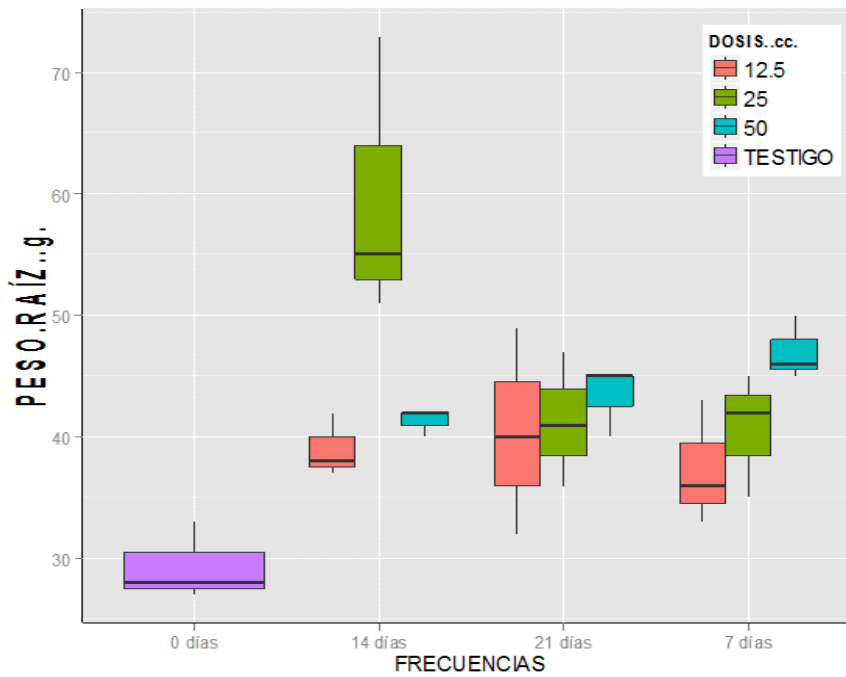


Figura 19. Gráfica de cajas para la variable peso de la raíz.

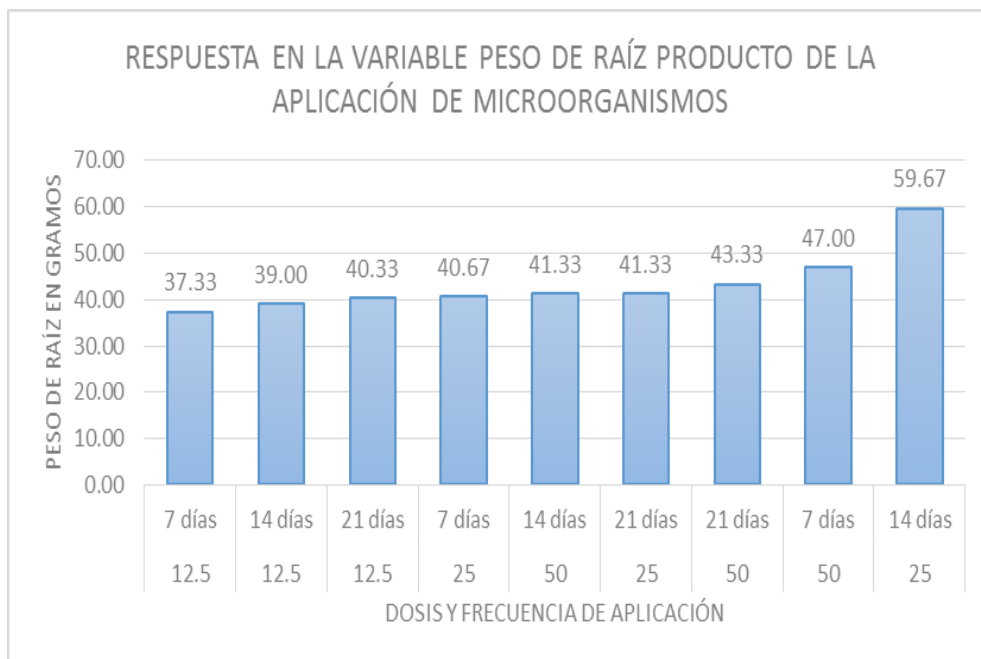


Figura 20. Gráfica de cajas para la variable peso de la raíz.

4.1.6. Rendimiento en gramos

Para determinar el rendimiento, se procedió a pesar los frutos cosechados de las 16 plantas de cada parcela, con la ayuda de una balanza.

Los resultados del análisis de varianza del Cuadro 14, indican que existen diferencias significativas desde el punto de vista estadístico en las dosis de microorganismos eficientes autóctonos y las frecuencias de aplicación. Las comparaciones entre el testigo y los demás tratamientos refuerzan lo afirmado. Por otro lado, se observa un coeficiente de variabilidad de 14.80%, lo que indica una moderada heterogeneidad en los rendimientos observados.

Cuadro N° 15. ANVA para el rendimiento del cultivo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
REPETICIONES	59265.81	2	29632.91	0.609	0.5507
TRATAMIENTO	2067549.41	9	229727.71	4.722	0.0006
DOSIS	413065.36	2	206532.68	4.245	0.0242
12.5 cc					
Lineal	6620.08	1	6620.08	0.136	0.7165
Cuadrática	62929.69	1	62929.69	1.293	0.2703
25 cc					
Lineal	444176.04	1	444176.04	9.130	0.0073
Cuadrática	1221.83	1	1221.83	0.025	0.8758
50 cc					
Lineal	95558.64	1	95558.64	1.964	0.1781
Cuadrática	32904.68	1	32904.68	0.676	0.4216
FRECUENCIAS	605189.90	2	302594.95	6.220	0.0057
DOSIS*FRECUENCIAS	272962.34	4	68240.59	1.403	0.2578
TESTIGO versus el resto	776331.810	1	776331.810	15.957	0.0004
Error	875725.20	18	48651.40		
Total	3023960.77	29			
\bar{X}	1490.00				
CV	14.80%				

Del Cuadro 15, mediante la prueba Tukey al 5% de significancia se puede afirmar la existencia de diferencias estadísticas en las dosis evaluadas. La dosis que registró un promedio elevado en el rendimiento del cultivo de tomate fue la de 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos a pesar que estadísticamente no hubo diferencias con el resto de las dosis con microorganismos eficientes evaluados pero, estas si difieren con el tratamiento testigo.

Cuadro N° 16. Prueba Tukey al 5% para el factor dosis de microorganismos eficientes autóctonos en la variable rendimiento.

DOSIS	MEDIAS	N	E.E.		
TESTIGO	1007.4	3	153.36	A	
12.5	1423.16	9	88.54	A	B
50	1494.01	9	88.54		B
25	1713.69	9	88.54		B

En esta última etapa del cultivo de tomate, es decir después de la fructificación, el factor cuantitativo provocara cambios en las respuesta que se han medido pudiendo ser en la concentración de humedad y tamaño de los frutos de tomate, por otro lado el efecto de la variable cualitativa (frecuencia de aplicación) posiblemente se vea relacionado – en la apertura floral y el proceso exitoso de fructificación – con la última etapa fisiológica del cultivo, más que un efecto directo de este factor tal como reporta los resultados del Cuadro 16.

Tabla 17. Prueba Tukey al 5% para el factor frecuencia de aplicación en la variable rendimiento.

FRECUENCIA	MEDIA	N	E. E.	
7 días	1431	9	73.52	A
21 días	1444.66	9	73.52	A
14 días	1755.2	9	73.52	B

La dosis óptima que permite alcanzar el rendimiento máximo es de 32.36 cc de microorganismos eficientes autóctonos, con lo cual se obtiene 1759. 93 gramos. Para llegar a este resultado se procedió a derivar la ecuación de regresión (Figura 22) que resulto significativa en el análisis de varianza, $y = -0.8541x^2 + 55.272x + 865.72$, con la ayuda del cálculo diferencial⁵.

$$^5 \frac{dy}{dx} = -0.8541x^2 + 55.272x + 865.72 = 0$$

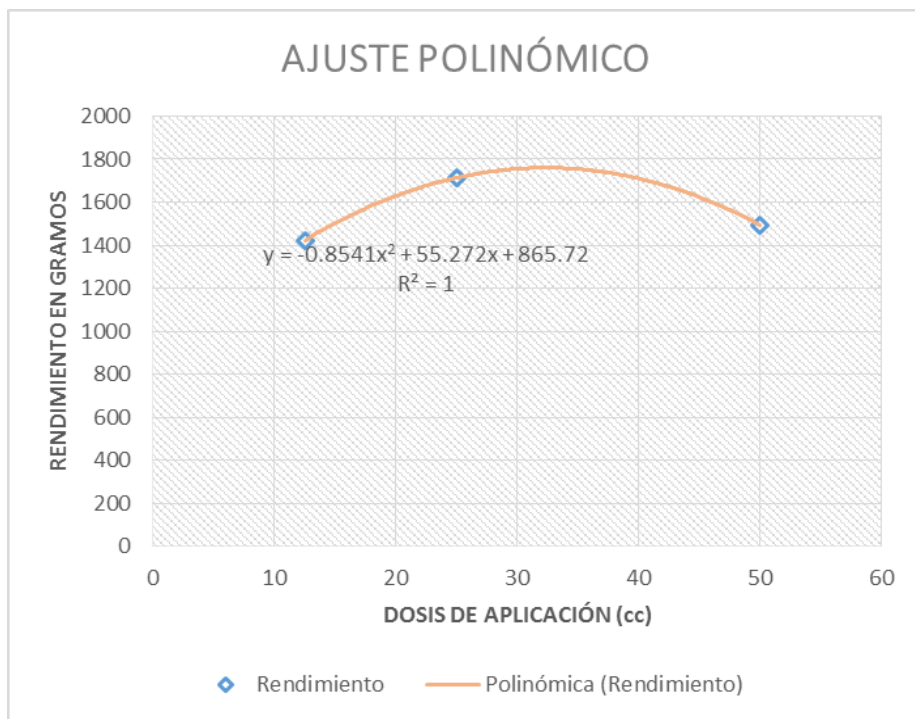


Figura 21. Ajuste polinómico para determinar el óptimo de la dosis microorganismos eficientes autóctonos para el peso de la raíz.

Finalmente la figura 23 ratifica los resultados del análisis de varianza, la prueba Tukey de medias múltiples para los tratamientos y el coeficiente de variabilidad. Se observa que los rendimientos obtenidos por los distintos tratamientos alcanzaron rendimientos distintos, siendo el valor máximo observado de 1713.69 gramos con una dosis de 25 cc de microorganismos eficientes autóctonos.

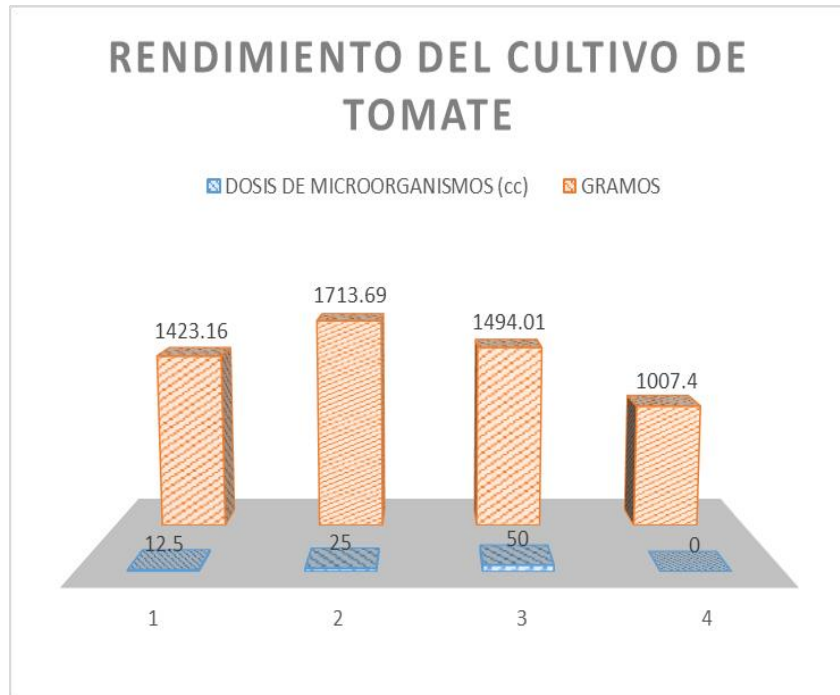


Figura 22. Gráfica de cajas para la variable rendimiento.

4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FITOPATOLÓGICO

El análisis de laboratorio realizado a las plantas de tomate después de la cosecha indicó la presencia de enfermedades fungosas.

El diagnóstico detectó presencia de *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Trichoderma sp.* y *Pectobacterium carotovorum*, presentes en los tejidos vegetales del cultivo de tomate.

A. *Fusarium oxysporum*.

Este hongo pertenece a la clase Deuteromycete denominado *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici*. Este presenta numerosas estructuras llamadas esporodocios donde se agrupan las esporas. Existen dos tipos de conidios, los macroconidios que son hialinos, tabicados, generalmente con tres tabiques y microconidios más pequeños hialinos, unicelulares. Posee células de paredes engrosadas que actúan como estructuras de resistencias denominadas clamidiosporas pueden ser terminales o intercalares.

Lo primero que se observa a campo es un amarillamiento en las hojas basales posteriormente se marchitan se secan pero permanecen adheridas a la planta. Esta sintomatología va progresando hacia la parte superior de la planta a veces sólo toma un sector de la misma. Al comienzo las plantas muestran marchites en las horas más calurosas del día recuperándose al final del mismo pero finalmente se marchitan y mueren. Las raíces principales y la base del tallo presentan necrosis vascular. Cuando se corta el tallo se observa el sistema vascular de color marrón.

(http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Fusarium_tom.html)

B. *Rhizoctonia solani*.

Es un patógeno de plantas, con un gran rango de huéspedes y de distribución mundial. Es una de las causas de la podredumbre Damping off, que mata a las plántulas en horticultura.

Rhizoctonia solani no produce esporas, por lo que es identificado solo por características del micelio. Sus células hifales son multinucleadas. *R. solani* se subdivide en grupos de anastomosis (AG) basado en fusión de hifas entre razas.

El teleomorfo de *R. solani* es *Thanatephorus cucumeris*. Forma basidios reunidos y cuatro esterigmas apicales en donde los esporidios ovals, hialinos se fijan. *R. solani* produce micelio blanco a pardo oscuro cuando crece sobre micelio artificial. Las hifas miden 4-15 µm de ancho y tienden a ramificar en ángulos rectos. Un septum cerca de cada brazo de hifa y una pequeña constricción en el brazo son diagnósticos.
(https://es.wikipedia.org/wiki/Rhizoctonia_solani)

C. *Trichoderma sp.* (http://www.ecured.cu/index.php/Trichoderma_spp)

Es un hongo muy común del suelo, también se encuentra en troncos caídos y estiércol, pertenece a la subdivisión Deuteromicete. Utilizado en la agricultura como agente de control biológico debido a sus propiedades como biopesticida, biofertilizante y bioestimulante Existen varias especies del *Trichoderma* con muchas características que diferencian, poseen facilidades para colonizar las raíces de las plantas, *Trichoderma* ha desarrollado

mecanismos para atacar y parasitar a otros hongos y así, aprovechar una fuente nutricional adicional.

Trichoderma está entre los hongos saprophytic más comunes. Están dentro de la subdivisión Deuteromycotina que representa los hongos que faltan o tener un estado sexual desconocido (sin embargo muchos autores al *trichoderma* lo consideran asexual). Además, es parte de los hyphomycetes de la clase de la forma. Se saben cómo los invasores tempranos de raíces y ocupan rápidamente un lugar ecológico en las raíces.

Debido a su capacidad de utilizar los substratos de los complejos, no dependen totalmente de la planta en su ciclo vital. También se consideran los ascomicetos celulolíticos y entre los organismos responsables de la destrucción de telas celulósicas.

Trichoderma se encuentra en casi todos los suelos agrícolas y en otros ambientes tales como madera que se decae. La mayoría de las especies crecen rápidamente, producen conidios abundantes, y tienen una amplia gama de enzimas incluyendo las celulasas. Tienen los sellos de ruderals. Sin embargo, muchas especies siguen siendo altamente antagónicas a la otra especie de hongos por muchos procesos. Éstos incluyen la producción de los antibióticos solubles de los antibióticos (peptides) volátiles y permanentes, o por parasitismo directo.

Se alcanza esto cuando arrollan alrededor de los hyphae de otros hongos en un mycoparasitism llamado de proceso que limite el crecimiento y la actividad de los hongos patógenos de la planta. El hongo tiene probablemente el

sistema lo más pesadamente posible estudiado del celulosa mientras que excreta cantidades grandes de celulosas en media del crecimiento. Las varias tensiones tienen la capacidad de reducir el crecimiento de la raíz de la putrefacción y del aumento de la raíz de la planta.

Hay muchas especies de *Trichoderma* con muchas características que diferencian. Por ejemplo, el *harzianum* del T. es tolerante a la tensión impuesta por escasez nutriente. Son a menudo antagónicos hacia uno otro. En las altas temperaturas T. el *viride* y el *polysporum* del T. son desplazados por *Hamatum* del T. y *Koningii* del T., mientras que en las bajas temperaturas el contrario es verdad. Las razones como éstos son porqué un ciertas especies son más prósperas durante meses más frescos mientras que otras son más persistentes durante meses más calientes. *Trichoderma* puede crecer en los suelos que tienen un rango del pH de 2,5 - 9,5, aunque la mayoría prefieren un leve al ambiente moderado ácido. Las especies que prefieren los suelos más ácidos se miran como teniendo un hábito tensionar-más tolerante del crecimiento y son generalmente menos agresivas. Toda la especie puede producir a las colonias que tienen cualquiera blanco amarilllear para poner verde áreas fructíferas maduras.

Las colonias pueden tener los conidios floccose y elípticos, o conidios globosos no-non-floccose copetudos.

Trichoderma (subdivisión Deuteromicete) incluye más de 30 especies; todas con efectos benéficos para la agricultura. Es un hongo anaerobio facultativo que se encuentra de manera natural en un número importante de suelos

agrícolas y otros tipos de medios. Se encuentra ampliamente distribuido en el mundo, y se presenta en diferentes de zonas y hábitat, especialmente en aquellos que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, así mismo en residuos de cultivos, especialmente en aquellos que son atacados por otros hongos.

Su desarrollo se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente por estos microorganismos. Esta capacidad de adaptación a diversas condiciones medioambientales y sustratos confiere a *Trichoderma* la posibilidad de ser utilizado en diferentes suelos, cultivos, climas y procesos tecnológicos.

Tipos de antagonismo de *Trichoderma harzianum*

Aparte de su facilidad para colonizar las raíces de las plantas, *Trichoderma* ha desarrollado mecanismos para atacar y parasitar a otros hongos y así, aprovechar una fuente nutricional adicional. Recientemente, han sido demostrados varios mecanismos con los cuales actúa *Trichoderma* como biocontrolador y como colonizador de las raíces.

Microparasitismo.

Antibiosis.

Competición por nutrientes y espacio.

- Tolerancia al estrés por parte de la planta, al ayudar al desarrollo del sistema radicular.

- Solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos.
- Resistencia inducida.
- Desactivación de las enzimas de los patógenos.

Los mecanismos antagónicos que utiliza *Trichoderma sp.* se describe como antibiosis, micoparasitismo y competencia, sin ser estos mutuamente excluyentes y pudiendo, por lo tanto, actuar a la vez.

Antibiosis

Sin establecer contacto físico alguno *Trichoderma sp.* puede inhibir el crecimiento de otros hongos mediante la producción de varios metabolitos secundarios volátiles y no volátiles como gliotoxina, viridina y gliovirina.

Micoparasitismo

Existen cuatro estados de parasitismo en la relación antagónica de *Trichoderma sp.* con otros hongos (HANNAN, 2001):

1. Crecimiento quimiotrófico: El estímulo químico proviene del hongo objeto de control.
2. Reconocimiento específico: Probablemente mediado por lecitinas sobre la superficie celular, tanto del hongo antagónico como del patógeno.
3. Unión y crecimiento de las hifas alrededor del patógeno.
4. Secreción de enzimas líticas que degradan las paredes celulares del hongo fitopatógeno.

Competencia

Si el crecimiento del antagonista provoca la reducción de la población del patógeno, la competencia entre estos puede resultar en control de la enfermedad.

D. *Pectobacterium carotovorum*

Es una bacteria de la familia Enterobacteriaceae; que antiguamente era un miembro del género *Erwinia*.

La especie es un patógeno de la planta con una amplia gama de huéspedes, incluyendo muchas especies de plantas importantes en agricultura y científicamente. Produce enzimas pectolíticas que hidrolizan pectina entre las células individuales de la planta. Esto hace que las células se separen, una enfermedad plazo fitopatólogos pudrición blanda bacteriana. En concreto, causan necrosis de médula en el tomate y la pierna negra de la papa y otras verduras (de ahí el nombre *carotovora* - "zanahoria-eater"), así como el flujo de limo. En muchas especies de árboles diferentes.

Esta bacteria es un patógeno vegetal ubicua con una amplia gama de huéspedes (zanahoria, patata, tomate, verduras de hoja verde, la calabaza y otras cucurbitáceas, cebolla, pimientos verdes, violetas africanas, etc.), capaces de causar enfermedad en casi cualquier tejido vegetal que invade.

Es un patógeno muy importante económicamente en términos de pérdidas pos cosecha, y una causa común de la caries en frutas y verduras almacenadas. Deterioro causado por el *E. carotovora* menudo se refiere simplemente como "pudrición bacteriana blanda" (BSR), aunque esto

también puede ser causado por otras bacterias. La mayoría de plantas o partes de plantas pueden resistir la invasión de la bacteria, a menos que algún tipo de herida está presente. La alta humedad y temperaturas alrededor de 30 ° C el desarrollo a favor de la decadencia. Los mutantes pueden ser producidos que son menos virulento. Los factores de virulencia incluyen: pectinasas, celulasas, (que degradan las paredes celulares de las plantas), y también las proteasas, lipasas, xilanasas y nucleasas (junto con los factores de virulencia de patógenos normales - de adquisición de Fe, de integridad LPS, múltiples sistemas reguladores globales).

4.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MICROBIOLOGÍA

El análisis realizado a la solución madre de microorganismos eficientes autóctonos reporto la existencia de los siguientes microorganismos:

- ***Bacillus sp.***

El género *Bacillus* pertenece a la familia Bacillaceae, es un género que hoy en día incluye más de 60 especies de bacilos. Este género está formado por microorganismos bacilares Gram positivos, formadores de endosporas, quimiheterotrofos que normalmente son móviles y rodeados de flagelos periticos. Son anaerobios o aerobios facultativos son catalasa positivos. Las células bacterianas de este género tienen un amplio tamaño que varía 0,5 a 2,5 μm x 1,2-10 μm . Este género se encuentra comúnmente en suelos y plantas donde tienen un papel importante en ciclo del carbono y el nitrógeno.

Son habitantes comunes de aguas frescas y estancadas, son particularmente activos en sedimentos. (Koneman, 2001).

Taxonómicamente según la segunda Edición del Manual Bergey's (1982). El género *Bacillus* pertenece a la familia I Bacillaceae, del orden I Bacillales de clase tres Bacilli, del fillum BXIII firmicutes del Dominio bacteria. En la primera edición del género es claramente diverso desde el punto de vista fenotípico y genotípico. La diferenciación entre especies del género *Bacillus* se centró en los resultados en la fermentación de lactosa, sorbitol, manitol, melobiosis,

hidrólisis de la urea, y descarboxilación de la lisina.(Anderson et al.,2003).

Más recientemente, los datos de las secuencias de RNA se han empleado para dividir géneros de *Bacillus* en al menos cinco líneas diferentes. Entre las especies más representativas del género *Bacillus* se encuentran *B.alkalophilus*, *B anthracis*, *B azotoformans*, *B brevis*,*B cereus*, *B subtilis*,*B coagulans*,*B firmus*,*B insolitus*,*B lincheniformis*,*B polimyxa* y *B turingiensis* entre otros. (Berge'ys ,2000) (Bergey's, 1984).

Bacillus subtilis

División: Firmicutes

Familia: Bacillaceae

Género: *Bacillus*

Especie: *Bacillus subtilis*

Es una bacteria Gram positiva, produce endosporas las que son termorresistentes y también resiste factores físicos perjudiciales como la desecación la radiación los ácidos y los desinfectantes químicos, produce enzimas hidrofílicas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos permitiendo que el organismo emplee estos productos como fuente de carbono y electrones, producen antibióticos como la bacitracina, polimixina, gramicidina y circulina, fermentan la caseína y el almidón, vive dentro de los límites de 55 a 70°C. Es un gran controlador biológico, *Bacillus subtilis*

promueve el desarrollo de las plantas y previene las enfermedades del suelo causadas por *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium spp.*, *Verticillium spp*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora capsici*, *Pythium spp*, y el nematodo nodulador de raíces (*Meloidogyne spp*) y *Rhizoctonia solani*, agente causal de la enfermedad denominada “mal del tallito” del algodón. (Calderón et al, .2002).

Bacillus sphaericus

División: Firmicutes

Familia: Bacillaceae

Género: Bacillus

Especie: Bacillus sphaericus

Bacilo Gram positivo, aerobio estricto incapaz de utilizar azúcares para su crecimiento, en Agar Nutritivo crece en diferentes formas compactas difundiéndose en el medio. Algunas especies producen colonias rosa, se aísla a partir de sedimentos de río, sedimento marino, y algunos alimentos. Algunas cepas son reconocidas por su patogenicidad contra larvas y mosquitos. (Berge's ,2000) (Bergey's ,1984). Presenta variedad de inclusiones las cuales son cuerpos elípticos que no cambian en apariencia en el paso del intestino a la larva. Los mosquitos ingieren las bacterias y la toxina altera el funcionamiento del intestino del mosquito, Es bicontrolador de larvas de *Anopheles Pseudopunctipennis* y *Culex Quinquefasciatus*. (Balows, 1988).

Este organismo es utilizado como insecticida biológico y es efectiva de una a cuatro semanas después de la aplicación. Es utilizado como patrón de las macromoléculas biológicas tales como enzimas, proteínas de los receptores o ácidos nucleídos y estabilización térmica de los lípidos basados en estructuras, como la membrana.

Bacillus firmus

División: Firmicutes

Familia: Bacillaceae

Género: Bacillus

Especie: Bacillus firmus

Bacteria Gram positiva, su endospora es en forma elipsoidal, *Bacillus firmus* es considerada una rizobacteria promotora del crecimiento vegetal (PGPR) fosfato solubilizadora ya que aumenta la disponibilidad de fosforo para las plantas. Se ha reportado como bacteria componente de la rizosfera del roble (*Quercus* sp) que junto con otras especies *B. brevis* y de *Streptomyces* mejoran la sanidad del árbol y estimulan el crecimiento de la raíz de canola (Mohammad et al., 1993; Peterman et al., 2001). *Bacillus firmus* es también utilizado como controlador biológico de *Phytophthora capsici* en Jitomate (Lagunas et al., 2001).

- ***Lactobacillus sp.***

Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El

ácido láctico es un fuerte esterilizador, que suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, tales como la lignina y la celulosa.

(www.rapaluruquay.org/organicos/.../microorganismos_eficientes.html)

- **Bacterias fijadoras de vida libre.**

Los microorganismos capaces de catalizar el rompimiento del triple enlace de nitrógeno y activarlo para que se combine con otros elementos químicos, como el hidrogeno o el oxígeno, se les conoce con el nombre de fijadores de nitrógeno o diazotrofos (Mishustin et al., 1971).

Dentro de las bacterias de vida libre encontramos especies de *Azospirillum*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Bacillus*. Numerosas investigaciones en el ámbito mundial demuestran las bondades la utilización de bacterias asimbióticas del género *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.* En lo que se refiere a la reducción del periodo de tiempo de germinación en las semillas de tomate, ají y algodón, inoculadas con este microorganismo probablemente por la inducción de la producción de hormonas de crecimiento, incrementan la respuesta a la fertilización química u orgánica.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se concluye lo siguiente:

- En las variables agronómicas, las dosis de microorganismos eficientes autóctonos (12.5 cc, 25 cc y 50 cc), mostraron diferencias muy marcadas entre ellas. En general las dosis de 25 cc con intervalos de aplicación de 14 días incrementaron el tamaño de las plantas, el número de flores, área foliar y número de tallos. En la parte radicular también se evidencio un incremento de peso y en cuanto al rendimiento, se obtuvo en promedio 5440.29 kilogramos (dato proyectado en base a una hectárea). Así mismo parece ser que a medida que pasa los días, el efecto de los microorganismos se ve reducido, tal como se aprecia en los demás tratamientos que a pesar de haberse usado dosis altas con frecuencias de intervalos cortos, los rendimientos fueron inferiores.
- Se determinó que la dosis óptima que permite incrementar los rendimientos en el cultivo de tomate es de 21.15 cc (promediando los óptimos para cada variable) con intervalos de 14 días.
- Respecto al análisis patológico podemos afirmar que los síntomas que presento las plantas de tomate eran consecuencia de enfermedades fungosas pero a pesar de esto, mucha de las plantas no presentaron

tejidos necróticos que pudieran influir negativamente en la producción, lo cual afirma que, la aplicación de estos microorganismos tienen efectos antagonistas.

- La solución madre de microorganismos eficientes autóctonos contiene organismos que funcionan como biofertilizantes y además actúa como supresores de enfermedades. Estos organismos identificados en el análisis fitopatológico y microbiológico son *Trichoderma sp.*, *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.* y bacterias fijadoras de vida libre (*Azospirillum sp.*, *Clostridium sp.*, *Enterobacter alcaligenes*, *Pseudomonas sp.*, *Klebsiella sp.*, *Bacillus sp.* y *Azotobacter sp.*); de acuerdo a diversas literaturas científicas cumplen las funciones descritas. En conclusión, estos resultados ratifican los incrementos en el rendimiento del cultivo de tomate y en parte explican porque la enfermedad presente encontrada en el análisis fitopatológico (*Fusarium oxysporum*), como la necrosis de hojas basales, necrosis y decoloración vascular del cuello de la planta, no fue muy severa al momento de infectar a los cultivos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda prestar mucha atención a la captura de microorganismos eficientes autóctonos, de preferencia que sea de zonas alejadas con alto contenido de especies vegetales, humedad y materia orgánica con la finalidad de garantizar que existan la mayor cantidad de especies de microorganismos benéficos a capturar.

- Al momento de hacer uso de la solución madre de microorganismos eficientes, medir constantemente el pH, para evitar daños colaterales en los cultivos donde se aplicará, como quemaduras por acidez. La solución madre debe ser almacenada como máximo 45 días después de su preparación para evitar cambios en sus propiedades físicas y biológicas.
- Para una agricultura intensiva, es recomendable utilizar microorganismos eficientes producidos en laboratorio, ya que estos cuentan con un elevado número de poblaciones de distintas especies las cuales en su mayoría son de importancia agrícola.
- Elaborar folletos informativos del manejo y uso adecuado de los microorganismos eficientes autóctonos en los cultivos de tomate y otros que puedan ser distribuidos entre los agricultores de la zona para que puedan ser puestos en práctica.
- Por último, se recomienda hacer cursos de extensión agrícola en las diferentes zonas con potencial para la agricultura orgánica, poniendo énfasis en el uso de los microorganismos eficientes autóctonos por ser una tecnología que se encuentra al alcance de todos los agricultores.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDERSON, T. H. 2003 Indicadores de eco-fisiológica microbianos para evaluar la calidad del suelo. *Agr. Ecosyst. Environ.*98: 285 a 293.
2. APNAN. 2003. Red de Agricultura natural de para la Región Asia/Pacífico. Manual de Aplicación. (en línea). Consultado: 28 de septiembre de 2013. Disponible en: www.apnam.com.
3. ARCY, W.G.; 1991. The clasification of the Solanaceae. En: "Hawkes, J. G.; Lester, R. N.; Skelding, A. D. (Eds). *The Biology and Taxonomy of the Solanaceae*. Academic Press, New York & London": p. 3 – 47.
4. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Consultado: 29 de setiembre de 2013. Disponible en: www.ana.gob.pe
5. BALOWS, A. 1988. El procariotas. Un Manual sobre Biología de Las bacterias Ecofisiología, aislamiento, identificación, Applications. Second. Edition. Editorial Sringer. New York
6. BAZAN, Y.; y MERINO, Y. Evaluación del rendimiento de 4 variedades de maíz híbridos (*Zea mays*) en el centro de investigación de molinopata. Tesis para optar el grado de Técnico Agropecuario. Abancay.
7. BERGEYS D, 1989 - 2000. Manual de Determinativa Bacteriología. Night Edition. Philadelphia 2: 540-589.
8. BIOSCA, A. 2001. Qué son microorganismos eficientes?. Consultado: 18 de setiembre de 2013. Disponible en:

<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=2008073113226aa6mgbr>

9. CALDERÓN M., MAASS-MORENO M. y ETCHEVERS-BARRA J. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agro ciencia* 36: 605-620.
10. CATIE. 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Turrialba. Costa Rica.
11. CIAA. 1997. Producción de tomate milano bajo invernadero. Bogotá, Colombia. p. 61 – 491 p.
12. CUARTERO, J. 2001. Tomate para consumo fresco. En: *La Horticultura Española*. Ed. De horticultura, J.L. Mundi-Prensa. Libros, S.A Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, SECH.
13. EARTH. 2008. Tecnología EM. EMRO (Effective Microorganism Research Organization Inc.) Limon. 16 p.
14. HERNANDEZ SAMPIERÍ, Roberto; FERNANDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. 2010. *Metodología de la investigación*. 5 (ed). México: McGrawHill.
15. HUERRES C. Y CARBALLO N. 1988. cultivo de tomate y pimiento. *Pueblo y educación*. La Habana, Cuba. p. 30.
16. HUNZIKER, A. T. 1979. South American Solanaceae: a Synoptic, Survey. En: "Hawkes, J. G., Lester, R. N.; Skelding, A. D. (Eds). *The Biology and Taxonomy of the Solanaceae*. Academic Press, New York & London": p. 49 - 85.

17. HURTADO. 2001. Qué son microorganismos eficientes? Consultado: 18 de setiembre de 2013. Disponible en:
<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mubr>
18. IDIAF, 2009. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales 2009. Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. Consultado: 10 de setiembre de 2013. Disponible en.
<http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>
19. INTA, 1999 (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Cultivo de tomate. Guía tecnológica del tomate. ed. Henner Obregón N° 22 Managua, Nicaragua. p. 55.
20. JARQUIN, D, 2004: Evaluación de cuatro variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), basado en el complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci*) Geminivirus, en la comunidad de Apompuá, Potosí, Rivas, Nicaragua. Tesis de M. Sc. Managua, Nicaragua. p. 21-25.
21. KONEMAN.E.W 2001.Diagnostico microbiológico: Texto y atlas de color. Quinta Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.
22. LAGUNAS, J. ZABALETA, E. ARANDA, S.2001 *Bacillus firmus* utilizado como controlador biológico de *Phytophthora capsici* Leo. En Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Instituto de Fitopatogenicidad. México 16:15-29.
23. MISHUSTIN, EN, SHILNIKOVA, VK, 1971. Fijación biológica del nitrógeno de la atmósfera, Macmillan, Londres.
24. MOA. 2003. MokitíOkada. Extracto del manual "Microorganismos Eficaces EM en la agricultura Nacional". Sp.

25. PIEDRABUENA. 2003. Microorganismos eficientes: que son? Consultado en 20 de septiembre de 2014. Disponible en:
<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid>
26. PINZÓN. 2004. La cebolla de rama (*Allium fistulosum*) y su cultivo. (en línea). Consultado: 23 de octubre de 2009. Disponible en:
<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/archivos/publicaciones/lacebolladeramaalliumfistulosumysucultivo.Pdf>
27. PRICE, P. 1999, Importancia de los conceptos ecológicos para el control biológico práctico. In: Biological control incrop production. Ed. Beltsville Symposium in Agricultura) Research, USDA. 242 p.
28. RODRÍGUEZ, M. 2009. Microorganismos eficientes (EM). Consultado: 18 de septiembre de 2013. Disponible en:
http://aia.uniandes.edu.co/documentos/articulo%20em%20_manuel%20r..pdf
29. SILVA, M. 2009. Microbiología General. (en línea). Consultado: 29 de septiembre de 2009. Disponible en:
<http://microbiologia-general.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>
30. STEVEN, W. 2009. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services Food and Drug Protection Division.
31. ww.rapaluruaguay.org/organicos/.../microorganismos_eficientes.html
32. http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Fusarium_tom.html
33. https://es.wikipedia.org/wiki/Rhizoctonia_solani
34. http://www.ecured.cu/index.php/Trichoderma_spp

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo N° 01. Resultados del análisis de fertilidad de suelos.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Dirección : Av. Perú N° 700 - Abancay Teléfono : 321559 Cel. RPM #983679790 Email utea.laborat.suelos.agro@gmail.com

RESULTADO DE ANÁLISIS N°074-2014-UTEA-FI-EPA-LASA (FISICO-QUIMICO DE SUELOS)

DATOS GENERALES

NOMBRE: DAVID CARLOS RECHARTE PINEDA	Recibo N°0062295(24-11-2014)
DEPARTAMENTO : APURIMAC	
PROVINCIA: ABANCAY	Muestra N°01
DISTRITO: ABANCAY	IDENTIF. USUARIO:
COMUNIDAD:	
SECTOR: SAN GABRIEL	FECHA DE MUESTREO: 21-11-2014
CULTIVO:	

RESULTADOS

PRUEBAS	UNIDAD	RESULTADOS	INTERPRETACIÓN
ANÁLISIS FÍSICO			
Arena	%	30	
Limo	%	33	
Arcilla	%	37	
Clase textural		FRANCO ARCILLOSO
ANÁLISIS QUÍMICO			
pH		7.0	Neutro
C.E.	mS/cm	0.190	Normal
TDS	ppm	95.4	Normal
Nitrógeno NO ₃ -N	ppm	26	Alto
Fósforo P ₂ O ₅	ppm	66	Alto
Potasio K ₂ O	ppm	143	Medio
Ca+Mg	Meg/100g	-----	

Abancay, 27 de noviembre 2014

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMIA
Ing. Rosa Eufemia Maruyá Montoya
RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Anexo N° 02.

Análisis fitopatológico realizado a las plantas de tomate para descartar presencia de enfermedades.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clinica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 056 L-12

Telefax: 349-6631 Nextel: 416*9694

e-mail: clinica@lamolina.edu.pe



La Molina, 09 de Diciembre de 2014
FI-AF 421-2014 LAC 227
JFT 387

Sr.
David Carlos Recharte Pineda
Apurímac
Presente.

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de planta de tomate var. Río Grande, con síntomas de necrosis de hojas basales; necrosis y decoloración vascular de cuello de planta, procedente de Abancay; Apurímac (agricultor Miguel Camacho), es el siguiente:

1. ANÁLISIS DEL TEJIDO.

METODO	RESULTADO
Medio PDAA raíces	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Trichoderma</i> sp.
Medio PARB raíces	Negativo
Medio Agar Nutritivo tallo	<i>Pectobacterium carotovorum</i>
Medio PDAA tallo	<i>Fusarium oxysporum</i>

2. DIAGNÓSTICO.

En la muestra remitida por ustedes se ha detectado la presencia de *Fusarium oxysporum*, el cual está reportado como agente causal de la necrosis en los haces vasculares.

3. RECOMENDACIONES

El manejo de *Fusarium oxysporum* es de tipo preventivo. Se requiere reducir el potencial de inóculo existente en el suelo a través de prácticas culturales, como la incorporación de materia orgánica, inoculación de antagonistas como *Trichoderma harzianum*. Adicionalmente es preferible el uso de cultivares con resistencia genética.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc. Lilliana Aragón Caballero
COORDINADORA
CLINICA DE DIAGNOSIS

LAC/hmg
c.c. Archivo

Anexo N° 03.

Análisis de microbiología para la solución madre de microorganismos autóctonos.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1504193 - LMT

SOLICITANTE : DAVID RECHARTE PINEDA
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO
MUESTRA : BIOL
1504193) FERMENTO ORGÁNICO
PROCEDENCIA : Apurímac
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2015 - 04 - 15
FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 04 - 17
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 04 - 17
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 05 - 04

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1504193
¹ Recuento de aerobios mesófilos viables (UFC/g)	25 x 10 ⁶
¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	< 10
² Recuento de <i>Bacillus</i> sp. (UFC/mL)	60 x 10
² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	< 100
² Enumeración de <i>Pseudomonas</i> sp. (NMP/g)	< 3
³ Enumeración de bacterias fijadoras de vida libre (NMP/g)	20 x 10
¹ Recuento de <i>Lactobacillus</i> sp (UFC/g)	> 34 x 10 ⁷

NOTA: Los valores < 3, < 10 y < 100 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

²American Public Health Association. 1992. Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. 3^{ra} Ed. Chapter 13.

³Zapater J. 1975. Evaluación en el maíz del coeficiente rizósfera-suelo (R/S) referidos a bacterias libres fijadoras de N₂. Anales científicos de la UNALM 13:45-57.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 07 de mayo de 2015

DRA. DORIS ZUÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: imt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

□ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU

Anexo N° 04.

Variables agronómicas evaluadas en el cultivo de tomate

TRATAMIENTOS	REPETICIONES (BLOQUES)	DOSIS	FRECUENCIAS DE APLICACIÓN	RENDIMIENTO (g)
1	1	TESTIGO	0 días	993.6
1	2	TESTIGO	0 días	813.8
1	3	TESTIGO	0 días	1214.8
2	1	12.5	7 días	1217
2	1	12.5	14 días	1295.6
2	1	12.5	21 días	1266.6
3	1	25	7 días	1499.1
3	1	25	14 días	1867.9
3	1	25	21 días	2069.4
4	1	50	7 días	1481.8
4	1	50	14 días	1557.9
4	1	50	21 días	1357.4
5	2	12.5	7 días	1782.1
5	2	12.5	14 días	1845.8
5	2	12.5	21 días	1515.1
6	2	25	7 días	1268.1
6	2	25	14 días	1740.6
6	2	25	21 días	1360.1
7	2	50	7 días	1345.9
7	2	50	14 días	1983.6
7	2	50	21 días	1303
8	3	12.5	7 días	1348.1
8	3	12.5	14 días	1405.1
8	3	12.5	21 días	1133
9	3	25	7 días	1532.9
9	3	25	14 días	2324.1
9	3	25	21 días	1761
10	3	50	7 días	1404
10	3	50	14 días	1447.4
10	3	50	21 días	1565.1

Cuadro 1. Datos recolectados para la variable rendimiento del cultivo de tomate, expresado en gramos.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES (BLOQUES)	DOSIS	FRECUENCIAS DE APLICACIÓN	NÚMERO DE FLORES
1	1	TESTIGO	0 días	17
1	2	TESTIGO	0 días	16
1	3	TESTIGO	0 días	15
2	1	12.5	7 días	22
2	1	12.5	14 días	27
2	1	12.5	21 días	23
3	1	25	7 días	22
3	1	25	14 días	37
3	1	25	21 días	21
4	1	50	7 días	27
4	1	50	14 días	24
4	1	50	21 días	34
5	2	12.5	7 días	12
5	2	12.5	14 días	23
5	2	12.5	21 días	21
6	2	25	7 días	26
6	2	25	14 días	42
6	2	25	21 días	16
7	2	50	7 días	17
7	2	50	14 días	26
7	2	50	21 días	22
8	3	12.5	7 días	19
8	3	12.5	14 días	18
8	3	12.5	21 días	13
9	3	25	7 días	28
9	3	25	14 días	31
9	3	25	21 días	20
10	3	50	7 días	22
10	3	50	14 días	14
10	3	50	21 días	23

Cuadro 2. Datos recolectados para la variable número de flores en el cultivo de tomate.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES (BLOQUES)	DOSIS	FRECUENCIAS DE APLICACIÓN	ALTURA DE PLANTA (cm)
1	1	TESTIGO	0 días	30
1	2	TESTIGO	0 días	30
1	3	TESTIGO	0 días	31
2	1	12.5	7 días	35
2	1	12.5	14 días	33
2	1	12.5	21 días	34
3	1	25	7 días	34
3	1	25	14 días	38
3	1	25	21 días	34
4	1	50	7 días	33
4	1	50	14 días	36
4	1	50	21 días	30
5	2	12.5	7 días	36
5	2	12.5	14 días	31
5	2	12.5	21 días	31
6	2	25	7 días	35
6	2	25	14 días	39
6	2	25	21 días	35
7	2	50	7 días	33
7	2	50	14 días	33
7	2	50	21 días	34
8	3	12.5	7 días	31
8	3	12.5	14 días	32
8	3	12.5	21 días	35
9	3	25	7 días	34
9	3	25	14 días	40
9	3	25	21 días	32
10	3	50	7 días	38
10	3	50	14 días	35
10	3	50	21 días	35

Cuadro 3. Datos recolectados para la variable altura de la planta del cultivo de tomate.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES (BLOQUES)	DOSIS	FRECUENCIAS DE APLICACIÓN	NÚMERO DE TALLOS
1	1	TESTIGO	0 días	3
1	2	TESTIGO	0 días	3
1	3	TESTIGO	0 días	3
2	1	12.5	7 días	5
2	1	12.5	14 días	4
2	1	12.5	21 días	4
3	1	25	7 días	5
3	1	25	14 días	5
3	1	25	21 días	5
4	1	50	7 días	4
4	1	50	14 días	4
4	1	50	21 días	5
5	2	12.5	7 días	5
5	2	12.5	14 días	4
5	2	12.5	21 días	4
6	2	25	7 días	5
6	2	25	14 días	5
6	2	25	21 días	4
7	2	50	7 días	4
7	2	50	14 días	4
7	2	50	21 días	4
8	3	12.5	7 días	4
8	3	12.5	14 días	4
8	3	12.5	21 días	3
9	3	25	7 días	4
9	3	25	14 días	5
9	3	25	21 días	4
10	3	50	7 días	4
10	3	50	14 días	5
10	3	50	21 días	4

Cuadro 4. Datos recolectados para la variable número de tallos en el cultivo de tomate.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES (BLOQUES)	DOSIS	FRECUENCIAS DE APLICACIÓN	ÁREA FOLIAR (cm ²)
1	1	TESTIGO	0 días	14
1	2	TESTIGO	0 días	15
1	3	TESTIGO	0 días	13
2	1	12.5	7 días	21
2	1	12.5	14 días	17
2	1	12.5	21 días	17
3	1	25	7 días	20
3	1	25	14 días	26
3	1	25	21 días	23
4	1	50	7 días	23
4	1	50	14 días	17
4	1	50	21 días	17
5	2	12.5	7 días	23
5	2	12.5	14 días	21
5	2	12.5	21 días	14
6	2	25	7 días	21
6	2	25	14 días	28
6	2	25	21 días	15
7	2	50	7 días	15
7	2	50	14 días	20
7	2	50	21 días	20
8	3	12.5	7 días	15
8	3	12.5	14 días	17
8	3	12.5	21 días	15
9	3	25	7 días	20
9	3	25	14 días	21
9	3	25	21 días	18
10	3	50	7 días	20
10	3	50	14 días	17
10	3	50	21 días	18

Cuadro 5. Datos recolectados para la variable área foliar en el cultivo de tomate.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES (BLOQUES)	DOSIS	FRECUENCIAS DE APLICACIÓN	PESO DE RAÍZ (g)
1	1	TESTIGO	0 días	27
1	2	TESTIGO	0 días	28
1	3	TESTIGO	0 días	33
2	1	12.5	7 días	36
2	1	12.5	14 días	42
2	1	12.5	21 días	40
3	1	25	7 días	42
3	1	25	14 días	73
3	1	25	21 días	41
4	1	50	7 días	50
4	1	50	14 días	42
4	1	50	21 días	45
5	2	12.5	7 días	43
5	2	12.5	14 días	38
5	2	12.5	21 días	32
6	2	25	7 días	35
6	2	25	14 días	55
6	2	25	21 días	36
7	2	50	7 días	46
7	2	50	14 días	42
7	2	50	21 días	40
8	3	12.5	7 días	33
8	3	12.5	14 días	37
8	3	12.5	21 días	49
9	3	25	7 días	45
9	3	25	14 días	51
9	3	25	21 días	47
10	3	50	7 días	45
10	3	50	14 días	40
10	3	50	21 días	45

Cuadro 6. Datos recolectados para la variable peso de la raíz del cultivo de tomate.

Anexo N° 05.

Resolución de las ecuaciones cuadráticas de regresión para determinar el punto óptimo.

Ecuación 1. Resolución de la ecuación de regresión para determinar la dosis óptima para la variable altura de planta.

$$y = -0.102x^2 + 2.8095x + 19.677$$

$$\frac{dy}{dx} = -0.102x^2 + 2.8095x + 19.677 = 0$$

$$-(2)0.102x + 2.8095 = 0$$

$$-0.204x + 2.8095 = 0$$

$$0.204x = 2.8095$$

$$x = \frac{2.8095}{0.204}$$

$$x = 13.77 \quad \sim \text{El punto óptimo que permite alcanzar el máximo es de 13.77}$$

Reemplazando el valor de x en la ecuación para determinar la altura teórica esperada:

$$y = -0.102x^2 + 2.8095x + 19.677$$

$$y = -0.102(13.77)^2 + 2.8095(13.77) + 19.677$$

$$y = 39$$

Al emplear 13.77 cc de microorganismos eficientes autóctonos se espera teóricamente que la altura de la planta sea de 39 cm.

Ecuación 2. Resolución de la ecuación de regresión para determinar la dosis óptima para la variable número de flores.

$$y = -0.296x^2 + 7.8364x - 15.02$$

$$\frac{dy}{dx} = -0.296x^2 + 7.8364x - 15.02 = 0$$

$$-(2)0.296x + 7.8364 = 0$$

$$-0.592x + 7.8364 = 0$$

$$0.592x = 7.8364$$

$$x = \frac{7.8364}{0.592}$$

$$x = 13.24 \quad \approx \text{El punto óptimo que permite alcanzar el máximo es de 13.24}$$

Reemplazando el valor de x en la ecuación para determinar la cantidad teórica de flores esperada:

$$y = -0.296x^2 + 7.8364x - 15.02$$

$$y = -0.296(13.24)^2 + 7.8364(13.24) - 15.02$$

$$y = 37$$

Al emplear 13.24 cc de microorganismos eficientes autóctonos se espera teóricamente que el número de flores por planta sea de 37 unidades.

Ecuación 3. Resolución de la ecuación de regresión para determinar la dosis óptima para la variable área foliar.

$$y = -0.0105x^2 + 0.6788x + 10.94$$

$$\frac{dy}{dx} = -0.0105x^2 + 0.6788x + 10.94 = 0$$

$$-(2)0.0105x + 0.6788 = 0$$

$$-0.021x + 0.6788 = 0$$

$$0.021x = 0.6788$$

$$x = \frac{0.6788}{0.021}$$

$$x = 32.32 \quad \approx \text{El punto óptimo que permite alcanzar el máximo es de 32.32}$$

Reemplazando el valor de x en la ecuación para determinar el área foliar teórica esperada:

$$y = -0.0105x^2 + 0.6788x + 10.94$$

$$y = -0.0105(32.32)^2 + 0.6788(32.32) + 10.94$$

$$y = 21.9$$

Al emplear 32.32 cc de microorganismos eficientes autóctonos se espera teóricamente que el número de flores por planta sea de 21.9 cm².

Ecuación 4. Resolución de la ecuación de regresión para determinar la dosis óptima para la variable peso de raíz.

$$y = -0.381x^2 + 10.714x - 15.667$$

$$\frac{dy}{dx} = -0.381x^2 + 10.714x - 15.667 = 0$$

$$-(2)0.381x + 10.714 = 0$$

$$-0.762x + 10.714 = 0$$

$$0.762x = 10.714$$

$$x = \frac{10.714}{0.762}$$

$$x = 14.06 \quad \approx \text{El punto óptimo que permite alcanzar el máximo es de 14.06}$$

Reemplazando el valor de x en la ecuación para determinar el peso radicular teórico esperado:

$$y = -0.381x^2 + 10.714x - 15.667$$

$$y = -0.381(14.06)^2 + 10.714(14.06) - 15.667$$

$$y = 59.65$$

Al emplear 14.06 cc de microorganismos eficientes autóctonos se espera teóricamente que el peso de la raíz por planta sea de 59.65 g.

Ecuación 5. Resolución de la ecuación de regresión para determinar la dosis óptima para la variable rendimiento de frutos.

$$y = -0.8541x^2 + 55.272x + 865.72$$

$$\frac{dy}{dx} = -0.8541x^2 + 55.272x + 865.72 = 0$$

$$-(2)0.8541x + 55.272 = 0$$

$$-1.7082x + 55.272 = 0$$

$$1.7082x = 55.272$$

$$x = \frac{55.272}{1.7082}$$

$$x = 32.36 \quad \approx \text{El punto óptimo que permite alcanzar el máximo es de 32.36}$$

Reemplazando el valor de x en la ecuación para determinar el rendimiento teórico esperado:

$$y = -0.8541x^2 + 55.272x + 865.72$$

$$y = -0.8541(32.36)^2 + 55.272(32.36) + 865.72$$

$$y = 1759.93$$

Al emplear 32.36 cc de microorganismos eficientes autóctonos se espera teóricamente que el rendimiento de los frutos por planta sea de 1759.93 g.

**Anexo N° 06. COSTO DE PRODUCCIÓN DE 01 HECTÁREA DE TOMATE CON
MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTOCTONOS.**

A. INFORMACIÓN GENERAL

1. Nombre del cultivo : tomate
2. Variedad : Rio grande
3. Periodo vegetativo : 5 meses
4. Mes de siembra : junio
5. Mes de cosecha : setiembre – octubre
6. Grado de tecnología : medio – alto
7. Rendimiento : 6000 Kg/ha
8. Propietario : Miguel Camacho Cervantes
9. Distanciamiento : 0.30 X 0.70 cm
10. Fecha : junio 2014
11. Lugar : Abancay – Apurímac

B. COSTOS VARIABLES

1. Costos De Mano De Obra					
Descripción	Mes	Unidad De Medida	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Almacigado	Junio	Jornal	2	35.00	70.00
Riego Machaco	Junio	Jornal	2	35.00	70.00
Preparación de Terreno	Junio	Jornal	1	35.00	35.00
Aradura y Rastrado	Junio	Jornal	1	35.00	35.00
Surcado	Junio	Jornal	2	35.00	70.00
Trasplante	Junio	Jornal	5	35.00	175.00
Aporque y Fertilización	Julio	Jornal	8	35.00	280.00
Riego	Jun - Oct	Jornal	15	35.00	525.00
Aplicación De Biofertilizante	Jul - Oct	Jornal	8	35.00	280.00
Cosecha	Set - Oct	Jornal	8	35.00	280.00
Sub-Total					1820.00
2. Costos de Maquinaria, Equipo y Herramientas					
Descripción	Tipo	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Arado	Tractor	Hora	3	40.00	120.00
Rastrado	Tractor	Hora	3	40.00	120.00
Surcado	Tractor	Hora	2	40.00	80.00
Aplicación De Biofertilizante	Mochila	Día	8	15.00	120.00
Herramientas	Varios	Unid	24	0.70	16.80
Sub-Total					456.80
3. Costo De Insumos Materiales y Envases					
Especificaciones	Mes	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Semilla	Junio	Kilos	0.5	120.00	60.00
Guano De Isla	Julio	Sacos	8	50.00	400.00
Microorganismos Eficientes	Jul - Oct	Litros	40	2.00	80.00
Jabas	Set - Oct	Unid	8	13.00	104.00
Sub-Total					644.00
4. Gastos En Transporte					
Detalle	Mes	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Traslado De Insumos	Junio	Flete	1	15.00	15.00
Traslado De Producción	Set - Oct	Flete	300	0.50	150.00
Traslado De Personal	Jun - Oct	Pasaje	16	4.00	64.00

Sub-Total	229.00
Total De Costos Variables	3149.80

B. COSTOS FIJOS

Gastos Administrativos 5% De CV	157.49
Gastos Generales 5% De CV	157.49
Gastos Financieros 6% De CV	188.99
Imprevistos 5% De CV	157.49
Total De Costos Fijos	661.46

C. COSTO TOTAL (CF+CV)	3811.26
-------------------------------	----------------

D. ANÁLISIS ECONÓMICO

ÍTEM	FRUTO FRESCO
Rendimiento Kg/Ha	6000.00
Precio De Venta (PV)	2.00
Valor Bruto De La Producción (VBP = Rend. x PV)	12000.00
Costos Variables (CV)	3149.80
Costos Fijos (CF)	661.46
Costo Total (CT)	3811.26
Utilidad Bruta (VBP - CT)	8188.74
Rentabilidad (VBP/CT)	3.15
Costo Unitario (CT/Rend.)	0.64

ANEXO N° 07

Fotografías tomadas antes, durante y después del trabajo de investigación.



Fotografía N° 01. Microorganismos capturados.



Fotografía N° 02. Solución madre de microorganismos eficientes autóctonos.



Fotografía N° 03. Delimitación de la parcela experimental: trazado de surcos y señalización con yeso.



Fotografía N° 04. Plántulas de tomate instalados en campo definitivo.



Fotografía N° 05. Fertilización a cada unidad experimental.



Fotografía N° 06. Tapado de los abonos orgánicos.



Fotografía N° 07. Las unidades experimentales con sus respectivos carteles de identificación indicando los tratamientos.



Fotografía N° 08. Preparando los tratamientos en estudio.



Fotografía N° 09. Aplicación de los tratamientos a las parcelas.



Fotografía N° 10. Riego de las parcelas experimentales.



Fotografía N° 11. Evaluación de plagas: presencia de mosca blanca.



Fotografía N° 12. Etapa de fructificación.



Fotografía N° 13. Cosecha de frutos de tomate.



Fotografía N° 14. Tomates en jabas para ser pesados.



Fotografía N° 15. Pesado de los frutos de tomate.



Fotografía N° 16. Pesado de las raíces de tomate.