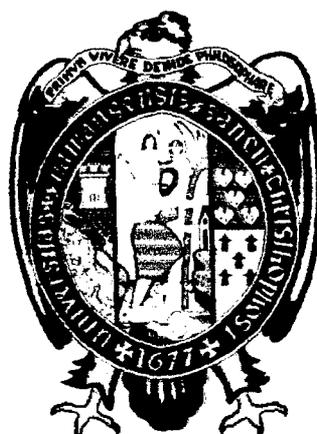


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE TOMATE
(*Lycopersicum esculentum* Mill) CANAAN A 2750
msnm. AYACUCHO”**

Tesis para Obtener el Título Profesional de
INGENIERA AGRÓNOMA

Presentado por
GUTY IDALIA CALDERÓN CÁRDENAS

Ayacucho – Perú

2011

**“BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill) CANAAN A 2750 msnm.
AYACUCHO”**

Recomendado : 27 de diciembre de 2010
Aprobado : 05 de enero de 2011



M.Sc. ING. RAÚL JOSÉ PALOMINO MARCATOMA
Presidente del Jurado



ING. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Miembro del Jurado



M.Sc. ING. ROLANDO BAUTISTA GÓMEZ
Miembro del Jurado



DRA. NERY LUZ SANTILLANA VILLANUEVA
Miembro del Jurado



M.Sc. ING. RAÚL JOSÉ PALOMINO MARCATOMA
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

Primeramente doy gracias a DIOS por haberme dado la salud, entendimiento, sabiduría y la satisfacción de ver concluido este trabajo.

De forma muy especial a mis padres Máximo Calderón Yuyali y Nely Cárdenas García a mis hermanos Nair, Nely, Max y Thalía que siempre me tendieron la mano cuando más los necesitaba.

A todos mis familiares y amigos quienes contribuyeron con su aliento y entusiasmo en el seguimiento de mis estudios.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de huamanga, como alma mater por brindarme la oportunidad de realizarme como profesional y en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias y la Escuela de Formación Profesional de Agronomía.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias por sus enseñanzas y contribución durante mi formación profesional.

Al mis asesores Ing. Walter A. Mateu Mateo y mi co - asesora la Dra. Blga. Nery Santillana Villanueva, por su desinteresada labor para hacer realidad el presente trabajo de investigación.

A mi padre Máximo Calderón Yuyali, a la Blga. Roberta Esquivel, a mis amigas Jaqueline, María Elena, Jurgen, Susana y a los trabajadores del Centro Experimental Canaán que contribuyeron de una u otra forma en la ejecución del presente trabajo.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: REVISION LITERARIA	4
1.1 Del cultivo	4
1.1.1 Origen y distribución	4
1.1.2 Taxonomía	5
1.1.3 Clasificación agronómica	6
1.1.4 Variedades	6
1.1.5 Descripción botánica	7
1.1.6 Clima y adaptación	9
1.1.7 Factor suelo	10
1.1.8 Manejo del cultivo	10
1.2 Hongos Micorrícicos	19
1.3 Del Azotobacter	26
1.4 De las Rizobacterias	33
CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.1 Ubicación del ensayo	35
2.2 Historia del terreno	35
2.3 Análisis químico del suelo	36
2.4 Clima	37
2.5 Material experimental	40
2.6 Factores en estudio	41

2.7	Tratamientos	41
2.8	Diseño experimental	42
2.9	Características del Campo experimental	42
2.10	Instalación y conducción del experimento	44
2.11	Variables evaluadas	47
CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES		50
3.1	Días a la floración de tomate	51
3.2	Altura de planta de tomate	53
3.3	Peso de raíz de tomate	56
3.4	Frutos por planta de tomate	60
3.5	Rendimiento de frutos de primera	63
3.6	Rendimiento de frutos de segunda	66
3.7	Rendimiento total de frutos	69
3.8	Análisis de correlación	73
3.9	Análisis económico	74
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		75
RESUMEN		78
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		79
ANEXOS		89

INTRODUCCIÓN.

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) es la hortaliza mas cultivada y comercializada en el mundo con una producción cercana a los 80 000 toneladas; nuestro país es de los estados latinoamericanos que mas área dedica a este cultivo, sin embargo, sus rendimientos son del orden de las 10tn/ha como promedio, muy distante de los rendimientos que se obtienen hoy en día, a nivel mundial. La producción mundial, estimada en más de 88 millones de toneladas métricas en el año 1997 (FAOSTAT, 1998), esta liderada por países como China, Estados Unidos, Turquía, Italia, Egipto, India, España, Brasil, Rusia y Chile, donde se concentra el 65% de la producción. La mayor parte de la producción es comercializada por Estados Unidos y la Unión Europea -72% de la exportación y el 94% de la importación. (Hobbelink y col., 1997).

El desarrollo adecuado del cultivo demanda una elevada aplicación de fertilizantes minerales y pesticidas por lo que dichos insumos químicos implica no solo un costo y requerimiento energético elevados, sino que su

aporte indiscriminado pudiera provocar problemas de salinización y contaminación del manto freático. El desarrollo vegetal puede incrementarse con la utilización de elemento biológicos que actúan de forma coordinada en la inter fase suelo-raíz, entre estos y como factores imprescindibles se encuentran los microorganismos como Azotobácter, Rizobácterias y Hongos Micorrícicos (Fernández, 1997).

En el marco de una agricultura sostenible, la utilización de microorganismos debe ser considerada en el diseño de cualquier sistema de producción agrícola, pues además de ser estos micro simbioses, componentes inseparables de los agro ecosistemas, realizan diversas funciones en su asociación con las plantas, pues pueden constituir sustitutos biológicos de los fertilizantes minerales (Thompson, 1974).

La inoculación de las plantas con microorganismos provoca de manera general un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes, tales como: P, N, K, Mg, Zn, Cu, Mo, B (Koide, 1988).

Los microorganismos son aplicados al suelo para desempeñar funciones específicas, las que benefician la productividad de las plantas, incluyendo la fijación del nitrógeno, la solubilización del fosforo, la producción de estimuladores del crecimiento vegetal y el biocontrol de patógenos, entre otros (Fernández, 1997).

La utilización de estos microorganismos no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se hace mas eficiente y se puede

ahorrar cantidades importantes de fertilizantes minerales al tiempo que se logra una mayor absorción de los nutrientes disponibles en el suelo por parte de las plantas (Tejera, 2005).

Por las razones mencionadas se ha planteado el presente trabajo con los siguientes objetivos:

1. Determinar la influencia de los biofertilizantes en el periodo vegetativo y rendimiento de frutos.
2. Determinar la correlación entre las variables evaluadas como el rendimiento.
3. Determinar la rentabilidad económica de los tratamientos estudiados.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 DEL CULTIVO

1.1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Rodríguez, et al (1 997), señala que el tomate es una planta cuyo origen se localiza en Sudamérica y más concretamente en la Región Andina, aunque posteriormente fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndose por todo el continente.

Anderlini (1 970), señala como centro de origen del tomate a México y Perú de donde los españoles introdujeron el tomate en Europa desde el descubrimiento de América, en donde no utilizaron sus frutos en la alimentación, si no fue difundido como planta ornamental.

Van (1 981), afirma que el tomate es una planta originaria del Perú, Ecuador y México, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI. Al principio, el tomate se cultivaba como planta de adorno. A partir de 1 900, se extendió el cultivo como

alimento humano.

Casseres (1 980), menciona que el centro de origen del tomate es la región comprendida entre el Perú y Ecuador y como punto de diversificación Veracruz y Puebla en México, que a dado origen a las formas cultivadas, así mismo señala que el tomate no es autóctono de México si no fue introducida en ese país en tiempos antiguos.

Toovey (1 982), señala que el tomate es oriundo de las estribaciones occidentales de los Andes (América del sur), y que luego fue introducido a Italia a mediados del siglo XVI, extendiéndose por Europa Central e Inglaterra. Igualmente señala que en aquella época se le conocía con los nombres de manzana peruana, dorada o del amor.

Casas (1 981), manifiesta sobre el origen y el proceso de domesticación tomate a la que pudo haber sido sometido, está aún en discusión, aunque el peso de las evidencias sugiere a México como su más probable centro de origen.

1.1.2 TAXONOMÍA

Casas (1 981) y García (1 959), manifiestan que el cultivo de tomate pertenece a la siguiente ubicación taxonómica:

Reino	:	Vegetal.
División	:	Fanerógamas
Sub-división	:	Angiospermas
Clase	:	Dicotiledóneas

Sub-clase	:	Metaclamideas
Súper-orden	:	Tubiflorales
Orden	:	Escrofulariales
Familia	:	Solanáceas
Tribu	:	Solaneae
Género	:	Lycopersicum
Especie	:	<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill.
Nombre común	:	Tomate, Pomodoro y Jitomate
Ploidia	:	2n = 24 (diploide)

1.1.3 CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA

Van (1 981), indica según el hábito de crecimiento del tomate que se puede distinguir dos tipos distintos, que son los determinados y los indeterminados.

La planta determinada, es de tipo arbustivo, de porte bajo, pequeño y de producción precoz. Se caracteriza por la formación de la inflorescencia en el extremo del ápice.

El tomate de crecimiento indeterminado crece hasta alturas de 2 m o más, según el empalado que se aplique.

1.1.4 VARIEDADES

Anderlini (1 970), señala:

- a) Variedades para la producción de concentrados, que precisan

variedades con bayas de color rojo vivo, provistas de surcos, a fin de que resistan los transportes y permitan el lavado de la piel durante la elaboración industrial.

- b) Variedades para conserva de tomate al natural pelado. Las variedades indicadas para este uso deben tener ante todo, bayas de forma alargada, que permitan un fácil pelado y una fácil colocación en los potes.
- c) Variedades para consumo en fresco. Las características exigidas para las variedades de mesa deben ser las que demanden los mercados extranjeros. El tamaño de la baya debe ser medio y la producción muy uniforme; formas redondas lisas, el pedúnculo y cáliz deben desprenderse fácilmente del fruto.

1.1.5 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Casas (1 981), señala:

- **Raíz**

El sistema radicular es fusiforme, consta de una raíz principal de la que salen raíces principales fibrosas.

- **Tallo**

El tallo es herbáceo y adquiere mayor consistencia conforme avanza su estado de maduración. Durante el periodo de desarrollo se mantiene erguido, hasta que el propio peso lo recuesta sobre el suelo y se vuelca.

- **Hojas**

La disposición de las hojas sobre los tallos es alterna, estas son compuestas, imparipennadas, pecioladas; miden de 10 a 40 centímetros de largo, de color verde grisáceo y con abundantes pelos glandulosos que despiden mal olor como el tallo.

- **Flores**

Las flores son hermafroditas, actinomorfas, dispuestas en un racimo simple, bifurcado o dicótomo, o en racimos policótomos (más de 2 bifurcaciones). El racimo simple se presenta con mayor frecuencia en la parte inferior de la planta, y los otros tipos son más comunes en la parte superior. El número de inflorescencias varía de 4 a 12 ó más. La antesis floral ocurre gradualmente, de modo que en un racimo puede haber flores como frutos en diferentes etapas de desarrollo.

- **Fruto**

El fruto es una baya de forma variada. Puede ser globular, esférico alargado, o periforme. El tamaño varía de 2 gramos como el tomate cereza, a 500 gramos, como el de las variedades para el consumo fresco. El fruto es carnoso, glabro, algo aplanados por sus caras o surcados, dependiendo del cultivar o especie. El color de los frutos depende de la cantidad total de pigmentos carotenoides (licopina y B-caroteno). Los colores que presentan pueden ser variados, amarillos, anaranjados, rojos, verdes o blanquecinos.

El fruto es de piel, pulpa, placenta y semillas. La epidermis, está constituida por una capa de células de paredes externas, engrosadas por la

cutícula.

Finalmente podemos decir que el fruto constituye la parte más importante, por lo que se cultiva esta planta, y es consumida en forma fresca o es dedicado a fines industriales, siendo materia prima para las industrias del tomate procesado.

- **Semilla**

Las semillas maduras son ovales y achatadas lateralmente, de tamaño variable de 3 mm a 5 mm de ancho. Las cubiertas seminales de color pajizo, cubierto por pelos cortos y duros de color grisáceo, que son restos de la capa más externa del tegumento.

1.1.6 CLIMA Y ADAPTACIÓN

Van (1981), afirma que el tomate es una planta de clima cálido, resistente al calor y a la falta de agua, produciendo bien en climas con temperaturas de 18 °C a 26 °C, las temperaturas óptimas durante el día y de la noche, son de 22 °C y de 16 °C respectivamente.

El tomate no resiste a heladas en ninguna etapa de su desarrollo. El clima húmedo, con temperaturas altas y una humedad relativa superior al 75 %, es poco apropiado, debido a que esto favorece el ataque de enfermedades fungosas.

Anderlini (1970), precisa temperaturas sensiblemente altas para asegurar el ciclo total de su vegetación y llegar a madurar completamente

sus frutos. La planta se desarrolla rápidamente de 14 a 31 °C, moderadamente a 33 °C y se detiene a 35 °C.

1.1.7 FACTOR SUELO

Van (1 981), manifiesta que el tomate puede producirse en suelos con un rango bastante amplio en la reacción o pH, la reacción puede ser moderadamente acida hasta ligeramente alcalina, o sea, de pH 6.0 a pH 7.2

1.1.8 MANEJO DEL CULTIVO

▪ Preparación del Terreno

Fersini (1 976), menciona que la preparación del suelo es muy importante para el éxito en el rendimiento del cultivo. La primera labor que se realiza es arreglar el fondo del terreno, que debe estar absolutamente limpio de las malas hierbas, porque esto merma los esfuerzos físicos y económicos.

▪ Siembra

Cerna (1 994), señala que la modalidad de siembra al trasplante permite llevar al campo plantas con adecuada altura capaces de competir con las malezas cuyas semillas comienzan a iniciar su germinación y crecimiento en condiciones de terreno húmedo. Entretanto, con la siembra directa el problema es mas grave, pues la competencia se da con el riego de germinación que se da al cultivo.

Van (1 981), dice que el establecimiento de un cultivo de tomate puede iniciarse en semilleros o bien mediante siembra directa en el campo definitivo. El método que se debe seguir depende de las circunstancias hortícolas prevalentes en la región.

- **Almacigo**

Van (1 981), manifiesta que en el almacigo se siembra hasta 2.5 g de semilla por cada metro cuadrado, que equivale a unas 800 semillas por metro cuadrado. Se siembra a una profundidad de 0.5 cm en suelos pesados y hasta una profundidad de 1.5 cm en suelos sensibles a la sequía.

- **Densidad de Siembra**

Van (1 981), dice que la distancia de trasplante y la densidad de plantas por hectárea depende principalmente del sistema de cultivo y de la variedad del tomate.

Igualmente manifiesta, la óptima densidad de siembra, para el sistema de plantas acostadas, es de 40 000 a 60 000 plantas/ha según las características de la variedad. Las distancias entre plantas pueden ser 25 x 150 cm, o distancias de 20 x 90 ó 25 x 100 cm, según la variedad y la densidad para el sistema de plantas tutoradas varia entre 15 000 y 35 000 plantas por hectárea.

Ferran (1 975), afirma que para la densidad de plantas es muy importante la luz en caso de la penetración deficiente las plantas resultan raquíticas, los

tallos crecen demasiado ligeros a comparación de las hojas. A una excesiva penetración de luz puede producir quemadura de los frutos y una acumulación de almidón en las hojas.

Maroto (1 986), señala que cuando el cultivo es destinado para el consumo en fresco, requiere surcos separados entre 0.8 a 1.2 m y entre plantas una distancia de 0.25 a 0.50 m.

Messiaen (1 979), dice que la densidad de plantas, está en función de los métodos de conducción del cultivo y variedades. Por tanto, en variedades determinadas debe utilizarse distanciamientos entre surcos de 0.6 a 1.0 m y entre plantas 24 cm, en variedades indeterminadas la distancia entre surcos de 1.0 a 1.2 m y entre plantas 33 a 40 cm.

- **Trasplante**

Zevallos (1 985), dice que el trasplante de las plántulas hacia terreno definitivo, debe de realizarse a los 45 días aproximadamente de la siembra del almacigo y trasplantarse a la mitad de la costilla del surco para evitar daños al efectuarse el riego.

Van (1 981), manifiesta que el momento del día mas adecuado para el trasplante en cálido, es hacia el atardecer o por la noche. En caso de riego previo al trasplante, se puede trasplantar durante todo el día, igual que climas templados o durante días frescos.

- **Abonamiento**

Villarreal (1 982), señala que antes de la siembra se debe incorporar al suelo una tercera parte de la cantidad del nitrógeno más el total de P y K; luego de 60 días del trasplante se aplica otra tercera parte de N y a los 100 días después del trasplante el resto del nitrógeno.

Messiaen (1 979), menciona que el tomate requiere un abonamiento orgánico de fondo y abono mineral; recomienda 200-100-200 de NPK fraccionando el nitrógeno en $\frac{1}{2}$ para la siembra, y la otra mitad a los 30 a 60 días después del trasplante.

Bullon (1 985), dice en cuanto a las variedades de alto rendimiento necesitan ser abonados con formulas de 200-160-100 de NPK. Los fertilizantes más apropiados son: Urea que contiene 46% de N, superfosfato de calcio con 20% de P_2O_5 y cloruro de potasio con 60% de K_2O .

- **Riegos**

Maroto (1 986), considera que el tomate es una planta sensible a la escasez o al exceso de riego. Los agricultores dejan transcurrir un cierto tiempo sin regar, para que las raíces profundicen y la planta sea obligada a florecer.

Anderlini (1 970), señala que el riego es importante para obtener una producción óptima, en los periodos de sequía las plantas no progresan en su desarrollo y hasta las flores no cuajan. Cuando las plantas están en plena floración es conveniente evitar periodos de sequía para no provocar el

corrimiento de las flores y disminuir la producción.

Fersini (1976), manifiesta que el riego se debe realizar en el momento de la siembra, trasplante y se prolonga en periodos más o menos regulares según la frecuencia de lluvias, naturales del terreno y necesidad del cultivo.

▪ **Cuidados Culturales**

Beingolea y Camasca (1987), dicen que los deshierbos se pueden realizar cada vez que aparezcan las malas hierbas, siendo de gran importancia los primeros raspados; cuando las plantas son aún pequeñas.

Cerna (1994), considera que en condiciones de infestaciones homogéneas de cualquier maleza perenne, el periodo de mayor influencia negativa en el tomate ocurre entre la tercera y quinta semana después del trasplante, mientras que en infestaciones de malezas anuales el periodo se amplía desde la tercera semana hasta la floración u octava semana después del trasplante debido a que se producen reinfestaciones poblacionales, mas aun cuando se incrementa la frecuencia de riegos.

Además sobre el control mecánico considera que puede realizarse de dos modalidades, en forma manual o en forma mecanizada con el objeto de cortar parte de la planta ocasionando su muerte o disminuye su capacidad competitiva y en otros casos se ejecuta para desprender las malezas del suelo.

- **Aporque**

Fersini (1 976), dice que el aporque consiste en aplicar una cierta cantidad de tierra alrededor de las plantas para defenderlas, contra la sequía y proteger las raíces más superficiales, favoreciendo el surgimiento de otras. Por otro lado defender contra las heladas y aumentar la resistencia de tallos débiles.

Zevallos (1 985), señala que el aporque es el trabajo de campo que tiene el objeto de alejar la planta del surco de riego, evitar la pudrición y el ataque de los hongos. El primer aporque se debe realizar a los 30 días después del trasplante y luego a los 2 meses del trasplante aprovechando la segunda dosis de nitrógeno.

Maroto (1 986), considera que con el aporque se consigue que las plantas emitan raíces adventicias, facilitando su desarrollo y anclaje, suele realizarse a los 3 a 4 semanas de haber realizado el trasplante.

- **Soporte o Tutores**

Van (1 981), manifiesta que el sistema de plantas tutoradas se usa para el consumo directo. Este tipo requiere de variedades de tipos indeterminados.

El sistema de plantas acostadas predomina en la producción de tomate para la industria, este sistema exige variedades cuyo fruto no se deteriore al estar en contacto con el suelo, exige de zonas semiáridas o regiones de clima seco para este tipo de cultivo.

- **Poda**

Van (1 981), dice que la poda consiste en eliminar los brotes laterales con el fin de conservar el tallo principal. El tomate de crecimiento tipo determinado no requiere poda, por que es de floración apical. Por ello, se controla a si misma.

- **Cosecha**

Van (1 981), afirma que la primera cosecha de una variedad precoz se realiza a los 70 días después del trasplante. De una variedad tardía, bajo condiciones de crecimiento lento, se obtiene la primera cosecha a los 100 días después del trasplante.

Janick (1 965), señala que los tomates destinados para el consumo fresco, son recolectados cuando se hallan de color ligeramente rosado, a partir del cual maduran de una forma natural fuera de la planta. Los tomates pueden ser igualmente recolectados en estado verde, ser almacenados y maduran de una forma artificial.

- **Clasificación**

Van (1 981), menciona que la clasificación se realiza de acuerdo al tamaño, calidad y color de la piel. También señala que la clasificación según el tamaño, varía de acuerdo a la región, exigencias del mercado y características de la variedad del tomate.

- **Rendimiento**

García (1959), manifiesta que los rendimientos de tomate pueden llegar a 50 toneladas por hectárea, cuando en el abonamiento se incluye el estiércol y el abono químico de manera adecuada.

Bullon (1985), señala que en el rendimiento para las variedades de consumo fresco en plantas tutoradas es de 30 t/ha y para las variedades industriales dan rendimiento de 40 t/ha.

Maroto (1986), señala que los rendimientos en termino medio para las variedades de consumo fresco es de 40 t/ha; para las variedades híbridas de mayor precocidad con técnicas forzadas de 70 t/ha. en invernaderos de 100 t/ha.

- **Control de plagas y enfermedades**

- Plagas**

Villarreal (1982), dice que los insectos mas peligrosos del tomate, son los que transmiten las enfermedades virósicas, tales como: áfido (*Mysus persicae*) transmisor del enrollamiento de las hojas, la mosca blanca (*Bemisia tabasi*) transmisora del encrespamiento de las hojas y el trips (*Trips tabasi*) transmisor del virus del enrollamiento manchado.

Zevallos (1985), afirma que la principal plaga que causa daño al tomate es el gusano de tierra o cortador que causan las larvas atacando las hojas, tallos y frutos. Se controlan con una buena preparación del terreno y control químico.

Enfermedades Bióticas

Bazan (1 975), manifiesta que los factores limitantes de este cultivo, son principalmente las enfermedades y los mas importantes son: El hiello fungoso y nemátodos que actúan en forma compleja con los hongos (*Fusarium sp.*) y (*Verticilium sp.*). El síntoma que producen es un completo marchitamiento.

García (1 959), señalan que la ranca es producido por el hongo denominado (*Phytophthora infestans*), produciendo manchas amarillas y mas tarde manchas negruscas de forma irregular sobre el haz de las hojas posteriormente las hojas atacadas se agrupan y se desecan rápidamente si el tiempo es seco.

Enfermedades Abióticas

Rodríguez (1 982), manifiestan que la caída de las flores como una enfermedad fisiológica, es causa de que las plantas sean sometidas a una baja humedad, altas temperaturas y vientos cálidos y la excesiva fertilización nitrogenada.

Maroto (1 986), señala como una causa para las enfermedades fisiológicas a las precipitaciones de granizo que resulta muy peligrosa cuando la planta esta mas desarrollada, provocando el rompimiento de las hojas, tallos y flores y los frutos dañados quedan despreciados comercialmente. También señala al soleamiento excesivo en la superficie del fruto que causan manchas de color blanquecina.

Van (1981), afirma que las enfermedades fisiogénicas, pueden ser causadas por deficiencias de nutrientes o desordenes nutricionales y factores adversos del clima.

1.2 HONGOS MICORRÍCICOS

1.2.1 Generalidades

González (2006), indica que, las micorrizas son asociaciones beneficiosas entre hongos microscópicos del suelo y las raíces de la mayoría de las plantas terrestres. Se estima que más del 90% de las especies vegetales existentes son susceptibles de formar micorrizas.

Las micorrizas desempeñan actividades de considerable incidencia en el sostenimiento de los agrosistemas ya que son fundamentales para la absorción de nutrientes y agua por las plantas, a las que protegen del impacto negativo de estreses bióticos y abióticos.

La planta hospedadora proporciona al hongo los componentes carbonados necesarios para su desarrollo. Por su parte, el hongo suministra a la planta nutrientes minerales y agua que extrae del suelo mediante la red de hifas externas que se desarrollan en el mismo.

Existen distintos tipos de propágulos con capacidad para establecer la simbiosis, como son las esporas, que constituyen las formas de resistencia de estos hongos, los fragmentos de raíces micorrizadas de plantas preexistentes y finalmente, las redes de hifas que sobreviven en el suelo. En condiciones favorables como la presencia de exudados radicales,

pueden favorecer a que las esporas germinen y se inicie el establecimiento de la simbiosis micorrícica.

1.2.2 Ventajas de la Micorrización

Wang (2006), indica que, las ventajas proporcionadas por la micorrización para las plantas son numerosas. Gracias a ella, la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también capta con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. La protección brindada por el hongo hace que, además, la planta sea más resistente a los cambios de temperatura y la acidificación del suelo derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio. Por si todo esto fuera poco, algunas reacciones fisiológicas del hongo inducen a la raíz a mantenerse activa durante más tiempo que si no estuviese micorrizada.

Todo esto redundando en una mayor longevidad de la planta: de hecho, se ha comprobado que algunos árboles, como los pinos, son incapaces de vivir más de dos años cuando están sin micorrizar. En otras especies, esta unión es tan estrecha que sin ella la planta no puede subsistir, como es el caso de las orquídeas. Las plantas cuyas semillas carecen de endosperma (sustancias alimenticias de reserva) dependen completamente del hongo para alimentarse y germinar posteriormente.

La infección de la raíz por el hongo se produce a partir de propágulos presentes en el suelo. Pueden ser esporas y trozos de hifas del

hongo y también raíces ya micorrizadas. Con el fin de asegurar el éxito de la empresa, la siembra de la mayoría de plantas comestibles o de decoración y las repoblaciones forestales que se llevan a cabo en la actualidad acompañan las nuevas plantas y brotes con fragmentos del hongo más adecuado para establecer asociaciones micorrícicas con cada especie que se vaya a cultivar.

1.2.3 Micorrizas y Tolerancia Frente al Estrés

Calvente (2006), indica que, las plantas ya sean especies vegetales de interés agrícola, forestal, ornamental o paisajístico sufren con frecuencia numerosos estrés de distinta índole. En las últimas décadas numerosos grupos científicos de reconocido prestigio han investigado los mecanismos por los cuáles las plantas micorrizas resisten y/o toleran estreses de tipo abiótico y biótico. La simbiosis micorrícica contribuye a incrementar la resistencia/tolerancia de las plantas a salinidad, sequía, estados de deficiencia en nutrientes, exceso de metales pesados, degradación del suelo, ataques de patógenos del suelo etc. A continuación se ofrece un resumen del efecto de las micorrizas ante cada caso de situación.

1.2.4 Suelos con desequilibrada fertilidad

El efecto beneficioso más y mejor estudiado que ejercen las micorrizas sobre las plantas es, sin duda, el que conduce a una mejora del crecimiento así como de su estado nutricional. Este efecto es mayor y más

patente en suelos con una baja o desequilibrada fertilidad. Las plantas micorrizadas presentan un aporte extra de nutrientes absorbidos por el micelio externo de los hongos micorrícicos. Este micelio es capaz de captar P en forma de ión fosfato, así como N en forma de nitrato o amonio. Sin duda el P, es el elemento nutricional que es aportado cuantitativamente de forma más importante a la planta. Asimismo, otros nutrientes importantes como el Zn, Fe o Cu son también absorbidos y transferidos a la planta de micro hábitats distantes hasta 25 cm de la superficie de la raíz (mucho más allá de la zona de agotamiento que la rodea) y transferírseles a las plantas con las que se asocian. De esta forma el alcance de la planta a los nutrientes del suelo y al agua está considerablemente potenciado por la micorriza.

1.2.5 Estados de déficit hídrico

En diversos estudios se ha demostrado que las micorrizas ayudan a la planta a superar situaciones de estrés hídrico. Particularmente se ha demostrado que el micelio externo se despliega por la rizófora absorbiendo y transportando agua hacia la planta. Asimismo, las hifas de los hongos micorrícicos, con un diámetro de 2-5 μm , pueden penetrar en poros del suelo que resultan inaccesibles incluso para las raíces más finas (10-20 μm de diámetro).

De esta forma las plantas micorrizadas exploran y explotan en mayor medida los recursos hídricos disponibles. Pero también una planta

micorrizada tolera y se recupera antes de periodos de sequía gracias a otros mecanismos indirectos como son la mejora del ajuste osmótico, cambios en las propiedades del suelo y en la capacidad de retención de agua, cambios en las propiedades del suelo y en la capacidad de retención de agua, estimulación de actividades asimilativas esenciales para la planta y protección frente al daño oxidativo generado por la limitación hídrica.

1.2.6 Micorrizas y control integrado de enfermedades

Los microorganismos patógenos son componentes habituales de los ecosistemas naturales y agronómicos, que pueden causar importantes pérdidas en el rendimiento agrícola como consecuencia de su ataque y el consiguiente desarrollo de enfermedades. En las últimas décadas se han venido utilizando elevadas cantidades de agroquímicos para paliar estas enfermedades, pero dado que se crean resistencias a los mismos, que producen serios problemas de contaminación ambiental, y que llevan implícito un elevado riesgo sanitario, se están estudiando nuevas estrategias alternativas a su uso. Una de tales estrategias se basa en el uso de microorganismos rizosféricos capaces de ejercer algún tipo de antagonismo sobre microorganismos patógenos para la planta y que, por tanto, beneficiarán indirectamente el desarrollo de ésta. Tal estrategia implica el manejo racional y dirigido de microorganismos antagonistas apropiados como agentes de control biológico de enfermedades. Además del uso de tales microorganismos antagonistas, en los últimos tiempos despierta un

elevado interés el papel que las micorrizas ejercen confiriendo una mayor resistencia/tolerancia a las plantas frente al ataque de patógenos que causan enfermedades a los cultivos. Tales efectos son difíciles de generalizar y dependen en gran medida de la especie vegetal implicada, del hongo micorrícico, el patógeno y su nivel de virulencia y de las condiciones medioambientales. En general se ha descrito que las micorrizas reducen los síntomas cuando se trata de enfermedades que afectan al sistema radical. Una condición imprescindible para que se manifieste esta protección es que la simbiosis esté establecida antes de que se produzca el ataque del patógeno.

1.2.7 Mecanismos sugeridos para explicar el efecto de las micorrizas en el control de patógenos

➤ Mejora de la nutrición de la planta.

Numerosos estudios avalan que la mejora del estado nutricional en plantas micorrizadas les proporciona una mejor situación fisiológica, lo cual les permite a su vez combatir, de forma más efectiva al patógeno.

❖ Competición por fotosintetizados.

Dado que es fundamental que la simbiosis esté bien establecida antes del ataque del patógeno para ser efectiva, el hongo micorrícico tiene un acceso prioritario a los productos carbonados sintetizados por la planta.

❖ Competición por sitios de colonización/infección.

Al igual que ocurre con la competición por fotosintetizados, puede

ocurrir competición por sitios de infección de forma que cuando llega el patógeno, éstos están ya ocupados por el hongo micorrícico. Existe un trabajo de investigación que muestra como las células que contienen arbusculos no son invadidas por determinados patógenos.

❖ Producción de cambios histológicos en el sistema radical.

La colonización micorrícica incrementa la lignificación de las células endodérmicas de la raíz lo que dificulta la entrada de microorganismos patógenos. Este aumento en la lignificación es debido a la inducción de la ruta de biosíntesis de fenilpropanoides y la consecuente formación de precursores de la pared celular.

➤ Inducción de cambios en las poblaciones de microorganismos en la micorrizosfera.

Las modificaciones fisiológicas que experimentan las raíces micorrizadas provocan cambios en la cantidad y composición de los exudados radicales que liberan al suelo, y en el pH de la rizósfera (más correctamente denominada micorrizósfera cuando se trata de plantas micorrizadas), lo cual puede inducir cambios en los equilibrios microbianos de la misma.

➤ Activación de los mecanismos de defensa.

En general, las plantas permiten la penetración de los hongos micorrícicos en la raíz, así como su desarrollo inter e intracelular, sin oponer resistencia a su avance. Sin embargo, la planta hospedadora ejerce un control sobre el crecimiento del hongo permitiendo que solamente colonice el

cortex de la raíz. Los hongos micorrícicos inducen inicialmente respuestas de defensa en las plantas hospedadoras que colonizan, pero éstas son localizadas, débiles y transitorias.

1.3 DEL AZOTOBACTER

1.3.1. Generalidades

Frobisher (1969) señala que el género Azotobácter fue descubierto por Beijerinck en 1901 y desde entonces se ha desplegado un enorme interés en estudiar estos organismos debido a la contribución que pueden hacer a la nutrición nitrogenada de las plantas superiores, como plantea Brown et al.(1992).

El Azotobacter es uno de los primeros géneros conocidos como fijadores libres de nitrógeno, siendo el más estudiado en el ámbito mundial a juicio de Martínez y Dibut (1996). Su nombre proviene de la palabra francesa "asoto" que significa nitrógeno y del griego "bacter" que significa bacilo (Hernández et al., 1994) y según esos autores son microorganismos de vida libre de suelo que requieren de sustancias orgánicas como fuente de energía, pero si hay abundancia de NO_3^- y NH_4 , lo emplean con facilidad y no fijan nitrógeno. Son bacterias gram negativas, mótilis; las colonias son viscosas, convexas, lisas o arrugadas y poseen pequeñas inclusiones granulares, el color se presenta en diferentes matices de pardo, producen pigmentos que en ocasiones se difunden en el medio de cultivo (Agar-Asbhy) selectivo para este género (Rubenchik, 1960).

Abundan en suelos bien aireados, neutros o ligeramente alcalinos (pH de 6,0 a 7,5) pero hay formas ácido existentes que crecen a pH inferiores a 5,0; sin embargo, según Martínez et al. (1985) el género está representado en los principales suelos, no se desarrolla bien en los muy ácidos y con limitantes nutricionales.

En la década de los 30, se realizaron numerosas investigaciones en Rusia, las cuales en su mayoría fueron positivas, lo que trajo como consecuencia la preparación de un inoculante comercial, llamado Azotobacterin, que se aplicó durante muchos años, con respuestas positivas en una localidades y negativas en otras, en algunos cultivos (Mishustin y Silnikova, 1971). Estas grandes variaciones en la efectividad del biopreparado en condiciones de producción se debieron a errores cometidos en la selección de cepas, por no haber tomado en cuenta la influencia del quimiotaxismo de las bacterias frente a las secreciones radicales y por haberse seleccionado un grupo muy reducido de cepas que como es lógico, no podían tener una capacidad igual de adaptación para todos los tipos de suelo existentes.

Raznitzina (1938) detectó en cultivos de estas bacterias la presencia de auxinas, Bukatsch et al. (1956) identifican al ácido indolacético y Vancura (1961) encontró ácido giberélico, en tanto que Coppola et al. (1971) y Barea y Brown (1974) hallaron citoquininas en cultivos de bacterias de ese género. Más reciente, González et al (1986) mencionan la presencia de auxinas, giberelinas y citoquininas, en tanto que Dibut et al (1992) detectaron

aminoácidos y citoquininas al aislar cepas de *A. chroococcum*, Martínez y Dibut (1996) mencionan la presencia de ácido indolacético y giberélico y además citoquinina.

Dibut (1988) estudió el efecto quimiotáxico de distintas cepas de *Azotobacter chroococcum* frente a los exudados radicales de la cebolla, seleccionando dos cepas, como las más promisorias, siguiendo este procedimiento se evaluaron varias cepas con fines comerciales, las cuales de acuerdo a los diferentes estudios realizados como los efectos quimiotáxicos, la prueba de ARA (reducción del acetileno), evaluación agronómica, entre otras resultaron eficientes para una amplia gama de cultivos.

Aunque el mecanismo de fijación de esta bacteria es no simbiótico, existe una estrecha relación entre la misma y las plantas a través de la rizosfera, en la cual, éstas proporcionan al microorganismo fuentes de carbono como exudados radicales, células desprendidas, etc. a la vez que las bacterias al morir ceden a la planta el nitrógeno fijado en sus células, lo que resulta de suma importancia en este proceso, según García (1993).

Barea et al (1977), afirma que el poder fertilizante nitrogenado del *Azotobacter* ejercido de forma directa, en el sentido estricto, es bastante bajo y por tanto el uso de dicha bacteria como abono no lo justifica; no obstante, el beneficio que reporta su uso puede estar originado por mecanismos de otros tipos, lo que es confirmado por González et al (1986), Ferrer y Herrera (1991), Acosta et al. (1992), Abbass y Okon (1993), Carletti et al (1994),

Dibut et al (1995) y Hernández et al (1994), quienes plantean que además del efecto nitro fijador del inoculante en su proceso de producción se origina un número grande de sustancias bioestimuladoras tales como auxinas, giberelinas citoquininas, fosfolípidos, ácidos grasos, ácido indolacético y otros, así como sustancias fungistáticas que promueven el crecimiento de las plantas y muchas veces son las responsables, más que el nitrógeno, de su efecto sobre la germinación, floración y vigor de ellas, todo lo cual contribuye a la elevación en los rendimientos. Estas sustancias no sólo incrementan el desarrollo de las plantas, si no que aseguran el establecimiento competitivo de una especie de bacteria particular en la rizosfera (Elmerich, 1992).

1.3.2. Taxonomía

Según Becking (1974), la familia de las Azotobacteriáceas comprende cuatro géneros: Azotobacter, Azomonas, Beijerinckia y Derxia. Cada uno de estos géneros comprende a su vez, las siguientes especies:

- Género Azotobacter: *A. chroococcum*, *A. beijerinckia*, *A. vinelandii*, *A. paspali*
- Género Azomonas: *A. agilis*, *A. insigne*, *A. macrocytogenese*
- Género Beijerinckia: *B. indica*, *B. mobilis*, *B. fluminensis*, *B. derxii*.
- Género Derxia: *D. glummosa*.

1.3.3. Efecto del Azotobacter sobre el rendimiento de las plantas

Se conoce el importante papel que desempeña el Azotobácter en el crecimiento y desarrollo de las plantas, incluso son capaces de incrementar el rendimiento de los cultivos, los valores varían de acuerdo con la bacteria y su afinidad por el cultivo, lo que indica especificidad del microorganismo e incluso de las cepas (Larson y Neal, 1978).

Rubenchick (1960) estudió los 1095 experimentos realizados en Rusia sobre la respuesta en rendimiento al Azotobácter, de ellos en el 81 por ciento se observó un aumento del rendimiento de los cereales, hortalizas y cultivos industriales, además informa que los experimentos efectuados en Checoslovaquia sobre la azotobacterina en 1954, demostraron que los rendimientos de la remolacha azucarera, el maíz la zanahoria y la col , habían aumentado el 39; 15,4; 19.2 y 2.9 por ciento, respectivamente, y los estudios efectuados en Rumania en 1954 mostraron un aumento del 50% en el rendimiento de la corona de girasol. Ridge y Rovira (1968), demostraron que con la inoculación de la azotobacterina había mucha más tendencia al aumento del rendimiento en el grano del trigo que a la disminución. Burges (1968) plantea que en la aplicación del biofertilizante con la dosis completa de fertilizante nitrogenado no hay fijación de nitrógeno, porque las bacterias utilizan el que abundantemente tienen a su alcance y no gastan energía en la fijación (que tiene un alto costo de energía biológica), pero se observa el incremento del rendimiento por la acción de las sustancias activas de la bacteria.

Según Hamdi (1985), muchos de los resultados encontrados fuera de Rusia sobre la respuesta en varios cultivos a la azotobacterina carecen de uniformidad, en Alemania se observaron aumentos del 11% en el rendimiento de la zanahoria, 6.25% en la patata y el 13% en la sustancia verde de la mostaza. En otros casos, por ejemplo en Suiza, Dinamarca, Finlandia y Estados Unidos de América, los resultados han sido negativos

En Cuba se desarrolla, desde 1990, un programa de fabricación y aplicación de Azotobáctera a base de cepas seleccionadas que son capaces de suministrar hasta 50% de los requerimientos de nitrógeno de las plantas mediante la fijación biológica, lo que permite ahorros considerables de fertilizantes químicos, al mismo tiempo que se reduce la contaminación ambiental y los daños a la salud humana ya que se disminuyen las elevadas proporciones de nitratos en los cultivos agrícolas (Bohlool et al 1999).

Muchas de las cepas seleccionadas han sido probadas con gran éxito, tanto en investigaciones como en la producción de posturas o en fase de semillero. Acosta et al., 1992; reporta el papel estimulador de *A. chroococcum* en el crecimiento de raíces, área foliar, altura y desarrollo de las plántulas en general, en cultivos como café, tomate, frutales y cebolla. A la vez, se ha informado reducción entre un 25 y un 50% del fertilizante nitrogenado, así como un efecto estimulador en el rendimiento, floración y fructificación de algunas hortalizas, en especial tomate y otros cultivos cuando se inoculó el suelo o la raíz con estas bacterias (Dibut et al 1995).

Martínez et al. (1985), comprobaron que las aplicaciones foliares de

Azotobácter en las extensas plantaciones de cítricos del país, eran de gran efectividad no sólo en la sustitución del fertilizante, sino en la estimulación de la floración y fructificación, lo que se traduce en rendimientos más altos.

En el caso de la yuca y el camote se aprovecha, además de la actividad fijadora de nitrógeno, la capacidad que tienen las sustancias activas sintetizadas por las bacterias de estimular la fotosíntesis (acumulación de compuestos) y reducir la respiración (gastos compuestos) de las plantas, lo que permite el almacenamiento de fotosintatos, que constituye la base de la formación de tubérculos y raíces, constituida por material de reserva (Martínez, 1998).

En el caso del plátano puede sustituirse el 30% del fertilizante nitrogenado y se produce una aceleración de las distintas variedades fenológicas y de productividad agrícola (Dibut et al, 1995).

De igual modo, en organopónico, González et al (1998) lograron incrementar el rendimiento y la calidad de una sucesión de hortalizas al emplear algunas cepas nativas aisladas de suelos de la provincia de Camagüey, en esta misma provincia, y obtiene incrementos en el rendimiento de las hortalizas al aplicar 4,5 ml de biostín en combinación con otros biofertilizantes y abonos orgánicos en secuencias de cultivos en organopónicos, al igual, Heredia et al (1998) se refieren al efecto beneficioso del biopreparado al aplicarlo en organopónicos conjuntamente con otros biofertilizantes.

1.4 DE LAS RIZOBACTERIAS

- **Rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (PGPR) y su importancia en la nutrición de las plantas**

Se define como "Rizobacterias", a todas las bacterias que poseen la aptitud de colonizar las raíces de las plantas de forma muy intensa (Schroth y Hancock, 1981). Estas poblaciones microbianas juegan un papel muy importante en el desarrollo de las plantas, siendo capaces de colonizar las raíces de forma externa y, en algunos casos, internamente (Klopper y Beauchamp 1992); el interés sobre estas se ha basado en tres aspectos básicos: influencia en la nutrición de las plantas, protección de la raíz del ataque de patógenos procedentes del suelo y producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, tales como ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y otros (Lynch, 1990).

Hasta la fecha, se han acumulado gran número de reportes acerca de microorganismos que aislados de diversos ecosistemas naturales, son capaces de excretar sustancias reguladoras del crecimiento vegetal.

Estas sustancias orgánicas en pequeñas concentraciones influyen sobre el metabolismo de las plantas superiores conllevando a variaciones en su crecimiento y desarrollo; entre ellas las más conocidas son las fitohormonas que son sustancias de elevada actividad biológica (Cobas, 1990).

Según las observaciones de numerosos científicos de todo el mundo, el incremento de los rendimientos del siglo XX en los países

desarrollados, está basado en la obtención de nuevas variedades mediante la Ingeniería genética y el uso de bioestimuladores, entre los que se encuentran los de origen microbiano (Martínez, 1994).

Existen países donde la fijación biológica del nitrógeno se explota en gran escala, como es el caso de Australia, donde por concepto de fijación por las leguminosas se incorporan al suelo 12 800 000 toneladas de nitrógeno al año, por fijación de microorganismos asociativos y de vida libre se incorpora 1 000 000 toneladas de nitrógeno al año y por fertilizante nitrogenado apenas se incorpora 100 000 toneladas de nitrógeno al año.

Estados Unidos por su parte incorpora al suelo 8 600 000 t/año con la fijación de microorganismos asociativos y de vida libre y finalmente mediante la aplicación de fertilizante nitrogenado incorpora 4 900 000 t/año.

En la India, país subdesarrollado el aporte total de nitrógeno es muy bajo, donde 1 200 000 t/año son incorporadas por vía química, 900 000 t/año por fijación de leguminosas y 700 000 t/año por la fijación con microorganismos asociativos y de vida libre; estos datos ponen de manifiesto las grandes posibilidades que existen de explotar adecuadamente los procesos biológicos en función de una mejor nutrición vegetal.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, ubicada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho a una altitud de 2 750 msnm, encontrándose entre las coordenadas geográficas de 13° 08' Latitud sur y 74° 32' Longitud oeste.

2.2 HISTORIA DEL TERRENO

El terreno topográficamente tiene una pendiente de 2%. En la campaña anterior se sembró alfalfa sin conocerse el nivel de abonamiento otorgado.

2.3 ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

Se realizó en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" del Programa de Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, las muestras se tomaron de manera predeterminada a una profundidad de 20 cm, las cuales previamente homogenizadas en la cantidad de 1 Kg. de suelo se llevó al laboratorio para su análisis, obteniendo los siguientes resultados:

CUADRO 2.1: Características físicas y químicas del suelo (Canaán, 2 750 msnm)

Elemento	Cantidad	Método	Interpretación (Ibáñez y Aguirre)
pH	7.4	Potenciometría	Ligeramente básico
Materia orgánica (%)	1.59	Walkley Black	Nivel pobre
Nitrógeno total (%)	0.08	Kjeldahl	Nivel pobre
Fósforo disponible (ppm)	2.11	Bray-Kurtz	Nivel pobre
Potasio disponible (ppm)	163	Turbidimetría	Nivel medio
Arena (%)	43.59	Bouyoucos	Clase textural: franco arcillosa
Limo (%)	17.2		
Arcilla (%)	39.21		

En base a la propuesta de Ibáñez y Aguirre (1 983), el contenido de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible son pobres; el potasio disponible, corresponde a un nivel medio y el pH corresponde a ligeramente básico; finalmente la textura del suelo es franco arcillosa.

Para el cálculo de la fórmula de fertilización, se utilizó los datos de análisis de suelos y extracción del cultivo de tomate para una cosecha de

40 000 Kg/ha de frutos, obteniendo una fórmula de fertilización sintética para el T2 equivalente a 160 – 140 – 20 de NPK y para los tratamientos T3 al T8 se aplicó 1250 Kg/ha de Guano de Isla (13 – 9 – 3 de NPK), la fórmula de fertilización sintética 20 – 00 – 00 de NPK.

CUADRO 2.2: Composición química del guano de isla.

Abono orgánico	pH	M.O	N.t	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
		%	%	%	%	%	%
Guano de isla	7.69	18	12.7	8.50	3.19	6.4	0.72

La determinación de la composición química del Guano de Islas se realizó en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

2.4 CLIMA.

Los datos climatológicos fueron obtenidas de la Estación Meteorológica Pampa del Arco, propiedad de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, situada a una altitud de 2 761 msnm, encontrándose en las coordenadas 13° 08' Latitud Sur y 74° 13' Longitud Oeste en el distrito de Ayacucho.

De acuerdo a la clasificación brindada por la Oficina Nacional de Recursos Naturales (1 976), el lugar donde se realizó el presente trabajo

experimental corresponde a una formación estepa espinoso Montano Bajo Subtropical (ee – MBS).

En el Cuadro 2.2, se muestran los datos meteorológicos de los meses de agosto del 2006 a julio del 2007, donde la temperatura, máxima, media y mínima promedio es de 25.29; 17.12 y 8.96 °C respectivamente. Por tanto se encuentra dentro de los requerimientos óptimos para el cultivo de tomate, según Anderlini (1 970) y Van (1 981). La precipitación anual fue de 446.70 mm. El balance hídrico (Gráfico 2.1), muestra que hay déficit de agua durante los meses de abril a junio, habiendo una adecuada humedad en los meses de diciembre del 2 006 a marzo del 2007.

CUADRO 2.2: Temperatura máxima, media, mínima, precipitación y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2 006 - 2 007, de la Estación Meteorológica de la UNSCH – Ayacucho.

AÑO	2 006					2 007							Total	Prom
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul		
T max	24.3	25.1	27.8	28.1	25.8	25.9	25.1	23.6	24.3	24.3	25.0	24.2		25.3
T min	6.8	8.3	9.3	9.8	11.6	11.4	10.4	11.6	10.4	7.3	4.6	6.0		9.0
T media	15.6	16.7	18.6	19.0	18.7	18.6	17.7	17.6	17.3	15.8	14.8	15.1		
Factor	5.0	4.8	5.0	4.8	5.0	5.0	4.6	5.0	4.8	5.0	4.8	5.0		
ETP(mm)	77.1	80.2	92.0	91.0	92.8	92.4	82.2	87.3	83.3	78.4	71.2	74.9	1002.6	
Pp (mm)	3.6	4.2	11.6	28.0	83.8	66.2	54.9	151.5	34.0	2.5	0.0	6.4	446.7	
ETP Ajust. (mm)	34.4	35.7	41.0	40.5	41.3	41.2	36.6	38.9	37.1	34.9	31.7	33.4		
H del suelo (mm)	-30.8	-31.5	-29.4	-12.5	42.5	25.0	18.3	112.6	-3.1	-32.4	-31.7	-27.0		
Déficit (mm)	-30.8	-31.5	-29.4	-12.5					-3.1	-32.4	-31.7	-27.0		
Exceso (mm)					42.5	25.0	18.3	112.6						

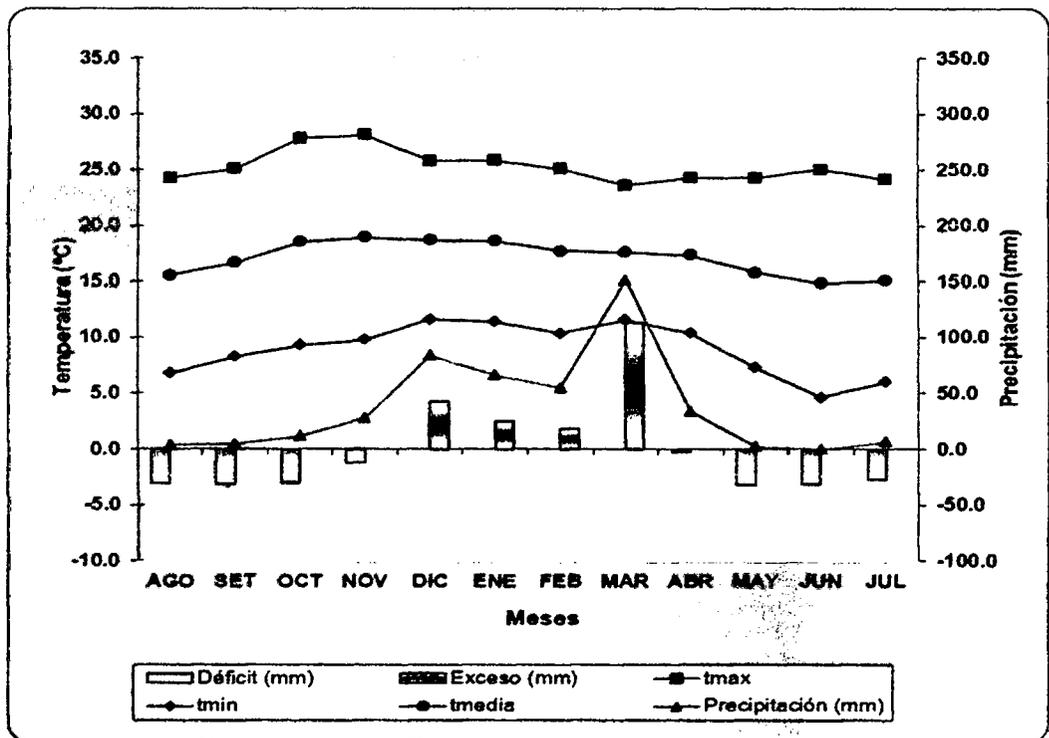


GRAFICO 2.1: Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2,003 - 2,004, de la Estación Meteorológica de la UNSCH – Ayacucho.

2.5 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizó tomate de la Variedad Río Grande Mejorado, cuyas características son:

- Porte determinado.
- Semitardío.
- Adaptado a la recolección mecanizada.
- Crecimiento vigoroso.
- Forma de fruto alargado liso.
- Peso promedio de fruto 65.9 gr.

- Resistente al transporte.

2.6 FACTORES EN ESTUDIO

2.6.1 Biofertilizantes:

- Azotobacter.
- Rizobacterias.
- Hongos micorrícicos.

Además se cuenta con un testigo T1, (sin ningún tipo de abonamiento) y un tratamiento con fertilización química (T2).

2.7 TRATAMIENTOS

Los tratamientos utilizados se indican a continuación:

T1 = Testigo (sin ningún tipo de abonamiento), con 00-00-00 de NPK.

T2 = Fertilización química (FQ) con 160-140-20 de NPK.

T3 = Azotobacter (AZ), con 10ml/planta de inoculante.

T4 = Rizobacterias (RZ), con 10ml/planta de inoculante.

T5 = Hongos micorrícicos (HM), con 10ml/planta de inoculante.

T6 = Azotobacter + Hongos micorrícicos (AZ+HM), con 5ml AZ+5ml HM.

T7 = Rizobacterias + Hongos micorrícicos (RZ+HM), con 5ml RZ+5ml HM.

T8 = Rizobacterias + Azotobacter (RZ+AZ), con 5ml RZ+5ml AZ.

2.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la distribución de unidades experimentales y análisis estadísticos se utilizó el Diseño Bloque Completo Randomizado (DBCR) con 8 tratamientos por bloque y 3 repeticiones, cuyo modelo aditivo lineal es:

$$X_{ijk} = U + B_k + T_i + E_{ijk}$$

Donde:

X_{ijk} : Observación del i-ésimo tratamiento, j-ésimo nivel de fertilización y k-ésimo bloque.

U : Promedio de las unidades experimentales.

B_k : Efecto de los bloques.

T_i : Efecto de la biofertilización.

E_{ijk} : Error experimental.

2.9 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

a) Bloques:

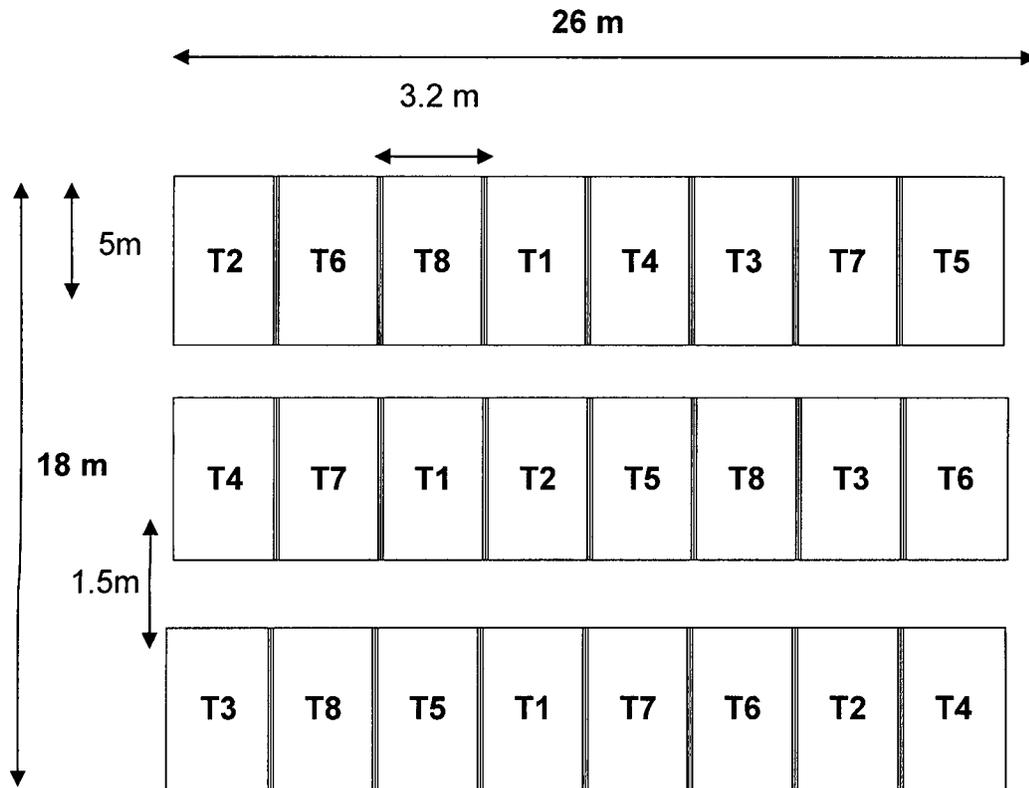
- Número de bloques del experimento 03
- Largo del bloque 26 m.
- Ancho del bloque 5 m.
- Distancia entre bloques 1.5 m.
- Área del bloque 130 m².

b) Parcelas experimentales:

- Número de parcelas por bloque 08
- Número total de parcelas 24
- Ancho de parcela 3.2 m.
- Largo de la parcela 5 m.
- Número de surcos por parcela 4
- Distancia entre surcos 0.8 m.

c) Área total del experimento: 468 m².

d) Croquis del Campo experimental



2.10 INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.10.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno definitivo se realizó el 29 de diciembre del 2006 con una pasada de arado de discos y dos pasadas de rastra de discos, luego se procedió al nivelado y mullido con rastrillos a fin de proporcionar a la planta las condiciones físicas adecuadas para su crecimiento y desarrollo.

2.10.2 Surcado y marcado del terreno

El surcado se efectuó el 30 de diciembre del 2006 con la ayuda de un tractor agrícola a una distancia de 0.80 m. entre surcos, posteriormente se procedió a realizar la demarcación de los bloques, parcelas y calles con yeso y estacas; utilizando una cinta métrica y cordel.

2.10.3 Abonamiento

La primera aplicación de abono al suelo para los tratamientos del T3 al T8, se realizó poco antes de la siembra, con un abono orgánico denominado Guano de Islas con 13-9-3 de NPK y una segunda aplicación a la siembra con fertilización sintética de 20-00-00 de NPK.

En base a los datos del análisis de suelo y extracción de nutrientes por el cultivo de tomate que es de 110-30-160 NPK para un rendimiento de 40 t/ha y siguiendo la metodología propuesta por IBAÑEZ y AGUIRRE (1 983), se obtuvo la siguiente fórmula de fertilización sintética: 160 – 140 – 20 de NPK, aplicado solo en el tratamiento T2, fraccionado en dos momentos; la

primera dosis se aplicó por golpes, con un $\frac{1}{2}$ de N, todo el P y todo el K (80-160-20 de NPK), al momento de la siembra y el otro $\frac{1}{2}$ del N agrícola, (80N) al momento del primer aporque. Como fuente se utilizó la urea con 46% de nitrógeno, fosfato diamónico 18 % de P_2O_5 y 46% de N y cloruro de potasio con 60% de K_2O . La primera dosis de fertilizantes se colocó al fondo del surco, mientras que la segunda dosis se colocó a la altura del cuello de la planta.

Cabe mencionar que el tratamiento T1 no recibió ningún tipo de abonamiento por ser el Testigo.

2.10.4 Siembra

La siembra fue directa y se realizó el 03 de enero del 2007, teniendo en cuenta la randomización del experimento, para lo cual se sembró hasta 6 semillas/golpe, distanciados a 0.4 m. A los 45 días después de la siembra se procedió con el desahije dejando tres planta por golpe.

2.10.5 Riegos e Inoculación

Antes de la siembra se realizó el riego de enseño; los siguientes cinco riegos se realizaron a intervalos de tres días hasta la emergencia de las plantas en su totalidad, luego se redujeron los riegos según los requerimientos del cultivo y por la presencia de lluvias, las fechas de riego fueron: 24 de febrero, 03, 10, 17, 24 de marzo, 01, 08, 15, 22 y 30 de abril, 7, 14, 21 y 28 de mayo del 2007.

La inoculación con Azotobacter, Rizobacterias y Hongos Micorrícicos a las plantas de tomate se realizó el 05 de Marzo (62 días DS), en forma manual, al cuello de la planta, cuando el cultivo tenía aproximadamente 18 cm de altura; el volumen de solución de inoculante fue de 10 ml/planta con aproximadamente $1 \cdot 10^8$ Und. de microorganismo presentes en la solución.

2.10.6 Aporque

Esta operación se realizó el 05 de Marzo de 2007 (62 días DS), a fin de evitar el tumbado de las plantas, estimular la formación de las raíces y aislar el cuello de la planta del agua de riego. En esta labor se aprovechó para aplicar la segunda dosis del fertilizante nitrogenado por golpes, solo en el tratamiento T2.

2.10.7 Deshierbo

Los deshierbos se realizaron de acuerdo a la incidencia de las malezas, cuidando siempre que no compitan con el cultivo por los nutrientes.

2.10.8 Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas con características masticadora y/o chupadora se aplicó Sukkoi (insecticida agrícola C.S) a una dosis de 600 ml/200 Lt. de agua; mientras que para el control de enfermedades como la chupadera o rizoctonia, rancha y para la mancha azul del tomate se aplicó Ridomil Gold Mz 68 WP (Metaxil M + Mancozeb) fungicida de acción

sitémica de contacto polvo mojable a una dosis de 2 kg/ha y Cursate M8 (Mymoxanil + Mancozeb) polvo mojable a una dosis de 2.5 kg.ha⁻¹ , se acompañó la aplicación con adherente agrícola a una dosis de 8 ml/20 lt. Las aplicaciones fueron preventivas y de control.

2.10.9 Cosecha

La cosecha se realizó hasta en 3 oportunidades, los días 13 de mayo, 24 de mayo y 30 de mayo (129, 140 y 146 días DS).

Las cosechas se realizaron en forma manual y de los surcos centrales de cada unidad experimental (6.4 m²), luego se clasificaron los frutos en categorías primera, segunda y frutos no comerciales.

2.11 VARIABLES EVALUADAS

2.11.1 DEL CULTIVO

a) Número de días a la floración

Se tomó en cuenta el número de días, desde el momento en que emergieron hasta que un 50 % más uno de plantas de la parcela presentaron una flor abierta.

b) Número de días a la primera cosecha

Se consideró el número de días desde el momento que emergieron hasta que el 50% más uno de plantas de la parcela presentaron los primeros frutos para cosechar.

c) Altura de planta

En las mismas áreas muestreadas y utilizando una cinta métrica, se midió la altura de las plantas en centímetros, desde el cuello hasta el extremo más alto de follaje, reportando el promedio de la altura.

d) Frutos por planta

Se cosecharon los frutos maduros de los surcos centrales de la parcela (6.4 m²), luego se procedió al conteo y se reportó el promedio por planta.

e) Rendimiento total de frutos en t/ha

La cosecha de frutos maduros se realizó en los surcos centrales (6.4 m²), la misma que se infirió al rendimiento por hectárea, considerando las densidades de cada tratamiento.

f) Rendimiento de frutos de primera categoría en t/ha

De la cosecha de frutos de tomate por parcela (6.4 m²), se seleccionaron frutos con un peso mayor a 85 gr., que se pesaron y extrapolaron para estimar el rendimiento de frutos de primera categoría por hectárea.

g) Rendimiento de frutos de segunda categoría en t/ha

De la cosecha de frutos de tomate por parcela (6.4 m²), se seleccionaron frutos con un peso de 45 a 85 gr., que se pesaron y extrapolaron para estimar el rendimiento de frutos de segunda categoría por hectárea.

h) Peso de raíz

Concluida la cosecha se extrajo las raíces de las plantas de un golpe al azar de cada tratamiento en estudio, luego se pesó en una balanza electrónica y se reportó el peso fresco de raíz.

2.11.2 RENTABILIDAD ECONÓMICA.

Para determinar la rentabilidad económica se utilizó el índice de evaluación de proyectos relación – costo (B/C) sobre la base de los costos de producción para cada tratamiento en estudio y el valor bruto de la producción de los mismos.

El índice de rentabilidad de los mejores tratamientos se calculó empleando la siguiente relación.

$$\text{I.R.} = (\text{Utilidad neta/costo total}) * 100$$

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3.1 se presenta los cuadrados medios de las variables estudiadas, resultando con alta significación estadística en las variables, días a la floración, altura de planta, peso de raíz, frutos por planta, rendimiento de primera, de segunda y rendimiento total.

Luego se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05) de las variables que resultaron significativas.

Cuadro 3.1 Cuadrados medios de los factores estudiados en tomate. Canaán, 2750 msnm.

(*): Significación estadística

(**): Alta significación estadística

Fuentes de Variación	gl	Días a la floración	Días a la cosecha	Altura de Planta	Peso de raíz	Frutos por planta	Primera	Segunda	Rendimiento total
Bloques	2	,875	,042	22,625	3,792	8,770	,770	5,866	,607
Tratamientos	7	32,857 **	40,1 ns	225,7 **	3068,7 **	541,9 **	134,9 **	307,0 **	1380,3**
Error	14	,875	25,137	13,101	150,458	4,659	3,696	4,694	21,464
Total	23								
Cv		2,8	5,4	5,5	21,8	5,2	11,0	7,2	6,7

3.1 Días a la floración de tomate.

En el gráfico 3.1 se presenta los resultados de los días a la floración, en la que se observa que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo los valores mas altos al Azotobácter + Hongos micorrícos (T6), con 38.7 días; al Hongos micorríco (T5), con 38 días y a la fertilización química (T2), con 37 días, todos ellos estadísticamente iguales entre si (a); mientras que los valores más bajo se obtuvieron con los Tratamientos: Azotobácter (T3), con 32.7 días, a las Rizobactérias (T4), con 32.3 días, a las Rizobactérias + Azotobácter (T8), con 31.3 días, a las Rizobactérias + Hongos micorrícos (T7), con 31.3 días y al testigo (T1) que no recibió ningún tipo de abonamiento, con 30.7 días, todos estos iguales estadísticamente entre si (b). Mediante los resultados obtenidos en el gráfico observamos que no hay mucha diferencia significativa frente a los otros tratamientos, debido posiblemente a la no intervención de los microorganismos ya que ello se aplico a los 62 días después de la siembra, cuando la planta presentaba algunas flores; mientras que para el T1 los resultados permiten suponer una carencia del nutriente en el suelo, lo que restringió el crecimiento, desarrollo y su acelerado proceso en la floración.

Con relación a los días de floración en el tomate, Tomairo (1992), menciona que la variedad Río Grande alcanzó a los 69.7 días la floración, en Canaán, además menciona que a mayor densidad de plantas es menor los días a la floración del cultivo de tomate, siendo este valor mayor a lo

obtenido en este trabajo de investigación, con 38.7 días, esto explica su acelerado proceso en la floración de los diferentes tratamientos en estudio por presentar alta densidad de plantas/ha (73 846.00 plantas/ha).

Vílchez (2004), en su trabajo de investigación con deshierbos en tomate encontró un corto periodo en días a la floración para los tratamientos testigo con 32 días, lo cual corrobora el acelerado proceso en la floración al no tener nutrientes necesarias el cultivo.

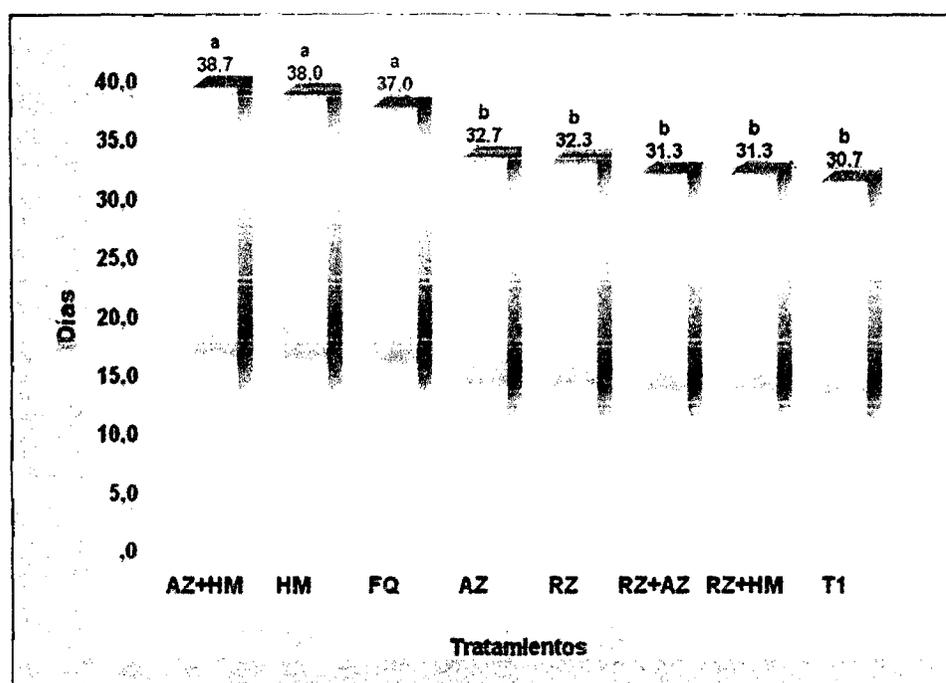


Gráfico 3.1: Prueba de Tukey de días a la floración en Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) con biofertilizantes. Canaán 2750 m.s.n.m.

3.2 Altura de planta de tomate.

En el gráfico 3.2 se presenta los resultados de la altura de planta de tomate, en la que se observa que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo los valores mas altos al Hongo micorrícico (T5), con 78.3 cm, al Azotobácter + Hongos micorrícicos (T6), con 76.0 cm y a la fertilización química (T2), con 74.7 cm, todos ellos estadísticamente iguales entre si (a), mientras que los valores más bajo se obtuvieron con los Tratamientos: Azotobácter (T3), con 63.3 cm, a las Rizobactérias (T4), con 61.7 cm, a las Rizobactérias + Hongos micorrícicos (T7), con 61.0 cm, a las Rizobactérias + Azotobácter (T8), con 59.0 cm y al testigo (T1) que no recibió ningún tipo de abonamiento, con 56.0 cm, todos estos iguales estadísticamente entre si (b).

Por los resultados obtenidos demostramos el efecto positivo de los biofertilizantes y la asociación de las mismas en el desarrollo del cultivo de tomate; Según reportes de Hao y Lin (1987), en suelos muy pobres en nutrientes donde la colonización y la producción de esporas del Hongo Micorrícico, están limitadas por el pobre crecimiento de la planta huésped, la adición de pequeñas cantidades de fertilizantes estimula la colonización y la esporulación, mientras que las grandes aplicaciones la suprimen; esto nos confirma que la aplicación del Guano de Isla mas 20-00-00 de NPK, de fertilizante sintética proporcionado a la planta, fue mejor aprovechado por este microorganismo, para así asegurar la asociación simbiótica a nivel de sus raicillas formando la llamada micorriza, en ésta los hongos tienen la

ventaja de estimular el crecimiento aéreo y radical de la planta; mientras que Martínez-Viera et al, 1997 y Martínez-Viera, 2002), nos menciona que hace algunos años se vienen introduciendo en nuestro país el uso de biofertilizantes y bioestimulantes del crecimiento vegetal, y especial énfasis ha cobrado la utilización de bacterias rizosféricas del género Azotobácter; debido fundamentalmente al papel crucial que estas cumplen en la nutrición vegetal y su influencia en la actividad fisiológica de las plantas, mientras que para Dibut et al (1995) y Hernández et al (1994), quienes plantean que además del efecto nitro fijador del inoculante Azotobácter en su proceso de producción se origina un número grande de sustancias bioestimuladoras tales como auxinas, giberelinas, citoquininas, fosfolípidos, ácidos grasos, ácido indolacético y otros. Estas sustancias no sólo incrementan el desarrollo de las plantas, si no que aseguran el establecimiento competitivo de una especie de bacteria particular en la rizósfera (Elmerich, 1992). Si comparamos el (T3) Azotobacter con el (T6) Azotobacter + Hongo micorrícico, confirmamos el efecto positivo de esta asociación, esto posiblemente a que el Azotobacter necesita de alguna manera la presencia del hongo porque estas protegen del impacto negativo de estreses bióticos y abióticos, facilitando y actuando en conjunto a favor de la planta, por otro lado si observamos el gráfico nos daremos cuenta que las Rizobacterias en asociación con otros biofertilizantes y aun solas no actuaron satisfactoriamente y una prueba que lo confirma son los resultados, esto nos indica que éste microorganismo posiblemente no se adaptó ni se desarrolló

bien en este tipo de suelo, provocando así una competencia por sobrevivir entre planta – microorganismos, lo que de alguna manera influyó en la deficiencia del crecimiento de la planta; para el tratamiento (T1) los resultados permiten suponer una carencia del nutriente en el suelo, lo que restringió el crecimiento y su desarrollo.

La altura de planta esta dentro de las características estudiadas en la UNA La Molina (2000), que se encuentra dentro de un rango de 0.5 a 0.8 metros, demostrando así que los resultados obtenidos en este trabajo están dentro de ese rango, con 0.56 y 0.78 metros.

Terry (2006), en su trabajo de investigación en micorrizas y Azotobacterias obtuvo las mayores alturas de planta con la biofertilización lo que corrobora el presente trabajo de investigación.

Acosta, María del Carmen (1994), realizó un experimento a cerca del efecto de la inoculación con *Azotobacter chroococcum* sobre distintas características fisiológicas de las plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en la fase de semillero y comprobó que la aplicación de este bioproducto favoreció el incremento del área foliar y el contenido de pigmentos fotosintéticos (clorofila y carotenoides), lo que produjo a su vez un incremento en la dinámica de crecimiento y en el desarrollo fisiológico de las plantas de este cultivo.

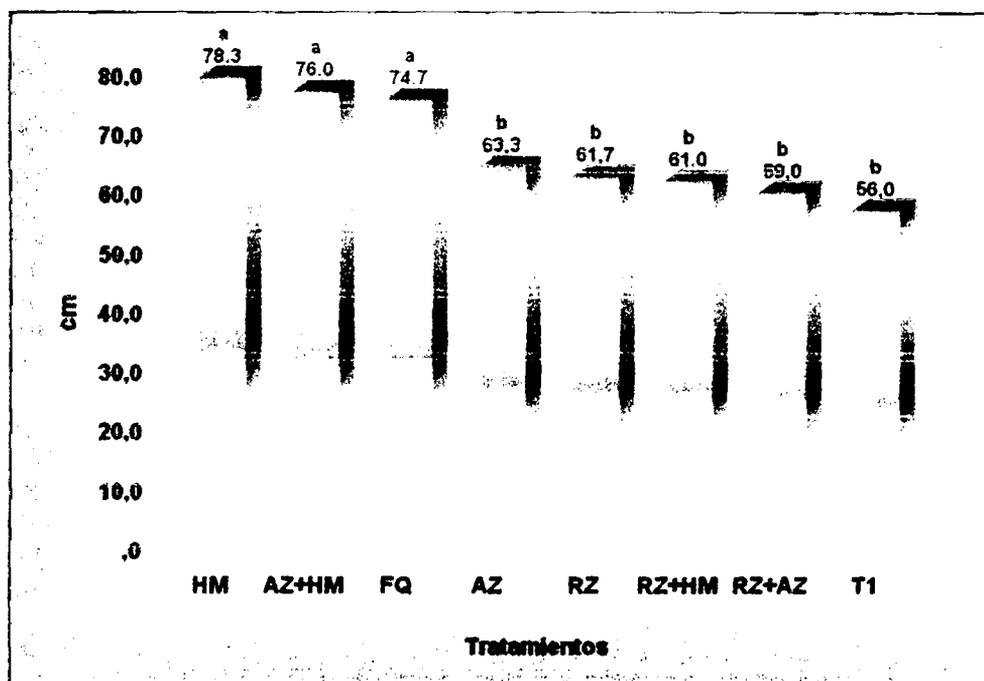


Gráfico 3.2: Prueba de Tukey de la altura de planta en el Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con biofertilizantes. Canaán 2750 m.s.n.m.

3.3 Peso de raíz de tomate.

En el gráfico 3.3 se presenta los resultados del peso de raíz, en la que se observa que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo los valores mas altos al Hongo micorrícico (T5), con 114.3 gr, seguido del Azotobácter + Hongos micorrícicos (T6), con 95.3 gr, todos ellos estadísticamente iguales entre si (a), mientras que los valores más bajo se obtuvieron con la fertilización química (T2), con 57.3 gr, el Azotobácter (T3), con 47.3 gr, las Rizobactérias + Hongos micorrícicos (T7), con 44.0 gr, las Rizobactérias (T4), con 33.3 gr, las Rizobactérias + Azotobácter (T8), con 29.0 gr y el testigo (T1) que no recibió ningún tipo de abonamiento, con 28.7 gr, todos estos iguales estadísticamente entre si (b).

Por los resultados obtenidos demostramos el efecto positivo de los Hongos micorrícicos y la asociación de la misma con el Azotobáctér en el desarrollo del cultivo de tomate; según Wang (2006), menciona que las ventajas proporcionadas por la micorrización para las plantas son numerosas, gracias a ella la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también capta con mayor facilidad ciertos elementos como el fósforo, nitrógeno, calcio, potasio y agua del suelo, éste microorganismo en la planta hospedante muestra los efectos en la producción de cambios histológicos en el sistema radical, la colonización micorrícica incrementa la lignificación de las células endodérmicas de la raíz lo que dificulta la entrada de microorganismos patógenos, otro efecto es la inducción de cambios en las poblaciones de microorganismos en la micorrizósfera, las modificaciones fisiológicas que experimentan las raíces micorrizadas provocan cambios en la cantidad y composición de los exudados radicales que liberan al suelo y en el pH de la rizósfera (más correctamente denominada micorrizósfera cuando se trata de plantas micorrizadas), lo cual puede inducir cambios en los equilibrios microbianos de la misma. Por otro lado la activación de los mecanismos de defensa en lo general, las plantas permiten la penetración de los hongos micorrícicos en la raíz, así como su desarrollo inter e intracelular, sin oponer resistencia a su avance. Sin embargo, la planta hospedadora ejerce un control sobre el crecimiento del hongo permitiendo que solamente colonice el córtex de la raíz. Los hongos micorrícicos inducen

inicialmente respuestas de defensa en las plantas hospedadoras que colonizan, pero éstas son localizadas, débiles y transitorias. La colonización micorrícica produce cambios bioquímicos en los tejidos de la planta hospedadora; todo ello explica el alto resultado en peso de la raíz del Hongo Micorrícico, evidenciando así su gran crecimiento y desarrollo.

Según Balandreau 1986; el Azotobácter, muestra su crecimiento normal cuando se encuentra a pH de 7.0 – 7.5, y a una temperatura optima de 30 °C, susceptibles a pH ácido, esto ayuda a entender la buena adaptación del microorganismo en el tipo de suelo franco arcilloso, con un pH = 7.4, donde se experimento el trabajo y mas aun cuando se asocia con el Hongo Micorrícico, ayudando con su sistema de micorrización a la protección del sistema radical frente a patógenos fúngicos y su sistema enzimático y la distribución de sus micelios hacen que los hongos sean más eficaces que las raíces para la absorción de agua y nutrientes, por si todo esto fuera poco, algunas reacciones fisiológicas del hongo inducen a la raíz a mantenerse activa durante mas tiempo que si no estuviese micorrizada, Wang (2006), asimismo Kpombekou, Tabatabai (1994) y Martínez-Viera et al (1997) coinciden en señalar que el Azotobácter es capaz de estimular el crecimiento y desarrollo de los cultivos mediante la liberación ó excreción de ciertos ácidos orgánicos como el ácido oxálico, cítrico, glucónico y otros, que influyen fuertemente en la solubilización del fósforo poco soluble, del suelo y su posterior utilización en la nutrición de la planta, por otro lado estudios realizados por Abbass y Okon (1993) demuestra que el Azotobácter es

capaz de liberar sustancias fungistáticas que inhiben el crecimiento de hongos fitopatógenos del suelo como: Fusarium, Alternaria y Penicillium, promoviendo de esta manera el desarrollo de las plantas y por ende el de la raíz.

Para el caso de las Rhizobacterias si observamos el grafico nos damos cuenta que no influye positivamente en el peso de la raíz, posiblemente por no poderse adaptar a este tipo de suelo o por la poca dosis de aplicación que se dio o también por ser el tomate un cultivo no apto para esta bacteria. Para el tratamiento T1 los resultados permiten suponer una carencia del nutriente en el suelo, lo que restringió el crecimiento y su desarrollo.

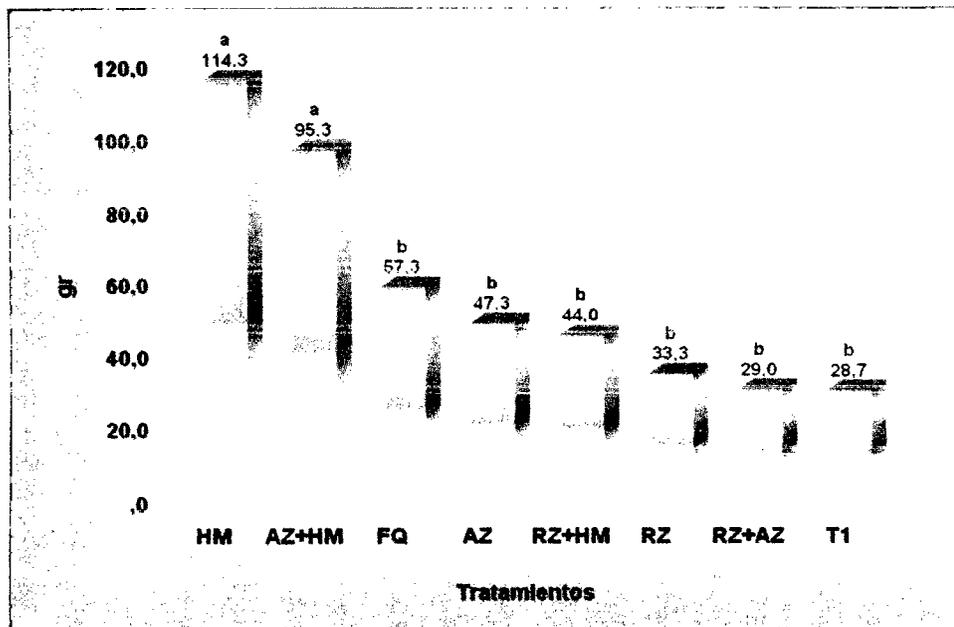


Gráfico 3.3: Prueba de Tukey para el peso de raíz en el Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) con biofertilizantes. Canaán 2750 m.s.n.m.

3.4 Frutos por planta de tomate.

En el gráfico 3.4 se presenta los resultados de número de frutos por planta, en la que se observa que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo los valores mas altos al Hongo micorrícico (T5), con 58.6 unidades, al Azotobácter + Hongos micorrícicos (T6), con 56.1 unidades, así mismo la fertilización química (T2), con 52.7 unidades, todos ellos estadísticamente iguales entre si (a), mientras que los valores más bajos se obtuvieron a las Rizobactérias + Hongos micorrícicos (T7), con 38.1 unidades, al Azotobácter (T3), con 37.9 unidades, a las Rizobactérias (T4), con 34.1 unidades, a las Rizobactérias + Azotobácter (T8), con 33.8 unidades y al testigo (T1), que no recibió ningún tipo de abonamiento, con 19.3 unidades, todos estos iguales estadísticamente entre si (b).

Por los resultados obtenidos se muestra el efecto positivo de los Hongos micorrícicos y la asociación de la misma con el Azotobácter en el desarrollo del cultivo de tomate; según Medina y col (1988), los Hongos micorrícicos dan acceso al fósforo del suelo no aprovechable por las raíces de la planta, incrementando su absorción y utilización por la planta, pudiendo incrementar la producción de los cultivos, aún en condiciones donde la fertilidad fosfórica del suelo no satisface los límites mínimos requeridos para el crecimiento de la planta. Sin embargo Papadopoulos (1991), menciona que cuando se presentan buenas condiciones de luz y calor, los niveles de nitrógeno pueden ser incrementados para obtener un crecimiento continuo

con la finalidad de obtener el máximo potencial productivo de frutos. Según Balandreau (2003), el Azotobacter por encontrarse en un ambiente de suelo con pH favorable para su crecimiento y desarrollo (pH = 7.4) muestra un elevado resultado ya que estas bacterias tienen la capacidad de sintetizar antibióticos y generar sustancias promotoras del crecimiento vegetal, además las bacterias del genero Azotobacter son fijadores de nitrógeno de vida libre, solubilizadores de fósforo, productores de sustancias promotoras del crecimiento vegetal, ayudando así a mejorar la cantidad de fruto por planta y un mejor resultado produjo la asociación con el Hongo micorrícico, de acuerdo a Adjanohoun (1996), menciona que el nitrógeno favorece el crecimiento y el rendimiento, porque la abundancia de clorofila en la parte aérea hace prever una intensa actividad asimilativa, un intenso crecimiento y una elevada cosecha.

Para la fertilización química (T2), explicamos su rendimiento de frutos por planta, de acuerdo a lo mencionado por Papadopoulos (1991), que los altos aportes del nutriente inducen un vigoroso crecimiento vegetativo, haciendo su mayor contribución a la formación de hojas y tallos, pero se produce en detrimento de los órganos reproductivos; sin embargo, cuando se presentan buenas condiciones de luz y calor, los niveles de nitrógeno pueden ser incrementados para obtener un crecimiento continuo con la finalidad de obtener el máximo potencial productivo de frutos. Para el testigo (T1), los resultados permiten suponer una carencia del nutriente en el suelo, lo que restringió el crecimiento, desarrollo y por lo tanto su producción.

El presente trabajo de investigación supera al obtenido por Vilchez (2004), en su trabajo con deshierbos y fertilización química donde su máximo número de frutos por plantas fue de 54 y este trabajo obtuvo 58 frutos por planta como mayor número en promedio.

El presente trabajo supera al obtenido por Hernández et al (1999), en su trabajo "El efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de Azotobáctér chroococcum sobre algunos parámetros morfofisiológicos y el rendimiento del tomate, variedad "ISCAB-10" donde pudo observarse que las plantas cultivadas bajo los efectos del Azotobáctér chroococcum, se obtuvieron entre 16.52 y 19.14 frutos por planta, mientras que en este trabajo se obtuvo 37.9 frutos/planta.

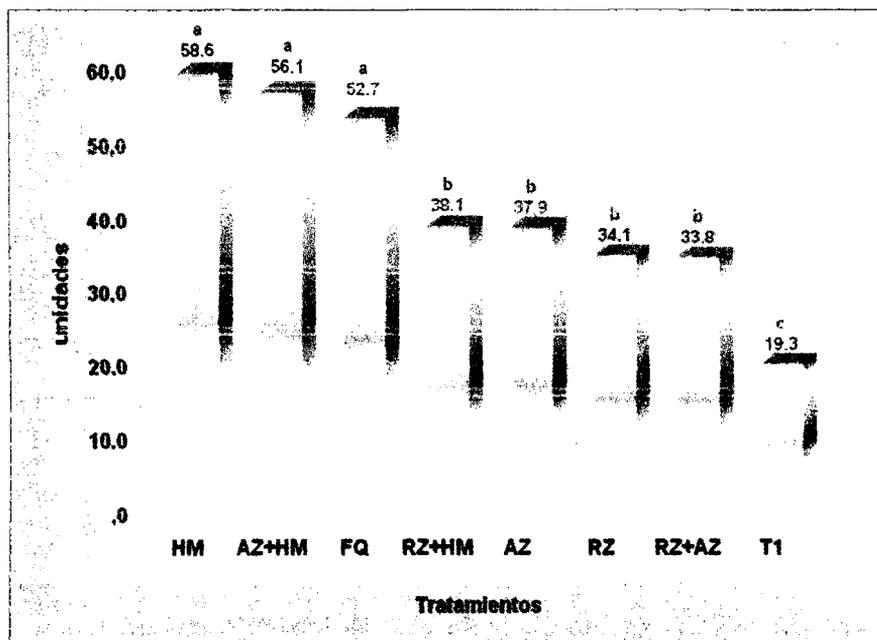


Gráfico 3.4: Prueba de Tukey para frutos por planta en tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) con biofertilizantes. Canaán 2750 m.s.n.m.

3.5 Rendimiento de Frutos de Primera categoría.

En el gráfico 3.5 se presenta los resultados de número de frutos de primera por planta, en la que se observa que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo los valores mas altos al Hongo micorrícico (T5), con 26.6 tn.ha⁻¹, al Azotobácter + Hongos micorrícicos (T6), con 24.3 tn.ha⁻¹, así mismo a la fertilización química (T2), con 22.9 tn ha⁻¹, todos ellos estadísticamente iguales entre si (a), mientras que los valores más bajos se obtuvieron con el Azotobácter (T3), con 17.2 tn.ha⁻¹, a las Rizobactérias + Hongos micorrícicos (T7), con 15.3 tn.ha⁻¹, a las Rizobactérias + Azotobácter (T8), con 14.1 tn.ha⁻¹, a las Rizobactérias (T4), con 12.5 tn.ha⁻¹ y al testigo (T1), que no recibió ningún tipo de abonamiento, con 6.8 tn.ha⁻¹, todos estos iguales estadísticamente entre si (b).

Por los resultados obtenidos se demuestra el efecto positivo de los Hongos micorrícicos y la asociación de la misma con el Azotobácter en el rendimiento de frutos de primera; es evidente que los hongos micorrícicos juegan un papel importantísimo en plantas de carácter alimenticio, de acuerdo a Daniel – Helms (8), Padilla (25) y otros (28), (3), (15); los hongos realizan asociaciones simbióticas a nivel de sus raicillas formando la llamada micorriza, por lo que absorben una mayor cantidad de nutrientes minerales del suelo como el Nitrógeno, Fósforo y Potasio, protegiendo a las plantas de las sequías, altas temperaturas y ataque de patógenos, por su parte las plantas proporcionan a los hongos los carbohidratos elaborados para que puedan cumplir estas sus funciones, por todo ello se obtiene los mejores

resultados de fruto de primera. El Azotobácter influye positivamente a la asociación con el hongo micorrícico, debido a que son capaces de ejercer algún tipo de antagonismo sobre microorganismos patógenos en la planta y que, por tanto, beneficiarán indirectamente el desarrollo de ésta; así mismo Martínez-Viera et al, 1997 y Martínez-Viera, 2002, menciona que especial énfasis ha cobrado la utilización de bacterias rizosféricas del género Azotobácter; debido fundamentalmente al papel crucial que estas cumplen en la nutrición vegetal y su influencia en la actividad fisiológica de las plantas; logrando así su alta producción en frutos de primera, así mismo Acosta, María del Carmen et al (1993) comprobaron que con la inoculación de esta bacteria en el cultivo del tomate, se mejoran los rendimientos en calidad y cantidad y se reduce el número de actividades fitotécnicas tales como: riego, escarde, aplicaciones de plaguicidas y fertilizantes minerales, suministro de agua y otros; lo que de alguna manera favorece a la planta evidenciando así su resultado. Para el caso de la fertilización química (T2), los altos resultados obtenidos se basa a lo mencionado por Hobbelink y col, 1997; referido al cultivo de tomate por ser exigente a la fertilización mineral, en sentido general y a la nitrogenada en particular, si se quieren obtener rendimientos satisfactorios, los informes mundiales fijan la dosis media que se aplica al tomate en un rango de 100-150 kg N.ha⁻¹ para plantaciones tradicionales, mientras que para sistemas de cultivo intensivo las dosis pueden llegar a niveles cercanos a los 300 kg N.ha⁻¹ en este caso el tratamiento T2, recibió una dosis de 160 Kg N.ha⁻¹, lo que favoreció su

optimo desarrollo y producción. Para el testigo (T1), los bajos resultados permiten suponer una carencia del nutriente en el suelo, lo que restringió el crecimiento y su desarrollo.

El presente trabajo con $26.6 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$ de rendimiento supera al obtenido por Vílchez (2004), en su trabajo con deshierbos y fertilización química con la misma variedad, donde obtuvo $18 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$.

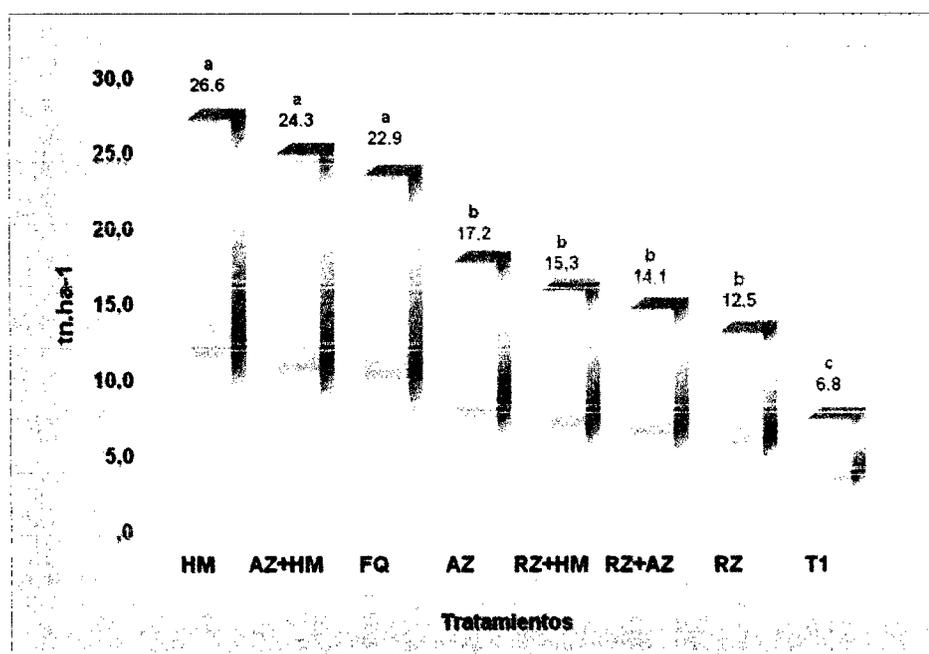


Gráfico 3.5: Prueba de Tukey para el rendimiento de frutos de primera en Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) con biofertilizantes. Canaán 2750 m.s.n.m.

3.6 Rendimiento de Frutos de Segunda categoría.

En el gráfico 3.6 se presenta los resultados de número de frutos de segunda por planta, en la que se observa que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo los valores mas altos al Hongo micorrícico (T5), con 42.3 tn.ha^{-1} , al Azotobácter + Hongos micorrícicos (T6), con 41.7 tn.ha^{-1} , así mismo a la fertilización química (T2), con 39.0 tn ha^{-1} , todos ellos estadísticamente iguales entre si (a), mientras que los valores más bajos se obtuvieron con las Rizobactérias + Hongos micorrícicos (T7), con 29.1 tn.ha^{-1} , el Azotobácter (T3), con 27.5 tn.ha^{-1} , las Rizobactérias (T4), con 25.1 tn.ha^{-1} , las Rizobactérias + Azotobácter (T8), con 24.0 tn.ha^{-1} , y el testigo (T1), que no recibió ningún tipo de abonamiento, con 13.2 tn.ha^{-1} , todos estos iguales estadísticamente entre si (b).

Por los resultados obtenidos se demuestra el efecto positivo de los Hongos micorrícicos y la asociación de la misma con el Azotobácter en el rendimiento de frutos de segunda; el efecto beneficioso más y mejor estudiado que ejercen las micorrizas sobre las plantas es, sin duda, el que conduce a una mejora del crecimiento así como de su estado nutricional. Este efecto es mayor y más patente en suelos con una baja o desequilibrada fertilidad. Las plantas micorrizadas presentan un aporte extra de nutrientes absorbidos por el micelio externo de los hongos micorrícicos. Este micelio es capaz de captar P en forma de ión fosfato, así como N en forma de nitrato o amonio. Sin duda el P, es el elemento nutricional que es aportado cuantitativamente de forma más importante a la planta. Asimismo, otros

nutrientes importantes como el Zn, Fe o Cu son también absorbidos y transferidos a la planta de micro hábitats distantes hasta 25 cm de superficie de la raíz (mucho más allá de la zona de agotamiento que la rodea) y transferírseles a las plantas con las que se asocian. De esta forma el alcance de la planta a los nutrientes del suelo y al agua está considerablemente potenciado por la micorriza, favoreciendo así el desarrollo óptimo del cultivo y por ende un buen rendimiento de fruto; por otro lado González, 1995; Ravelo et al; 2000 y Terry et al, 2002, afirma que con el uso del Azotobácter se han obtenido resultados muy alentadores en casi todos los cultivos agrícolas de interés agroeconómico, mientras que Dibut et al, 1993; Martínez-Viera, 2000; menciona que con el Azotobácter se ha acortado eficientemente el ciclo y el tiempo de cosecha de los mismos, incrementándose los rendimientos entre un 30 y un 50%; lo que ha conllevado a una sustitución entre un 70 y un 80% del fertilizante nitrogenado. Asimismo, Kpombrekou y Tabatabai (1994) y Martínez-Viera et al (1997) coinciden en señalar que esta bacteria es capaz de estimular el crecimiento y desarrollo de los cultivos mediante la liberación ó excreción de ciertos ácidos orgánicos como el ácido oxálico, cítrico, glucónico y otros, que influyen fuertemente en la solubilización del fósforo poco soluble del suelo y su posterior utilización en la nutrición de la planta. Para el testigo (T1), los bajos resultados permiten suponer una carencia del nutriente en el suelo, lo que restringió el crecimiento, desarrollo y por ende su rendimiento.

En estudios realizados por Abbass y Okon (1993) se demostró que estos microorganismos son capaces de liberar sustancias fungistáticas que inhiben el crecimiento de hongos fitopatógenos del suelo como: Fusarium, Alternaria y Penicillium, promoviendo de esta manera el desarrollo de las plantas y dando por resultado buenos rendimientos.

Vílchez (2004), obtuvo 41.5 de rendimiento de segunda categoría, en su trabajo de tesis, lo cual es superado ligeramente por éste presente trabajo donde obtuvo 42.3 tn.ha⁻¹ con los hongos micorrícicos.

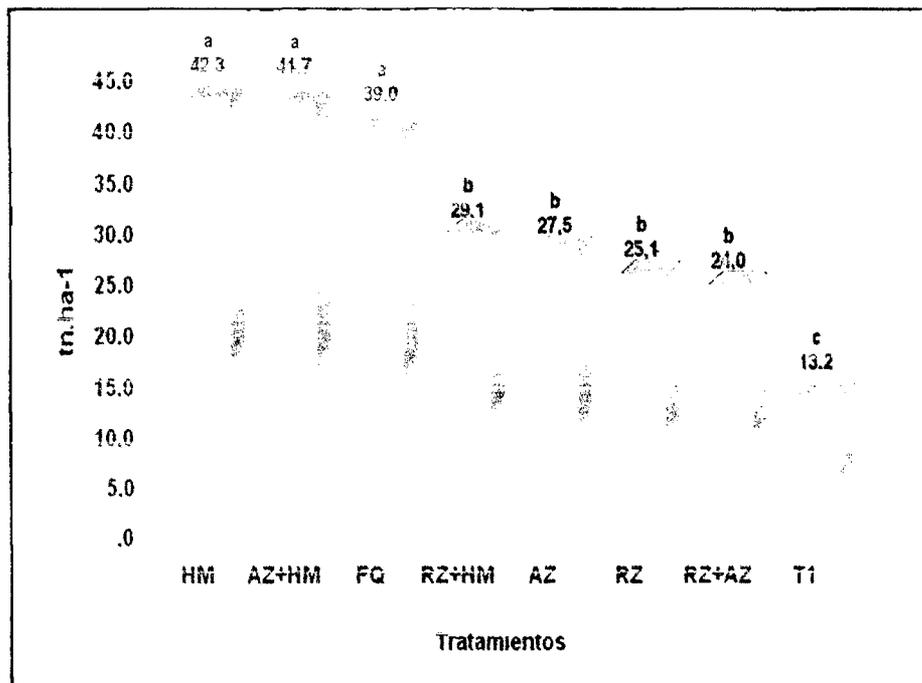


Gráfico 3.6: Prueba de Tukey para el rendimiento de frutos de segunda en Tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) con biofertilizantes. Canaán 2750 m.s.n.m

3.7 Rendimiento total de frutos de tomate.

En el gráfico 3.7 se presenta los resultados del rendimiento total de frutos, en la que se observa que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo los valores mas altos al Hongo micorrícico (T5), con 95.7 tn.ha⁻¹, al Azotobácter + Hongos micorrícicos (T6), con 95.6 tn.ha⁻¹, así mismo a la fertilización química (T2), con 83.0 tn ha⁻¹, todos ellos estadísticamente iguales entre si (a), mientras que los valores más bajos se obtuvieron con las Rizobactérias + Hongos micorrícicos (T7), con 67.7 tn.ha⁻¹, el Azotobácter (T3), con 66.9 tn.ha⁻¹, las Rizobactérias (T4), con 58.5 tn.ha⁻¹, a las Rizobactérias + Azotobácter (T8), con 56.3 tn.ha⁻¹, y el testigo (T1), que no recibió ningún tipo de abonamiento, con 32.5 tn.ha⁻¹, todos estos iguales estadísticamente entre si (b).

Por los resultados obtenidos se demuestra el efecto positivo de los Hongos micorrícicos y la asociación de la misma con el Azotobácter en el rendimiento total de frutos; esto posiblemente a las bondades que brinda el hongo y el Azotobacter, por el que Adjanohoun (1996), menciona que el nitrógeno favorece el crecimiento y rendimiento del cultivo, porque la abundancia de clorofila en la parte aérea hace prever una intensa actividad asimilativa, un intenso crecimiento y una elevada cosecha. Así mismo Pandey & Kumar (1990); considera que entre las bacterias utilizadas como biofertilizantes una de las más importantes es el Azotobacter spp, la importancia agronómica de ésta radica especialmente en la capacidad de producir antibióticos, sustancia estimulantes del crecimiento vegetal (SPCV)

del tipo auxinas, giberelinas y citoquininas, por otro lado Pandey et al (1998), nos menciona que el *Azotobacter* fija el nitrógeno, produciendo vitaminas, pigmentos, aminoácidos y otras moléculas de actividad biológica de interés industrial y comercial como polisacáridos. Para el caso de la fertilización química, Papadopoulos (1991), confirma que altos aportes del nutriente inducen un vigoroso crecimiento vegetativo, haciendo su mayor contribución a la formación de hojas y tallos, sin embargo, cuando se presentan buenas condiciones de luz y calor, los niveles de nitrógeno pueden ser incrementados para obtener un crecimiento continuo con la finalidad de obtener el máximo potencial productivo de frutos. Para el testigo (T1), al que no se aplicó ningún tipo de abonamiento, los bajos resultados permiten suponer una carencia del nutriente en el suelo, lo que restringió el crecimiento, desarrollo y por ende su rendimiento, pero de alguna manera tuvo un buen rendimiento con 32.5 tn.ha^{-1} , esto se debe posiblemente al buen aprovechamiento del poco nutriente del suelo, al buen manejo agronómico que se le brindó al cultivo y de alguna manera influyó el cultivo anterior que es el alfalfa, por ser una planta que en sus raíces forman nódulos y éstas ayudan a absorber el nitrógeno del suelo, ayudando así a mejorar el desarrollo del cultivo.

El presente trabajo de investigación supera ampliamente al obtenido por Terry (2006) en su trabajo con inoculación de micorrizas en tomate, el cual obtuvo $30 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$, mientras que en este trabajo se obtuvo $95.7 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$.

En el trabajo realizado por Morales el 2008 con aplicación de Azotobacter en el cultivo del tomate obtuvo solamente $9.39 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$, el cual es superado ampliamente por el presente trabajo inoculado también con Azotobáctér, llegando a obtener un rendimiento de $66.9 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Gonzáles (2000), encontró adecuados rendimientos en otras variedades de tomate con la biofertilización de micorrizas y Azotobacter, la cual corrobora con el trabajo de investigación.

López et al (2010), en el estudio de un biopreparado de microorganismos benéficos como mejorador de suelos e inoculante en el desarrollo vegetal integrado de tomate encontró resultados similares en cuanto a rendimiento, aparte de ello encontró una mayor dinámica poblacional en cuanto a los microorganismos en el suelo, quiere decir mayor incremento de microorganismos benéficos que se traducen en el mejor crecimiento y desarrollo del cultivo.

Novella (2001), en su trabajo sobre participación de las micorrizas arbusculares y la fertilización nitrogenada en el crecimiento y la nutrición del

tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*), encontró una mayor eficiencia de las micorrizas en el crecimiento y desarrollo del cultivo y en especial en el incremento de los índices de eficiencia fisiológicos lo que se traduce en mayores rendimientos del cultivo.

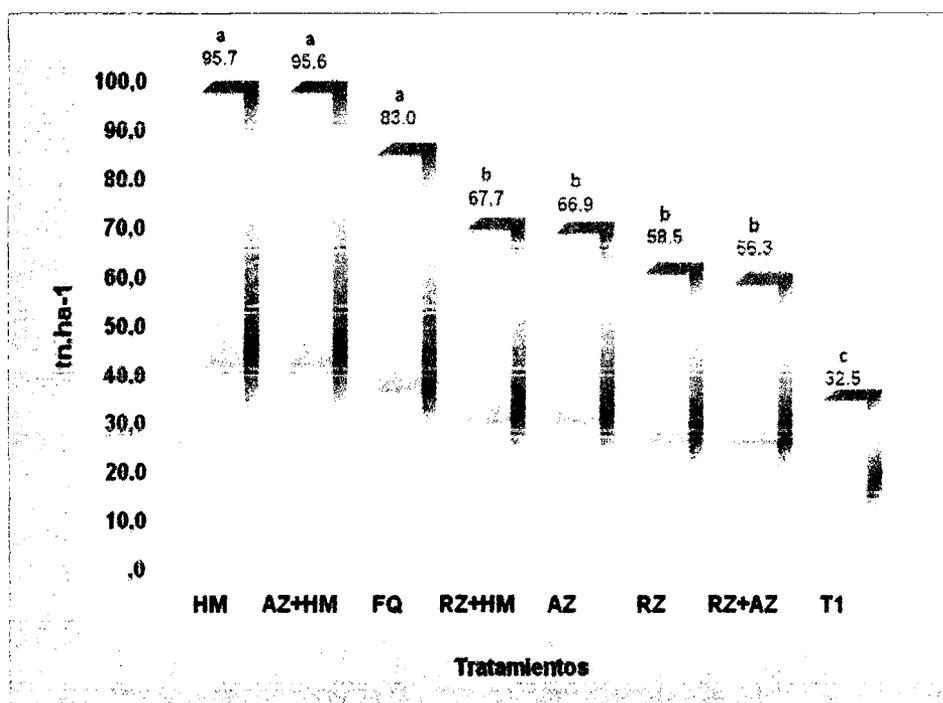


Gráfico 3.7: Prueba de Tukey para el rendimiento total de frutos en Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) con Biofertilizantes. Canaán 2750 m.s.n.m.

3.8 Análisis de Correlación.

El cuadro 3.2 muestra que hay una alta correlación en todos los parámetros exceptuando el parámetro de los días a la cosecha. Lo más notorio es ver que hay una alta significación entre frutos por planta, altura de planta y peso de raíz, en el rendimiento total de frutos de tomate, esto quiere decir que hay una probabilidad en un 88.6%, 98.9% y 82.1 % de que el rendimiento este ligado u obedezca a la altura de planta, peso de raíz, y número de frutos por planta de tomate.

Novella (2001), en su trabajo de investigación encontró que las variables de altura de planta, peso de raíz, frutos por planta, están directamente relacionadas en el rendimiento del cultivo de tomate, lo que corrobora la veracidad del presente trabajo de investigación, en el cual estas variables están estrechamente ligadas todas para el mismo fin que es el mayor y mejor rendimiento del cultivo de tomate por hectárea.

Cuadro 3.2 Análisis de correlación de todos los parámetros en la planta.

	Días a la floracion	Días a la cosecha	Altura de planta	Peso de raíz	Frutos por planta	Rdto Primera	Rdto Segunda	Rdto total
Días a la floracion	1							
Días a la cosecha	-.130 ns	1						
Altura de planta	.882 **	-.227 ns	1					
Peso de raíz	.819 **	-.370 ns	.870 **	1				
Frutos por planta	.912 **	-.254 ns	.892 **	.830 **	1			
Rdto Primera	.876 **	-.312 ns	.846 **	.813 **	.982 **	1		
Rdto Segunda	.866 **	-.250 ns	.838 **	.802 **	.964 **	.963 **	1	
Rdto total	.882 **	-.222 ns	.886 **	.821 **	.980 **	.973 **	.953 **	1

3.9 Análisis Económico del rendimiento de frutos de primera y segunda categoría en tomate.

En el cuadro 3.3 se presenta los resultados del análisis económico del rendimiento de frutos del tomate, en la que se observa mayor rentabilidad con el tratamiento (T5) que corresponde a los hongos micorrícicos, con 428%; al Azotobacter + hongos micorrícicos (T6), con 406%, seguido de la fertilización química (T2), con 393%, superando al resto de los tratamientos, como es el caso del testigo (T1), que no recibió ningún tipo de abonamiento, obteniendo la rentabilidad mas baja con 176%.

Las mayores rentabilidades que se obtuvieron en el presente trabajo (428%), superan a los obtenidos por Morales (2008), en su trabajo de Influencia de diferentes concentraciones de *Azotobáctér chroococcum* sobre algunos parámetros del crecimiento y la productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), en la que obtuvo una rentabilidad de 379 %.

Cuadro 3.3 Mérito Económico de los tratamientos evaluados en el rendimiento de frutos de primera y segunda categoría. Canaán 2750 msnm 2010:

TRATAMIENTOS	Rendimiento Kg	Costo total S/.	Utilidad bruta S/.	Rentabilidad %
HM (T ₅)	68,93	4878	19113	428%
AZ + HM (T ₆)	66,03	4878	18073	406%
FQ (T ₂)	61,93	4958	16973	393%
AZ (T ₃)	46,27	4878	12687	285%
RZ + HM (T ₇)	42,83	4878	11633	262%
RZ + AZ (T ₈)	39,20	4878	10660	240%
RZ (T ₄)	36,50	4878	9800	221%
TESTIGO (T ₁)	20,03	3058	5373	176%

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se codujo el experimento y de acuerdo a los resultados obtenidos, se arribó a las siguientes conclusiones:

1. No se observa diferencia significativa en los días a la floración entre los diferentes tratamientos por la no intervención de los microorganismos por haber sido inoculados después de la floración.
2. No se encontró diferencia alguna entre los tratamientos, en los días de cosecha, siendo el promedio de 138 días DS.
3. Se alcanzó la mayor altura de planta con los Hongos micorrícicos (T5), con 78.3 cm, seguido del Azotobacter + Hongos micorrícicos (T6), con 76 cm y la fertilización química (T2), con 74.7 cm, con una diferencia mínima entre sí.
4. El mayor peso de raíz/planta se logró con Hongos micorrícicos (T5),

con 114.3 gr, seguido del Azotobacter + Hongos micorrícicos (T6), con 95.3 gr, respectivamente.

5. El Mayor numero de frutos por planta se logró con los tratamientos; Hongos micorrícicos (T5), con 58.6 frutos, seguido del Azotobacter + Hongos micorrícicos (T6), con 56.1 frutos y la fertilización química (T2), con 52.7 frutos por planta.
6. Mayor rendimiento de frutos de tomate de primera categoría se obtuvo con los tratamientos, Hongos micorrícicos (T5), con 26.6 tn.ha⁻¹, seguido del Azotobacter + Hongos micorrícicos (T6), con 24.3 tn.ha⁻¹ y fertilización química (T2), con 22.9 tn.ha⁻¹, respectivamente.
7. Mayor rendimiento de frutos de tomate de segunda categoría se obtuvo con el tratamiento Hongos micorrícicos (T5), con 42.3 tn.ha⁻¹, seguido del Azotobacter + Hongos micorrícicos (T6), con 41.7 tn.ha⁻¹ y fertilización química (T2), con 39 tn.ha⁻¹.
8. Mayor rendimiento de frutos de tomate se obtuvo con el tratamiento Hongos micorrícicos (T5), con 95.7 tn.ha⁻¹, seguido del Azotobacter + Hongos micorrícicos (T6), con 95.6 tn.ha⁻¹ y fertilización química (T2), con 83 tn.ha⁻¹.
9. Existe una alta significación en la correlación entre frutos por planta, altura de planta y peso de raíz, en el rendimiento total de frutos, esto quiere decir que hay una probabilidad en un 88.6%, 98.9% y 82.1 % de que el rendimiento este ligado u obedezca a la altura de

planta, peso de raíz, y número de frutos por planta.

10. Mayor rentabilidad económica en el rendimiento de frutos de tomate se obtuvo con el tratamiento hongos micorrícicos (T5), con 428%, seguido del Azotobacter + Hongos micorrícicos (T6), con 406% y la fertilización química (T2), con 393%.

4.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones arribadas, se plantea las siguientes recomendaciones:

1. Para obtener altos rendimientos, una buena rentabilidad económica en el cultivo de tomate y reducir la contaminación del medio ambiente, se debe utilizar biofertilizantes, como es el Hongo micorrícico y el Azotobacter.
2. Se recomienda realizar más investigaciones, en cuanto a la dosis de aplicación de los microorganismos, todo ello con la finalidad de mejorar esta técnica y realizar comparaciones, frente a este trabajo y lograr así mejores resultados.
3. Se debe profundizar investigaciones acerca de cómo aplicar eficientemente estos biofertilizantes para obtener mejores resultados.

RESUMEN

Este trabajo se realizó en Canaán, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, con los siguientes objetivos: determinar la influencia de los biofertilizantes en el periodo vegetativo y rendimiento de frutos; determinar la correlación entre las variables evaluadas como el rendimiento y determinar la rentabilidad económica de los tratamientos estudiados. Los tratamientos son: T1 = testigo, T2 (fertilización química)= 160–140–20 de NPK y T3 (Azotobacter), T4 (Rizobacterias), T5 (Hongos micorrícicos), T6 (Azotobacter + Hongos micorrícicos), T7 (Rizobacterias + Hongos micorrícicos) y T8 (Rizobacterias + Azotobacter); se aplicó 1250 Kg/ha de Guano de Isla con 13-9-3 de NPK, mas una fertilización sintética de 20–00–00 de NPK. Se utilizó el Diseño de Bloques Completo Randomizado (DBCR), con tres repeticiones y parcelas de 3.2m x 5m. A la cosecha se encontraron los siguientes resultados: para los días a la floración, el tratamiento T6 (Azotobacter + Hongos micorrícicos) con 38.7 días, para altura de planta, el tratamiento T5 (Hongos micorrícicos) con 78.3 cm, respecto al peso de raíz, el tratamiento T5 (Hongos micorrícicos) con 114.3 gr, para el rendimiento total de frutos, los tratamientos que alcanzaron mayores resultados son el tratamiento T5 (Hongos micorrícicos) con 95.7 tn.ha⁻¹, T6 (Azotobacter + Hongos micorrícicos) con 95.6 tn.ha⁻¹ y T2 (fertilización química) con 83 tn.ha⁻¹. En la evaluación de rentabilidad del cultivo de tomate, el tratamiento que reporta mayor rentabilidad económica es el tratamiento T5 que corresponden a los hongos micorrícicos 428%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABB- EL- MALER, Y. 1971. Free-living nitrogen- fixing bacteria in Egiptian soil and their.
2. ABBASS, Z. AND Y. OKON. 1993. Plant growth promotion by *Azotobacter paspali* in the rhizosphere. *Soil Biol. Bioch.* 25. 1075-1083.
3. ACOSTA, M., R. MARTÍNEZ Y B. DIBUT. 1992. Efecto de la inoculación con *Azotobacter chroococcum* sobre distintas características fisiológicas de las plantas de tomate en etapa de semillero. Resúmenes VIII Seminario Científico INCA. Bioferto 92. p. 44.
4. ANDERLINI, R. 1970. El cultivo de tomate. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires – Argentina.
5. BAREA, J. M., J. A. OCAMPO Y E. MONTOYA. 1977. Estudio crítico sobre la utilización de *Azotobacter* y fosfobacterias como fertilizantes microbianos. *Anales de Edafología y Agrobiología.* XXXVI (11-12) p.1197-1208.
6. BAZAN, C. 1975. Enfermedades de cultivos frutícolas y hortícolas”. Edit. Jurídica. Lima – Perú.
7. BECKING, J. M. 1974. *Azotobacteriaceae*. *Bergey's. Manual of determinative bacteriology.* 8th edition (eds . R. E. Buchaman and N.E. Gibbons). The Willians and wilkins Co. Baltimore. p. 253 – 261.

8. BEINGOLEA, J. y CAMASCA, A. 1987. Manual de prácticas de olericultura. UNSCH. Ayacucho – Perú.
9. BHAT, J. B., E. S. LIMAYER Y B. L. VASANTHARAJAM. 1971. Ecology of the leaf surface microorganism. 322 pp.
10. BOHLOOL, G. B., J. K. LHADA., D. P. GARRITY AND T. GEORGE. 1992. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture a perspective, 230 pp.
11. BULLON, A. 1985. Producción y protección vegetal de cultivos. Edit. Jurídica. Lima – Perú.
12. BURGESS, A. 1968. Introducción a la microbiología del suelo. Ed. La Habana. Cuba. 200p.
13. CALVENTE, R. 2006. Micorrizas y tolerancia frente a estreses: disponible en:
<http://www.mycosym.com/documents/phytoma%2006- reunion%20olivo. Pdf>
Accesado el 26 de setiembre del 2009.
14. CALZADA, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Edit. Jurídica S.A. 3^{ra} edic. Lima – Perú.
15. CARLETI, S. M., E. A. RODRÍGUEZ AND B.E. LLORENTE. 1994. Growth promotion by PGPR on different plant species growing in hydroponic conditions. In: Ryder MH, Stephens PM, Bowen GD (Eds.) Improving plant productivity with Rhizosphere Bacteria. CSIRO, Australia, 36 pp.

16. CASAS, A. 1981. Cultivos hortícolas, datos básicos. UNA. La Molina. Lima – Perú.
17. CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. Edit. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). San José – Costa Rica.
18. CERNA, L. 1994. Manejo mejorado de malezas. Primera Edic. CONCYTEC. Trujillo - Perú
19. COBAS, D. 1990. Folleto de Fisiopatología Vegetal . Curso de posgrado. INIFAT.
20. COPPOLA, S., G. PERDOCO., A. ZOIRA E G. PICCI. 1971. Citoquinine in germi terricoli e relativo significato nei raporte piante microorganismes. Annali Microbiol. 21. p. 45-53.
21. DEBINSTEIN, J. 1970. A. Tropical Rain Forest. John Wiley and Sons Ed., New York, 230 pp.
22. DIBUT, B. 1988. Efecto de la aplicación de biofertilizantes a base de Azotobacter chroococcum sobre el cultivo de la cebolla. Tesis para optar por el Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, La Habana, 101 pp.
23. DIBUT, B., M. C. Acosta., R. Martínez y H. Ljingsgren 1995. Producción de aminoácidos y citoquininas por una cepa cubana de Azotobacter chroococcum Cultivos Tropicales. 16 (1). p.16-18.

24. ELMERICH, C., W. ZIMMER Y C. VIEILLE. 1992. Associative nitrogen-fixing bacteria. En: Biological Nitrogen Fixation (Stacey G., Borris R. H. y Evans H. J. Ed.), Chapman and Hall. New York, p. 212-258.
25. FAOSTAT. 1998. <http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&hasbulk=0&version=ext&language=ES>
26. FERRAN, J. 1975. Horticultura actual de familiar a empresarial. Edit. Aedos. Barcelona – España.
27. FERRER, R. Y R. A, HERRERA. 1991. Breve reseña sobre los biofertilizantes. Instituto de Ecología y Sistemática. ACC. La Habana. Cuba.
28. FERSINI, A. 1976. Horticultura práctica. Edit. Diana México.
29. FERNANDEZ, F. 1997. Uso, Manejo y Comercialización de los hongos micorrizicos VA. Conferencias impartidas en la maestría de Biofertilizantes y Nutrición de las plantas. INCA. 27P.
30. FROBISHER, M. 1969. Microbiología. Ed. Ciencia y Técnica, La Habana, Cuba. 743 pp.
31. GARCIA, A. 1959. Horticultura. Edit. Gustavo Gili S.A. Barcelona, España.
32. GARCÍA, L. Y R. TRUJILLO. 1993. Agricultura orgánica, ecológica y económica. Resúmenes. I Taller Científico Técnico sobre agricultura sostenible. MINAGRI, p. 27-28.

33. GONZÁLEZ, J., V. SALMERÓN., M.O. MARTÍNEZ., F. BALLESTEROS Y A. RAMOS. 1986. Production of auxins gibberelins and cytokinins by *Azotobacter vinelandii* ATCC 12837 in chemically defined media and dialysed soil media. *Soli Biol. Bioch.* 18. p. 119-120.
34. GONZÁLEZ, M., I. CORRALES., R. MARTÍNEZ., R. ALONSO., V. MÉNDEZ Y N. RODRÍGUEZ. 1998. Influencia de diferentes cepas nativas de *Azotobacter chroococcum* en secuencias de cultivos en organopónicos. Resúmenes. XI Seminario Científico INCA. p.83.
35. GONZÁLEZ P, M. 2000. Efecto de un inoculante microbiano a partir de cepas nativas de *Azotobacter chroococcum* sobre el rendimiento en secuencias de cultivos hortícolas. Tesis presentada en opción al grado de Máster en Fertilidad del Suelo. Camagüey – Cuba.
36. GONZALES, R. 2006. Jornada técnica científica sobre el uso de micorrizas en la problemática del olivo: disponible en: <http://www.mycosym.com/documents/phytoma%2006-reunione%20olivo>. Pdf. Accesado el 26 de setiembre del 2009.
37. HAMDÍ, Y. A. 1985. La fijación del nitrógeno en la explotación de los sus suelos. Boletín de Suelos. FAO. Roma. 188 pp.
38. HEREDIA, C., J. MACHADO, C., RECOMPENSA Y D. ALVAREZ .1998. Producción de hortalizas todo el año. I. Creación de un sustrato orgánico mineral. Resúmenes XI Seminario Científico INCA. La Habana. Cuba. p.192.

39. HERNÁNDEZ, M., M. PEREIRA Y M. TANG. 1994. Utilización de microorganismos Biofertilizantes en los cultivos tropicales. *Pastos y Forrajes*. 17 (3): 183 – 192.
40. HERNANDEZ, M y CHAILLOUX, M. 2001. La Nutrición Mineral y la Biofertilización. Publicación. Instituto de Investigaciones Hortícolas. La Habana de Cuba.
41. HOBELINK, H. et al. 1997. Tomato – global fame and corporate desire. *Seedling*. 14(1): 15 – 23.
42. IBÁÑEZ, R. y AGUIRRE, G. 1 983. Manual de práctica de fertilidad de suelos. UNSCH. Perú.
43. ISWARAN, V., S. RAO., W.V. MAGU., AND R.S. JEWHR. 1943. Indian peat as a carrier of Azotobacter. *Curr. Sci*. 38: 468-469.
44. JANICK, J. 1 965. Horticultura científica e industrial. Edit. Acribia. Zaragoza – España.
45. KOIDE, R., M.J. LEWIS Y C. 1988. Irby Role of mycorrhizal infection in the growth and the reproduction of wild VS. Cultivated planted. I. Wild VS. Cultivated oats *Oecología*. 77: 537 – 543.
46. KLOEPPER, J.M, BEAUCHAMP, C.J. A. 1992. Review of issues related to measuring colorrization of plant roots by bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*. 38:1229-1232.
47. LARSON, R. L. Y L. J. NEAL. 1978. Selective colonization of the rhizosphere of wheat by nitrogen fixing blue –green algae and asymbiotic bacteria. *Ecol. Bull*. 26. p. 331-342.

48. LÓPEZ, J; SÁNCHEZ, D; ESTRADA, M; GUTIÉRREZ, M, PEÑUELAS, O, MUNGARRO, C y ARELLANO, M. 2010. Estudio de un Biopreparado de Microorganismos Benéficos como mejorador de suelos e inoculante en el desarrollo vegetal integrado de tomate (*Lycopersicon esculentum mill*) bajo condiciones de invernadero. Dirección de Recursos Naturales, Instituto Tecnológico de Sonora. México.
49. LYNCH, J. M 1990. Microbial Metabolites. the Rhizosphere (J.M. Lynch Ed.) John Wiley and Sons Ed., Nueva York, p. 317-358.
50. MAROTO, J. 1 986. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid – España.
51. MARTÍNEZ, A., I. CHANG E I. ALEMÁN. 1985. Caracterización biológica de los principales suelos de Cuba. IV. Fijadores Asimbióticos de N atmosférico. Ciencia de la Agricultura. 25. p. 77-86.
52. MARTÍNEZ, V. Y B. DIBUT. 1996. Los biofertilizantes como pilares básicos de la Agricultura Sostenible. En Curso-Taller Gestión Medio Ambiental de Desarrollo Rural, p. 62-81.
53. MARTÍNEZ, V.R. 1998. Los biofertilizantes como factores de economía y productividad en la agricultura tropical. En: Curso- Taller sobre Agricultura Sostenible en el Trópico, La Habana, p.26-41.
54. MESSIAEN, C. 1 979. Las Hortalizas. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Edit. Blume Distribuidora S.A. México.

55. MISHUSTIN, E. N. AND E. K. SILNIKOVA. 1971. Biological fixation of atmospheric nitrogen. MC. Millan Ed. Londres. 675 pp. possible contribution to soil fertility. *Plant Soil, Special Vol.* p. 423-442.
56. MORALES, ELEIN Y LEYVA ANGEL. 2008. Evaluación de la inoculación de micorrizas en Rizobacterias en tomate. Universidad de Costa Rica. *Revista.* Vol. 30. p. 75 – 73.
57. NOVELLA, R. 2001. Participación de las micorrizas arbusculares y la fertilización nitrogenada en el crecimiento y la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Tesis presentada en opción al título académico de maestro en ciencias en nutrición de las plantas y biofertilizantes. La Habana – Cuba.
58. RAZNITZINA, E.A. 1938. Formación de factores de crecimiento del tipo auxinas por las bacterias. *Dokl. Akad. Nauk. SSR.* 18: 353-362. *Rev. Micmbiology.* 34; 453-476.
59. RIDGE, E. H. and Rovira, A.D. 1968. *Microbiol. Inoculation of Wheat.* 9th Congreso Int. de Ciencias del Suelo *Trans. Vol. III.* p. 473-481.
60. RODRIGUEZ, R., TABARES, R. y MEDINA S. 1997. Cultivo moderno del tomate. Segunda Edic. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. España.
61. RODRÍGUEZ, S. 1982. Fertilizantes nutrición vegetal. Edit. AGP. Editores México.

62. RUBENCHICK, L. I. 1960. Azotobacter and its use in agriculture. 1960. Translated from Russian Published for The National Science Foundation, Washington D. C. US Dept. of commerce, Washington 25, D. C.
63. RUINEN, J. 1975. Nitrogen fixation in the phyllosphere. Ed. W. D. P. Stewart. Cambridge University Press, Nueva York, EEUU. p. 85-100.
64. SCHROTH, M.N; HANCOCK, JG. 1981. Selected topics in biological control. Annual.
65. TEJERA N., 2005. Isolation and characterization of Azotobacter and Azospirillum Strains from the sugarcane rhizosphere. Plant. And. Soil. Vol 27. Pp 223 – 232.
66. TERRY ALFONSO, E. 1998. Efectividad agronómica de biofertilizantes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum, Mill*). Tesis presentada en opción al título académico de master en Ciencias Agrícolas. La Habana – Cuba.
67. TOOVEY, F. 1 982. Producción comercial de tomates. Edit. Acriba, Zaragoza – España.
68. THOMPSON, L. 1974. El suelo y su fertilidad. Edit Reverté. Madrid. 356 p.
69. VAN, H. 1 981. Tomates. Edit. Trillas S.A. Manuales para la Educación Agropecuaria. México.

- 70.VILCHEZ M, R. 2004. Deshierbos y Densidad de Plantas en el Rendimiento del Tomate (*Lycopersicum esculentum L.*) Var. Río Grande, Canaán a 2,750 msnm – Ayacucho.
- 71.VILLARREAL, R. 1,982. Tomates. Instituto Interamericano de cooperación Para La Agricultura. San José. Costa Rica.
- 72.WANG, B. 2006. Micorriza: disponible en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Micorriza>. Accesado el 24 de setiembre del 2009.
- 73.ZEVALLOS, D. 1,985. Manual de horticultura para el Perú. Ediciones Manfer S.A. Barcelona – España.

ANEXOS

Cuadro 01: Costos de producción de Tomate Tratamiento 1.

Cultivo : Tomate. Extensión : 1Ha
 Variedad : Rio Grande Mejorado. Jornal : S/. 15.00
 Sistema de Siembra : Directa. Unidad : Nuevos soles

A. COSTOS DIRECTOS	Unid.	Cant.	P.U. (S./)	P. P. (S./)	TOTAL (S./)
1. PREPARACION DEL TERRENO					280
Arado de disco	h-maquina	4	35	140	
Arado de rastra	h-maquina	2	35	70	
Surcado	h-maquina	2	35	70	
2. Siembra, almacigo, trasplante					255
a. Siembra y almacigo					
Preparación del terreno	jornal	2	15	30	
Riegos	jornal	2	15	30	
Deshierbo	jornal	2	15	30	
b. Desahije					
Desahije	jornal	1	15	15	
3. Labores culturales					450
Primer abonamiento	jornal				
Aporque y segundo abonamiento	jornal	20	15	300	
riego (20 veces)	jornal	20	15	300	
Aplicación de insecticidas(5 aplicaciones)	jornal	5	15	75	
Aplicación de fungicidas (5 aplicaciones)	jornal	5	15	75	
4. Insumos					1.440,00
Análisis de suelos		1	40	40	
Semilla	Kg.	0,6	380	228	
Urea	Kg.		2,5	0	
Fosfato diamónico	Kg.		2	0	
Cloruro de Potasio	Kg.		0,3	0	
Sukkoi	Kg.	1,5	40	60	
Ridomil	L	6	96	576	
Curzate	Kg.	2,5	90	225	
Adherente	L	2	20	40	
Abono foliar	L	2	20	40	
5. Transporte					110
Insumos y fertilizantes	Kg.	1	110	110	
6. Cosecha					168
Recolección, limpieza y selección	jornal	10	12	120	
Traslado y comercialización	jornal	4	12	48	
TOTAL					2.701,00
RESUMEN					
Gastos de Financiación		165,4			
Gastos de Administración		147,2			
Imprevistos		123,6			
COSTO INDIRECTO		356,2			
COSTO DIRECTO		2.702,00			
COSTO TOTAL DE LA INVERSION		3058,2			

Cuadro 02: Costos de producción de Tomate Tratamiento 2.

Cultivo : Tomate. Extensión : 1Ha
 Variedad : Rio Grande Mejorado. Jornal : S/. 15.00
 Sistema de Siembra : Directa. Unidad : Nuevos soles

A. COSTOS DIRECTOS	Unid.	Cant.	P.U. (S./)	P. P. (S./)	TOTAL (S./)
1. PREPARACION DEL TERRENO					280
Arado de disco	h-maquina	4	35	140	
Arado de rastra	h-maquina	2	35	70	
Surcado	h-maquina	2	35	70	
2. Siembra, almacigo, trasplante					105
a. Siembra y almacigo					
Preparación del terreno	jornal	2	15	30	
Riegos	jornal	2	15	30	
Deshierbo	jornal	2	15	30	
b. Deshaje					
Deshaje	jornal	1	15	15	
3. Labores culturales					750
Primer abonamiento	jornal	2	15	30	
Aporque y segundo abonamiento	jornal	20	15	300	
riego (20 veces)	jornal	12	15	180	
Aplicación de insecticidas(5 aplicaciones)	jornal	8	15	120	
Aplicación de fungicidas (5 aplicaciones)	jornal	8	15	120	
4. Insumos					2.592,40
Análisis de suelos		1	40	40	
Semilla	Kg.	0,7	380	266	
Súper Guano	Kg.		1	0	
Urea	Kg.	231	2,5	577,5	
Fosfato diamónico	Kg.	304	2	608	
Cloruro de Potasio	Kg.	33	0,3	9,9	
Sukkoï	Kg.	1,5	40	60	
Ridomil	L	6	96	576	
Curzate	Kg.	2,5	90	225	
Adherente	L	2	20	40	
Abono foliar	L	2	20	40	
5. Transporte					110
Insumos y fertilizantes	Kg.	1	110	110	
6. Cosecha					210
Recolección, limpieza y selección	jornal	10	15	150	
Traslado y comercialización	jornal	4	15	60	
TOTAL					4.047,40
RESUMEN					
Gastos de Financiación		303,555			
Gastos de Administración		404,74			
Imprevistos		202,37			
COSTO INDIRECTO		910,665			
COSTO DIRECTO		4.047,40			
COSTO TOTAL DE LA INVERSION		4958,065			

Cuadro 03: Costos de producción de Tomate Tratamiento 3, 4, 5, 6,7, y 8.

Cultivo : Tomate. Extensión : 1Ha
 Variedad : Río Grande Mejorado Jornal : S/. 15.00
 Sistema de Siembra : Directa. Unidad : Nuevos soles

A. COSTOS DIRECTOS	Unid.	Cant.	P.U. (S./)	P. P. (S./)	TOTAL (S./)
1. PREPARACION DEL TERRENO					280
Arado de disco	h-maquina	4	35	140	
Arado de rastra	h-maquina	2	35	70	
Surcado	h-maquina	2	35	70	
2. Siembra, almacigo, trasplante					105
a. Siembra y almacigo					
Preparación del terreno	jornal	2	15	30	
Riegos	jornal	2	15	30	
Deshierbo	jornal	2	15	30	
b. Deshaje					
Deshaje	jornal	1	15	15	
3. Labores culturales					750
Primer abonamiento	jornal	2	15	30	
Aporque y segundo abonamiento	jornal	20	15	300	
riego (20 veces) + Inoculación	jornal	12	15	180	
Aplicación de insecticidas(5 aplicaciones)	jornal	8	15	120	
Aplicación de fungicidas (5 aplicaciones)	jornal	8	15	120	
4. Insumos					2.526,90
Inoculante	L	150	7	1050	
Análisis de suelos		1	40	40	
Semilla	Kg.	0,7	380	266	
Súper Guano	Kg.	1050	0,8	840	
Urea	Kg.	35	2,5	87,5	
Fosfato diamónico	Kg.		2	0	
Cloruro de Potasio	Kg.		0,3	0	
Sukkoi	Kg.	1,5	40	60	
Ridomil	L	6	96	576	
Curzate	Kg.	2,5	90	225	
Adherente	L	2	20	40	
Abono foliar	L	2	20	40	
5. Transporte					110
Insumos y fertilizantes	Kg.	1	110	110	
6. Cosecha					210
Recolección, limpieza y selección	jornal	10	15	150	
Traslado y comercialización	jornal	4	15	60	
TOTAL					3.981,90
RESUMEN					
Gastos de Financiación		298,6425			
Gastos de Administración		398,19			
Imprevistos		199,095			
COSTO INDIRECTO		895,9275			
COSTO DIRECTO		3.981,90			
COSTO TOTAL DE LA INVERSION		4877,828			



FOTO 1: Muestra la semilla de tomate de variedad "Río Grande Mejorado", que se utilizó en este trabajo de investigación.

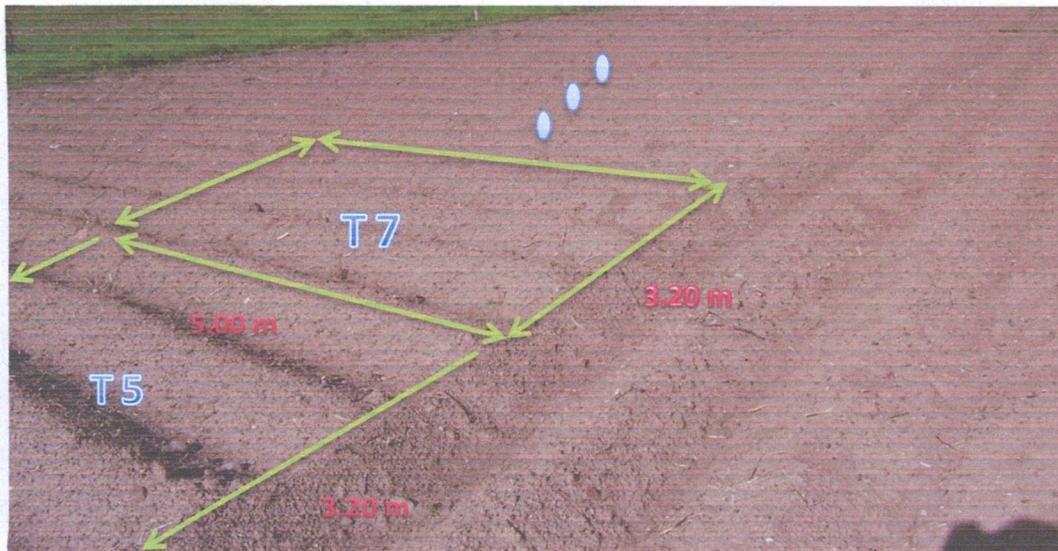


FOTO 2: Muestra los surcos realizados por el tractor y la posterior división de las parcelas, en el centro experimental de la UNSCH; Canaán.



FOTO 3: Muestra el riego de enseñanza que se hizo antes de la siembra; al mismo tiempo la siembra directa que se realizó en este trabajo de investigación en tomate.



FOTO 4: Muestra a la planta en pleno crecimiento y con su riego respectivo.



FOTO 4: Muestra la solución de uno de los preparados del biofertilizante, que se va a inocular en la planta de tomate.



FOTO 5: Muestra la inoculación del biopreparado por el laboratorio de Rhizobiología; en 10ml/planta haciendo un total de 30ml/golpe, en la planta de tomate instalados en Canaán - Ayacucho.



FOTO 5: Muestra el aporque que se realizó paralelamente a la segunda aplicación de dosis de Nitrógeno para el Tratamiento T2 (Fertilización Química), luego de ser inoculada la planta.



FOTO 6: Muestra una de las tantas veces donde se fumigó la planta del tomate, evitando así cualquier tipo de infección que pueda afectar el buen desarrollo de la planta.



FOTO 7: Muestra el inicio de la floración de la planta de Tomate.

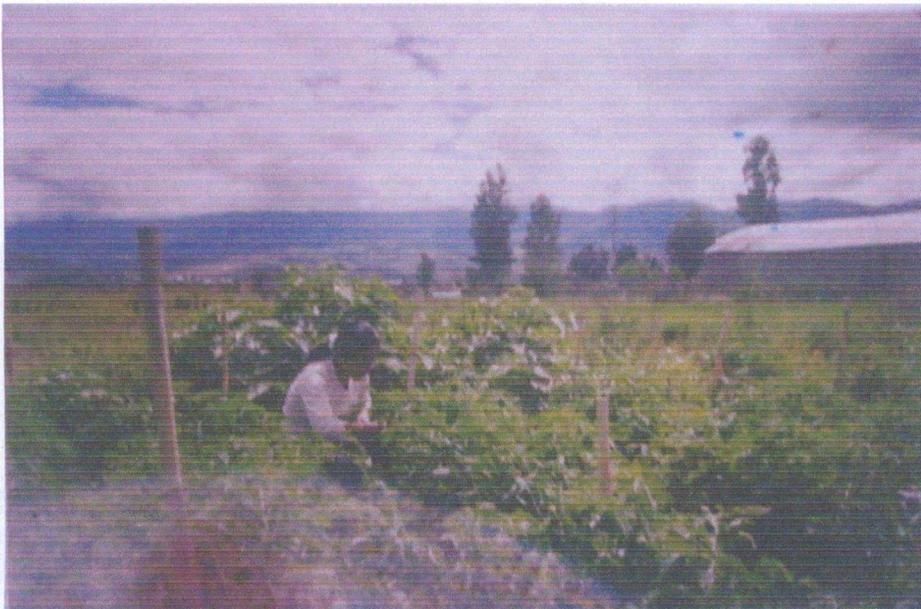


FOTO 8: Muestra el tutorado que se realizo a la planta de tomate, evitando así el contacto directo de las ramas y frutos con el suelo, para evitar la pudrición.



FOTO 9: Muestra los primeros frutos cuando empiezan a tornarse de color rojizo, indicando su próxima cosecha.

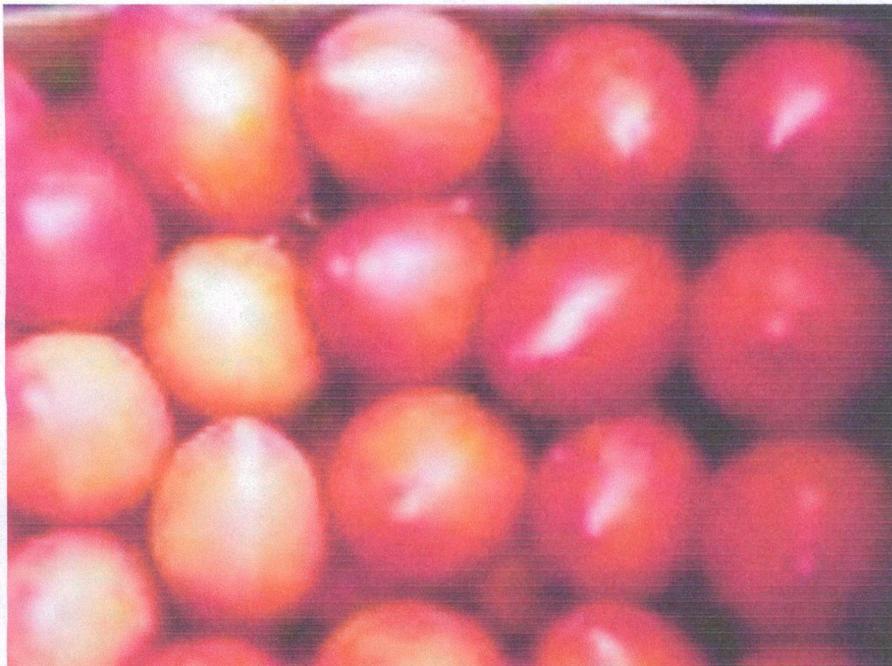


FOTO 10: Muestra los frutos cosechados.



FOTO 11: Muestra la evaluación que se realizó del peso de frutos de primera en tomate.



FOTO 12: Muestra la evaluación del peso de frutos de primera del tomate.



FOTO 13: Muestra el calificado como fruto de primera en tomate.



FOTO 14: Muestra el calificado como fruto de segunda en tomate.