

COMPARACIÓN DE DOS SOLUCIONES ORGÁNICAS NUTRITIVAS EN LA SOBREVIVENCIA DEL PIMIENTO MORRÓN, *CAPSICUM ANNUUM*, CULTIVADO EN HIDROPONÍA

Comparison of two organic nutrient solutions on the survival of Capsicum annuum bell pepper grown hydroponically

Saúl Fernández Arauz¹ *, Luis Roberto Bonilla Toscano² , Montserrat Gómez Sulvarán³

*Autor de correspondencia

[DOI: 10.56643/rcia.v5i1.245](https://doi.org/10.56643/rcia.v5i1.245)

Como citar este artículo: Fernández Arauz, S., Bonilla Toscano, L. R. y Gómez Sulvarán, M. (2026). Comparación de dos soluciones orgánicas nutritivas en la sobrevivencia del pimiento morrón, *Capsicum annuum*, cultivado en hidroponía. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura. 5(1). 80-97. <https://doi.org/10.56643/rcia.v5i1.245>

Resumen

La horticultura sustentable bajo sistemas hidropónicos destaca por su eficiencia en el uso de recursos hídricos y la integración de nutrientes. Este estudio evaluó el efecto de tres soluciones en la sobrevivencia de *Capsicum annuum* cultivado en tezontle rojo, a saber: lixiviado de estiércol de borrego (lb) diluido en agua potable (1:10), té de residuos orgánicos (tro) y agua potable como testigo (Ti). La investigación se condujo siguiendo un enfoque cuantitativo. Así, se empleó un diseño que estableció tres tratamientos con 20 repeticiones, uno denominado testigo y dos alternativos, con la finalidad analizar el efecto provocado por los tratamientos aplicados sobre el desarrollo del cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annuum*). Esta comparación permitió identificar diferencias entre los resultados obtenidos. Se sembraron 400 semillas en al-

¹ Alumno de Ingeniería en Agronomía. Universidad del Valle de Puebla. Línea de investigación: Evaluación del impacto de soluciones nutritivas, hidroponía, sustentabilidad. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0857-0097> . Correo electrónico: lg47754@uvp.edu.mx

² Maestro en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Director de la división de Ciencias de la Vida. Universidad del Valle de Puebla. Líneas de investigación: reconstrucción de paisajes, "Paleontología, sustentabilidad. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5760-5873>. Correo electrónico: dirvida@uvp.mx

³ Alumna de Ingeniería en Agronomía. Universidad del Valle de Puebla. Línea de investigación: Evaluación del impacto de soluciones nutritivas, hidroponía, sustentabilidad. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2619-8221>. Correo electrónico: ig46611@uvp.edu.mx

Recibido: 17/01/2026 | Aceptado: 02/03/2026 | Publicado: 15/06/2026

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés. La investigación fue financiada con recursos de los autores.

máxicos de plástico durante dos semanas; a los 35 días las plántulas fueron trasplantadas a bolsas con capacidad de 10 litros con un sistema de riego por goteo. Se determinó el porcentaje de sobrevivencia por tratamiento mediante una prueba de lifetest. Los análisis mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Gehan-Breslow-Wilcoxon $p = 0.0083$; Logrank test for trend $p = 0.0311$). tro presentó la mayor mediana de sobrevivencia (35.5 días), seguido de lb (32.5 días) y Ti (22 días). El primer suceso de muerte se registró a los 22 días después del trasplante en Ti y lb. tro mantuvo 100% de sobrevivencia hasta el día 30, evidenciando mayor resistencia, por lo que se concluye que tro favorece la sobrevivencia del cultivo.

Palabras clave: Agronomía, Análisis estadístico, Aprovechamiento de Recursos, Hidroponía, Sobrevivencia.

Abstract

Sustainable horticulture using hydroponic systems is notable for its efficient use of water resources and nutrient integration. This study evaluated the effect of three solutions—sheep manure leachate (LB) diluted in potable water (1:10), organic waste tea (TRO), and potable water as a control (Ti)—on the survival of *Capsicum annuum* grown on red tezontle soil. The research was conducted using a quantitative approach, employing a design with three treatments and 20 replicates each: one control and two alternative treatments. The aim was to analyze the causal effect of the applied treatments on the development of the bell pepper (*Capsicum annuum*) crop. This comparison allowed for the identification of differences in the results obtained. Four hundred seeds were sown in plastic seed trays for two weeks. After 35 days, the seedlings were transplanted into 10-liter bags with a drip irrigation system. The survival percentage for each treatment was determined using a lifetest. The analyses showed significant differences between treatments (Gehan-Breslow-Wilcoxon $p = 0.0083$; Logrank test for trend $p = 0.0311$). TRO had the longest median survival (35.5 days), followed by LB (32.5 days) and Ti (22 days). The first death event was recorded 22 days after transplantation in Ti and LB. TRO maintained 100% survival until day 30, demonstrating greater resistance and concluding that TRO favors culture survival.

Keywords: Agronomy, statistical analysis, resource utilization, hydroponics, survival.

Introducción

El abuso de los recursos naturales, el uso de combustibles fósiles y de tóxicos han provocado la contaminación del agua, el suelo y de los productos con que nos alimentamos, dañando de manera directa a los seres vivos de la tierra (Velázquez y Castro, 2018)

A lo largo de la historia de la humanidad, la agricultura se constituyó como un pilar fundamental para el desarrollo cultural, social y económico de las civilizaciones. Desde los primeros asentamientos humanos hasta la consolidación de complejas organizaciones sociales, las actividades agrícolas han permitido que las comunidades aseguren la disponibilidad de alimentos, fortalezcan sus sistemas de subsistencia y garanticen las condiciones necesarias para su crecimiento demográfico. Este proceso no sólo marcó la transición hacia sociedades más estables, sino que abrió la posibilidad de construir estructuras políticas, económicas y culturales cada vez más sofisticadas. En consecuencia, la agricultura no debe entenderse únicamente como una actividad productiva, sino como un factor decisivo que definió el rumbo de la evolución social (Medina, 2024).

En la actualidad, esta actividad milenaria atraviesa una etapa de transformación sin precedentes, resultado de la interacción entre descubrimientos científicos, avances tecnológicos y un conocimiento cada vez más profundo sobre los sistemas ecológicos y biológicos. La incorporación de estas innovaciones dio origen a una nueva etapa en la agricultura contemporánea, en la que las prácticas tradicionales, que durante siglos sostuvieron la producción de alimentos, fueron sustituidas por metodologías de alta precisión; entre éstas destacan la agricultura digital, el uso de inteligencia artificial aplicada a la gestión de cultivos, la expansión de sistemas hidropónicos y aeropónicos, además del uso de sensores inteligentes y datos provenientes de plataformas satelitales para la toma de decisiones (Medina, 2024).

El pimiento morrón, como se le conoce comúnmente en México, tiene su origen en América, desarrollándose en regiones del centro y el norte de Sudamérica. En la actualidad se ha consolidado como uno de los principales productos hortícolas destinados a la exportación de diversos países, como Canadá, Estados Unidos y España. Es un producto atractivo por sus característicos colores vibrantes, los cuales dependen de su estado de maduración y su bajo contenido en capsaicina. Ello le otorga una gran versatilidad en la cocina mexicana e internacional, pues tiene aromas y sabores distintivos que hacen que sea

utilizado como un condimento o un vegetal con alto contenido de nutrientes (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2024).

En México, el pimiento morrón se cultiva predominantemente bajo esquemas de agricultura protegida, lo que asegura su disponibilidad durante todo el año. Cerca de 50% de la producción nacional se realiza en estas condiciones, destacando el estado de Sinaloa como el principal productor del pimiento morrón a cielo abierto, con una aportación anual de 166 000 toneladas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

En los últimos años ha ganado relevancia la hidroponía, una técnica de cultivo sin suelo que utiliza soluciones minerales nutritivas, debido a su eficiencia en el uso de recursos hídricos y su viabilidad para la producción de hortalizas en espacios urbanos o reducidos. Entre sus principales ventajas se encuentra la reducción de costos, la eliminación del uso de maquinaria agrícola, el aprovechamiento del espacio y las facilidades que brinda para cultivar en zonas urbanas, como azoteas y espacios reducidos, así como la posibilidad de tener cosecha fuera de temporada (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015).

En este marco, el uso de agroquímicos como componente central del paquete tecnológico destinado a la producción agrícola enfrenta serios cuestionamientos por sus efectos sobre el ambiente y sobre la inocuidad de los alimentos y la salud humana. En relación con lo anterior, los bioinsumos representan un medio que permite abordar diversas problemáticas, entre ellas, el combate y la regulación de plagas y enfermedades, la inducción de defensas y la promoción del crecimiento y el desarrollo vegetal sin demandar derivados de recursos no renovables para su producción ni dejar trazas de residuos tóxicos en los alimentos.

Los desarrollos existentes tienden a aplicarse por medio de métodos compatibles con las técnicas tradicionalmente utilizadas por los productores y presentan precios de mercado competitivos.

Por esto, los sistemas hidropónicos sustentan el uso de diversos sustratos e incluso la ausencia de los mismos para la producción. En México existen diversos tipos de sustratos en el mercado; no obstante, una desventaja es que la mayoría son importados de otros países, lo que deriva en un aumento en los costos de producción. Por esto, para el cultivo hidropónico se recomiendan los sustratos regionales, dada su disponibilidad y su menor costo (Cruz-Campos et al., 2016).

Con base en lo antes mencionado, resulta necesario explorar alternativas que favorezcan los sistemas hidropónicos mediante el uso de bioinsumos, lo que contribuirá a la reducción de costos para los productores. Una de estas alternativas puede ser el uso de soluciones elaboradas a partir de residuos orgánicos ricos en nutrientes esenciales.

En este sentido, el objetivo central de este proyecto fue evaluar el efecto de tres soluciones para riego —lixiviado de estiércol de borrego (lb) diluido en agua potable (1:10), té de residuos orgánicos (tro) y agua potable como testigo (Ti)— en la sobrevivencia de *Capsicum annuum* cultivado en tezontle rojo en condiciones de invernadero como una alternativa para mejorar su rendimiento y calidad mediante una evaluación comparativa y controlada de los tratamientos propuestos.

Materiales y métodos

Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la ciudad de Puebla, perteneciente al territorio del altiplano central de México. Esta región destaca por su gran importancia económica y urbana; además, se posiciona como un área de oportunidad para la elaboración de investigaciones con enfoque en sostenibilidad agraria en zonas periurbanas.

Las coordenadas geográficas del área comprenden los paralelos 18° 50' y 19° 14' de latitud norte, y los meridianos 98° 01' y 98° 18' de longitud oeste, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (inegi, 2010).

La fase práctica y experimental se realizó en las instalaciones del laboratorio y vivero del Centro de Innovación, Medio Ambiente y Sostenibilidad (cimas), perteneciente a la Universidad del Valle de Puebla (uvp), ubicado en la calle 2 Sur #5732, de la ciudad de Puebla.

Posteriormente, se instaló el sistema hidropónico en el invernadero del cima, ubicado en la misma zona en que se realizaron la siembra y el trasplante.

Diseño experimental

El diseño experimental se aplicó completamente al azar, ya que se asignó cada tratamiento sin seguir un orden específico, con el fin de evitar sesgos y asegurar resultados que reflejen el efecto de cada uno de ellos.

De forma simultánea se prepararon dos tratamientos experimentales. El primero fue un lixiviado de estiércol de borrego (lb) elaborado a partir de materia fresca siguiendo un protocolo específico, para garantizar su contenido nutritivo y su inocuidad de manera controlada; el segundo consistió en un té de residuos orgánicos (tro), en el que se utilizaron como materia prima desechos orgánicos provenientes de la cocina de cinco hogares distintos, los cuales fueron recolectados, clasificados y utilizados con el objetivo de obtener una solución rica en compuestos beneficiosos para el desarrollo vegetal. Ambos fueron realizados en el Laboratorio de Ciencias del Medio Ambiente y Sostenibilidad (cimas) de la Universidad del Valle de Puebla. Además de un tratamiento testigo sin fertilización.

Preparación de los tratamientos

Se aplicaron tres tratamientos, realizándose 20 repeticiones de cada uno. Dichos tratamientos son los descritos a continuación.

El tratamiento 1 (T1) consistió en la dilución del lixiviado de borrego en agua, en una proporción de 1:10 dentro de un contenedor de 100 litros. Para ello se recolectó estiércol fresco de borrego. Posteriormente se lo combinó con agua potable dentro de recipientes de 100 litros, utilizando una relación 1:3 (una de estiércol por tres de agua potable), lo cual permitió generar una mezcla homogénea.

Una vez preparada, la mezcla se mantuvo cubierta y en reposo para favorecer su proceso de fermentación, el cual se extendió durante tres semanas. Transcurrido ese periodo de tiempo, se llevó a cabo el filtrado con el propósito de separar sólidos y obtener un lixiviado limpio. El producto restante se colocó nuevamente en contenedores con capacidad de 100 litros y se mezcló con agua potable en una relación de 1:10 (una parte de lixiviado por 10 de agua potable). Luego, la mezcla obtenida se aplicó como nuestro primer tratamiento.

Para el tratamiento 2 (T2), que corresponde al té de residuos orgánicos (tro), se recolectaron desechos procedentes de las cocinas de cinco estudiantes de

la Universidad del Valle de Puebla, evitando de manera intencional aquellos de origen cítrico con el fin de prevenir la presencia de compuestos que pudieran alterar la acidez de la mezcla o afectar el desarrollo de las plantas.

Una vez reunidos, los residuos se integraron y se colocaron en una olla con capacidad de 50 litros, a la que se adicionó agua potable. El contenido se llevó a ebullición y tras alcanzar este punto, se permitió que enfriara de manera natural hasta llegar a la temperatura ambiente. Posteriormente se realizó un colado con el propósito de separar los sólidos de la fracción líquida, obteniéndose un té orgánico de color claro. El extracto obtenido fue vertido en contenedores con capacidad de 100 litros, en los cuales se diluyó nuevamente con agua potable en una proporción 1:10 (una parte de té por diez de agua), para luego ser aplicado a las muestras.

Como parte del diseño experimental, se estableció un tratamiento testigo cuyo objetivo fue contar con una referencia base que permitiera evaluar de manera comparativa los efectos de los tratamientos enriquecidos. Este tratamiento consistió en el uso exclusivo de agua potable, la cual fue aplicada sin ningún tipo de enriquecimiento, es decir, sin la incorporación de nutrientes, bioestimulantes o cualquier otro aditivo. El agua utilizada provenía de una fuente segura y apta para consumo humano, cumpliendo con los estándares de calidad requeridos. Este tratamiento permitió observar el desarrollo de las plantas bajo condiciones mínimas de aporte nutricional, limitándose únicamente a la hidratación proporcionada por el riego.

Para la realización de este proyecto se utilizaron semillas de *Capsicum annum* L. var. *grossum*, las cuales fueron obtenidas de frutos maduros adquiridos directamente en uno de los mercados locales de la ciudad de Puebla. Su selección se realizó tomando en cuenta sus características morfológicas y su estado de madurez, con el fin de asegurar la viabilidad y homogeneidad de las semillas utilizadas.

Se prepararon y dispusieron dos charolas germinadoras, cada una con una capacidad de 200 cavidades. Éstas fueron llenadas de manera uniforme con tierra negra mezclada con tierra volcánica, seleccionada como sustrato debido a su estructura física ligera, su capacidad para permitir la aireación de las raíces y su eficiencia para retener la humedad necesaria sin llegar a provocar encharcamientos o saturación de agua.

Luego se llenaron 60 bolsas negras con capacidad de 10 litros; el sustrato elegido para esta etapa por sus características físicas que favorecen el desarrollo radicular fue tezontle rojo.

Para la preparación de los tratamientos experimentales se habilitaron contenedores de plástico con una capacidad individual de 100 litros cada uno. Dichos recipientes se conectaron a una red de mangueras diseñadas específicamente para sistemas hidropónicos. Esta red de distribución permitió el suministro controlado de la solución nutritiva a cada una de las plantas a través de goteos tipo estaca, asignando un gotero individual por planta, con la finalidad de asegurar una aplicación uniforme y eficiente del riego.

Figura 1.

*Sistema hidropónico en chile pimiento morrón (*Capsicum annuum* L. var. *grossum*) conformado por bolsas negras con tezontle como sustrato bajo condiciones de invernadero*



Trasplante de plántulas

A partir del momento en que comenzó a evidenciarse la emergencia de plántulas, se procedió a realizar una medición diaria, con el propósito de llevar un registro preciso y continuo del desarrollo, principalmente de la altura de cada una de ellas. Este monitoreo periódico se llevó a cabo durante 35 días; al término de este periodo se confirmó que las plántulas habían alcanzado una altura promedio de 10 centímetros aproximadamente (Sánchez et al., 2016).

La capacidad germinativa se evaluó mediante el conteo del número de semillas que lograron germinar en cada una de las charolas utilizadas. En la charola 1 se registró la germinación de 56 semillas, lo que representa 28% del total sembrado. En la charola 2, germinaron 70 semillas, correspondientes a 35% del total. Estos resultados evidencian una baja tasa de germinación general, con una ligera diferencia entre ambas charolas (tabla 1).

Tabla 1.

Capacidad germinativa.

Situación germinativa	Charola 1	Charola 2
Semillas por charola	200 → 100%	200 → 100%
Semillas germinadas	56 → 28%	70 → 35%
Nota: La tabla muestra los porcentajes de germinación de plantas de chile pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>Grossum</i>) en cada una de las charolas utilizadas.		

Una vez alcanzada esta altura y considerándola adecuada se procedió a la siguiente etapa del proceso: las plántulas fueron trasplantadas a bolsas de polietileno color negro previamente llenadas con tezontle rojo.

Figura 2.

*Trasplante de plántulas de chile pimiento morrón (*Capsicum annuum* L. var. *gros-sum*) a contenedores finales bajo condiciones de invernadero.*

Mantenimiento del cultivo



Cada uno de los tratamientos experimentales y el tratamiento control recibieron riego de manera regular y controlada, con una duración diaria de 40 minutos, únicamente de lunes a viernes. Durante el fin de semana, específicamente sábado y domingo, el riego se suspendió para simular condiciones variables de humedad y permitir la evaluación de la capacidad de retención del sustrato, así como para poder observar la respuesta fisiológica de las plantas ante breves periodos sin riego.

De manera simultánea se realizaron observaciones diarias y sistemáticas del estado general de salud, poniendo especial atención a la aparición de signos de estrés hídrico, falta de nutrientes, daños físicos, presencia de plagas o cualquier posible enfermedad fitopatológica.

Análisis estadístico

Para evaluar la tasa de supervivencia de las plántulas bajo los distintos tratamientos, se empleó un análisis de supervivencia utilizando el procedimiento lifetest mediante el software prism (GraphPad Software, Inc., 2012). Este tipo de análisis es especialmente útil cuando se desea evaluar no sólo el número de individuos que sobreviven, sino también cuánto tiempo sobreviven bajo determinadas condiciones.

Por medio de esta prueba se estimó la función de supervivencia para cada tratamiento a lo largo del tiempo; de esta forma fue posible determinar diferencias significativas en la permanencia y viabilidad de las plántulas durante el periodo experimental.

Resultados

Los resultados obtenidos evidencian una baja tasa de germinación general, con una ligera diferencia entre ambas charolas (tabla 1). Estos bajos niveles podrían deberse a diferentes factores como la viabilidad de la semilla, las condiciones ambientales durante la siembra, que en este caso se realizó en un lugar cerrado con condiciones no controladas pero constantes, entre otros. Estos aspectos deben considerarse para evaluar las etapas iniciales, que pueden influir en la uniformidad del trasplante y el rendimiento final del cultivo (Moreno et al., 2011).

La evaluación de la sobrevivencia en plantas de chile pimiento morrón (*Capsi-cum annuum L. var. grossum*) sometidas a tres tratamientos orgánicos reveló diferencias marcadas durante el periodo de análisis. La figura 3 presenta las curvas de supervivencia correspondientes a los distintos tratamientos: lixiviado de estiércol de borrego (lb), té de residuos orgánicos (tro) y agua potable como testigo (Ti). El día 0 de la gráfica corresponde al momento del trasplante.

El tratamiento con tro mostró mayor eficacia, pues mantuvo la sobrevivencia de 100% de las plántulas hasta el día 30 después del trasplante. En contraste, los primeros eventos de muerte se registraron desde el día 22 en los tratamientos Ti y lb. La mediana de supervivencia fue mayor en tro (35.5 días), seguida de lb (32.5 días), mientras que Ti mostró la mediana más baja, con sólo 22 días.

Considerando la totalidad de los días de evaluación, las plantas tratadas con tro conservaron consistentemente los valores más altos de sobrevivencia, mientras que Ti presentó una reducción progresiva más pronunciada. Este comportamiento sugiere que el tro generó un entorno más favorable para la adaptación y resistencia de las plantas en la etapa crítica posterior al trasplante, posiblemente debido a su aporte de nutrientes solubles, compuestos bioestimulantes y microorganismos benéficos presentes en la mezcla orgánica. Este resultado concuerda con reportes previos (Vela et al., 2018; Gutiérrez et al., 2023) sobre el uso de lixiviados de composta y extractos orgánicos como bioinsumos líquidos que favorecen el establecimiento de plántulas en cultivos hortícolas.

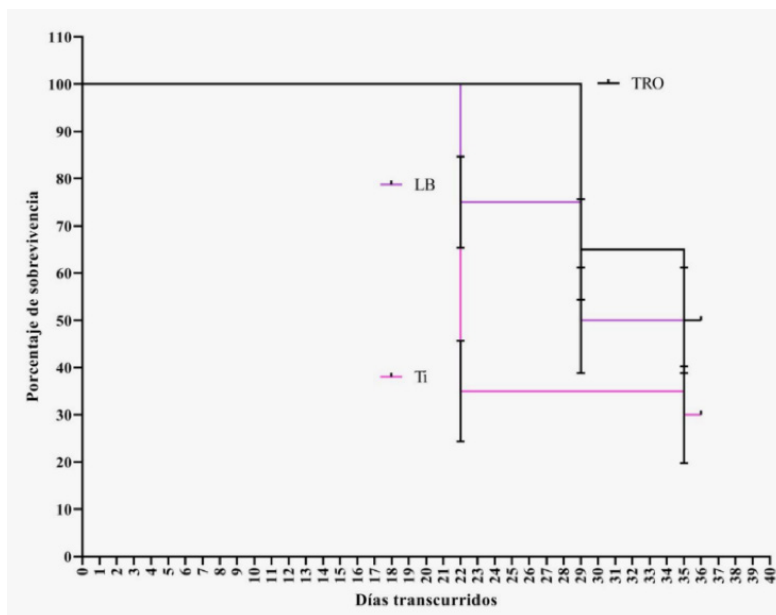
El tratamiento con lixiviado de estiércol de borrego (lb), diluido en una proporción 1:10 con agua potable, mostró un desempeño intermedio. Si bien fue más efectivo que el testigo, su curva de sobrevivencia reflejó un descenso más temprano y sostenido, lo que da cuenta de un efecto benéfico limitado o de menor duración sobre la vitalidad de las plantas. Estudios como el de Vela et al. (2018) han reportado beneficios similares, pero subrayan la importancia del equilibrio en la relación carbono nitrógeno y de la mineralización eficiente para sostener el crecimiento inicial.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Gehan-Breslow-Wilcoxon $p = 0.0083$; Logrank test for trend $p = 0.0311$). Se utilizó el software prism (GraphPad, Inc., 2012).

En conjunto, los resultados indican que el uso de té de residuos orgánicos (tro) mejora significativamente la sobrevivencia, por lo que puede considerarse como una estrategia agroecológica prometedora para fortalecer el establecimiento inicial del cultivo y reducir las pérdidas asociadas al estrés por trasplante. No obstante, la baja germinación inicial señala la necesidad de optimizar las condiciones pregerminativas y de trasplante, así como de evaluar la calidad y viabilidad de la semilla, con la finalidad de maximizar los beneficios potenciales de los bioinsumos en sistemas hidropónicos.

Figura 3.

*Curvas de supervivencia de plantas de chile pimiento morrón (*Capsicum annuum* L. var. *grossum*) bajo tres tratamientos: lixiviado de estiércol de borrego (LB) diluido en agua potable en proporción 1:10, té de residuos orgánicos (TRO) y agua potable como testigo (Ti).*



Conclusiones

La inclusión del tratamiento testigo resultó fundamental para determinar el efecto real de los lixiviados y té de residuos orgánicos aplicados en los demás tratamientos, ya que sirvió como control negativo dentro del estudio, facilitando la identificación de posibles diferencias significativas en el crecimiento, desarrollo o estado fitosanitario de las plantas atribuibles al uso de soluciones nutritivas.

El té de residuos orgánicos (tro) demostró una eficacia superior para la supervivencia de *Capsicum annuum* L. var. *grossum* en condiciones de hidroponía sobre sustrato de tezontle rojo, al mantener 100 % de las plantas vivas hasta el día 30 y prolongar significativamente su mediana de vida.

En comparación con el lixiviado de estiércol de borrego (lb) y el tratamiento testigo con agua potable (Ti), el tratamiento de residuos orgánicos (tro) ofreció

un entorno más favorable para la adaptación de las plántulas, probablemente por su aporte balanceado de nutrientes, compuestos bioactivos y microorganismos benéficos. Este desempeño sugiere que la combinación equilibrada de tro genera un entorno más adecuado y propicio para la adaptación inicial de las plántulas en comparación con los otros tratamientos evaluados.

Desde un enfoque crítico, estos resultados refuerzan el potencial de los bioinsumos orgánicos como alternativas sostenibles frente a fertilizantes inorgánicos, especialmente en sistemas hídricos, siempre y cuando sean correctamente elaborados y aplicados.

El uso de bioinsumos, como el tratamiento de residuos orgánicos (tro), no sólo mejora el desempeño agronómico del cultivo, sino que también promueve prácticas productivas compatibles con la sostenibilidad ambiental y el aprovechamiento de residuos urbanos, consolidando su potencial dentro de las prácticas comunes de bioponia como una estrategia robusta para la horticultura moderna.

En síntesis, los hallazgos mostraron de manera concreta que el tro incrementó la supervivencia entre 7 y 13.5 días respecto a los demás tratamientos, redujo la mortalidad temprana y mejoró significativamente la probabilidad de supervivencia ($p = 0.0083$) en comparación con el lb y el testigo. Estas diferencias cuantitativas confirman que tro fue el tratamiento con más efectividad durante la etapa crítica posterior al trasplante.

No obstante, es importante señalar que este proyecto se limitó a la etapa inicial que siguió al trasplante de las plántulas, por lo que los efectos reportados podrían variar en las fases fenológicas posteriores. Por ello se propone que en futuros estudios se evalúe el impacto de estos bioinsumos en la floración, el rendimiento de frutos y la calidad nutricional, y que se realice la estimación de costos, lo cual podría influir en los productores para adoptar estas prácticas sustentables.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Ciencias del Medio Ambiente y Sostenibilidad (CIMAS) de la Universidad del Valle de Puebla UVP.

Referencias

- Beltrano, J. y Giménez, D. O. (2015). Cultivo en hidroponía [Hydroponic cultivation]. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46752>
- Conagua. (2025). Climogramas 1981–2010 [Climograms 1981–2010]. Servicio Meteorológico Nacional – CONAGUA. <https://bit.ly/41e3xQJ>
- Cruz-Campos, J. M., Álvarez-Suárez, J. M., Soria-Fregoso, M. D. J. y Candelaria-Martínez, B. (2016). Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados [Production of organic substrates for ornamentals at lower cost than imported ones]. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 25(1), 44–49. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93242698008>
- GraphPad Software, Inc. (2012). GraphPad Prism (versión 6.01) [Software]. GraphPad Software, Inc.
- Guerrero, V., Romero, A., Campos, D., Bustos, R., Sosa, M. A. y Núñez, H. G. (2024). Evaluación del crecimiento y abscisión de cultivares de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía con diferentes soluciones nutritivas [Evaluation of growth and abscission of bell pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in hydroponics with different nutrient solutions]. Jóvenes en la Ciencia, 28. <https://doi.org/10.15174/jc.2024.4268>
- Gutiérrez, A. G., Robles, L., González, A. C. y Hernández, J. (2023). Hidroponía orgánica, un híbrido interesante [Organic hydroponics, an interesting hybrid]. Recursos Naturales y Sociedad, 9(2), 145–152. <https://bit.ly/4oGleBm>
- Hernández, J. (2024). Evolución de la agricultura en el mundo: Las cinco revoluciones históricas [Evolution of agriculture in the world: The five historical revolutions] [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Chapingo]. <http://bit.ly/3Jg8Xop>
- Inegi. (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010: Puebla, Puebla [Municipal geographic information compendium 2010: Puebla, Puebla]. INEGI. <https://bit.ly/4ltibe9>

- Moreno, E. C., Mora, R., Sánchez, F. y García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía [Phenology and yield of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) hybrids grown in hydroponics]. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(spe2), 5–18. <https://bit.ly/4fHNhOs>
- San Martín-Hernández, C., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Colinas-León, M. T. y Borges-Gómez, L. (2012). Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle [Quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) produced in hydroponics with different tezontle granularities]. *Agrociencia*, 46(3), 243–254. <https://bit.ly/3Jk5vsQ>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Hidroponía, una alternativa de cultivo [Hydroponics, a cultivation alternative]. <https://bit.ly/3Jf4dPT>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). México, principal exportador mundial de pimientos frescos: Agricultura [Mexico, world's leading exporter of fresh peppers: Agriculture]. <https://bit.ly/3HhE3vf>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2024). Pimiento morrón listo para llegar a Japón [Bell pepper ready to arrive in Japan]. <http://bit.ly/41H4LUM>
- Sigala, J., González, M. y Prieto, J. (2013). Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* en función del sistema de producción y preacondicionamiento en vivero [Survival in *Pinus pseudostrobus* plantations according to production system and pre-conditioning in nursery]. <https://bit.ly/4oNNHXl>
- Starobinsky, G., Monzón, J., Di Marzo Broggi, E. y Braude, E. (2021). Bioinsumos para la agricultura que demandan esfuerzos de investigación y desarrollo: Capacidades existentes y estrategia de política pública para impulsar su desarrollo en Argentina [Bioinputs for agriculture requiring research and development efforts: Existing capacities and public policy strategy to promote their development in Argentina] (Documento de Trabajo No. 17). Consejo para el Cambio Estructural – Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. <https://bit.ly/45Hhief>

- Vela, M. A., López, Z. G., Sandoval, E., Tornero, M. A. y Cobos, M. A. (2018). La fertilización órgano-mineral en el rendimiento de haba en suelo e hidroponía en agricultura protegida [Organo-mineral fertilization on bean yield in soil and hydroponics in protected agriculture]. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(8), 1603–1614. <https://bit.ly/4mkXD8P>
- Velázquez, E. y Castro, O. R. (2018). Educación ambiental y sustentabilidad: Aportaciones multidisciplinarias para el desarrollo [Environmental education and sustainability: Multidisciplinary contributions for development]. https://www.researchgate.net/publication/327689428_EDUCACION_AMBIENTAL_Y_SUSTENTABILIDAD_Aportaciones_multidisciplinarias_para_el_desarrollo

Derechos de Autor© 2026 Fernández Arauz, Saúl; Bonilla Toscano, Luis Roberto; Gómez Sulvarán, Montserrat.



Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0, Attribution 4.0 International. Usted es libre para Compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de: Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.