



Artículo

Evaluación de seis variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) en cultivo hidropónico con sustrato sólido en el municipio de El Alto

Evaluation of six varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*) in hydroponic cultivation with solid substrate in the municipality of El Alto

Ghery Milenka Aguilar Paredes, Medardo Wilfredo Blanco Villacorta

RESUMEN:

Existe una constante amenaza de cambio climático y la calidad de los suelos agrícolas se deteriora de tal manera la producción agrícola es afectada, por ello es necesario buscar alternativas. La hidroponía es un método de cultivar plantas poco conocido en Bolivia y utilizado por algunos productores debido a la escasa información disponible. Con el fin de aportar información y que los resultados sirvan como fuente de consulta se tomó un cultivo de tomate. La investigación se realizó en un invernadero en el municipio de El Alto (Ventilla) en predios de la Asociación de Productoras de Animales Menores y Hortalizas APRODAMH con el objetivo de evaluar seis variedades de tomate utilizando la técnica de hidroponía en sustrato sólido para lo cual se evaluó el comportamiento agronómico del cultivo en base a la aplicación de una solución preparada de acuerdo a los requerimientos del cultivo. Se utilizó semillas de las variedades de tomate Redondo, Rio Grande, Súper Rio Grande, Platense, Roma y Santa Clara, cada variedad fue un tratamiento los cuales fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se evaluó los días a la floración, fructificación, cosecha, porcentaje de emergencia, sobrevivencia, altura de planta, número de flores y de frutos, diámetro de tallo, peso, diámetro y longitud de frutos. Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos T4 y T1 tuvieron mayor rendimiento con 3,21 kg/m² y 3,03 kg/m² respectivamente. En conclusión, se pudo evidenciar que las variedades evaluadas no son estadísticamente similares, se adaptaron a la producción hidropónica en este tipo de ambiente y en esta zona, tuvieron una asimilación adecuada de los nutrientes proporcionados. Por lo tanto, es posible realizar una producción de tomate a 4000 msnm.

PALABRAS CLAVE:

Tomate (*Solanum lycopersicum*), Hidroponía, Producción, Solución, Sustrato.

ABSTRACT:

There is a constant threat of climate change and the quality of agricultural soils is deteriorating in such a way that agricultural production is affected, so it is necessary to look for alternatives. Hydroponics is a method of growing plants that is little known in Bolivia and used by some producers due to the scarce information available. In order to provide information and to use the results as a source of reference, a tomato crop was used. The research was carried out in a greenhouse in the municipality of El Alto (Ventilla) on the premises of the Association of Small Animal and Vegetable Producers APRODAMH with the objective of evaluating six varieties of tomato using the technique of hydroponics in solid substrate for which the agronomic behavior of the crop was evaluated based on the application of a solution prepared according to the requirements of the crop. Seeds of the tomato varieties Redondo, Rio Grande, Super Rio Grande, Platense, Roma and Santa Clara were used, each variety was a treatment which were distributed in a completely randomized design with three replications. Days to flowering, fruiting, harvest, percentage of emergence, survival, plant height, number of flowers and fruits, stem diameter, weight, diameter and length of fruits were evaluated. The results obtained show that treatments T4 and T1 had higher yields of 3.21 kg/m² and 3.03 kg/m² respectively. In conclusion, it could be evidenced that the evaluated varieties are not statistically similar, they adapted to hydroponic production in this type of environment and in this zone, they had an adequate assimilation of the nutrients provided. Therefore, it is possible to carry out tomato production at 4000 meters above sea level.

KEYWORDS:

Tomato (*Solanum lycopersicum*), Hydroponics, Production, Solution, Substrate.

AUTORES:

Ghery Milenka Aguilar Paredes: Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. mileparedes250@gmail.com

Medardo Wilfredo Blanco Villacorta: Docente Investigador. Estación Experimental Patacamaya. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. mwblanco1@umsa.bo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9266-9972>

Recibido: 11/10/2021. Aprobado: 25/11/2021.



INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos y el uso de agua están relacionados de forma inseparable. El agua siempre ha sido el principal factor que limita la producción agrícola en gran parte del mundo, donde la precipitación no es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos.

La producción de alimentos a nivel global y el uso de agua están directamente relacionados, por lo cual el líquido elemento es el principal factor que limita la producción agrícola, donde cada vez más la escasa precipitación no es suficiente para satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos. (FAO,2012)

El mismo autor indica que es importante analizar las alternativas para incrementar la eficiencia y productividad en el uso del agua, es necesario conocer la respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. La naturaleza de esta relación es compleja, y se han realizado varios intentos para establecer planteamientos simplificados, pero razonables, que recopilen las características básicas de la respuesta.

El tomate *Solanum lycopersicum* (o su denominación anterior *Lycopersicum esculentum* Mill., que aún es ampliamente utilizada), pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta herbácea anual, bianual, de origen centro y sudamericano. Actualmente es cosmopolita, cultivada para consumo fresco e industrializado. Dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate es uno de los rubros con mayor dinamismo (Guzman, et al.,2017).

Es el producto hortícola de mayor consumo de la población boliviana y es considerado como la principal actividad productiva y económica de la región de los valles de Bolivia. El proceso de producción del tomate conlleva la utilización de plaguicidas para reducir el efecto del ataque de plagas y enfermedades. Por desconocimiento se aplican en dosis inapropiada que derivan en el incremento del costo de producción y daños a la salud de las y los productores y consumidores, además del medio ambiente. (GIZ-PROAGRO y DGPASA, 2017).

El cultivo tradicional de tomate a campo abierto es de alto riesgo para la salud del consumidor debido al uso y manejo no adecuado de pesticidas, pues muchos de estos productos no se degradan durante el ciclo de desarrollo del tomate y pueden permanecer aun en el fruto que es comercializado. (Crespo, et al., 2010)

Para mejorar la producción en calidad de vida se ve la necesidad de la incorporación de nuevas tecnologías que han cobrado mayor importancia día tras día, siendo el tomate un cultivo con mayor dificultad en una producción saludable y en vista que se realiza en diversos sistemas de producción se permite realizar un trabajo que evaluara el comportamiento de seis variedades de tomate frente a la incorporación de la solución nutritiva según requerimiento y tolerancia de sales minerales.

El objetivo de la investigación fue evaluar seis variedades de tomate con la técnica hidropónica en sustrato solido bajo invernadero en el Municipio de El Alto. Con el propósito de generar información para difundir los resultados preliminares obtenidos que puedan ser aplicados como alternativa para el agricultor boliviano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el municipio de El Alto, ubicada en la provincia Murillo en el departamento de La Paz registrada a 13 km de la ciudad de La Paz. Geográficamente situado a 16°37'07" de latitud sur y a 68°10'19" de longitud oeste a una altitud de 3870 msnm

Materiales

Se utilizó semillas de tomate de las variedades: Redondo, Roma, Santa Clara, Rio Grande, Súper Rio Grande y Platense además de bolsas de polietileno de 40x30 cm, fertilizantes sintéticos para la solución hidropónica y un sustrato sólido. El sustrato utilizado tanto para la siembra en el almácigo como después del transplante consistió

en la mezcla de 50% de cascarilla de arroz y 50% de arena.

La investigación se llevó a cabo en un invernadero con cubierta plástica (agrofilm) incluyendo los lados laterales, la superficie utilizada fue de 6 x 2 m. El cual estaba protegido con una malla semisombra.

La siembra se realizó en vasos las cuales sirvieron como bandejas de germinación una vez emergidas las plántulas y con un tamaño aproximado de 10 -15 cm se procedió al trasplante definitivo en las bolsas de polietileno las cuales fueron llenadas con el sustrato utilizado tanto para la siembra en el almacigo como después del trasplante que consistió en una mezcla de 50% de cascarilla de arroz y 50% de arena.

El riego en la etapa inicial solo fue con agua después de tener los plantines se le dio el riego con la solución correspondiente.

Tabla1. Ficha técnica del experimento.

Aspecto/material	Descripción
Contenedor hidropónico	Bolsas de polietileno
Contenedores por tratamiento	21 unidades
Cultivo	Tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>)
Sitio de establecimiento	Invernadero
Periodo de establecimiento	Septiembre-abril
Ciclo del cultivo	7 meses
Superficie utilizada	12 m ²

Tabla 2. Tratamientos.

Código	Tratamiento	Plantas por tratamiento
T1	Redondo	21
T2	Súper rio grande	21
T3	Roma	21
T4	Rio grande	21
T5	Santa clara	21
T6	Platense	21
Total		126 plantas

Formulación de la solución nutritiva

Antes de preparar la solución nutritiva (especifica de Cabezas) se realizó el análisis físico químico del agua para la formulación correspondiente según la calidad de agua y el requerimiento de la planta.

Tabla 3. Fertilizante requerido etapa de Crecimiento (500 l).

Fertilizante	Fórmula	Peso (g)
Solución concentrada A		
Nitro S	NH ₄ NO ₃ +S	92
Fosfato mono amónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	35
Solución concentrada B		
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	266
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	211
Cosmoquel	Cu, Zn, Fe, B, Mn	0
Solución concentrada C		
Nitrato de calcio	Ca (NO ₃) ₂	420

Tabla 4. Fertilizante requerido etapa de floración (1000 l).

Fertilizante	Fórmula	Peso (g)
Solución concentrada A		
Nitro S	NH ₄ NO ₃ +S	80.38
Fosfato mono amónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	99.96
Solución concentrada B		
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	611.19
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	422.47
Cosmoquel	Cu, Zn, Fe, B, Mn	61.24
Solución concentrada C		
Nitrato de calcio	Ca (NO ₃) ₂	900.67

Tabla 5. Fertilizante requerido etapa de fructificación (1000 l).

Fertilizante	Fórmula	Peso (g)
Solución concentrada A		
Nitro S	NH ₄ NO ₃ +S	120.17
Fosfato mono amónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	106.93
Solución concentrada B		
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	858.276
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	422.47
Cosmoquel	Cu, Zn, Fe, B, Mn	61.24
Solución concentrada C		
Nitrato de calcio	Ca (NO ₃) ₂	979.74

Ajuste de pH y conductividad eléctrica

En cuanto al pH se realizó un ajuste de 5.2 y un ajuste en la conductividad eléctrica de

3.230mS/cm según el rango aceptable mencionado por Cabezas (2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 6. Variables agronómicas.

Tratamiento	Diámetro de tallo (mm)	Altura de planta (cm)	Altura final planta (cm)	Número de flores	Número de frutos	Longitud del fruto (mm)	Diámetro del fruto (mm)
T1	7,96	51,83	57,17	15	13	36,21	35,85
T2	7,58	59,21	62,83	15	13	40,91	28,33
T3	7,58	50,17	53,54	18	17	45,11	26,77
T4	7,58	61,00	63,50	19	14	38,63	31,17
T5	8,08	80,79	96,33	13	13	37,45	32,62
T6	7,83	69,96	92,96	9	7	32,14	36,94

En las variables agronómicas: el mejor porcentaje de emergencia se obtuvo de roma (T3) con el 90% de emergencia en comparación de los demás tratamientos y el menor porcentaje de germinación fue la de redondo (T1) con un 60% hasta los 20 días después de la siembra. La germinación y emergencia de las semillas de tomate ocurrió pasados los 20 días logrando emerger de forma favorable bajo estas condiciones de clima según Larín et al, 2018 la Fase inicial: comienza con la germinación de la semilla, a partir del primero hasta los 21 días.

El registro de porcentaje de sobrevivencia después del trasplante en las variedades evaluadas fue la siguiente: la variedad Redondo (T1) y roma (T3) obtuvieron el mayor grado con 87.5% en ambos casos y el menor grado de sobrevivencia lo obtuvo Súper rio grande (T2) con 77.78%.

En cuanto al diámetro de tallo nos refleja que el mayor diámetro lo obtuvo Santa clara (T5) con 8,08 mm seguido de Redondo (T1) con 7.96 mm y el menor diámetro se vio en Súper rio grande (T2) con 7.58 mm. Según el trabajo establecido por Flores, et

al., (2016) indica que cuantifico la variable diámetro de tallo a partir del día ocho posterior a la emergencia y durante cuatro meses reportando datos de valores entre 4 a 8 mm de diámetro los cuales son datos que se acercan a los obtenidos en la investigación en un tiempo de registro de tres meses posterior a la emergencia.

En cuanto la altura la mayor altura lo alcanzó Santa clara (T5) cuyas plantas alcanzaron la longitud en promedio de 96.33cm se puede deducir que las plantas encontraron las condiciones adecuadas para su desarrollo prosperando mejor y teniendo optimas respuestas en cuanto al crecimiento en longitud. De acuerdo a Dogliotti (2012), la altura de la planta puede variar de acuerdo a su origen genético, manejo del cultivo a uno o dos tallos y a la nutrición aportada.

Los resultados obtenidos nos permiten deducir que el número de flores no fue igual entre los tratamientos evaluados existiendo diferencias, los mejores resultados se obtuvieron de Rio grande (T4) el cual supero con un promedio de 19 y el menor promedio lo obtuvo Platense (T6) con 9 flores.

El mejor resultado lo obtuvo Roma (T3) con 17 seguido de Rio grande (T4) con 14 lo que permite deducir T3 y T4 a más de desarrollar el mayor número de flores produjo el mayor número de frutos consecuentemente mejora los rendimientos del cultivo confirmándose que estas variedades obtuvieron una mejor adaptación apropiada al cultivo hidropónico y a las condiciones ambientales del lugar para ser cultivada bajo invernadero.

El diámetro ecuatorial del fruto fue mayor en Platense (T6) con promedio de 36.94 mm seguido de Redondo (T1) con un promedio de 35.85 mm y con los frutos de menor diámetro ecuatorial a Roma (T3) con promedios de 26.77mm.

En la longitud de fruto entre los tratamientos evaluados el mayor promedio lo obtuvo Roma (T3) con 45.11 mm y por último se ubica a Platense (T6) con 32.14 mm. El diámetro polar y ecuatorial del fruto son variables que determinan el tamaño y la forma del mismo. El tamaño del fruto es variable según el material genético y alcanza diámetros variables (Mayorga, 2004).

Tabla 7. Variables fenológicas.

Tratamiento	Días a la floración	Días a la fructificación	Días a la cosecha
T1	52	77	175
T2	31	64	147
T3	46	70	175
T4	39	66	154
T5	44	68	175
T6	61	80	182

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede evidenciar que Platense (T6) con 61 días fue la variedad más tardía en iniciar la floración y la variedad más precoz fue Super rio grande (T2) con 31 días.

Los resultados nos indican que Platense (T6) fue la variedad con fructificación más tardía seguido de Redondo (T1) y la variedad más precoz en las condiciones ambientales del lugar fue Súper rio grande (T2) esto puede deberse en cierta forma a la influencia del microclima que se presentó en el invernadero lo que concuerda con Stevens y Rick (1986), al mencionar que la fructificación, así como el desarrollo final del fruto quedan condicionados por el ambiente reinante en el momento en que dichos procesos tienen lugar.

Se muestran los días transcurridos desde el trasplante hasta cuando se recolectó el primer fruto con madurez en cada tratamiento, cuyos días variaron desde 175 hasta 182 días, con promedio general de 168 días.

Tabla 8. Variables de rendimiento

Tratamiento	Peso de fruto (g)	Peso de fruto por planta (g)	Rendimiento (kg /m ²)
T1	27,03	336,33	3,03
T2	18,99	243,58	2,19
T3	16,45	271,42	2,44
T4	26,97	356,83	3,21
T5	19,51	246,33	2,22
T6	26,99	183,75	1,65

El comportamiento del peso de fruto en la producción en donde los frutos con mayor peso se obtuvieron del T1 con un promedio de 27.03 gramos, el peso de los frutos fue el T3 significativamente menor con promedio de 16.45 gramos.

En cuanto al peso del fruto por planta se refleja que el mayor peso lo obtuvo Rio Grande (T4) con 356,83 y el menor promedio en peso se obtuvo de Platense (T6) con 183.75 gramos. De acuerdo con los datos registrados se tiene que la producción en peso fue afectada debido al factor de temperatura esta respuesta coincide con lo descrito por Grange, (1995), de Koning, (2000) citado por INTA, (2015) donde señala que la tasa de crecimiento de los frutos de tomate varía con las variaciones de la temperatura del mismo. En el presente estudio se observó que los frutos eran de un calibre mediano y pequeño a causa de que se presentaron variaciones de temperaturas en el invernadero, sin embargo, se logró tener una producción óptima.

En cuanto al rendimiento por metro cuadrado Rio grande (T4) fue que obtuvo el mayor promedio con 3,21 kg y con el menor promedio en peso se lo obtuvo de Platense (T6) con 1,65 kg.

En el trabajo de investigación realizado por Usnayo (2016) en el Centro Experimental de Cota Cota ubicado a 3445 m.s.n.m. se alcanzó un rendimiento por m² de 3,31 kg/m² en el mencionado trabajo se utilizó la variedad Rio grande, estos datos no se alejan en gran medida en comparación a los resultados obtenidos en esta variedad en el cual se obtuvo un rendimiento de 3,21 kg/m².

CONCLUSIONES

Considerando las características climáticas de la zona se logró apreciar que existen cambios bruscos en las condiciones ambientales siendo también que las radiaciones solares llegan con mayor intensidad en horas de la tarde lo cual ocasiona un incremento en la temperatura de manera drástica. En vista a estos cambios que se presentaron se logró observar que estas variedades de tomate son resistentes y que son aptas para una producción hidropónica en estas condiciones ambientales presentes en la zona porque lograron adaptarse a estas características.

Se observó que cada variedad de tomate evaluada ante estas condiciones ambientales del lugar presentó diferentes características agronómicas en toda la investigación.

La variedad Rio Grande (T4) fue la que presentó un mayor rendimiento en producción con 3,21 kg/m² seguida de la variedad Redondo (T1) con 3,03 kg/m² y el rendimiento más bajo se obtuvo de la variedad Platense (T6) con un rendimiento de 1,65 kg/m².

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabezas, R. (2018). Hidroponía Manual Práctico: Una guía para aprender de forma rápida (2 ed.). Cochabamba, Bolivia. 102 p.

Crespo, M., Luján, R., Plata, G., Barea, O., Crespo, L. y Lino, V. (2010). Guía para el manejo del cultivo de tomate en invernadero. (1 ed.). Cochabamba, Bolivia. PROINPA.

Dogliotti, S. (2012). Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Obtenido de http://www.fagro.edu.uy/~fisveg/docencia/cursofisiologi/cultivos/materiales-teoricos//Repartido_Fisiologia_Tomate.pdf

FAO. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Roma: Vialle delle terme Caracalla.

Flores, J., Murillo, Y., Oporta, R., Flores, C., y Alemán, Y. (2016). Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chiltoma (*Capsicum annuum*) con sustratos inertes. FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano, 20, 73-81.

Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J., Allende, M., Abarca, P., & Felmer, S. (2017). Manual de cultivo de tomate al aire libre. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

GIZ-PROAGRO y DGPASA. (2017). Manual técnico de producción de tomate con enfoque de buenas prácticas agrícolas. Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario. La Paz, Bolivia: Unidad de comunicación, GIZ/PROAGRO.

INTA. (2015). Tomate en invernadero. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle 6.

Larín, M., Díaz, L., y Serrano, R. (2018). Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*). Salvador. CENTA. Obtenido de http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf.

Mayorga, A. (2004). Evaluación agronómica de ocho híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en dos localidades de Zacapa. Obtenido de http://cunori.edu.gt/descargas/EVALUACION_AGRONOMICA_DE_OCHO_HIBRIDOS_DE_TOMATE_EN_DOS_LOCALIDADES_DE_ZACAPA.pdf

Stevens, M., y Rick, Ch. (1986). Genetic and breeding in Atherton, J.G. y J. Rudich. The Tomato Crop: A scientific basis for improvement. Chapman and Hall. London, New York, 75-76p.

Usnayo, P. (2016). Efecto de la Aplicación del Ácido Giberélico sobre el rendimiento del cultivo de Tomate en la producción otoño - invierno en ambiente protegido. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, La Paz-Bolivia.