

Evaluación de un material lignocelulósico como sustituto de tierra de monte en la producción de *Euphorbia pulcherrima* cv. “Prestige Red”

Mónica Ivonne Jaimes Yescas¹, Irving Hernández González^{2*} y Antonio Flores Macías³.

Resumen. Un material lignocelulósico (Mlc) proveniente de residuos de poda y jardinería de la zona de Xochimilco, Ciudad de México, fue evaluado como material orgánico sustituto del uso de tierra de monte en la mezcla de un sustrato utilizado en la producción de *Euphorbia pulcherrima* cv “Prestige Red”. Se evaluaron concentraciones del 0, 20, 40, 60 y 100% v/v de Mlc como componente de los sustratos empleados en los diferentes tratamientos –tierra de monte (Tm), fibra de coco (Fc), tezontle (Tz) y agrolita (Ag). Se identificaron taxonómicamente los materiales verdes utilizados en la preparación del Mlc y se determinaron en los sustratos evaluados la densidad aparente (g cm^{-3}), porosidad total (%), porosidad de aireación (%), retención de humedad (%), pH, C.E y C.I.C., así como las variables de la planta: altura, área foliar, pesos secos de raíz, tallo y hojas. Al no encontrarse diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en las variables de crecimiento, se puede suponer que la utilización de cualquiera de las mezclas permitirá el desarrollo del cultivo con características de crecimiento iguales; por lo que el Mlc puede reemplazar la utilización de la tierra de monte contribuyendo a una menor degradación de las cubiertas de materia orgánica de los bosques.

Palabras clave. Cultivos en contenedor, Sustratos, Material lignocelulósico, Nochebuena.

Abstract. A lignocellulosic material (Mlc) from pruning and gardening residues from the area of Xochimilco, Mexico City, was evaluated as an organic substrate to substitute the use of leaf soil in the mixture

¹ Maestría en Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, CDMX, México.

² Proyecto Académico “Las Ánimas-Tulyehualco”, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, CDMX, México.

³ Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, CDMX, México.

* Autor de correspondencia. e-mail: ihernandezg@correo.xoc.uam.mx

of a substrate used in the production of *Euphorbia pulcherrima* cv “Prestige Red”. Concentrations of 0, 20, 40, 40, 60 and 100% v/v of Mlc were evaluated as a component of the substrates used in the different treatments - mountain soil (Tm), coconut fiber (Fc), tezontle (Tz) and agrolite (Ag). The green materials used in the preparation of the Mlc were taxonomically identified and the following physical and were determined bulk density (g cm^{-3}), total porosity (%), aeration porosity (%), moisture retention (%), pH, E.C. and C.I.C., as well as plant variables: height, leaf area, root, stem and leaf dry weights. Since no significant statistical differences were found between the treatments in the growth variables, it can be assumed that the use of any of the mixtures will allow the development of the crop with equal growth characteristics; therefore, Mlc can replace the use of mountain soil, contributing to a lower degradation of the organic matter cover of the forests.

Keywords. Container crops, Substrates, Lignocellulosic material, Poinsettia.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de plantas mediante el uso de sustratos en contenedores se ha extendido en los últimos 50 años debido a un mayor costo-beneficio observado en los altos rendimientos, facilidad de cosecha, una elevada eficiencia en el control del balance agua/aire y suministro de nutrientes, así como una menor incidencia de patógenos que están asociados al suelo (Sujatha y Usha, 2019; Nejad and Ismaili, 2014; Schmilewski, 2009). Se debe entender como cultivo de plantas en sustratos, al método que involucra el desarrollo del sistema radical sin el uso de suelo como medio de anclaje (Savvas *et al.*, 2013), por lo que el sustrato tendrá que garantizar un adecuado balance entre la provisión de agua, aire y nutrientes para la planta, así como ser el medio de anclaje que le brinde un buen soporte. Para lograr lo anterior, el sustrato y sus componentes deben presentar características fisicoquímicas que, junto a un adecuado manejo agronómico, permitan el buen desarrollo de la planta (Gong *et al.*, 2018; Brito *et al.*, 2015; Onoño *et al.*, 2015). Las diversas mezclas de sustratos ligeros alterarán las características fisicoquímicas de las mezclas de cultivo y afectarán el crecimiento de las ornamentales en maceta (Kumar *et al.*, 2022).

Las propiedades físicas de los sustratos son las características que influyen en su estructura, como el tamaño, forma, textura y distribución de las partículas que lo conforman, lo que determinará el suministro de agua, aire y nutrientes a las raíces de las plantas, excluyendo al mismo tiempo los patógenos del suelo. Este equilibrio debe mantenerse durante todo el ciclo de producción del cultivo, que puede durar desde varias semanas hasta más de un año (Bilderback, 2005; Ravic, 2002).

La porosidad total (%), la densidad aparente (g cm^{-3}), agua fácilmente disponible (%), agua de reserva (%), agua no disponible (%), agua difícilmente disponible (%), son variables que ayudan a analizar las propiedades físicas de los sustratos. Para que un sustrato pueda proveer a la planta los nutrientes

necesarios para su desarrollo y crecimiento, es importante el análisis de las propiedades químicas como el pH, conductividad eléctrica (C.E.), capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), relación C/N, disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Las propiedades químicas, a diferencia de las propiedades físicas, pueden ser reguladas a lo largo del ciclo del cultivo (Barrett *et al.*, 2016; Gayosso-Rodríguez *et al.*, 2016; Carlile *et al.*, 2015; Quing-Chao *et al.*, 2014;). En cuanto a las propiedades biológicas, éstas deben ser consideradas en sustratos de origen orgánico, ya que pueden tener impactos en su función al ser portadores potenciales de patógenos y malezas, afectando la estabilidad biológica y la movilización de nutrientes; así mismo, los procesos de descomposición de la materia orgánica pueden alterar las propiedades físicas iniciales de los sustratos pudiendo reducir la capacidad de retención de aire y exceso en la retención de agua, afectando la estabilidad del sustrato a lo largo del ciclo productivo (Álcanzar-González *et al.*, 2016; Carlile y Schmilewski, 2010; Alsanius y Wohanka, 2009).

Yeager *et al.* (2007), establecieron rangos óptimos en las propiedades físicas de los sustratos; entre ellas, una porosidad total del 50-85% v/v, porosidad de aire del 10 al 30% v/v, agua disponible del 25 al 35% v/v, densidad aparente de 190 a 700 kg m⁻³. Urrestarazu y Burés (2009), mencionan valores óptimos similares en porosidad total (70-85% v/v), porosidad de aireación (10 al 30% v/v), agua disponible (20 al 30% v/v), densidad aparente (150 a 750 kg m⁻³).

Los factores que se consideran para la selección de los sustratos se centran en su eficiencia y costos asequibles. Sin embargo, el impacto ambiental que ocasiona la extracción de diversos materiales para la elaboración de sustratos ha incentivado la investigación de sustratos alternativos que provengan de fuentes que no perjudiquen al ambiente (Barrett *et al.*, 2016; Burnett *et al.*, 2016). Ejemplo de lo anterior es la extracción de *peat moss*, que afecta las zonas sumideros de Carbono (C), liberándolo a la atmósfera y favoreciendo el cambio climático (Dunn y Freeman, 2011; Cleary *et al.*, 2005); de manera similar ocurre con la extracción de tierra de monte (Tm), que es un recurso forestal no maderable (RFNM). Esta tierra de monte tiene su origen en los ecosistemas forestales y áreas montañosas donde la descomposición natural de la materia orgánica es abundante. Este proceso natural ocurre principalmente en bosques, donde la caída constante de hojas, ramas, y otros materiales vegetales se descomponen lentamente, creando un medio rico en nutrientes. Su extracción para uso como sustrato, impacta negativamente al ecosistema debido a procesos de erosión, pérdida de nutrientes y retención de humedad, así como el aumento de la temperatura en los suelos que se encuentran expuestos, afectando a la microfauna y microbiota edáfica y al desarrollo de la vegetación presente en estos ecosistemas forestales (SERMANAT, 2016; Bin *et al.*, 2013; Pote *et al.*, 2012). El uso de materiales que eviten la extracción de esos sustratos tiene como requisito que proporcionen las propiedades físicoquímicas adecuadas para el cultivo, deben ser accesibles y disponibles en el mercado y, que su empleo sea amigable con el ambiente.

Los residuos verdes lignocelulósicos o materia vegetal (compuestos principalmente por lignina, hemicelulosa y celulosa) provenientes de desperdicios municipales son ampliamente utilizados como

componente principal en las mezclas de sustratos para los cultivos en contenedor (Carlile *et al.*, 2015); éstos, son básicamente materia orgánica muy estable, donde el C es el elemento dominante (48-58%) y la proporción de nitrógeno es menor (2-3%), por lo que tienen una relación C/N alta, lo que resulta en una descomposición más lenta porque los microorganismos necesitan nitrógeno para crecer y multiplicarse. Esto, hace que sean materiales muy estables al ser utilizados como sustratos (Chander-Kuhad *et al.*, 2011).

Considerando la importancia de no extraer los RFNM, en la presente investigación se evaluó un material lignocelulósico (Mlc) como potencial sustituto de la tierra de monte (Tm), utilizada como componente de sustratos empleados en el desarrollo de plantas en contenedores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en San Gregorio Atlapulco, Xochimilco (19° 25' 11" latitud N y 99° 03' 20" longitud O; 2,240 msnm). El clima es Cw templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 16° C y precipitación de 700.1 mm (INEGI, 2008).

La elección de los sustratos fue realizada considerando aquellos que son utilizados en la zona de producción de ornamentales en la zona de estudio; para ello, se realizaron entrevistas semiestructuradas aplicadas a productores mediante la técnica de muestreo *Snow Ball* (Goodman, 1961). Los sustratos mayormente empleados en la zona fueron Tm, obtenida de la zona forestal ubicada en el municipio de Villa del Carbón, Estado de México; el tezontle (Tz), fibra de coco (Fc) y agrolita (Ag) que adquieren de la comercializadora local "Vivero y Agrícola San Francisco" Caltongo, Xochimilco, CDMX. El Mlc a evaluar se obtuvo del centro de composteo "El Axolotl", Xochimilco, CDMX; las especies vegetales utilizadas en su elaboración fueron identificadas taxonómicamente (Calderón y Rzedowski, 2001). Las especies vegetales para la elaboración del Mlc fueron trituradas hasta reducir el tamaño a fragmentos de 5-7 cm; con el material triturado se hizo una pila de 4 m de largo, 1 m de ancho y 1 m de altura. El material se volteaba una vez por semana para favorecer una adecuada aireación y disminución de temperatura; además de humedecerse (40-45% V/V) cada tercer día durante cuatro semanas (Figura 1).

Figura 1. Proceso de elaboración del Mlc: (1) materia prima restos de jardinería y poda áreas verdes; (2) separación y clasificación; (3) trituración y (4) pilas de Mlc.



Fuente: Elaboración propia.

Los materiales utilizados en la preparación del sustrato, incluyendo el Mlc, se mezclaron en seis diferentes proporciones. Cada mezcla constituyó un tratamiento, entre los que se incluyó como testigo la utilizada por los productores de la zona (Cuadro 1). El arreglo experimental fue de bloques al azar en el que cada tratamiento tuvo seis repeticiones y cada unidad experimental contó con tres macetas.

Para el estudio de los sustratos, se estableció el cultivo de nochebuena, *E. pulcherrima* cv. “Prestige Red”. Se usaron esquejes de la casa comercial *Semplants* S. A. de C. V., mismos que se trasplantaron en macetas de 6” MATEC® (15.24 cm diámetro). Las macetas fueron espaciadas a 25 cm entre ellas, por lo que la densidad de población fue de dieciséis plantas por m². El cultivo se estableció bajo cubierta plástica blanca calibre 700, UV 50 % (Figura 2).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados como sustratos en el cultivo de *E. pulcherrima*

Tratamiento	Tipos de sustratos (% v/v)				
	Mlc	Tm	Tz	Fc	Ag
Control	0	60	15	15	10
Mlc 0	0	100	0	0	0
Mlc 20	20	40	15	15	10
Mlc 40	40	20	15	15	10
Mlc 60	60	0	15	15	10
Mlc 100	100	0	0	0	0

*Mlc: Material lignocelulósico Tm: Tierra de monte; Tz: Tezontle;
Fc: Fibra de coco; Ag: Agrolita

Figura 2. Experimento para la evaluación de un Mlc en el cultivo de *E. pulcherrima*



Fuente: Elaboración propia.

El suministro de nutrimentos se realizó a través de soluciones nutritivas que se modificaron en cada etapa fenológica del cultivo (Cuadro 2); la solución se ajustó a un pH de 6.5 mediante la adición de ácido sulfúrico. Cada riego fue de 300 mL de solución nutritiva por maceta; la frecuencia de los riegos se determinó con base a la demanda hídrica del cultivo, manteniéndolo a capacidad de campo. El manejo agronómico del cultivo se resume en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Manejo agronómico para el cultivo de *E. pulcherrima*

Etapa Fenológica	Fertilización	Riego	Plagas	Tratamiento	Enfermedades	Tratamiento
Trasplante del esqueje	Peters Professional Poinsettias Peat-lite special® (15-5-25) 1 g L ⁻¹ Ca(NO ₃) ₂ 1 g L ⁻¹ Riego sin fertilizante	Aspersión, mojando toda la planta, favorece un mantenimiento de la alta humedad relativa necesaria para un buen enraizamiento			<i>Rhizoctonia solani</i> (Pudrición de raíz)	Esterilizar o desinfectar sustrato, aplicar al suelo o sustrato PCNB 2 g L ⁻¹ y biocontrol.
Desarrollo vegetativo	Peters Professional Poinsettias Peat-lite special® (15-5-25) 1 g L ⁻¹ Ca(NO ₃) ₂ 1 g L ⁻¹ Riego sin fertilizante	Agua a nivel superficial, evitando acumulación de humedad en las hojas que favorecen la Botritis.	Mosquita blanca	Buprofezin (Applaud®)	<i>Phythium ultimum</i> y <i>Phytophthora parasitica</i> (Pudrición de raíz)	Desinfectar el sustrato, aplicar Metalaxil (Ridomil bravo, 2 g L ⁻¹)
			Araña roja	Abamectina (Agrimec®)	<i>Thielaviopsis basicola</i> (Pudrición de la raíz y cuello)	Esterilizar o desinfectar el suelo.
Floración	Peters Professional Poinsettia Finisher® (15-20-25) 1 g L ⁻¹ Ca(NO ₃) ₂ 1 g L ⁻¹ Riego sin fertilizante	Reducir la cantidad de agua, teniendo cuidado de no manchar las brácteas.	Mosquita negra	Carbofuran (Furadan®)	<i>Althernaria euphorbiicola</i> (Tizón foliar)	Programa preventivo con Manzate 2 g L ⁻¹ aplicar al follaje.
			Mosquita blanca y trips	Imidacloprid (Confidor®)	<i>Sphaceloma poinsettia</i> (Roña)	Programa preventivo con Manzate 2 g L ⁻¹ aplicar al follaje
					Moho gris (Tizón por <i>Botrytis cinerea</i>)	Programa preventivo con Tecto 60 1g/L
					Fitoplasmas Virus (virus mosaico de la poinsettia –PnMV)	Tetraciclina

Fuente: Ecke et al. 2004, García et al. 2013.

Propiedades fisicoquímicas de los sustratos

Se tomaron muestras de 1.5 kg de cada tratamiento, mismas que se analizaron en el Laboratorio de Física de Suelos y en el Laboratorio de Fertilidad - Química de Suelos, del Colegio de Postgraduados (COLPOS). A cada muestra se le determinó la densidad aparente (g cm^3), porosidad total, porosidad de aireación (%) (Inbar *et al.*, 1993), pH, C.E. (dS m^{-1}), C.I.C (cmol kg^{-1}) y porcentaje de retención de humedad (Wilson, 1983).

Las variables evaluadas en el cultivo fueron altura de la planta, midiéndola desde el “cuello” del tallo hasta el ápice de crecimiento de mayor altura; el área foliar, que fue determinada mediante un medidor de área foliar (LICOR® 3); la biomasa seca de hojas, tallo y raíz, que se obtuvo dejando las muestras a 70 °C por 72 h en un horno análogo de acero marca Felisa modelo FE-293.

Análisis estadístico

Los datos de las variables cuantificadas fueron sometidos a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk W test) y homocedasticidad (Levene). En caso de no cumplirse estos criterios, se recurrió a pruebas no paramétricas (Kruscall Wallis). Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) y posteriormente la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para determinar posibles diferencias entre medias (JMP 11 ® Software).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del Mlc

Se identificaron 16 especies provenientes de los residuos de poda de la Alcaldía de Xochimilco, siendo las especies *Ficus benjamina* (45.4% V/V) y *Fraxinus uhdei* (20.1% v/v) las que mayor presencia tuvieron (Cuadro 3). Estas son especies arbóreas perennifolias que entran dentro de la categoría de maderas duras con porcentajes de lignina que van del 18 al 25% (Gómez *et al.*, 2012; Sung y Chen, 2002). La lignina juega un papel importante en la bioestabilidad de los sustratos, por lo que se infiere que sustratos con el Mlc, pueden mantener estables por mayor tiempo las propiedades fisicoquímicas. Es importante considerar la relación inversamente proporcional entre la concentración de lignina y la tasa de mineralización de N de la materia orgánica del Mlc, por lo que es necesario el suministro de N en la mezcla del sustrato para que inhiba la competencia entre los microorganismos y la planta (Hernández *et al.*, 2006).

Kostova e Iossifova (2007) y Hassan *et al.* (2003) reportan la composición química de *F. uhdei* y *F. benjamina* respectivamente, determinando la presencia de compuestos fenólicos como cumarinas,

con propiedades insecticidas, bactericidas y fungicidas, así como flavonoides con actividad antioxidante y funciones que inhiben el desarrollo de patógenos, por lo que los compuestos presentes en el material orgánico que dan origen al Mlc, pueden tener efectos benéficos al inhibir el desarrollo de patógenos como *Clavibacter* spp. Un análisis sobre la presencia y concentración de dichos compuestos químicos, así como la evaluación de la susceptibilidad de los cultivos a éstos, puede ser útil para descartar o no el empleo de sustratos alternativos provenientes de residuos de poda (Zarate-Martínez *et al.*, 2018; Díaz-Serrano *et al.*, 2006) así como la capacidad insecticida, bactericida y fungicida donde el Mlc sea componente del sustrato. En el presente experimento no se observó la presencia de signos de enfermedades en raíz, lo cual pudiera estar asociado a los metabolitos existentes en el sustrato.

Cuadro 3. Especies de plantas con mayor presencia en la elaboración del Mlc.

Especie		Volumen Total (3.5 m ³) % v/v
Nombre Científico	Nombre Común	
<i>Ficus benjamina</i> L.	Laurel	45.4
<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	20.1
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto o Alcanfor	6.0
<i>Schinus molle</i> L.	Pirul	4.3
<i>Callistemon citrinus</i>	Escobillón rojo	3.9
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	3.9
<i>Cupressus</i> sp.	Ciprés	3.9
<i>Ligustrum japonicum</i>	Trueno	2.6
<i>Bougainvillea glabra</i>	Buganvilia	2.2
<i>Salix bonplandiana</i>	Ahuejote	1.3
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidámbar, Ocozote	1.3
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto o Alcanfor	1.3
<i>Acer negundo</i>	Acezintle	1.0
<i>Yucca</i> sp.	Izote	1.0
<i>Malva</i> sp.	Herbácea	0.9
<i>Blepharocalyx</i> sp.	Ninguno (Especie Arbórea)	0.9

Fuente: Elaboración propia.

Propiedades físicoquímicas de los sustratos

Se observa que el tratamiento control es el único que presenta valores dentro de los rangos óptimos de todas las propiedades físicoquímicas estudiadas para *E. pulcherrima* (Cuadro 4). Los tratamientos Mlc 20, Mlc 40 y Mlc 60 presentan un valor de porosidad ligeramente inferior al rango óptimo; sin embargo, están dentro de los rangos óptimos para las demás variables. El tratamiento Mlc 100 sólo presenta valores ligeramente inferiores a los rangos óptimos en las variables porosidad total y porosidad de aireación.

La densidad aparente es un factor determinante en la porosidad de los sustratos y por lo tanto en su aireación y contenido de humedad. Cuando se presentan valores en la densidad aparente mayores a los óptimos (0.15 a 0.75 g cm^{-3}) existe una disminución en el volumen de poros, afectando la oxigenación en raíces y aumentando la retención de agua que no es disponible para la planta (Abad *et al.*, 2001). Los sustratos con mayor contenido de Tm o de Mlc (Mlc 0 y Mlc 100), presentan una menor porosidad total y porosidad de aireación, lo que pudiera llegar a afectar la oxigenación y retención de agua a nivel de la rizosfera. Probablemente, el valor de 7% de la porosidad de aireación del tratamiento Mlc 100 sea resultado de una mayor capacidad de retención de agua. Considerar la bioestabilidad de los materiales de origen orgánico como la Tm y Mlc, es importante ya que influye en los procesos de degradación, mineralización y, por consiguiente, en la compactación del sustrato, reflejado en los valores de la porosidad (Urrestarazu y Burés, 2009). Los resultados en las propiedades físicoquímicas deben de ser analizadas e interpretadas sin dejar de considerar que el Mlc estuvo sometido a un proceso de semicompostaje y que dichas propiedades serían diferentes si se permitiera al material de las podas verdes un mayor tiempo de compostaje.

Cuadro 4. Propiedades físicas y químicas de los diferentes tratamientos empleados en el cultivo de *E. Pulcherrima* cv Prestige Red

Tratamiento	Densidad aparente (g cm^{-3})	Porosidad Total (%)	Porosidad Aireación (%)	Porosidad RH (%)	pH	CE (dS m^{-1})	CIC cmol kg^{-1}
Control	0.3	78	16	62	6.0	0.4	32
Mlc 0	0.3	68	12	56	5.5	0.3	64
Mlc 20	0.4	70	22	48	6.5	0.4	39
Mlc 40	0.4	72	19	53	6.9	0.6	36
Mlc 60	0.4	71	18	52	7.3	0.7	33
Mlc 100	0.3	68	7	61	7.4	0.7	60
Óptimos*	0.15-0.75	70-85	10-30	55-70	5.2-6.5	$\leq 2.0^{**}$	>20

Fuente: Gayosso-Rodríguez *et al.* 2016; Urrestarazu y Burés, 2009; Yeager *et al.* 2007.

RH: Retención de humedad; CE: Conductividad eléctrica.

*Datos óptimos para el cultivo de *E. pulcherrima*.

**Tolerancia máxima de 2-3.5 (dS m^{-1}). C.E de *E. pulcherrima*.

Los tratamientos Mlc 40, Mlc 60 y Mlc 100, tienen los valores de pH y C.E. más altos con respecto a los demás tratamientos. El Mlc, al ser un sustrato orgánico en proceso de compostaje, es más alcalino por la mineralización de compuestos nitrogenados hasta la forma de amoníaco (Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011). Así mismo, el uso de agua tratada proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales “Cerro de la Estrella” con un pH de 8.3, utilizada para humedecer las pilas de Mlc, contribuye a explicar los valores de pH y C.E. observados (Almanza-Encarnación *et al.*, 2023). Algo diferente se aprecia para el tratamiento Mlc 0, donde el pH (5.5) y la C.E. (0.3 ds m^{-1}) presenta valores bajos, que al parecer son resultado de la presencia de las acículas del mantillo de bosque que, al descomponerse, favorecen la acidificación del sustrato (Barret *et al.*, 2016; Burés, 1997). Los tratamientos Mlc 0 y Mlc 100, al proceder totalmente de compuestos orgánicos, tuvieron los valores más altos de C.I.C con respecto a los demás tratamientos en los que están presentes componentes inorgánicos e inertes (Tz y Ag). Es importante contar con sustratos con valores de C.I.C. superiores a 20 cmol kg^{-1} para una mayor retención de cationes y un menor efecto lixiviante del agua, sobre todo si la fertirrigación se aplica de modo intermitente (Urrestarazu y Burés, 2009).

Variables evaluadas en el cultivo de *E. pulcherrima*

El efecto de los tratamientos sobre las variables de crecimiento muestra que no hubo diferencias estadísticas significativas para las variables de altura, área foliar, peso seco de tallo, hoja y raíz (Cuadro 5). El tratamiento control presentó un valor ligeramente superior para la variable de la altura (15.27 cm), sin embargo, presentó valores ligeramente inferiores en área foliar (375.95 cm), peso seco de hojas (1.85 g) y tallos (5.93 g). El tratamiento Mlc 20, mostró los valores más altos para la mayoría de las variables estudiadas (área foliar, peso seco de hojas y tallo).

Un análisis de regresión lineal mostró una tendencia negativa entre la variable altura y las diferentes concentraciones de Mlc con un coeficiente de correlación lineal de 0.94 ($p < 0.05$); lo que pudiera indicar que al incrementar la cantidad de Mlc en la mezcla del sustrato, la altura del cultivo tiende a disminuir. Esto pudiera estar asociado a la porosidad total y de aireación que muestran una tendencia negativa entre estas variables y el contenido de Mlc; a mayor contenido de Mlc menor es la porosidad total y de aireación y por lo tanto menos oxígeno disponible para las raíces.

Los coeficientes de correlación lineal de las otras variables de crecimiento y el contenido de Mlc mostraron bajos valores de correlación y una significancia mayor a 0.05.

Cuadro 5. Efecto de diferentes tratamientos sobre las mediciones de crecimiento en el cultivo de *E. pulcherrima* cv Red Prestige

Tratamiento	Altura (cm)	Área Foliar (cm ²)	Peso seco Hojas (g)	Peso seco Tallo (g)	Peso seco Raíz (g)
Control	15.27a	375.95a	1.85a	5.93a	1.53a
Mlc 0	15.02a	429.38a	2.26a	7.15a	1.71a
Mlc 20	14.81a	623.14a	3.40a	9.05a	2.05a
Mlc 40	14.17a	442.81a	2.75a	5.95a	1.49 a
Mlc 60	14.21a	517.54a	2.86a	6.00a	1.76 a
Mlc 100	13.92a	449.87a	2.60a	7.66a	2.1 a

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p \geq 0.05$).

CONCLUSIONES

Al no encontrarse diferencias estadísticas significativas en las variables de crecimiento del cultivo de *E. pulcherrima* cv Red Prestige entre tratamientos, la utilización de cualquiera de las mezclas de entre los sustratos estudiados permitirá el desarrollo del cultivo con características iguales en las variables de crecimiento. Sin embargo, si se considera el impacto en los ecosistemas resultante de la extracción de RFNM, la sustitución de la tierra de monte por el Mlc resulta una alternativa al uso de materiales depredados de los bosques.

Un factor a considerar en el manejo agronómico del cultivo en sustratos con alto contenido de Mlc, es el pH alcalino; por ello, este deberá ajustarse en caso de que el cultivo a desarrollar requiera valores cercanos a la neutralidad o ácidos.

La caracterización previa del Mlc y el conocimiento del proceso de elaboración, es importante ya que, al ser un sustrato proveniente de residuos verdes, éstos presentan propiedades fisicoquímicas que pueden variar dependiendo del origen de la materia prima y método de compostaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M., P. Noguera, y S. Burés. 2001. "National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain." *Bioresource Technology* 77:197–200. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(00\)00152-8](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(00)00152-8)
- Alsanius, B.W. y W. Wohanka. 2009. *Prospects for biological characterization and evaluation of growing media*. Acta Hort. 819, 99–109.
- Álcantar González G., Trejo-Téllez, L., y F. Gómez-Merino (eds). 2016. *Nutrición de Cultivos*. Segunda Edición. México. Biblioteca Básica de Agricultura.
- Almanza Encarnación, S., M. G. Figueroa Torres, M. J. Ferrara Guerrero, A. del R. Malpica Sánchez y J. R. Ángeles Vázquez. 2023. "Microalgas asociadas a un vertedero de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Cerro de la Estrella, sobre un canal de Xochimilco, Ciudad de México." *Hidrobiológica* 33 (1): 73-86.
- Barrett, G.E., Alexander, P.D., Robinson, J.S., Bragg, N.C., 2016. "Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems –a review." *Sci. Hort.* 212: 220–234. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.030>
- Bilderback, T. E., Warren, S. L., Owen, J. S., Jr., & Albano, J. P. (2005). "Healthy Substrates Need Physicals Too!" *HortTechnology horttech*, 15(4), 747-751. Retrieved Jul 23, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.4.0747>
- Bin, Z., Huili, W., Shuihong, Y. y B. Lidong. 2013. "Litter quantity confers soil functional resilience through mediating soil biophysical habitat and microbial community structure on an eroded bare land restored with mono *Pinus massoniana*." *Soil Biology and Biochemistry*. 57: 556-567. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.07.024>
- Brito, L.M., Reis, M., Mourao, I. y J. Coutinho. 2015. "Use of Acacia waste compost as an alternative component for horticultural substrates." *Communication Soil Science and Plant Analysis*. 46: 1814-1826. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1059843>
- Burés, S. 1997. "Sustratos." *Agrotécnicas S. L.* Madrid, España. 340 p.
- Burnett, S., Mattson, K. y K. Williams. 2016. "Substrates and fertilizers for organic container production of herbs, vegetables and herbaceous ornamental plants grown in greenhouses in the United States." *Scientia Horticulturae*.1: 111-119.
- Calderón de R.G. y J. Rzedowski. 2001. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Segunda Edición. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro. <https://doi.org/10.32800/abc.2019.42.0187>
- Carlile, W.R., Cattivello, C., Zaccheo, P. 2015. "Organic Growing Media: Constituents and Properties." *Vadose Zone Journal*. Vol. 14: 1-13.

- Carlile, B. y G. Schmilewski. 2010. "Life in growing media – the good, the bad and the ugly. Proceedings of the International Peat Society." *Peat in Horticulture – Life in growing media*, 7–14.
- Chander Kuhad, R., Piyush-Chandna, L. y A. Singh. 2011. "Composting of Lignocellulosic Waste Material for Soil Amendment." In: A. Singh (ed.) *Bioaugmentations, Biostimulation and Biocontrol, Soil Biology*. Berlin, Germany. pp. 107-128 https://doi.org/10.1007/978-3-642-19769-7_6
- Celaya-Michel, H. y Castellanos-Villegas, A. E. (2011). "Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas." *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343-356. Recuperado en 28 de mayo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000300343&lng=es&tlng=es.
- Cleary, J., Roulet, N.T., y T.R.Moore. 2005. "Greenhouse gas emissions from Canadian peat extraction, 1990–2000: a life cycle analysis." *Ambio* 34: 456–461.
- Díaz Serrano, F., Sánchez-García, P., Sandoval-Villa, M., Quintero-Lizaola, R., Soto-Hernández, M., y A. Martínez-Garza. 2006. "Fenólicos solubles en sustratos de paja de trigo y su efecto en plántulas de brócoli". *Terra Latinoamericana*. 24: 327-335.
- Dunn, C., Freeman, C., 2011. Peatlands: our greatest source of carbon credits? *Carbon Manage.* 2 (3): 289–301.
- Gayosso Rodríguez, S., Borges-Gómez, L., Villanueva-Couoh, E., Estrada-Botello, M.A. y R. Garruña-Hernández. 2016. "Sustratos para producción de flores". *Agrociencia*. 50: 617-631.
- Gómez, E., Ríos, L. y J. Peña. 2012. Madera, un potencial material lignocelulósico para la producción de biocombustibles en Colombia. *Información Tecnológica*. 23(6): 73-86. doi: 10.4067/S0718-07642012000600009
- Gong, X., Li, S., Sun, X., Wang, L., Cai, L., Zhang, J., Wei, L., 2018. "Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.)". *Scientia Horticulturae* Vol. 236, 186–191.
- Goodman, L. 1961. Snowball Sampling. *Annals of Mathematical Statistics*. 32: 245-268.
- Hassan Abdalla, A., Mawardi, R., Mohd Aspollah, S. y A. Abdul Manaf. 2003. "The Chemical Constituents of *Ficus benjamina* Linn. and their Biological Activities". *Pertanika J. Sci. and Technol.* 11(1): 73-81.
- Inbar, Y., Hadar, Y., y Chen, Y. 1993. "Recycling of cattle manure: The composting process and characterization of maturity". *Journal of Environmental Quality*. 22: 857–863.
- INEGI. 2008. Cuaderno Estadístico Delegacional de Xochimilco, Distrito Federal. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Mapas. Fecha de consulta febrero de 2016. Página web: [20http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem08/info/df/m013/mapas.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem08/info/df/m013/mapas.pdf) <https://doi.org/10.17013/risti.26.43-53>
- Kostova, I. y T. Iossifova. 2007. "A Review: Chemical components of *Fraxinus* species". *Fitoterapia*. 78: 85-106 pp. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.08.002>.

- Kumar, R., Singh, A. K., Tomar, K. S., & Gupta, A. K. (2022). "Effects of Different Media on Growth and Flowering Traits of *Calendula Officinalis* L." *Bangladesh Journal of Botany*, 51(3), 417-42
- Nejad, A.R., Ismaili, A., 2014. "Changes in growth, essential oil yield and composition of geranium (*Pelargonium graveolens* L.) as affected by growing media". *J. Sci. Food Agric.* 94 (5): 905–910.
- Ondoño, S., Martínez-Sánchez, J. y J.L. Moreno. 2015. "Evaluating the growth of several Mediterranean endemic species in artificial substrates: Are these species suitable for their future use in green roofs?" *Ecological Engineering* 81: 405-417. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.079>
- Pote, D., Burner, D. y J. Snider. 2012. "Pine straw harvesting effects on vadose-zone water content of a leadvle silt loam in western Arkansas." *Journal of Sustainable Forestry*. 31: 230-238. <https://doi.org/10.1080/10549811.2011.582829>
- Ravic, M., Wallach, R., Silber, A., & Bar-Tal, A. (2002). "Substrates and their analysis." *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*, 25-102.
- Quing Chao, L., Kui-Ling, W., Hui-Tang, P. y Z. Qi-Xiang. 2014. "Effects of substitute media on development of potted *Cyclamen percicum* Mill." *Journal of Northeast Agricultural University*. 21 (2): 28-37. [https://doi.org/10.1016/s1006-8104\(14\)60031-3](https://doi.org/10.1016/s1006-8104(14)60031-3)
- Savvas, D., Gianquinto, G., Tuzel, Y., y N. Gruda. 2013. "Soilless culture. Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops, Principles for Mediterranean Climate Areas, 217." *FAO Plant Production and Protection Paper*, pp. 303–354.
- Schmilewski, G., 2009. "Growing media constituents in the EU." *Acta Hortic.* 819, 33–45.
- Sujatha, A., Usha B. 2019. "Standardization of Substrate Composition for Pot Plant Production of Tuberose var. Arka Sugandhi." *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 8(1): 2197-2203. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.229>
- Sung, Y. y J. Chen. 2002. "Hydrolysis of ligninocellulosic materials for ethanol production: A review." *Bioresource Technology*. 83: 1-11.
- Urrestarazu, M., y S. Burés. 2009. "Aplicación de cultivos sin suelo en la agricultura." *Hort. Inter.* 70: 10-15.
- Wilson, G.C.S. 1983. "The physio-chemical and physical properties of horticultural substrates". *Acta Horticulturae*, 150:19-32.
- Yeager, T.H., Fare, D.C., Lea-Cox, J., Ruter, J., Bilderback, T.E., y C.H. Gilliam. 2007. *Best management practices: Guide for producing container-grown plants*. 2nd ed. Southern Nurserymen's Assoc., Marietta, GA.
- Zarate Martínez, W., González-Morales, S., Ramírez-Godina, F., Robledo-Olivo, A. y A. Juárez-Maldonado. 2018. "Efecto de los ácidos fenólicos en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) inoculadas con *Clavibacter michiganensis*". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 20: 4367-4379.

