

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA HÍDRICA DE LA COMBINACIÓN DE TEZONTLE Y COMPOSTA OVINO EN DIFERENTES PROPORCIONES

Santiago Hermenegildo González^{1*}; Cándido Mendoza Pérez¹; Juan Enrique Rubiños Panta¹; Carlos Ramírez Ayala¹; Antonio Martínez Ruiz²; Perpetua García Martínez¹.

¹Colegio de Postgraduados campus Montecillo-Hidrociencias, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56264, Estado de México.

Stgo.h.glz@gmail.com - 7641203874(*Autor de correspondencia)

¹ Colegio de Postgraduados campus Montecillo-Hidrociencias, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56264, Estado de México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Melchor Ocampo, 68200 Villa de Etla, Oaxaca. México.

Resumen

En la agricultura moderna, la creciente demanda de alimentos ha impulsado el uso de sustratos, especialmente en cultivos hidropónicos, para optimizar el uso eficiente de recursos como el agua. Los sustratos, tanto orgánicos como inorgánicos, se combinan para crear las condiciones físicas ideales para el crecimiento en contenedores. En este estudio se evaluó las propiedades físicas del tezontle combinado con composta de ganado ovino, con el objetivo de estimar cual combinación presenta las mejores características de retención y liberación de agua para los cultivos. Se emplearon como sustrato inorgánico el tezontle y la composta de ovino como orgánico en las siguientes proporciones: T1 (100% composta), T2 (25% composta + 75% tezontle), T3 (50% composta + 50% tezontle) y T4 (100% tezontle). Se midieron la porosidad total, la porosidad de aireación y la porosidad de retención utilizando el método gravimétrico. Las curvas de retención de humedad se determinaron siguiendo la metodología de De Boodt et al. (1974), con tres repeticiones por tratamiento. Los resultados muestran que el tratamiento T3, compuesto por un 50% de composta y un 50% de tezontle, fue el más efectivo, al presentar las mejores características de retención y liberación de agua. Se concluyó que el T3 es el sustrato ideal para ahorra agua.

Palabras claves: Sustratos, composta, curva de liberación de humedad.

Introducción

En la agricultura moderna, hay una creciente necesidad de producir más alimentos, lo cual genera una alta demanda de recursos como el agua, suelo y fertilizantes. Los sustratos representan un componente importante en la agricultura, puesto que se ha incrementado su uso, y se debe especialmente a que se está sustituyendo cada vez más el cultivo tradicional en suelo por el cultivo hidropónico y en sustrato (Ortega *et al.*, 2020).

Existe una gran cantidad de sustratos con los cuales se busca mantener e incrementar la producción, estos materiales se utilizan de forma individual o en mezclas, con otros materiales orgánicos e inorgánicos, para generar las características físicas adecuadas para el cultivo de plantas en contenedor (Monsalve *et al.*, 2021), por otra parte, la reutilización e incorporación de materiales orgánicos disponibles localmente representan una alternativa económica como medios de cultivo (Castro *et al.*, 2019).

Las compostas provenientes de la materia orgánica es la fuente de energía y alimento de los microorganismos del suelo además mejora la estructura del suelo ya que lo protege de la erosión y compactación, lo hace más poroso para facilitar la aireación, retención de humedad y capacidad de intercambio catiónico (Torres-Morán *et al.*, 2019).

Por otro lado, el tezontle es un material considerado químicamente inerte, con un pH cercano a la neutralidad. Su capacidad de intercambio catiónico es muy baja, pero ofrece buena aireación y su capacidad de retención de humedad varía según el tamaño de las partículas (Ojodeagua-Arredondo *et al.*, 2008).

En relación con lo mencionado, se busca implementar una opción para mejorar las características físicas de los sustratos y evaluar la viabilidad del uso de sustratos orgánicos combinados con sustratos inorgánicos para incrementar el uso eficiente del agua. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas del sustrato 'tezontle' y sus diferentes combinaciones con composta de ganado ovino, con el fin de estimar cual combinación presenta las mejores características de retención y liberación de agua para los cultivos.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en los laboratorios física de suelos de Edafología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Se seleccionaron dos sustratos, uno orgánico y el otro inorgánico para realizar las combinaciones y determinar las propiedades de retención y liberación de agua para los cultivos. Estos sustratos fueron tezontle rojo y composta de ganado ovino con un año de compostaje. En el Cuadro 1 se presenta los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Tratamientos y combinaciones de los sustratos

Tratamientos	Características	Relación
T1	100% Composta	1:0
T2	25% Composta + 75% Tezontle	1:3
T3	50% Composta + 50% Tezontle	1:1
T4 (testigo)	100% Tezontle	0:1

Cuadro 2: Características físicas del sustrato tezontle y sus diferentes combinaciones con composta de ovino.

Tratamientos	Densidad aparente (g cm ⁻³)	Porosidad total (%)	Capacidad de aireación (%)	Capacidad de retención de humedad (%)
T1 (100% Composta)	0.29 b	86 a	25 b	60 a
T2 (25% Composta + 75% Tezontle)	0.68 a	70 a	40 ab	30 bc
T3 (50% Composta + 50% Tezontle)	0.62 a	70 a	29 ab	41 b
T4 (100% Tezontle)	0.86 a	66 a	46 a	21 c

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. (Tukey, $p \leq 0.05$).

Al realizar las mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos, la materia orgánica incrementa la capacidad de retención de humedad debido a su alta porosidad. Estos efectos son evidentes en los tratamientos T2 y T3, donde la capacidad de retención de humedad aumenta un 9% y 20%, respectivamente. En este contexto, la fracción de los poros es crucial para la salud de las raíces y la disponibilidad de nutrientes (Ortega-Torres *et al.*, 2020). Con estos datos de porosidad total y capacidad de retención, se pueden calcular la capacidad de retención de humedad de los sustratos que requieran los cultivos dentro de estos rangos.

Se observaron diferencias significativas en la capacidad de aireación entre los tratamientos, siendo el T4 el material con el valor más alto, seguido por el T2, T3 y T1. Según Schindler y Muller (2016), mencionan que un sustrato debería tener una capacidad de aireación superior al 10%. Los sustratos de interés, T2 y T3, presentan valores de 40% y 29%, respectivamente. Dicho de otra manera, estos sustratos mejoran favorablemente al incorporar una mayor cantidad de materia orgánica al tezontle. De esta manera se asegura que las raíces de las plantas reciban suficiente oxígeno, lo cual es esencial para su crecimiento y desarrollo saludable.

Los valores encontrados en este estudio mostraron un efecto similar al de los análisis de Luna-Fletes *et al.* (2023), quienes reportaron que, al realizar combinaciones con composta, cambian las características físicas de los sustratos. Estos cambios incluyen un aumento en la densidad aparente, la retención de humedad y la porosidad total, pero una disminución en la capacidad de aireación.

Curvas de retención de humedad

En el Cuadro 3 se presentan las curvas de liberación de agua generadas mediante modelos de regresión con las siguientes ecuaciones potenciales y la R^2 de cada tratamiento.

Cuadro 3. Ecuaciones para graficar las curvas de retención de humedad de los sustratos.

Tratamientos	Ecuación	R^2
T1	$y = 83.118x^{-0.198}$	0.8175
T2	$y = 70.244x^{-0.483}$	0.9053
T3	$y = 79.719x^{-0.614}$	0.9902
T4	$y = 38.703x^{-1.472}$	0.9919

En la Figura 1 se puede apreciar que el punto de saturación de T1 y T3 está cerca del 80% de humedad, el de T2 al 70% y el de T4 al 39%, esto indica un incremento positivo en la retención de agua. La evaluación a tensión de 10 cm de columna de agua, se pueden determinar los

valores de capacidad de campo. Se observa que el T3 y el T2 aumentan sus valores al añadir material orgánico al tezontle, alcanzando un 54.50% y un 44.16%, respectivamente.

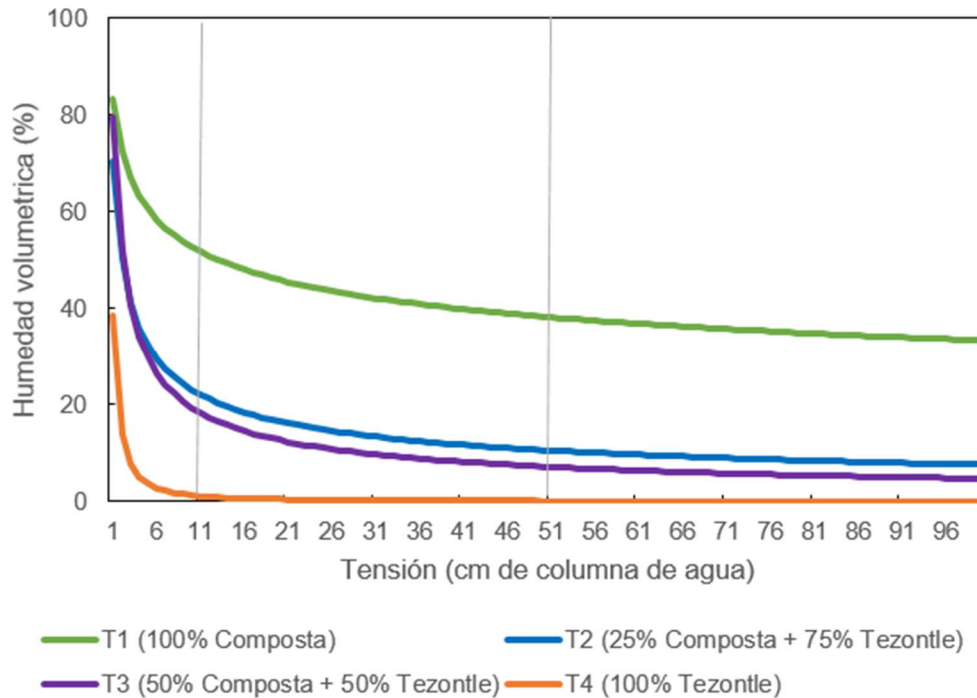


Figura 1. Curvas de retención de humedad de los sustratos.

La cantidad de agua fácilmente disponible (AFD) en los sustratos, ubicados en el rango de tensiones de 10 cm a 50 cm de columna de agua, el sustrato T3 permite aprovechar un 13.28% del agua, el T4 un 8.21%, el T1 un 6.68% y el T2 un 3.25% de agua aprovechable. El agua de reserva (AR) se encuentra en el rango de tensiones de 50 cm a 100 cm de columna de agua. Dentro de este rango el T1 tiene un valor de 10.26%, T3 un 8.31%, T4 un 2.66% y T2 un 2.26% de agua. Esto quiere decir que el agua total disponible (ATD) de los sustratos es de 16.94%, 5.51%, 21.59% y 10.87% para el T1, T2, T3 y T4 respectivamente.

Dentro nuestro punto de interés, se puede observar que al realizar mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos mejora positivamente sus características, siendo el sustrato T3 con mayor retención y liberación de agua.

Debido a este efecto, la variación en el tamaño de las partículas resulta beneficiosa, ya que los poros están relacionados con la capilaridad y afectan las fuerzas de retención de agua (Vence *et al.*, 2013). Esto significa que una mayor retención de agua en el sustrato aumenta el potencial hídrico, lo que influye en el crecimiento de las raíces (Lipiec *et al.*, 2013).

Un punto importante a destacar, es la frecuencia de los riegos en estos sustratos. Mientras el sustrato T4 necesita riegos frecuentes, el sustrato T3 puede retener el doble de agua y con menor fuerza de tensión. De esta manera, se puede ahorrar el agua que puede ser drenada y perdida.

Conclusiones

Este estudio proporciona información sobre las propiedades físicas y el comportamiento de las combinaciones de los sustratos y su uso individual. Los resultados presentados en este estudio indican que la combinación más efectiva es el T3 (50% Composta + 50% Tezontle), este tratamiento mostró las mejores características para el ahorro del agua.

Referencias Bibliográficas

- Botello, M. E., Gayosso-Rodríguez, S., Cabrera, C. A. P., & Villanueva-Couoh, E. (2024). Caracterización física y química de residuos orgánicos locales con uso potencial como componentes de sustratos hortícolas. *Bioagro*, 36(2), 211-222.
- Castro Garibay, S. L., Aldrete, A., López Upton, J., & Ordaz Chaparro, V. M. (2019). Caracterización física y química de sustratos con base en corteza y aserrín. *Acta Horticulturae*, 37, 2054-2062.
- De Boodt, D., Verdonck, O., & Cappaert, I. (1974). Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae*, 37, 2054-2062.
- Lipiec J., C. Doussan, A. Nosalewicz, and K. Kondracka. (2013). Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *Int. Agrophys.* 27:463-477
- Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Chan-Cupul, W., Luna-Esquivel, G., García-Paredes, J. D., ... & Mancilla-Villa, O. R. (2023). Biofertilizantes y sustratos orgánico-minerales en el cultivo de chile habanero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(2), 137-137.
- Monsalve Camacho, O. I., Henao Toro, M. C., & Gutiérrez Díaz, J. S. (2021). Caracterización de materiales con uso potencial como sustratos en sistemas de cultivo sin suelo. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1), 1-23.
- Ojodeagua-Arredondo, J. L., Castellanos-Ramos, J. Z., Muñoz-Ramos, J. J., Alcántar-González, G., Tijerina-Chávez, L., Vargas-Tapia, P., & Enríquez-Reyes, S. (2008). Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(4), 367-367.
- Ortega-Torres, A. E., Flores Tejeida, L. B., Guevara-González, R. G., Rico-García, E., & Soto-Zarazúa, G. M. (2020). Hidrogel acrilato de potasio como sustrato en cultivo de pepino y jitomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1447-1455.
- R Core Team (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- Schindler, U., & Müller, L. (2016). Hydraulic performance of horticultural substrates_2. Development of an evaluation framework. *Horticulturae*, 3(1), 6.
- Torres-Morán, M. I., Ríos-Villaseñor, L. G., de Luna-Vega, A., Torres-Morán, J. P., & Rodríguez-Ponce, A. K. (2019). INFLUENCIA DE DOS COMPOSTAAS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.) Y ORÉGANO SILVESTRE (*Lippia graveolens* Kunth). *e-CUCBA*, (12), 60-67.
- Vence L., B., R. Valenzuela O., A. Svartz H., y E. Conti M. (2013). Elección del sustrato y manejo del riego utilizando como herramienta las curvas de retención de agua. *Ciencia del suelo* 31(2): 153-164.