

Caracterización fisicoquímica de sustratos alternativos para producción ornamental

Maricela Morales-Pérez¹
Norma Andrea Arroyo-Santarosa^{2,5}
Juan Gabriel Ramírez-Pimentel¹
Rubén Damián Elías-Román³

1 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, México. CP. 38110.

2 Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra. Calle Manuel Gómez Morin Núm. 300. Comunidad de Janicho, Salvatierra, Guanajuato, México. CP. 38933.

3 Departamento de Agronomía-Campus Irapuato-Salamanca-Universidad de Guanajuato. Ex Hacienda El Copal, Carretera Irapuato-Silao km 9, Irapuato, Guanajuato, México. AP. 311. CP. 36500.

Autora para correspondencia: andre1998.santarosa@outlook.com.

Resumen

En México la extracción de tierra de monte para la producción de plantas ornamentales causa un impacto ecológico negativo, este material representa el principal sustrato usado para la producción de plantas ornamentales. El objetivo de este estudio fue caracterizar y validar diferentes proporciones de tres materias primas obtenidas de desechos y residuos de otras actividades económicas. Para ello se caracterizaron fisicoquímicamente diferentes mezclas de residuos de jardinería (RJ), el aserrín (AP) y corteza de pino (CP) en diferentes proporciones y un sustrato testigo; para potencial sustituto de sustratos en la producción de plantas ornamentales. Se evaluó granulometría, densidad aparente, porosidad total y de aireación, capacidad de retención de agua, potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (#) como propiedades principales en la selección de sustratos. Los resultados de este estudio demuestran la posible sustitución de tierra de monte (no sustentable), en la elaboración de sustratos para producción ornamental, por sustratos regionales de bajo costo de producción. Los sustratos S3 (25RJ+25CP+50AP), S4 (20RJ+30CP+40AP) y S5 (50RJ+25CP+25AP) están en los intervalos convenientes para la producción de planta, según las propiedades físicas.

Palabras clave:

aserrín, corteza, restos de poda, sustentabilidad, sustratos alternativos.



Introducción

Un sustrato es cualquier material poroso, usado puro o en mezcla para cultivar plantas en contenedor el cual proporciona anclaje y suficientes niveles de agua y oxígeno para el desarrollo óptimo de las plantas (Vence, 2008). La importancia de conocer estas propiedades radica en que de éstas dependerá el manejo adecuado de la fertilización y del riego (Pérez, 2009).

La producción de planta ornamental es un sector que consume una gran diversidad de sustratos, creados a partir de diferentes mezclas de materiales disponibles en cada región o bien, de acuerdo con los requerimientos de cada especie (Abad *et al.*, 2004). En 2001, México requirió cerca de 500 000 m³ de sustrato para la producción de plantas ornamentales en contenedor, en la actualidad se ha triplicado el valor de esta demanda. Entre los cultivos con mayor demanda en el mercado según el Sistema de Información Agroalimentaria y Pecuaría (SIAP, 2022) se encuentra el geranio (*Pelargonium* spp.) con un valor de producción mayor a 100 mil pesos, rosa (*Rosa* spp.) y margarita (*Dimorfoteca* spp.) como flor de corte.

Existe una preocupación notable a causa de que la extracción inmoderada de tierra y hojarasca de áreas forestales del país, lo que lleva a la búsqueda de sustratos alternativos, las materias primas se mezclan frecuentemente siguiendo dosis específicas y definidas. Dichas dosis se determinan de manera empírica basándose en la experiencia acumulada por los productores (Campos *et al.*, 2025), sumado a eso, la inadecuada formulación de sustratos para la producción ornamental genera una baja productividad y alta mortalidad de plantas por las propiedades no óptimas que presentan las diferentes mezclas de materias primas (Ruiz *et al.*, 2008) teniendo como consecuencia una pérdida económica para productores (Prisa y Caro, 2023).

El costo alto de los sustratos importados sugiere la necesidad de disponer de un sustrato producido localmente, estable, inocuo y de probada calidad, lo que abre nuevas expectativas a materiales autóctonos que hasta hace tiempo no eran considerados. Se ha prestado atención a la clasificación, el reciclaje, la reutilización, la reducción de materiales orgánicos para el desarrollo sostenible de los ecosistemas y recuperación de residuos orgánicos para la utilización en la agricultura (López, 2011).

Actualmente es primordial en el sector productivo ornamental y académico, la obtención y recomendación de nuevos medios de cultivo que ayuden a obtener plantas ornamentales de mejor calidad y a menor costo pues comparando los costos de producción de los sustratos elaborados a base de restos de jardinería, aserrín y corteza de pino (\$45.35), en comparación con los sustratos comerciales importados (\$528.00) y con la tierra de monte (\$90.00) (precio según la zona de adquisición), por lo que este estudio tuvo como objetivo establecer, caracterizar y validar proporciones de tres materias primas para la elaboración de sustratos ornamentales elaborados a partir de material composteado procedente de la industria maderera y residuos del sector jardinero urbano.

Materiales y mtodos

El estudio se llevó acabo en el Laboratorio de Química del Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, localizado en Janicho, Salvatierra, Guanajuato; situado en 20.197044° latitud norte -100.90635° longitud oeste y 1 902 msnm (Google earth, 2017). En laboratorio se determinaron, por triplicado, las propiedades físicas y químicas de diferentes mezclas de sustratos.

El diseño experimental fue completamente al azar. Antes de realizar el análisis de varianza, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante Shapiro-Wilk, la comparación de medias se efectuó con la prueba de Tukey ($p \# 0.05$). Las variables que no cumplen los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianza se analizaron mediante pruebas no paramétricas, utilizando el método de Kruskal Wallis (Bracho *et al.*, 2009).

Los materiales implementados para la formulación de un sustrato de plantas ornamentales en contenedor alternativo fueron los residuos de jardinería (RJ), aserrín de pino (AP) y corteza de pino (CP) composteada. Posterior a la colecta de los restos de jardinería (poda de ramas y hojas) se

trasladaron a un área para el manejo de los residuos, en donde se molieron los RJ y CP con ayuda de un molino de martillos núm. 16, de 14.91 kW, con una criba correspondiente a un tamaño de partícula < 2 cm, dichos materiales triturados se compostearon se protegieron de la acción de los vientos manteniéndolos húmedos y cubiertos con plástico por separado en pilas menores de 1.5 m de altura (Pérez y Martínez, 2008). El resto de los materiales no necesitaron otro proceso.

Se elaboraron mezclas, en diferentes proporciones (vol/vol) de residuos de jardinería (RJ), aserrín de pino (AP) y corteza de pino (CP) (Cuadro 1). Las proporciones de los sustratos (S2, S3, S5) modificados de González *et al.* (2018).

Cuadro 1. Proporciones de mezclas.

| Sustrato | Mezclas |
|----------|--------------------------|
| S1R2* | 40% A + 40% TM + 20% TL |
| S1M2* | 25% A + 50% TM + 25% PC |
| S2 | 30% RJ + 20% CP + 50% AP |
| S3 | 25% RJ + 25% CP + 50% AP |
| S4 | 30% RJ + 30% CP + 40% AP |
| S5 | 50% RJ + 25% CP + 25% AP |

*= sustratos testigo; TM= tierra de monte; TL= tierra lama; A= arena; PC= polvo de coco; RJ= restos de jardinería; CP= corteza de pino; AP= aserrín de pino.

La caracterización fisicoquímica de las diferentes mezclas utilizadas como tratamientos experimentales se realizó en el laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, siguiendo las técnicas descritas por Acosta-Durán (2012); Tello y Vega (2015). Se determinaron las siguientes propiedades: retención de agua mediante una prueba rápida; porosidad (% de espacio poroso) en condiciones secas, densidad aparente, calculada con el método de la relación entre partículas sólidas y volumen; y conductividad eléctrica y pH, medidos directamente en el sustrato con un conductímetro portátil y un medidor de pH Ohaus® ST20M.

La granulometría se obtuvo utilizando tamices de 71, 40, 32, 13 y 4 NOP (número de orificios por pulgada), colocados en orden descendente. El material seco al aire se agitó manualmente durante tres minutos (Quesada, 2014).

Resultados y discusión

Propiedades físicas

Las propiedades físicas de un sustrato son las más importantes, debido a que difícilmente pueden ser modificadas una vez establecido el cultivo: por lo que su caracterización previa es imperativa (Cabrera, 2003). En la producción de plantas ornamentales en recipientes bajo condiciones de vivero las raíces son las más expuestas a las fluctuaciones de las condiciones del ambiente físico de las plantas ya que la relación área/volumen de los contenedores es grande por lo que existe una baja capacidad amortiguadora contra variaciones del medio.

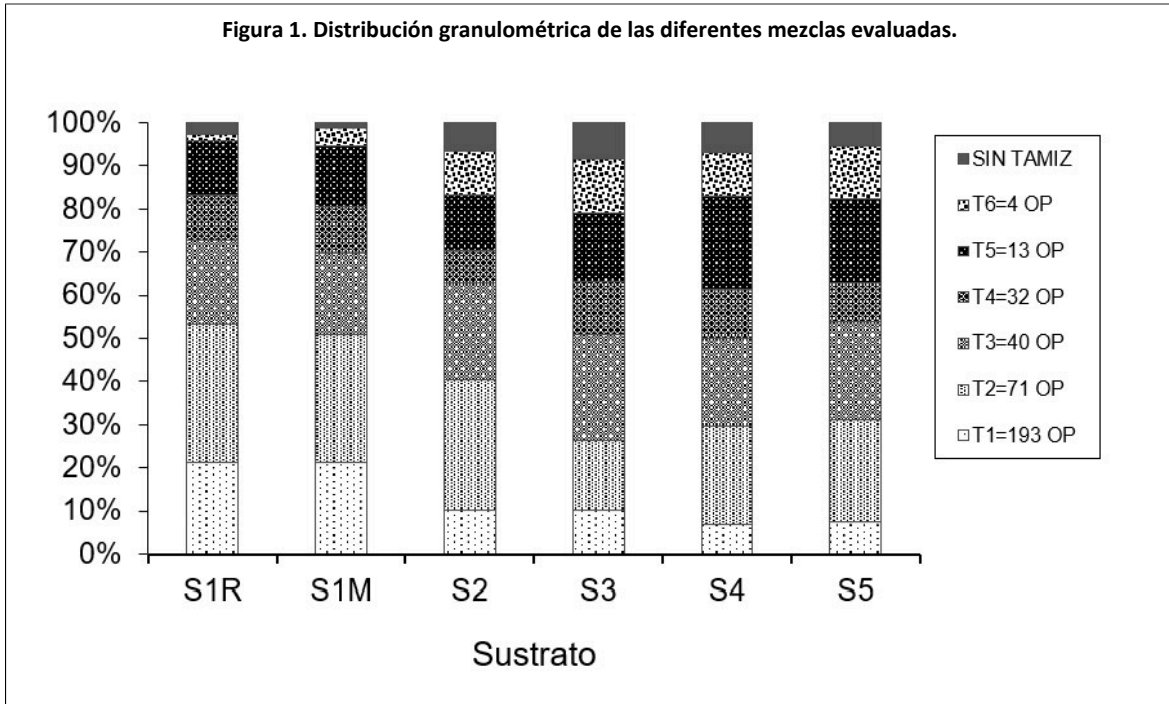
El sustrato usado en la producción de plantas debe promover el soporte físico y al mismo tiempo proporcionar agua, aire y nutrientes a la planta para el correcto funcionamiento de las raíces (Pire y Pereira, 2003).

Granulometría

Los tamices de esta investigación que brindaron partículas útiles en la retención de humedad y nutrientes son los tamices T1 con 193 OP (orificios por pulgada) (polvo < 0.3 mm), T2 con 71 OP (< 0.5 mm) y T3 con 40 OP (> 0.5 a < 1 mm), el resto de tamices (T4 a T10) con tamaño de partículas superior de 1 mm corresponde a las partículas gruesas encargadas de brindar un mayor espacio

poroso, por consecuencia incrementa la capacidad de aireación, aumentando el drenaje; por ello un porcentaje alto de partículas finas afecta la capacidad de aireación y eleva la retención de agua.

Tras la determinación de la distribución granulométrica de los sustratos estudiados, expresada como porcentaje en peso de cada fracción, los resultados se han presentado en forma de columnas apiladas (Figura 1). El porcentaje acumulado de partículas finas (polvo < 0.3 a > 1 mm) de acuerdo con el volumen fue de 70% para los sustratos testigos y superiores a 50% para los sustratos S2, S4 y S5.



El análisis granulométrico (Cuadro 2), indicó diferencias estadísticas entre los orígenes de la fracción fina (T1, T2 y T3) y la fracción gruesa (T4, T5 y T6): notándose mayor diferencia entre los S1R y S1M con respecto a los sustratos S2, S3, S4 y S5 los cuales presentaron mayor heterogeneidad, presentando una distribución de tamaño de partículas de los sustratos S3, S4 y S5. Consecuentemente, se presentó un porcentaje acumulado mayor de partículas gruesas en los sustratos propuestos lo que indica un incremento en el contenido de macroporos facilitando intercambio de oxígeno en la zona radicular.

Cuadro 2. Distribución del tamaño de las partículas expresadas como porcentaje (%) en peso de los sustratos evaluados.

| Sustrato | Tamaño de partícula (mm) | | | | | | T0 |
|----------|--------------------------|---------------|---------------------|-------------------|-------------|--------------|--------|
| | T1 < 0.3 (mm) | T2 < 0.5 (mm) | T3 > 0.5 a < 1 (mm) | T4 < 2 a < 3 (mm) | T5 = 5 (mm) | T6 = 16 (mm) | |
| S1R | 21.22 ab | 32.15 a | 19.42 a | 10.55 a | 12.6 b | 1.41 b | 2.77 a |
| S1M | 21.34 a | 29.75 ab | 19 a | 10.75 a | 14.33 ab | 4.05 b | 1.25 a |
| S2 | 10.34 ab | 30.11 ab | 22.3 a | 7.59 a | 12.87 b | 10.34 a | 6.44 a |
| S3 | 10.05 ab | 16.21 b | 24.43 a | 12.33 a | 15.98 ab | 12.59 a | 8.22 a |
| S4 | 7.06 b | 22.94 ab | 20.69 a | 11.47 a | 21.76 a | 10.29 a | 7.06 a |
| S5 | 7.41 ab | 24.07 ab | 22.84 a | 8.95 a | 19.44 ab | 12.35 a | 5.56 a |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey, $p > 0.05$).

Los materiales de textura gruesa, con tamaño de partícula superior a 0.9 mm, con poros grandes, superiores a 0.1 mm, retienen cantidades reducidas de agua, pero están bien aireados. Los

materiales finos, con partículas inferiores a 0.25 mm y tamaño de poros inferior a 0.03 mm, retienen grandes cantidades de agua difícilmente disponible y favorece condiciones de anoxia (Ballester, 1993). El mejor sustrato se define como aquel material de textura media a gruesa, con una distribución del tamaño de los poros entre 0.03 mm y 0.3 mm, equivalente a una distribución del tamaño de las partículas entre 0.25 mm y 2.5 mm, el cual retiene suficiente agua fácilmente disponible y presentando un adecuado contenido de aire (Ballester, 1993).

La homogeneidad del sustrato, tanto dentro de un mismo lote como entre diferentes lotes a lo largo del tiempo, constituye un factor esencial para garantizar la calidad comercial, la estandarización y la fiabilidad de los productores (Prisa y Caro, 2023; Campos *et al.*, 2025). La retención de agua es muy sensible a las variaciones de la granulometría del sustrato (Hernández *et al.*, 2014; López, 2016).

Porosidad total (PT)

Esencialmente debe existir un equilibrio apropiado entre el agua retenida que va a absorber la planta y de macroporos para permitir el intercambio de aire con el medio externo (Pire y Pereira, 2003). La porosidad total (PT) es la diferencia entre el volumen total y el volumen ocupado por los sólidos (Schafer y Lerner, 2022). El valor de referencia de esta propiedad es de 85% del volumen de los sustratos, con drenaje, después de un riego a saturación, que permita aireación de al menos 10% respecto del volumen del sustrato.

Valenzuela *et al.* (2014); López *et al.* (2016), define como aceptable de 20 a 50% PT dependiendo el cultivo; sin embargo, otros autores recomiendan de 60 a 80% PT como rango adecuado para el desarrollo de especies forestales y ornamentales (García *et al.*, 2001).

La granulometría (distribución del tamaño de partícula) y su tamaño es un factor de importancia en los sustratos para plantas ya que influyen en la dinámica de aire y agua del medio de cultivo, las cuales son críticas y a menudo no pueden modificarse una vez establecido el cultivo (Campos *et al.*, 2025). Los sustratos evaluados presentaron una porosidad total (PT) mayor a 50%, no se detectaron diferencias estadísticas en esta variable por efecto del tipo de sustrato. Aunque el S5 tuvo 57.2% en PT (Cuadro 3) con una composición de 25% de corteza de pino, el cual es un material que proporcionan drenaje y aireación a largo plazo, necesario para el desarrollo óptimo radicular de la planta y 50% de restos de jardinería que contribuye al drenaje en su etapa inicial de utilización y el otro 25% que corresponde a aserrín de pino material de retención de humedad.

Cuadro 3. Propiedades químicas de los sustratos.

| Sustrato | Propiedades químicas | |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| | pH | σ (dS m ⁻¹) |
| S1M | 6.45 abc | 1.1 abc |
| S1R | 6.83 ab | 0.73 abc |
| S2 | 6.14 c | 0.41 c |
| S3 | 6.14 c | 0.58 bc |
| S4 | 6.33 bc | 1.29 ab |
| S5 | 6.68 ab | 1.51 a |
| <i>p</i> * | 0.0003 | 0.0056 |
| CV | 2.21 | 32.61 |

*= valor de *p* en la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (*p* > 0.05).

Por otra parte, el S2 compuesto por 50% de AP y el menor porcentaje de CP (20%) presenta la PT mayor con 72.79% y menor PA con 46%, pese a estos resultados López (2016) asegura que sustratos de menor porosidad son usados ventajosamente en cultivos de mayor requerimiento hídrico o en épocas de escasez. En suma, la porosidad total (PT) de los sustratos S3, S4, S5 y los testigos se encuentran dentro del rango recomendado (60-80% PT).

Capacidad de retención de humedad (CRH)

Es definida como la cantidad total de agua retenida por el sustrato una vez saturado y drenado, en ausencia de evaporación; en la mayoría de los sustratos los rangos recomendados oscilan entre 55-70% (Abad *et al.*, 2004; Barrón, 2013) de 25 a 55% (Landis *et al.*, 1990). Los resultados de la caracterización demostraron tener diferencias altamente significativas en los sustratos testigo contra los sustratos propuestos; siendo estos los de mayor CRH tal como lo establece Patrón (2014).

En la caracterización de sustratos a base de aserrín de pino con 53% de CRH al presentarse rangos óptimos de CRH no confiere a las mezclas las propiedades adecuadas para el desarrollo de los cultivos, siendo necesaria la conjunción de otras características físicas para que se obtengan óptimos resultados. La investigación de González *et al.* (2018) obtuvieron valores de 41.8% y 44.8% en sustratos con 30% turba de musgo + 20% de corteza de pino + 50% de aserrín de pino y 25% turba 25% de corteza de pino + 50% de aserrín de pino respectivamente, ratificando que al incrementar el porcentaje de aserrín aumenta la retención de humedad, derivado de la capacidad de absorción que posee el aserrín; por el contrario de la corteza de pino. Autores como Hernández-Zarate *et al.* (2014) obtuvieron cifras similares (40% y 41%) en sustratos con 40% de corteza composteada +60% de aserrín y 60% de corteza composteada + 40% de aserrín. En los sustratos evaluados se obtuvieron rangos superiores a los valores óptimos recomendados siendo el S4 con 175.8% de capacidad de retención de humedad.

Densidad aparente (Da)

Se presentaron diferencias estadísticas entre las diferentes mezclas (Cuadro 3), el rango óptimo para esta característica es de 0.15 a 0.6 g ml⁻¹ (García *et al.*, 2001). Es decir, el sustrato debe ser suficientemente pesado para mantener la planta en posición vertical, evitando el volcamiento y al mismo tiempo sin excesos de peso que dificulte la manipulación o transporte de plantas. Se observó que los sustratos propuestos a base de restos de jardinería, corteza y aserrín de pino (S2, S3, S4 y S5) están dentro de los rangos óptimos para este parámetro importante para calificar a un buen sustrato, éste debe demostrar una baja densidad aparente (Murciano, 2013) que se encuentre dentro del rango establecido, ya que densidades demasiado bajas, son densidades no deseadas en sustratos ornamentales usados en viverismo (Cabrera, 1999).

Propiedades químicas

Potencial de hidrógeno (pH)

Tanto las propiedades físicas como el pH y la fertilidad de un sustrato constituyen una parte fundamental para el desarrollo de los cultivos en contenedor (Yong, 2004). Un excelente potencial de hidrógeno en el sustrato hace posible la disponibilidad de nutrientes para las raíces de las plantas. En cultivos sin suelo el pH ideal oscila entre 5.5 y 7 (Acosta-Duran, 2012). Luego del análisis químico de las diferentes mezclas compuestas por AP, CP y RJ, se comprobó que estadísticamente existe variación en el pH de todos los sustratos incluidos los testigos ($p = 0.0089$) debido a las proporciones diferentes de cada materia prima. El pH obtenido de los sustratos propuestos es ligeramente ácido por debajo de valores de 7, siendo más adecuados para el establecimiento de cultivos ornamentales el S2 y S3, tomando en cuenta que los requerimientos edáficos de las diferentes especies varían, por lo que se afirma que los sustratos llegan a proporcionar una adecuada disponibilidad de nutrimentos.

Conductividad eléctrica (σ)

La concentración de sales solubles presentes en la solución de un sustrato es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, en general se recomiendan valores menores a 1 dS m^{-1} lo que facilita el manejo de la fertilización y evita fitotoxicidad (Bárbaro *et al.*, 2014); por otra parte, los valores aceptables para la mayoría de los cultivos ornamentales en contenedor varían de 0.76 y 1.25 dS m^{-1} (Acosta-Duran, 2012). Los resultados observados para la conductividad eléctrica demostraron ser diferentes estadísticamente ($p = 0.011$), el S2 y S3 demostraron tener baja conductividad eléctrica en comparación a los sustratos testigo.

Conclusiones

La sustitución de tierra de monte, arena y tierra lama es factible en la elaboración de sustratos para producción ornamental, con base a los resultados mostrados, sustituyéndolos por materiales regionales reciclados o reutilizados como son los restos de actividades de mantenimiento de áreas verdes urbanas e industria maderera (restos de jardinería, aserrín y corteza de pino) en las proporciones evaluadas y validadas. Si bien la caracterización física de los sustratos (granulometría, Da, CRH y PT) es fundamental para comprender los procesos de crecimiento de las plantas cultivadas en contenedor, resulta difícil obtener una materia prima que reúna todas las características deseables.

En esta investigación las propiedades físicas derivadas de las mezclas potenciales (S3= 25% RJ + 25% CP + 50% AP; Da= 0.42 g cm^{-3} , CRH= 172.67%, PT= 75.16%, S4= 30% RJ + 30% CP + 40% AP; Da= 0.35 g cm^{-3} , CRH = 175.83%, PT = 79.5% y S5= 50% RJ + 25% CP + 25% AP; Da= 0.34 g cm^{-3} , CRH= 165.3%, PT= 80.72%) están dentro de los intervalos convenientes (Da= $< 0.04 \text{ g cm}^{-3}$, CRH= 55-70%, PT= $> 85\%$) para ser utilizados para la producción de planta.

A su vez en cuanto a las propiedades químicas el pH y conductividad eléctrica, aun siendo propiedades muy variables en las mezclas aquí detalladas, los valores que presentan los sustratos S2= 30% RJ + 20% CP + 50% AP y S3= 30% RJ + 30% CP + 40% AP se ubican dentro de los valores de referencia; no obstante, las mezclas restantes evaluadas presentan valores aceptables y ajustables en la producción de plantas ornamentales en contenedores.

Bibliografía

- 1 Abad-Berjón, M.; Murray, P. N. y Benedito, C. C. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. Madrid, España, Cap. Fertirrigación Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Ed. Cadahía. Mundi-Prensa. 299-354 p.
- 2 Acosta-Duran, C. 2012. Selección de sustratos para la agricultura. México. Redes Ed. 108 p.
- 3 Ansorena, M. J. 1994. Sustratos: propiedades y caracterización. España. Mundi-Prensa. 172 p.
- 4 Ballester-Olmos, J. F. 1993. Substratos para el cultivo de plantas ornamentales. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 44 p.
- 5 Barbaro, L. A.; Karlanian, M. A.; Rizzo, P. F. y Riera, N. I. 2019. Caracterización de diferentes compost para su uso como componentes de sustratos. México. Agrociencia. 126-136 pp.
- 6 Barrón, T. B. U. 2013. Evaluación de seis mezclas de sustratos alternativos en la producción de plántula de lechuga *Lactuca sativa* L. México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). 43 p.
- 7 Bracho, J.; Pierre, F. y Quiroz, A. I. 2009. Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. 117-124 pp.
- 8 Cabrera, R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo pala la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo Serie Horticultura. 5(1):5-11.

- 9 Cabrera, R. I. 2003. Tecnologías ornamentales en el estado de Morelos. México. Tecnología de ornamentales en el estado de Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 14-15 pp.
- 10 Campos, P. D.; Sánchez-Martín, Á. M.; Lucas, M. G.; Santa-Olalla, A.; Rosales, M. A. and Rosa, J. M. 2025. Biochar and compost as sustainable alternatives to peat. *Agronomy*. 15(11):1-20. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112455>.
- 11 García, O. C.; Alcántar, G. G.; Cabrera, R. I.; Gavi, F. R. y Volke, V. H. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. México. *Terra Latinoamericana*. 19(3):249-258.
- 12 González-Orozco, M. M.; Prieto-Ruíz, J. Á.; Aldrete, A. M.; Hernández-Díaz, J. C.; Chávez-Simental, J. A. y Rodríguez-Laguna, R. 2018. Sustratos a base de aserrín crudo con fertilización y la calidad de planta de *Pinus cooperi* Blanco en vivero. México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(48):203-225.
- 13 Hernández-Zarate, L.; Aldrete, A. M.; Ordaz-Chaparro, V. M.; López-Upton, J. y López-López, M. Á. 2014. Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. México. *Agrociencia*. 48(6):627-637.
- 14 INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Salvatierra, Guanajuato.
- 15 Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E. and Barnett, J. P. 1990. The container tree nursery manual. *Agric. Handbook 674*. USDA Forest Service. Washington, DC, USA. Vol. 2. 41-85 pp.
- 16 López-Clemente, X. A. 2011. Caracterización de compostas derivadas de residuos orgánicos enfocadas a su uso como sustratos. México. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral y regional de Oaxaca. 58 p.
- 17 López, G. L. 2016. Estudio comparativo de sustratos de cultivos sostenibles en sistemas de saturación urbana: jardinería vertical y cubierta vegetal. España. Universidad Politécnica de Madrid. 289 p.
- 18 Murciano-Silla, S. 2015. Influencia de los abonos de liberación lenta y de sustratos textiles industriales en el cultivo de *Pelargonium zonale* y *Osteospermum ecklonis*. España. Universidad Politécnica de Valencia. 83 p.
- 19 Pérez-Méndez, M. A. y Martínez-Hernández, M. R. 2015. Manejo alternativo de los residuos de jardinería. México. *Kuxulkab*. 14(26):5-11. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a14n26.874>.
- 20 Pérez-Velázquez, B. D. y Duarte, A. M. A. R. 2009. Enraizamiento de cortes de tres especies de ornamentales mediante el uso de diferentes tipos de enraizadores y sustratos manejados en contenedor. México. Saltillo Coahuila. 118 p.
- 21 Pire, R. J. C. y Pereira, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara. Venezuela. *Bioagro*. 15(1):55-64.
- 22 Quesada, G. R. y Marín, F. T. 2014. Una metodología para la evaluación de sustratos para la agricultura protegida. Costa Rica. Programa Nacional de Producción Agrícola bajo Ambientes Protegidos. 1-4 pp.
- 23 Ruiz, J. F.; Masaguer, A. R. y Andreu, G. P. 2008. Cultivo de *Osteospermum ecklonis* en sustrato eco-compatibles. *Actas de Horticultura. Innovación y futuro en la jardinería*. 182-189 pp.
- 24 Schafer, G. and Lerner, B. L. 2022. Physical and chemical characteristics and analysis of plant substrate. *Ornamental Horticulture*. 28(2):181-192. <https://doi.org/10.1590/2447-536x.v28i2.2496>.

- 25 Tello, L. D. y Vega, R. A. 2015. Metodologías para determinar la retención de humedad y la densidad en el compost. España. Universidad Nacional Agraria La Molina. 76(1):186-192.
- 26 Valenzuela, O. R.; Gallardo, C. S.; Carponi, M. S.; Aranguren, M. E.; Tabares, H. R. y Barrera, M. C. 2014. PID 2117 Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento. 4(4):1-19.
- 27 Vence, L. B. 2008. Disponibilidad de agua aire en sustratos para plantas. Ciencias del suelo. 26(2):105-114.
- 28 Yong, A. 2004. Revisión bibliográfica. El cultivo del rosal y su propagación. Cuba. La Habana. Cultivos Tropicales. 25(2):53-67.



Caracterización fisicoquímica de sustratos alternativos para producción ornamental

| |
|--|
| Journal Information |
| Journal ID (publisher-id): remexca |
| Title: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas |
| Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc |
| ISSN (print): 2007-0934 |
| ISSN (electronic): 2007-9934 |
| Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias |

| |
|---------------------------------------|
| Article/Issue Information |
| Date received: 01 January 2026 |
| Date accepted: 01 March 2026 |
| Publication date: 01 February 2026 |
| Publication date: Feb-Mar 2026 |
| Volume: 17 |
| Issue: 2 |
| Electronic Location Identifier: e4030 |
| DOI: 10.29312/remexca.v17i2.4030 |

Categories

Subject: Artículos

Palabras clave:

Palabras clave:

aserrín
corteza
restos de poda
sustentabilidad
sustratos alternativos

Counts

Figures: 1
Tables: 3
Equations: 0
References: 28