



Artículo científico

DOI:10.5281/zenodo.10694821

Evaluación de cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y su efecto en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, CENTA Cuscatlán), utilizando la técnica de fertirriego

Evaluation of four doses of liquid biofertilizer enriched with mineral salts and its effect on the yield of the tomato crop (*Lycopersicon esculentum*, CENTA Cuscatlán), using the fertigation technique

González-del Cid, K.T.¹, Vásquez-de Ponce, P.J.¹, Sánchez-Gómez, K.B.¹, Tejada-Asencio, J.M.¹, Aguirre-Castro, C.A.¹

Correspondencia:
katereenedelcid@gmail.com
patty-vasquez@hotmail.es
karla_3z@hotmail.com
jose.tejada@ues.edu.sv
carlos.aguirre@ues.edu.sv

Presentado:
12 de enero de 2021
Aceptado:
14 de marzo de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, durante octubre 2019 a marzo de 2020; consistió en evaluar el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, CENTA Cuscatlán) con 4 dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales: T1(1%), T2 (1.5%), T3 (2%), T4 (2.5%) y un testigo (0%), mediante la técnica de fertirriego por goteo a campo abierto, para ello se utilizaron varas de bambú perforadas interna y externamente, y se adaptaron a bidones para una distribución en 8 plantas de cada tratamiento. En el experimento se ejecutó un diseño de bloques completamente al azar con 4 tratamientos (dosis= 100ml, 150ml, 200ml, 250ml, diluidos en 20 litros de agua y un testigo T0 (0ml) en 5 repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron independientes: dosis de biofertilizante líquido (biol) y un testigo. Los resultados se analizaron con el software estadístico INFOTAT y se aplicó un análisis de varianza con una comparación de grupos mediante la prueba de Tukey, para las variables paramétricas con un comportamiento de normalidad e igualdad y prueba de Kruskal Wallis, para variables no paramétricas con un grado de significancia de 5%. Estadísticamente el T2 que correspondió a la dosis de biol concentrado de 150ml diluidos en 20 litros de agua, mostró mayor efecto en los indicadores: diámetro de tallo, número de fruto, diámetro y peso de fruto al $p \leq 0.05$.

Palabras claves: Tomate Cuscatlán, fertirriego, biofertilizante líquido, dosis.

ABSTRACT

The research was conducted in the municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, El Salvador, during October 2019 to March 2020. It consisted of evaluation of the yield of the tomato crop (*Lycopersicon esculentum*, CENTA Cuscatlán) treated with 4 doses of liquid biofertilizer enriched with mineral salts: T1(1%), T2 (1.5%), T3 (2%), T4 (2.5%) and a control (0%). The technique used was open field drip fertigation, utilizing bamboo poles perforated internally and externally, and adapted to drums for distribution to 8 plants of each treatment. The experiment was carried out using a completely randomized block design with 4 treatments (doses = 100ml, 150ml, 200ml, 250ml, diluted in 20 liters of water and a control T0 (0ml) in 5 replicates per treatment. The independent variables evaluated were: dose of liquid biofertilizer (biol) and the control. The results were analyzed utilizing the INFOSTAT statistical software. Analysis of variance was applied to compare groups using Tukey's test for parametric variables with a normal and equal behavior and Kruskal Wallis test for non-parametric variables with a significance level of 5%. Statistically, T2, which corresponded to the biol concentrate dose of 150 ml diluted in 20 liters of water, showed greater effect on the following indicators: stem diameter, number of fruits, fruit diameter and fruit weight ($p \leq 0.05$).

Key words: Tomato Cuscatlán, fertigation, liquid biofertilizer, dose.

INTRODUCCIÓN

La agricultura sostenible es importante para conseguir el bienestar nutricional de las personas y así llevar una vida sana y productiva, cuya plena realización depende también de los logros paralelos en el disfrute de los derechos a la salud, educación, trabajo y otros (UES 2008).

Para ello una alternativa es utilizar biofertilizantes y microorganismos eficientes que se encuentran dentro de la biotecnología de la agricultura sostenible (García 2019), los cuales se producen a base de microorganismos que viven en el suelo, aunque en bajas poblaciones; al incrementar su población mediante la inoculación, son capaces de poner a disposición de las plantas una parte importante de los elementos nutritivos que estas necesitan para su desarrollo, sin afectar el equilibrio biológico del suelo, y así conservar los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente sostenible (Planes-Leyva *et al.* 2004).

Según FAO (2015), el crecimiento de la planta depende de un suministro suficiente de cada nutriente de tal manera que mejore la calidad de las hortalizas. Según Agronet (2009), todos los macronutrientes son esenciales para la etapa de floración y fructificación, pero principalmente el fósforo juega un papel muy importante en la etapa de enraizamiento y floración, ya que incide en la formación y tamaño de las flores.

Arshad y Rashid (1999), confirmaron en su estudio que el aumento de la producción está relacionado con el favorecimiento de los componentes y nutrientes disponible para la planta, por tanto, el rendimiento de frutos de tomate es condicionado por el número de flores por planta y por el peso individual, probaron que la adición de P (fósforo), incrementa el número de flores, lo que proporciona el mayor número de frutos por planta.

En esta investigación se presenta una tecnología de producción a los pequeños agricultores a través del fertirriego y la aplicación de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y un testigo, a través de la aplicación por fertirriego, para conocer los mejores resultados en cuanto a producción y beneficio económico para los productores de tomate de la variedad CENTA Cuscatlán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en el período comprendido de octubre 2019 a marzo de 2020, en el lote de la granja de la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES), ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de la Paz,

El Salvador, con coordenadas Latitud Norte 13° 06' y Longitud Oeste 89° 06', a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar, con precipitación media anual de 1,700 mm, temperatura media anual de 28°C, humedad relativa de 76% y una velocidad del viento de 8 km/h, la clase de suelo IVe, para cultivos anuales y bianuales, suelo regosol, están constituidos por depósitos de polvo pomicítico blanco de variable espesor sobre una formación de tobas fundidas de bastante dureza (Martínez *et al.* 2005).

Condiciones edafoclimáticas de la zona

La experimentación se realizó en un suelo que corresponde al gran grupo regosol (Entisol), perteneciente a la serie Apopa ondulado en planicies, cuyos horizontes superiores son francos a franco arenosos finos, de color café grisáceo muy oscuros, estructura débilmente granular y con espesor variando de 15 a 25 cm. Los estratos inferiores son francos, francos arenosos finos de colores café grisáceos claros. La estructura es terronosa a ligeramente granular. A profundidades mayores de 1.5 m, se encuentran gruesos estratos de tobas fundidas, Ph 5.6, capacidad de campo 15%, punto de marchitez permanente 8%, densidad aparente 1.24 gr/cm³. En resumen, son suelos francosos, friables, permeables, ni plásticos ni pegajosos y con moderada capacidad de retener agua. La capacidad de producción es buena.

Material experimental

La parcela de investigación se delimitó en un área de 20 m de largo y 12 m de ancho, para un total de 240 m², con un estaquillado de 5 bloques de 6 m x 5 m, y cada uno con 5 camas de 0.80m de ancho y 4 m de largo, distanciados a 0.80 cm entre cada una, con un total de 25 camas.

El experimento se estableció con una siembra en surcos con una orientación de Oeste a Este. En cada cama se colocó un sistema de riego artesanal compuesto por un bidón con capacidad de 20 L y varas de bambú de cuatro metros de largo perforada de los entrenudos internos y externos, los agujeros estaban

a una distancia de 40 cm entre cada uno. El fertirriego se realizó una vez por semana, utilizando diferentes dosis de un biofertilizante líquido (biol) enriquecido con sales minerales, conocido comercialmente como supermagro.

Para elaborar supermagro en un barril de 200 litros de capacidad, se colocaron 25 a 30 libras de estiércol fresco de vaca, 70 litros de agua, 2 litros de leche, y 1 litro de melaza. Se revolvió hasta conseguir una mezcla homogénea, se tapó y se colocó una salida de gases con trampa de agua y se dejó en reposo por 3 días a la sombra (MAOES 2018).

Al cuarto día, se agregó una sal mineral y de ahí cada 3 días se hizo de la siguiente manera: en una cubeta plástica se agregó 8 litros de agua, 1 litro de leche, 1 litro de melaza y se disolvieron los minerales cada 3 días.

Al 7mo día. En un balde pequeño de plástico con un poco de agua tibia se disolvió 1 kilo de Sulfato de Zinc, 200 gramos de roca fosfatada y 100 gramos de ceniza. Se agregaron 2 litros de leche o 4 litros de suero y 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña. Se colocó en un recipiente de plástico de 200 litros de capacidad y se mezcló muy bien, se tapó y se dejó en reposo por 3 días y así sucesivamente con las demás sales minerales.

Dicho fertilizante se obtuvo a través de la donación de MAOES, se utilizaron semillas de tomate (*Lycopersicon Esculentum*) variedad CENTA Cuscatlán (CC); nombre común Cebaco.

Los tratamientos evaluados fueron cinco dosis de las cuales 4 son con biofertilizante líquido supermagro y un testigo: T0 testigo (0ml); T1, dosis de 100ml; T2, dosis de 150ml; T3, dosis de 200ml; T4, dosis de 250ml. Los tratamientos fueron distribuidos de forma aleatoria por cada repetición (cama). En total, por área de investigación se obtuvieron 5 bloques (parcelas).

Herramientas para la instalación del sistema de riego

Se colectaron 25 varas bambú perteneciente a

subfamilia *bambusoideae*, con una longitud de 4 metros, con un diámetro promedio externo de 25 mm, y con un diámetro interior promedio de 12.7 mm que sirvieron como laterales del sistema; posteriormente se realizó el curado tradicional, luego se colocaron las varas en un sitio separadas del suelo, en posición vertical a la sombra para reducir el porcentaje de humedad. La perforación interna de las varas para remover los entrenudos; se utilizó una varilla de 6 metros con un diámetro de $\frac{1}{4}$ pulg., adaptándola a un taladro. Con una cinta métrica se midió y con un plumón se marcó cada 0.40 cm de la parte externa de la vara para perforar; estas se utilizaron como gotero, y como broca se utilizó un clavo de 1 pulgada adaptado a un taladro, a cada vara se le realizaron 10 perforaciones.

Se instaló una cisterna plástica con una capacidad de 1000 litros para dispensar agua hacia los bidones, posteriormente se instaló el sistema de riego con 25 bidones (recipientes) plásticos con chorro con capacidad de 20 litros, se utilizaron 30 cm de manguera para unir el chorro con la vara de bambú de los cuales 5 cm se acoplaron al chorro del bidón que se sujetó con abrazaderas y 5 cm en el otro extremo para lo cual se dilató la manguera y se ensambló en la vara de bambú de 4 m.

Posteriormente, se hicieron las pruebas para comprobar el funcionamiento de cada uno de los sistemas de riego, se realizó un aforo de cada vara, y se calculó la descarga del agua que se utilizó y del biofertilizante, y así se obtuvo un promedio de 5cc de descarga en 7.5 seg. por cada agujero y cada vara con un tiempo de vaciado total del bidón de 45min.

Elaboración de semillero

Se utilizó como sustrato 40% de bocashi, 45% de Lombriabono y 15% de tierra, todo colado. Se cubrió con una capa de granza de arroz, posteriormente se hizo el riego de las 4 bandejas con 480 plantines y se colocó en un tapasco cubierto con tela agril negra.

Preparación de suelo

Se removió el suelo para formar las 25 camas, además

se hizo una enmienda al suelo incorporándole bocashi; se incorporó 3.62 kg de bocashi/por metro lineal a cada cama, en total 90.72 kg en el área a utilizar, también se colocó mulch en cada una de las camas para protegerlas de la erosión.

Trasplante de plantines (semillas de tomate CENTA Cuscatlán)

A los 22 días se realizó el trasplante de los plantines de tomate a cada cama; con un distanciamiento entre planta de 0.50 m, un surco por cama, para sumar un total de 8 plantas en 4 metros por cama (repetición); la densidad total por el área de investigación fue de 200 plantas.

Manejo agronómico:

- Riego 2 días antes del trasplante en toda la parcela de investigación.
- Semanalmente control manual de plantas arvenses.
- Control manual de plantas arvenses y manejo de insectos perjudiciales cada semana con repelentes orgánicos.
- Colocación de tutores de 2 metros de alto a los 30 días después del trasplante, tres por cada cama, con un total de 75 tutores por parcela de investigación.
- Podas: fitosanitarias una vez al mes y de formación una vez en el ciclo de planta.
- Revisión constante del sistema de riego para verificar su buen funcionamiento.
- Aplicación de ceniza (74gr) dos veces durante el ciclo. La primera en el periodo de crecimiento a los 18 días después del trasplante y la segunda previo a la floración. La aplicación se realizó de forma pulverizada sobre el follaje para disminuir la incidencia del ataque de insectos y como preventivo para la aparición de hongos alrededor del tallo.

- Aplicación foliar de microorganismos de montaña una vez al mes desde el trasplante 250 ml diluidos en un litro de agua aplicando aproximadamente 24cc por planta como medida para un control biológico.
- Aplicación 100 g de bocashi por postura alrededor del tallo de cada planta.

Se realizó un monitoreo de insectos perjudiciales al cultivo y de aquellos vectores causantes de enfermedades, para tomar medidas de acción preventiva como: prácticas culturales, durante el ciclo del cultivo.

Fertilización del cultivo

En la investigación se emplearon determinados parámetros fisicoquímicos de la solución nutritiva: conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Cuadro 1). Con la finalidad de controlar y monitorear, el sistema de fertirriego.

Cuadro 1. Conductividad eléctrica de la solución nutritiva de cada tratamiento en el cultivo de tomate (*L. esculentum*) CENTA Cuscatlán.

Tratamientos	Conductividad eléctrica
T1	0.96 ms/cm
T2	0.95 ms/cm
T3	1.15 ms/cm
T4	1.32 ms/cm

Los requerimientos nutricionales del cultivo, según una de las alternativas recomendadas por CENTA son: N 260.26 kg/ha, P: 169 kg P_2O_5 /ha, K: 110.95 kg K_2O /ha, Ca: 37.05 kg/ha.

Composición química nutricional del biofertilizante

Se realizó un análisis previo al biofertilizante en el laboratorio de química agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición nutricional del SUPERMAGRO

Identificación de nutrientes	N	P	K	Na	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe
Cantidad (%)	1.61%	4.16%	4.39%	3.18%	3.77%	1.87%	2.13%	Menor a 0.2ppm	0.80%
Identificación de muestra	Ph	Conductividad eléctrica	Sólidos totales disueltos	Salinidad					
Cantidad	4.7	24 (S/m)	15.15 g/L	15.80%					

Programa de riego y nutrición

Debido a que no se encontraron estudios de fertirriego con supermagro, se tomó de referencia un estudio con fertilización foliar para determinar el porcentaje de las dosis a utilizar para la investigación, en el cual tomaron desde el 1% al 2.5% de concentración del producto supermagro por bombada con capacidad de 20 litros de agua.

La nutrición de las plantas se efectuó a través de la técnica de fertirriego; con diferentes dosis concentradas del producto (0ml, testigo; 100ml, 150ml, 200ml, 250ml) cada dosis diluida en 20 litros

de agua; una dosis por cama (repetición) en cada bloque respectivamente se realizaron un total de 12 fertirriegos en 3 meses y medio aplicándolos una vez por semana.

Lámina de agua aplicada en cada riego

La lámina de agua aplicada durante el inicio del cultivo es de 4.8 mm, 4.9 mm hasta llegar a 5, en la etapa de desarrollo la lámina es de 5.5 mm, 7 mm, hasta 8.5 mm, en la etapa media del cultivo llegó a tenerse una lámina máxima de 10.4 mm, además se tuvo un mínimo de 5.5 mm, en esta etapa hubo fluctuaciones debido a que el cultivo llegaba a su

finalización de producción.

Metodología estadística

Diseño estadístico

La investigación fue de tipo experimental, por la generación de la información. El diseño estadístico que se utilizó fue de bloques completos al azar, con un nivel de significancia del 5%. Constituido por 5 tratamientos en 5 bloques distribuidos completamente al azar. Con una prueba estadística de análisis de varianza apoyado con el software estadístico INFOSTAT.

Comparación de grupos mediante la prueba de Tukey y Kruskal Wallis.

Prueba de TUKEY, para las variables paramétricas con un comportamiento de normalidad e igualdad.

Prueba de Kruskal Wallis, para variables no paramétricas.

Variables evaluadas

- **Variable Independiente:** biofertilizante líquido supermagro y un testigo.
- **Variable Dependiente:** el rendimiento del cultivo de tomate, y la parte morfológica.

Indicadores de crecimiento

- **Altura de planta:** cada ocho días se registraron los datos por planta muestreada, y con una cinta métrica se tomaba la altura de la planta en centímetros (cm) desde el nivel del suelo hasta el ápice.
- **Diámetro de tallo:** con el uso del vernier se midieron los diámetros en milímetro (mm) a una altura de diez centímetros desde el nivel del suelo.
- **Número de flores:** se tomó el dato a partir de la cuarta semana después del trasplante, el muestreo se realizó contando el número de flores por cada una de las 4 plantas de cada repetición

por bloque, se hizo una vez por semana, en total 7 muestreos.

Indicadores de producción de la planta

Cosecha

Se realizó cuando el cultivo alcanzó su madurez completa, esta consistió en cortar los frutos, se efectuó a los 28 días después de la aparición de las flores. Posteriormente, se categorizó con base al peso y se midieron los diámetros de los tomates producidos por cada planta en sus diferentes tratamientos.

Indicadores de cosecha

Los indicadores de cosecha se determinaron por la madurez fisiológica y comercial del fruto. En la primera fue cuando el fruto obtuvo color naranja pálido, se volvió más brillante y grande. La segunda o comercial se alcanzó 5 días después del corte o cosecha, cuando el fruto en anaquel tomó un color rojizo brillante listo para consumo o comercialización.

Número de frutos. Los datos se tomaron a partir de la cuarta semana después de la aparición de las flores, de acuerdo con el número de tomates que produjo cada una de las 4 plantas de cada repetición por bloque. Obteniendo la sumatoria total de frutos producidos por cada tratamiento en una cosecha total de 4 semanas.

Diámetro del fruto. Los datos de cada tomate de las 100 plantas muestreadas de las repeticiones se midieron con el instrumento Vernier (pie de rey), se obtuvieron datos en milímetros.

Peso del fruto. Se pesaron todos los tomates cosechados por cada una de las plantas muestreadas y se obtuvo sumatorio total de peso en kilogramos por cada tratamiento, con balanza semi-analítica (gramos).

Metodología económica

Para el análisis económico de los resultados, se aplicó el método propuesto por el Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el cual se fundamenta

en el análisis de presupuesto parcial, esta es una manera de calcular el total de los costos que varían y los beneficios netos por hectárea. El presupuesto parcial incluye los rendimientos medios para cada tratamiento, los rendimientos ajustados y el beneficio bruto de campo. (CIMMYT 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los tratamientos aplicados sobre los componentes del rendimiento, altura de planta y número de flores se alcanzaron mejor resultado con el T4; sin embargo, el diámetro de tallo, número de frutos por planta y la masa promedio de los frutos, resultaron con el mejor valor con el tratamiento T2 con 7,031 L/ha⁻¹ de biofertilizante aplicado, con diferencias estadísticas significativas de los tratamientos T1, T3 y T4 (Cuadro 3). En todos los indicadores evaluados en la aplicación del bioabono, las dosis utilizadas superaron al tratamiento testigo.

Cuadro 3. Resultados de los tratamientos aplicados la planta de tomate *L. esculentum* CENTA Cuscatlán.

Tratamientos	Fase vegetativa			Fase de producción		
	Altura	Diámetro de tallo	Número de flores	Número de frutos	Peso de fruto	Diámetro de fruto
T0 (0 ml)	72.1	66.3	148.6	32.6	1.46	30.82
T1(100 ml)	71.0	63.6	165.0	34.2	1.62	29.18
T2 (150 ml)	81	69.3	239.4	56.2	2.58	39.94
T3 (200 ml)	84.7	69.1	243.4	55.8	2.56	36.4
T4 (250 ml)	86.3	68.1	302.8	49.6	2.49	36.14

Altura de planta y diámetro de tallo

Los promedios de alturas medidas a partir del trasplante de las plantas de tomate, en un período de 11 semanas (Figura 1), permitieron observar que en las primeras cuatro semanas existía un comportamiento homogéneo en el crecimiento entre los cuatro tratamientos, respecto al testigo (T0). A partir de la quinta semana se notó un despegue de los tratamientos T2, T3 y T4, siendo mayor el crecimiento en comparación con los T0 y T1, lo cual indicó que la planta requiere más nutrientes y estos últimos tratamientos no fueron suficientes para suplir la necesidad de la planta, la cual entró a la etapa fenológica de floración y necesitó prepararse para la fructificación.

Salisbury y Ross (2000), explican que el leve incremento de la altura en las primeras etapas de crecimiento, se debe al predominio de procesos de división celular activa, luego el aumento de tamaño fue drástico y se realizó a una velocidad constante, lo

cual se debe a que la elongación celular aumenta, por último, la planta entra en la fase de maduración y el incremento en el crecimiento vuelve a ser lento.

Según FAO (2015), el crecimiento de la planta depende de un suministro suficiente de cada nutriente, puede explicarse que, a mayor concentración de biofertilizante mayor contenido de nitrógeno, magnesio y potasio, elementos que participan en el crecimiento vegetativo, aumento de la producción de hojas y en el mejoramiento de la calidad de las hortalizas, por ello estos nutrientes deben ser aplicados para cubrir las necesidades de las plantas y así obtener rendimientos satisfactorios.

Para el indicador de altura de la planta con el tratamiento T4 (250 ml), estadísticamente se obtuvo un mayor efecto con la aplicación del biol ya que la concentración mayor de fósforo incrementó la biomasa, por tanto, una mejor cantidad de fotosíntesis y transformación de nutrientes para mejorar el rendimiento en flores y frutos. Además, se

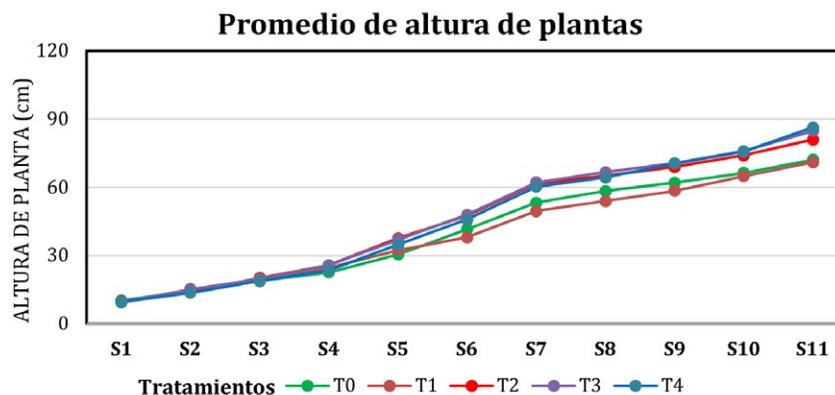


Figura 1. Comportamiento de crecimiento semanal de la planta con cuatro tratamientos y un testigo en tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad Centa Cuscatlán.

tomaron los diámetros promedios totales de los tallos de las plantas por cada tratamiento, observándose un engrosamiento mayor del tallo con T2 y T3, respecto a T1, esta diferencia se debió a una limitación para suplir los nutrientes para la planta, lo cual disminuyó el engrosamiento del tallo que son necesarias para soportar el peso de los frutos. Jaramillo *et al.* (2007), indican que una de las características importantes para el desarrollo del tallo es la operación cultural de aporque que le proporciona mayor anclaje a la planta. Debido a que el tallo es una de las principales partes de la planta, a medida que incrementa su desarrollo, también desarrollan hojas, tallos secundarios e inflorescencias, por tanto, con mayor desarrollo, existe mayor capacidad de transportar los nutrientes hacia los frutos.

Comparación entre número de flores y número de frutos producidos por tratamiento

Cuando se compara el total de flores y frutos obtenidos por cada tratamiento (Figura 2), observamos que el número de flores fue mayor en cada tratamiento que el número de frutos. Esta diferencia en número de flores con el T4, se debió a que hubo una mayor concentración del biol, por lo tanto, mayor aporte de nutrientes a las plantas, especialmente el fósforo que es esencial para el desarrollo de la floración.

Sin embargo, la diferencia en el rendimiento para el número de frutos, fue mayor en el tratamiento T2 (150 ml) esto se debió a varios factores, y es que en el T4 a pesar de que hubo mayor número de flores, se

presentó aborto o purga de flores, que se atribuyen a las altas temperaturas o también a que las flores no fueron polinizadas, el ataque de insectos, picaduras y cortes de fruto en desarrollo.

Según Agronet (2009), afirma que todos los macronutrientes son esenciales para la etapa de floración y fructificación, pero principalmente el fósforo que juega un papel muy importante en la etapa de enraizamiento y floración, ya que incide en la formación y tamaño de flores; además existen otros factores como la humedad relativa y las temperaturas altas que dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta y aborta parte de las flores.

Ardila (2011), explica que los bajos rendimientos podrían atribuirse a las temperaturas arriba de 30°C, en las etapas de desarrollo vegetativo, floración y fructificación, estas ocasionan una baja de rendimiento, reducción de polinización, caída de flores y una fecundación defectuosa en tomate.

Peso y diámetro de fruto

El peso (kg) y el diámetro promedio de fruto de tomate (mm), no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$), a excepción con el testigo (Figura 3 y 4). Estos datos se obtuvieron a partir de la semana 15 después del trasplante, en un periodo de 4 semanas, sin embargo, aun cuando no existen diferencias los resultados demuestran un dominio favorable del T2 para los indicadores de peso y diámetro de fruto.

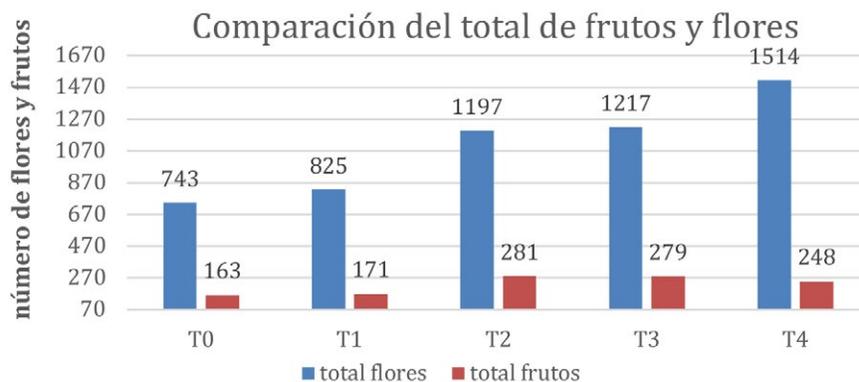


Figura 2. Comparación entre número de flores y frutos obtenidos de la aplicación de cuatro dosis de biofertilizante y un testigo en tomate (*Lycopersicum esculentum*), variedad Centa Cuscatlán.

Los pesos obtenidos por cada uno de los tratamientos reflejan la importancia de los nutrientes esenciales para el crecimiento del fruto, se puede observar que el T2 tuvo mejor crecimiento en cuanto altura de planta y diámetro de tallo, indicando un resultado positivo para la obtención de mejores pesos de los frutos.

La diferencia de los diámetros entre los tratamientos se vio influida por la densidad de tallos que tenía la planta, ya que no fueron eliminados algunos chupones, lo que hizo variar el tamaño y diámetro de fruto, así como el desarrollo de la planta.

Es muy importante dirigir la fortaleza de los chupones hacia los tallos principales de las plantas para obtener una buena producción de frutos, sobre todo al principio de su fase vegetativa, para orientar la planta en una dirección generativa fuerte (Jaramillo *et al.* 2007).



Figura 3. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de biofertilizante y un testigo sobre el peso de fruto en tomate (*Lycopersicum esculentum*) variedad CENTA Cuscatlán.

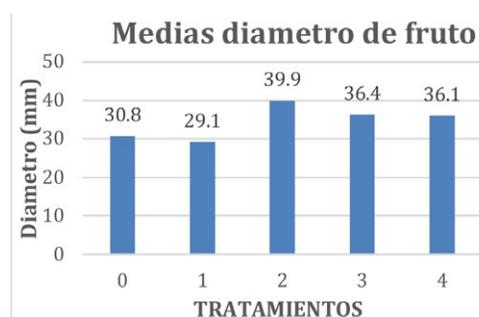


Figura 4. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de biofertilizante y un testigo sobre el diámetro de fruto en tomate (*Lycopersicum esculentum*) variedad CENTA Cuscatlán.

Benéfico/costo

Para evaluar la relación (beneficio-costo) B/C de cada uno de los tratamientos se determinaron los beneficios, y se dividieron entre el total de los costos. El precio de venta utilizado en el análisis fue el mismo que el productor establece al momento de la venta: USD\$15 con un peso de 11.37 kg., así la relación beneficio-costo de USD\$1.08 con el tratamiento 2 (150ml), es decir, que por cada dólar invertido el productor recupera USD\$0.08 ctv. Si bien es cierto se invierte en la tecnología, los resultados tanto productivos como costos y beneficios marcan la diferencia en ganancias obtenidas en tiempos de cosecha.

CONCLUSIONES

El uso de biofertilizante enriquecido con sales

minerales a través de la técnica de fertirriego presentó beneficios para las plantas ya que estas absorbieron de manera directa los nutrientes esenciales para la etapa vegetativa y para las variables de rendimiento del cultivo.

Los indicadores que más reflejaron el efecto de la aplicación de las diferentes dosis de biofertilizante fueron para la altura de la planta el tratamiento T4 (250 ml).

La aplicación del tratamiento T2 (150 ml de biol) presentó los mejores resultados en los indicadores diámetro de tallo y diámetro de fruto, número y peso de fruto por planta en comparación con los demás tratamientos en cuanto a rendimiento y producción de frutos y relación beneficio-coste (B/C) resultó ser más rentable.

En la comparación entre número de flores y número de frutos, el T2 (150 ml) tuvo un mayor cuajado de frutos (mayor rendimiento por planta) a pesar de que el número de flores fue menor que en el T4 (250 ml).

BIBLIOGRAFÍA

- Agronet. 2009. Área Cosechada, Producción y Rendimiento de Tomate. Minagricultura. (En Línea). Colombia. Consultado 13 May. 2020. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/>
- Ardila, G. 2011. Estudio del crecimiento de la planta y del fruto de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tiempo fisiológico, bajo cubierta plástica. (En Línea). Universidad Nacional de Bogotá. Colombia. Consultado 16 de may. 2020. Disponible en: http://bdigital.unal.edu.co/11126/1/gustavohernanardilaro_a.2011.pdf.
- Arshad M; Rashid A. 1999. Comparación de rendimiento entre dos variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo la influencia de NPK. Pakistan. Journal of Biological Sciences. p.635-636.
- CYMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1998. La Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. (En Línea). D.F, México. Consultado: 20 oct. 2019. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/xm/lu/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- FAO (Organizaciones de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura). 2015. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables (En Línea). Perú. Consultado 23 Mar. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4405s.pdf>
- García, L. 2019. Proceso de reproducción de bacterias fototróficas mediante bio fermentación. Tesis de Ing. Agr. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Ecuador. 24p.
- Jaramillo J; Rodríguez VP; Guzmán M; Zapata M., Rengifo T. 2007. Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas. En La producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. (En Línea). Corpoica Mana Gobernación de Antioquia. Colombia. P 331. Consultado: 21 de feb. 2020. Disponible en: <http://a1374s00FAOJARA MILLO.pdf>.
- MAOES (Movimiento de Agricultura Orgánica de El Salvador). 2018. Manual de Producción de Insumos utilizados en la agricultura orgánica. Fertilizantes enriquecidos con sales minerales, Supermagro. La Libertad, El Salvador. 50p.
- Martínez Argueta, AA; Zelada Guevara, CA; Herrera Martínez, ME. 2005. Creación de un modelo de Sistemas de Información Geográficos (SIG) para una finca, caso Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. UES 98 p.
- Planes Leyva, M; Utria-Borges, E; Calderón-Agüero, J; Terry-Lamothe, A; Figueroa-Santana, I; Lores, A. 2004. La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 10(1): 5-10.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Thompson Ediciones, Madrid. p.557-564.
- UES (Universidad de El Salvador). 2008. Tras la búsqueda de un régimen legal que garantice la

seguridad alimentaria en El Salvador (En Línea). Consultado 2 may. 2020. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3514/1/TRASLABUSQUEDAUREGIMENLEGALQUE%20GARANTICELASEGURIDADALIMENTARIAENEL-SALVADOR.pdf>