

ESTABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE SUSTRATOS HORTÍCOLAS DE USO COMÚN EN EL ESTADO LARA, VENEZUELA*

Stability of physical properties of horticultural substrates commonly used in Lara State, Venezuela

Reinaldo Pire¹ y Aracelys Pereira¹

RESUMEN

La producción de plantas en recipientes posee un alto potencial de desarrollo, por lo que la evaluación de los sustratos reviste gran relevancia. El objetivo de esta investigación fue evaluar características físicas y estabilidad de diferentes sustratos hortícolas de uso común en el estado Lara. A partir de arena, aserrín de coco, suelo mineral y cáscara de arroz se prepararon cuatro mezclas que contenían diferentes proporciones de dichos componentes; luego se sembraron en ellas semillas de cebollín (*Allium schoenoprasum* L.). La porosidad y contracción de los sustratos, así como la biomasa de las plantas se evaluaron cada tres semanas (durante 15 semanas) utilizando un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (sustratos) y cinco repeticiones por evaluación. El volumen del sustrato mostró una contracción ligera y disminución de la porosidad total que se asoció fundamentalmente con la descomposición de los componentes orgánicos. Sin embargo, la disminución de la porosidad total se correspondió con un descenso de la fracción de los poros pequeños y no de los grandes, lo cual se atribuyó al efecto de las raíces del cultivo. La densidad aparente de los sustratos con prevalencia de componentes minerales alcanzó valores ligeramente altos. La acumulación de biomasa de las plantas fue superior en los sustratos con adecuada capacidad de aire, es decir, en aquellos con participación mayoritaria de componentes orgánicos. Se concluye que los sustratos con mayoría de componentes orgánicos sufrieron mayor contracción y disminución de su porosidad total, pero mantuvieron niveles adecuados de porosidad de aire, lo cual permitió un mayor crecimiento de las plantas.

Palabras clave: porosidad total, biomasa, cebollín.

ABSTRACT

The production of potted plants has a high potential for development, so the evaluation of the growing substrates becomes highly significant. The aim of this study was to evaluate the physical characteristics and stability over time of different horticultural substrates commonly used in Lara State. From different proportions of sand, coir dust, mineral soil, and rice hulls, four mixtures were prepared, and spring onions (*Allium schoenoprasum* L.) were seeded in those substrates. The porosity and contraction of the substrates, as well as the dry biomass of shoot and roots, were evaluated every three weeks (during 15 weeks) using a completely randomized design with four treatments (substrates) and five repetitions per evaluation. The substrate volume showed a slight contraction and decrease in total porosity which was primarily associated with the decomposition of organic components. However, the decrease in total porosity was attributed to a decrease in the fraction of small pores rather than the large ones, which was attributed to the effect of crop roots. The bulk density of the substrates with prevalence of mineral components reached values slightly high. The accumulation of plant biomass was higher in substrates with adequate air capacity, namely, those with majority of organic compounds. It is concluded that the substrates with prevalence of organic compounds had increased contraction and decreased total porosity, but maintained adequate levels of air porosity which allowed the highest plant growth.

Key words: total porosity, biomass, spring onion.

(*) Recibido: 24-05-2011

Aceptado: 15-08-2011

¹ Posgrado de Horticultura, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apartado 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: rpire@ucla.edu.ve; aracelysp@ucla.edu.ve

INTRODUCCIÓN

La producción de plantas en recipientes bajo condiciones de vivero ha aumentado notoriamente en los últimos años, especialmente en las explotaciones de flores de corte y plantas de follaje y paisajismo (Abad *et al.* 2001), o de hortalizas en almácigos (Quesada y Méndez 2005). En Venezuela, esta industria posee un alto potencial de desarrollo.

Los medios de crecimiento o sustratos usados en la producción de plantas en recipientes tienen la función de proveer soporte físico a la vez de proporcionar aire, agua y nutrientes para el funcionamiento apropiado de las raíces; sin embargo, este órgano está muy expuesto a las fluctuaciones de las condiciones del medio ya que en términos relativos el pequeño volumen del sustrato provee poca capacidad amortiguadora contra dichas variaciones. De esta forma, el equilibrio entre el agua retenida y la aireación en el medio de crecimiento es un aspecto esencial, por lo que deben existir suficientes poros pequeños para retener el agua que absorberá la planta y suficientes poros grandes para permitir el intercambio de aire con el medio externo para mantener las concentraciones de oxígeno por encima de los niveles críticos. Por otra parte, el sustrato debe ser lo suficientemente pesado (adecuada densidad aparente) para mantener a la planta en posición vertical, evitando el volcamiento, y al mismo tiempo sin excesos de peso que dificulte el manejo de las mismas y el incremento en los costos de transporte (Caballero y Jiménez 1990). En otras palabras, es importante que la mezcla o sustrato reúna características tales que pueda proporcionar adecuada aireación, capacidad de retención de humedad y soporte a la planta, a la vez de poseer un peso liviano y estar constituida por componentes de fácil obtención e incorporación (Urrestarazu 2004). De acuerdo con esto, las propiedades físicas que usualmente se determinan en los sustratos son el espacio poroso total, la capacidad de retención de agua y de aire, la densidad aparente y densidad de las partículas (Pastor 2000).

Cabe destacar que aunque el conocimiento de las propiedades físicas particulares de los

materiales usados como componentes de sustratos hortícolas reviste especial relevancia como punto de partida para su selección, las mezclas de ellos pueden producir sustratos con características físicas muy diferentes a los componentes originales. Particularmente cuando existen grandes contrastes en el tamaño de las partículas puede ocurrir un proceso de mezclado, en el que las muy pequeñas llenan los intersticios o poros entre las partículas mayores, reducen la fracción de volumen de poros totales (Burés 1997) y originan sustratos con características muy diferentes en sus capacidades de aireación y de retención de humedad. Este proceso puede ocurrir paulatinamente con el tiempo luego de los sucesivos ciclos de humedecimiento y secado del sustrato por lo que la estabilidad del sustrato dependerá de la velocidad del mezclado.

La estabilidad física de los sustratos es la condición que permite mantener poco alteradas sus propiedades físicas durante un tiempo razonable para un ciclo normal de producción en cultivos de maceta (Caballero y Jiménez 1990). Esta condición, junto a otras características, define a un sustrato ideal. En tal sentido, es deseable que los sustratos presenten una estructura estable, que minimice las variaciones de su volumen en el tiempo, especialmente la contracción o compactación.

La pérdida de estabilidad del sustrato por compactación puede ser ocasionada por la descomposición de la materia orgánica (Lemaire 1997) o por mezclas de materiales con marcadas diferencias en el tamaño de las partículas. En cualquier caso, representa una disminución del espacio del aire, un aumento del agua no disponible, la posibilidad del anegamiento en el contenedor y la disminución de la habilidad del medio para proveer agua y nutrientes a la planta (Reed 2007).

Algunos materiales orgánicos se descomponen durante períodos cortos y sus propiedades iniciales sufren cambios marcados que originan la compactación del sustrato. También puede presentarse la disminución del volumen del sustrato al mezclar arenas gruesas con algún material cuyas partículas sean muy pequeñas.

La perlita y la lana de roca son componentes de sustrato muy utilizados en el mundo, aunque se ha observado que ambos materiales, especialmente la perlita, tienen una alta posibilidad de degradación durante el ciclo de cultivo y pierden su estabilidad granulométrica, lo que puede favorecer un anegamiento en el interior del recipiente (Martínez y Abad 1993). En forma similar, la vermiculita tiende a compactarse con el tiempo.

Por otra parte, las gravas y arenas poseen una buena estabilidad estructural por lo que su uso como sustrato puede durar varios años.

Otros componentes de sustratos muy utilizados a nivel mundial que son señalados como muy estables son la fibra de turba y la corteza de pino. La fibra de turba es resistente a la descomposición y, además, aumenta la estabilidad de la estructura en la mezcla. Asimismo, entre los residuos forestales el más utilizado es la corteza de pino, dado que las cortezas de coníferas confieren una estructura estable y duradera al sustrato, lo que le permite mantener durante varios años su porosidad y capacidad de circulación de aire (Ansorena 1994; Robbins y Evans 2008). Sin embargo, la disponibilidad de estos materiales es escasa en nuestras condiciones de trópico o tienen un costo muy elevado.

En condiciones de trópico son comunes, entre otros, los componentes de sustratos a base de cáscara de arroz y fibra o aserrín de coco, cuyas propiedades físicas han sido evaluadas en diferentes trabajos (Cresswell 2002; Buck y Evans 2010). También se ha demostrado la necesidad de mezclar estos componentes para obtener sustratos con adecuadas características físicas (Pire y Pereira 2003).

El objetivo de esta investigación fue evaluar las características físicas y estabilidad en el tiempo, así como la respuesta de un cultivo, en diferentes componentes y sustratos hortícolas de uso común y alta disponibilidad en el estado Lara, con la finalidad de aportar información sobre las bondades de uso de dichos medios de crecimiento. Para semejar condiciones de uso más reales, las evaluaciones se realizaron manteniendo en ellos plantas de cebollín en activo crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en las instalaciones del Posgrado de Agronomía de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Cabudare, estado Lara, Venezuela. Se prepararon cuatro sustratos diferentes a partir de mezclas de los principales componentes de uso común y de fácil obtención en la zona: arena (arena lavada de río, con partículas menores de 1 mm), aserrín de coco (libre de sales y desprovisto de fibra), cáscara de arroz (proveniente de arroceras comerciales del estado Portuguesa) y suelo mineral (representado por un suelo de textura franca y bajo contenido de materia orgánica). Cada sustrato estuvo constituido por tres de los cuatro componentes mencionados, los cuales se mezclaron para obtener las siguientes combinaciones:

Sustrato I) Arena: Aserrín de coco: Suelo mineral (1:4:1 en volumen)

Sustrato II) Arena: Aserrín de coco: Cáscara de arroz (1:4:2 en volumen)

Sustrato III) Arena: Suelo mineral: Cáscara de arroz (1:1:2 en volumen)

Sustrato IV) Aserrín de coco: Suelo mineral: Cáscara de arroz (4:1:2 en volumen)

Estas proporciones son similares a las comúnmente utilizadas por los productores de la zona para plantas en contenedores y en las que se trata de mantener cuatro volúmenes de aserrín de coco, por cada dos de cáscara de arroz, y uno de arena o suelo mineral. Mediante estas proporciones se alcanzó que la densidad aparente fuese cercana a 0,5 - 0,3 - 0,6 y 0,2 g/cm³, para los sustratos I, II, III y IV, respectivamente; los sustratos I y III tuvieron valores superiores al límite referencial de 0,40 kg·m³ indicado por Abad et al. (1993).

Se preparó un conjunto de porómetros consistentes en recipientes cilíndricos de plástico de 8,3 cm de diámetro y 16 cm de altura, en cuyo fondo se perforaron cuatro orificios de 5 mm de diámetro en forma equidistante a lo largo del borde perimetral. Estos recipientes se colocaron en mesones metálicos y fueron llenados con cada sustrato, seco al aire, hasta un centímetro por debajo de su borde superior, lo que representó un volumen útil de 800 cm³.

Luego de la determinación inicial de la porosidad y densidad aparente se sembraron en los porómetros semillas de cebollín (*Allium schoenoprasum* L.) que se utilizó como la hortaliza indicadora. Una vez germinadas, las plantas fueron regadas diariamente, hasta obtener percolación, mediante un sistema de microaspersores colocados a 60 cm sobre el mesón. La fertilización se realizó dos veces por semana con una solución de 3,8 g por litro del producto comercial Bio200mex (20-5-10: N-P-K más los micronutrientes esenciales), según dosificación del fabricante. Los recipientes con las plantas se mantuvieron protegidos de la lluvia bajo una estructura abierta y techo traslúcido que permitía transmitir el 85 % de la radiación solar incidente en horas del medio día, es decir, un promedio cercano a $650 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ durante los días del ensayo.

Inicialmente se dispuso de un total de 100 unidades experimentales (porómetros), y el experimento se estableció en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (sustratos) y cinco repeticiones. Para evaluar las variaciones de las propiedades de los sustratos se realizaron determinaciones cada 3 semanas en 20 porómetros hasta completar un total de cinco evaluaciones, más la evaluación inicial.

Se determinó el encogimiento del sustrato, es decir, la contracción de la altura que ocurrió dentro del recipiente a medida que transcurría el tiempo. Para esto, en cada evaluación se midió la profundidad del sustrato en cuatro puntos equidistantes alrededor del borde del contenedor en cada una de las unidades experimentales. La porosidad y la densidad aparente fueron determinadas siguiendo la metodología de Pire y Pereira (2003) a partir del volumen de agua que drenaban luego de la saturación, así como de su peso húmedo y seco, mediante las siguientes ecuaciones, en las que la porosidad de aireación representó la proporción de poros grandes y la capacidad de retención de agua la proporción de poros pequeños:

$$\text{Porosidad total (\%)} = \frac{V_a + \frac{PH - PS}{Pa}}{V_c} \times 100$$

$$\text{Porosidad de aireación (\%)} = \frac{V_a}{V_c} \times 100$$

$$\text{Capacidad de retención de agua (\%)} = \frac{PH - PS}{V_c} \times 100$$

$$\text{Densidad aparente (Mg / m}^3\text{)} = \frac{PS}{V_c}$$

donde:

V_a = volumen drenado (cm^3)

PH = peso húmedo de la muestra (g)

PS = peso seco de la muestra (g)

P_a = peso específico del agua ($1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)

V_c = volumen del tubo o cilindro (cm^3)

Adicionalmente, se registró la biomasa fresca de la parte aérea y radical de las plantas. Para ello, la planta fue cortada a nivel del cuello, y las raíces fueron separadas del sustrato mediante lavados consecutivos y selección manual.

Luego de 15 semanas, los resultados de cada propiedad física (o variable) fueron evaluados mediante pruebas de regresión para la contracción de los sustratos en el tiempo, y análisis de varianza y prueba de medias de Tukey para la porosidad y densidad aparente del sustrato, así como para las variables de biomasa de las plantas. Para esto se utilizó el programa Statistix 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura del sustrato dentro del contenedor mostró un descenso continuo con el tiempo, e indica una contracción del volumen sostenido durante las 15 semanas de evaluación (Figura 1). Esta disminución (entre 6,0 y 9,9 %), sin embargo, fue poco importante si se compara con los valores reportados en la literatura para diferentes sustratos hortícolas (Abad *et al.* 2001). La contracción del volumen del sustrato se asocia fundamentalmente con la descomposición de los componentes de naturaleza orgánica, lo que origina que las partículas de menor tamaño pasen a ocupar los espacios vacíos entre las partículas más grandes. Fonteno (1996) señaló que la contracción o encogimiento del volumen produce compactación del sustrato y compresión de las raíces,

disminuyendo la eficiencia del riego y de la fertilización. El nivel máximo de contracción admisible no debería alcanzar el 30 % (Abad *et al.* 1993).

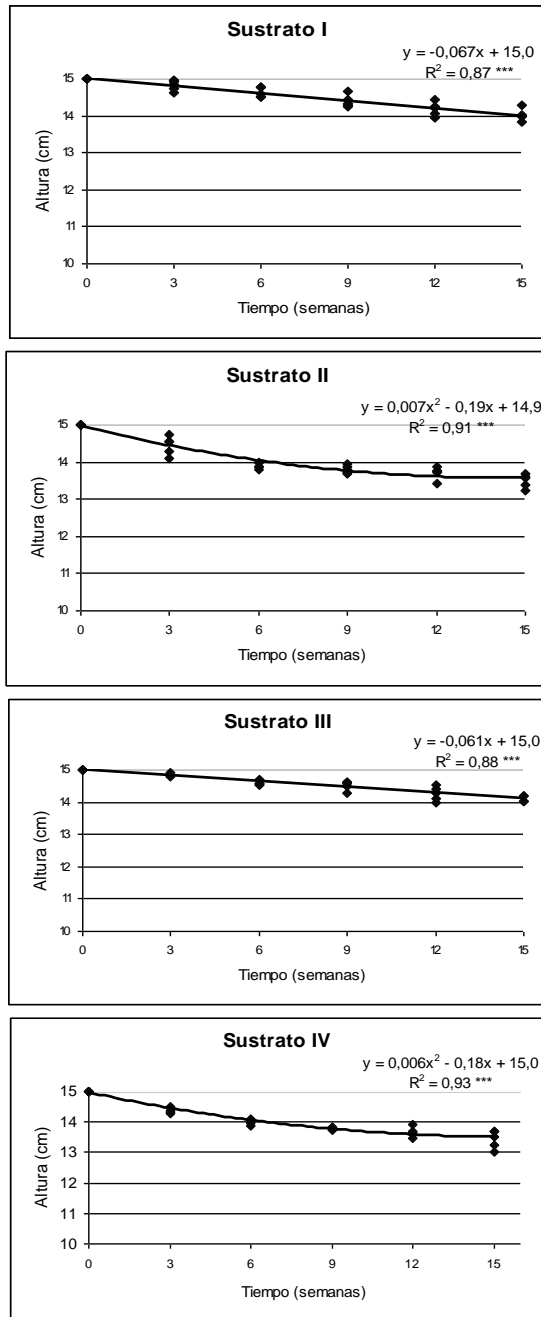


Figura 1. Contracción de cuatro diferentes sustratos hortícolas expresada como su altura en el contenedor en función del tiempo.

El análisis de la contracción del volumen en función del tiempo permitió establecer ecuaciones de regresión ($P \leq 0,001$) para cada sustrato y se observó que aquellos con predominancia de componentes minerales (I y III) mostraron

tendencias lineales, mientras que los de composición mayormente orgánica (II y IV) ajustaron mejor a ecuaciones cuadráticas. Esto podría indicar que la descomposición de los componentes orgánicos (altamente biodegradables) en las mezclas con abundancia de éstos, favorece una rápida contracción o encogimiento inicial del sustrato que luego tiende a estabilizarse en el tiempo; mientras que la contracción es menor y más uniforme cuando prevalece en la mezcla la presencia de componentes minerales. En tal sentido, Reed (2007) señala que los sustratos de naturaleza sintética o mineral tienen una vida útil virtualmente infinita.

Se observó que la velocidad de contracción de los sustratos I y III fue similar (Figura 1). Dado que la composición de estos sustratos se diferenció sólo en la presencia de aserrín de coco o cáscara de arroz, podría deducirse que ambos componentes tuvieron similar velocidad de descomposición. Sin embargo, es un resultado contrario a lo reportado por Cásares y Maciel (2009) quienes observaron menor contracción de los sustratos que contenían mayor proporción de aserrín de coco que de cáscara de arroz, y por Robbins y Evans (2008) quienes encontraron que el aserrín de coco disminuyó su volumen más lentamente y lo atribuyeron a que contiene más lignina y menos celulosa que otros materiales orgánicos.

Según Raviv (1998), la población microbiana responsable de la degradación biológica de la materia orgánica, y por ende, de la contracción del sustrato puede también provocar deficiencias de oxígeno y nitrógeno, así como liberación de sustancias fitotóxicas. De esta manera, la descomposición de la materia orgánica de los sustratos es desfavorable desde el punto de vista hortícola, lo cual debe ser tomado en cuenta cuando se prevé que el cultivo estará por tiempo prolongado en el sustrato.

La porosidad total disminuyó con el tiempo en todos los sustratos (Tabla 1), lo cual se atribuye a la descomposición de la materia orgánica, y que a su vez ocasiona contracción de la mezcla por lo que el volumen total de poros en relación al volumen del sustrato disminuye invariablemente (Ansorena 1994; Rodríguez y Pire 2001). Por otra parte, es aceptado que la biodegradación del

Tabla 1. Porosidad total, porosidad de aire (poros grandes) y porosidad de agua (poros pequeños) en función del tiempo de uso de cuatro diferentes sustratos hortícolas.

Porosidad (%)	Sustrato	Tiempo (semanas)					
		0	3	6	9	12	15
Total	I	78,1	77,1	76,5	75,0	73,5	72,2 b
	II	85,9	84,1	82,1	81,0	79,9	78,2 a
	III	79,2	78,2	78,1	76,3	72,5	73,5 b
	IV	87,1	85,3	83,6	82,8	81,6	80,2 a
Poros grandes	I	11,4	10,9	10,8	10,8	11,8	13,6 c
	II	28,5	26,6	24,9	25,1	28,5	29,5 b
	III	34,3	34,9	35,2	36,5	35,3	37,8 a
	IV	30,6	29,2	27,6	27,8	29,4	29,9 b
Poros pequeños	I	66,7	66,2	65,7	64,2	61,7	58,6 a
	II	57,4	57,5	57,2	55,9	51,4	48,7 b
	III	44,9	43,3	42,9	39,8	37,2	35,7 c
	IV	56,5	56,1	56,0	55,0	52,2	50,3 b

Medias con letras distintas para cada variable en la última fecha indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

material orgánico origina partículas cada vez más pequeñas, lo que se traduce en un incremento de la proporción de poros pequeños y reducción de los poros grandes (Lemaire 1997). Por tal razón, en nuestro trabajo era de esperarse que la contracción o encogimiento del sustrato por efecto de la descomposición de la materia orgánica redujera la proporción de poros grandes e incrementara la de pequeños como consecuencia de la reducción del tamaño de las partículas orgánicas. Sin embargo, en todos los sustratos se observó que después de varias semanas el efecto fue contrario, con una clara disminución de la fracción de poros pequeños, los responsables de la retención de agua (Tabla 1). Incluso, se observó que en general, ocurrió un ligero incremento o poca modificación de la porosidad de aire. Es probable que el crecimiento de las raíces a través del sustrato modificara la relación entre los poros pequeños y grandes mediante el establecimiento de alguna comunicación entre los poros pequeños de manera que los poros resultantes tuvieran mayor tamaño y permitieran un mayor drenaje de agua por efecto de la gravedad. Esta hipótesis tomaría mayor fuerza al observar que el incremento de la porosidad de aire se correspondió en el tiempo con el incremento acelerado de la masa radical del cultivo, aproximadamente, a partir de la sexta semana (Figura 2). García *et al.* (2001), al evaluar numerosas mezclas hortícolas que incluían tanto componentes orgánicos como inorgánicos, encontraron que las raíces de las plantas pueden

reducir entre dos y cuatro veces la compactación del sustrato. En nuestro estudio, la planta de cebollín mostró predominancia de raíces de mediano grosor (diámetro aproximado de 0,5 mm) y pocas ramificaciones. De acuerdo con esto, es posible que el uso de plantas con mayor densidad de raíces y mayor ramificación radical habría permitido mostrar en forma más contundente el supuesto efecto de éstas sobre la porosidad del sustrato.

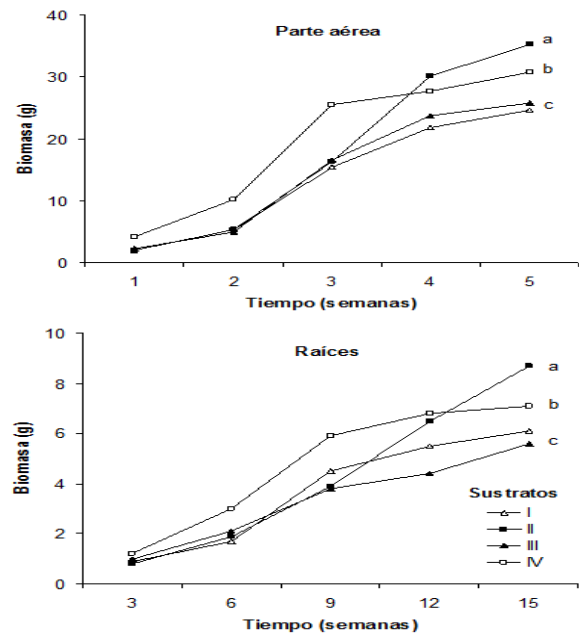


Figura 2. Acumulación de biomasa fresca aérea y radical en función del tiempo de plantas de cebollín cultivadas en cuatro diferentes sustratos hortícolas. Medias con letras distintas en la última fecha indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

Con relación a la densidad aparente se observó que los sustratos constituidos por dos componentes orgánicos (sustratos II y IV) presentaron al final valores entre 0,33 y 0,22 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Tabla 2), que se mantienen dentro del rango adecuado según lo señalado por Abad *et al.* (1993); mientras que los sustratos con prevalencia de componentes minerales (sustratos I y III) se mantuvieron un poco por encima de dicho rango. La densidad aparente es importante cuando se considera la manipulación de los contenedores y el anclaje de las plantas, situación en la que ambos factores apuntan en diferente dirección; por ejemplo, el cultivo de plantas en sustratos con baja densidad aparente favorece su manipulación y transporte dentro de los viveros, pero en el caso de utilizar plantas moderadamente altas y expuestas al viento sería necesario incorporar cierta proporción de arena para aumentar el peso y evitar problemas de volcamiento (Cabrera 2002). Dentro de estructuras protegidas, donde el viento no es un factor limitante, la densidad aparente del sustrato puede ser tan baja como 0,15 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Urrestarazu 2004).

La porosidad total fue mayor en las mezclas con prevalencia de componentes orgánicos (Tabla 1). Aunque los cuatro sustratos estuvieron dentro del rango señalado como adecuados en la literatura pertinente (Abad *et al.* 1993), se observó que bajo tal criterio los de mayor cantidad de componentes minerales ocuparon el límite inferior del rango; mientras que los de prevalencia orgánica se ubicaron en el límite superior. De acuerdo con Ansorena (1994) un buen sustrato debería presentar cerca del 80 % de porosidad total y 10 a 30 % de porosidad de aire.

Tomando en consideración los límites de 10 y 30 % señalados como los valores mínimo y máximo para la porosidad de aire (tal vez la

propiedad física más crítica de los sustratos), se encontró que ésta se ubicó por debajo del límite inferior en el sustrato I y por encima del límite superior en el sustrato III.

La baja porosidad de aire en el sustrato I estuvo asociada con sus componentes de poros pequeños, mientras que en el sustrato III la presencia de la cáscara de arroz pareció suministrar un exceso de poros grandes que proporcionaron tal vez un excesivo drenaje y baja retención de agua. Sólo los tratamientos que contenían dos componentes de naturaleza orgánica (sustratos II y IV) mostraron valores de porosidad de aire dentro del intervalo 20-30 % (Tabla 1), rango que se considera adecuado para el equilibrio entre poros grandes y pequeños (Abad *et al.* 1993). Los resultados sugieren que la combinación entre el aserrín de coco y la cáscara de arroz habría conducido a obtener una apropiada distribución en el tamaño de los poros.

Con relación a los tratamientos con un solo componente orgánico, se encontró que en el sustrato I (constituido por dos componentes minerales más aserrín de coco) hubo una baja porosidad de aireación y alta de agua (Tabla 1), lo cual indica que el contenido de aire representaría una limitante que pudiera eventualmente conducir a la asfixia radical en cultivos susceptibles a la escasez de oxígeno (Ansorena 1994). El aserrín de coco posee muy baja porosidad de aire en contraste muy marcado con la cáscara de arroz (Pire y Pereira 2003); de esta manera, al combinar el aserrín de coco con componentes minerales (que usualmente contienen poros muy pequeños) resultó en una mezcla con baja capacidad de aire. Por el contrario, el sustrato III (también constituido por dos componentes minerales, pero con cáscara de arroz en lugar de aserrín de coco) resultó algo excesivamente aireado, lo que implica una

Tabla 2. Densidad aparente ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) en función del tiempo de uso de cuatro diferentes sustratos hortícolas.

Sustrato	Tiempo (semanas)					
	0	3	6	9	12	15
I	0,51	0,50	0,52	0,54	0,54	0,55 b
II	0,30	0,31	0,31	0,31	0,32	0,33 c
III	0,61	0,62	0,62	0,64	0,66	0,66 a
IV	0,20	0,21	0,20	0,21	0,21	0,22 d

Medias con letras distintas en la última fecha indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P\leq 0,05$)

consecuente reducción de proporción de poros pequeños o porosidad de agua (Tabla 1). En este sustrato la elevada porosidad de aire pudiera eventualmente contrarrestarse con aplicaciones muy frecuentes del riego; mientras que el sustrato con baja capacidad de aire tendría menor potencial productivo en cultivos susceptibles.

A pesar de las diferencias en porosidad de aire de estos dos sustratos (en un caso alta y en otro baja), la acumulación de biomasa tanto radical como aérea de las plantas al momento de la cosecha fue similar entre sí e inferior a la ocurrida en los sustratos con adecuada capacidad de aire (Figura 2), lo cual refleja la importancia de esta variable para estimar el potencial de crecimiento de las raíces en los sustratos.

El crecimiento de las raíces fue lento durante las primeras fases de desarrollo del cultivo y a partir de la novena semana iniciaron un crecimiento rápido que estuvo acompañado con un mayor crecimiento de la parte aérea (Figura 2). Las plantas cultivadas en los sustratos II y IV (altos en componentes orgánicos) presentaron la mayor acumulación de biomasa radical, aunque difirieron en la evolución de sus tasas de crecimiento; en el sustrato IV hubo un rápido crecimiento inicial, que descendió en las evaluaciones posteriores; mientras que las plantas en el sustrato II tuvieron una alta tasa de crecimiento a mediados del ciclo de manera que al momento de la cosecha alcanzaron la mayor biomasa en comparación con los demás sustratos. En los sustratos I y III las raíces tuvieron un crecimiento moderado pero menor que en los sustratos con mayoría de componentes orgánicos (Figura 2). En forma comparativa, García *et al.* (2001) encontraron que el componente orgánico de los sustratos tuvo un efecto importante en el crecimiento de las raíces; mientras que la influencia del componente inorgánico fue mínima. El mayor crecimiento radical de las plantas en los sustratos II y IV podría atribuirse a la apropiada capacidad de aire de éstos (aproximadamente 30 % del volumen) y alta porosidad total (aproximadamente 80 %).

CONCLUSIONES

Hasta las 15 semanas de uso, los sustratos con prevalencia de componentes orgánicos (aserrín

de coco y cáscara de arroz) fueron más afectados en su estabilidad, ya que presentaron mayor encogimiento y mayor disminución de su porosidad total; sin embargo, la contracción de su volumen fue muy pequeña en comparación con los niveles considerados como críticos y estos sustratos mantuvieron niveles adecuados de porosidad de aire, lo cual permitió que las plantas cultivadas en ellos lograran acumular mayor cantidad de biomasa tanto radical como aérea.

Los sustratos con prevalencia de componentes minerales (suelo mineral y arena), aunque más estables durante ese tiempo, presentaron valores de porosidad total ligeramente fuera de los límites adecuados, lo que se tradujo en un menor crecimiento de las plantas.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) por la subvención a este trabajo mediante el proyecto 010-AG-2008.

REFERENCIAS

- Abad, M., Martínez, P. Martínez, M. y Martínez, J. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura* 11:141-154.
- Abad, M., Noguera, P. y Burés, S. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production. *Bioresource Technology* 77: 197-200.
- Ansorena, J. 1994. *Sustratos. Propiedades y Caracterización*. Mundi-Prensa. Madrid. 172 p.
- Buck, J. y Evans, M. 2010. Physical properties of ground parboiled fresh rice hulls used as a horticultural root substrate. *HortScience* 45: 643-649.
- Burés, S. 1997. *Sustratos*. Editorial Agrotécnica. Madrid. 341 p.

- Caballero, M. y Jiménez, R. 1990. El cultivo Industrial de Plantas en Maceta. Capítulo 10. Ediciones de Horticultura. Reus, España.
- Cabrera, R. 2002. Manejo de Sustratos para la Producción de Plantas Ornamentales en Maceta. 2º Simposio Nacional de Horticultura. Memorias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pp. 2-8.
- Cásares, M. y Maciel, N. 2009. Estabilidad del medio de crecimiento y comportamiento del anturio (*Anthurium x Cultorum* cv. Arizona) en sustratos de disponibilidad local. *Bioagro* 21(2): 99-104.
- Cresswell, G. 2002. Coir dust a proven alternative to peat. Cresswell Horticultural Institute. Australia. Newsletter. 13 p.
- Fonteno, W. 1996. Growing media: Types and physical/chemical properties. In Reed, D., ed. A Grower's Guide to Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops. Batavia, Illinois. pp. 93-122.
- García, O., Alcántar, G. Cabrera, R., Gavi, F. y Volke, V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra* 19(3): 249-258.
- Lemaire, F. 1997. The problem of biostability in organic substrates. *Acta Hort.* 450: 63-69.
- Martínez, P. y Abad, M. 1993. Soilless culture of tomato in different mineral substrates. *Acta Hort.* 323:251-260.
- Pastor, J. 2000. Utilización de sustratos en vivero. *Terra* 17(3): 213-235.
- Pire, R. y Pereira, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. *Bioagro* 15(1): 55-63.
- Quesada, G. y Méndez, C. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana* 16(2): 171-183.
- Raviv, M. 1998. Horticultural uses of composted material. *Acta Hort.* 469: 225-234.
- Reed, D. 2007. Soil and soilless growing media. Horticulture Workshops. Department of Horticultural Sciences. Texas A & M University. College Station, TX. pp.27-35.
- Robbins, J. y Evans, M. 2008. Growing media for container production in a greenhouse or nursery. Part I. Cooperative Extension Service. University of Arkansas. Publication 6097. 4 p.
- Rodríguez, D. y Pire, R. 2001. Caracterización física de tres sustratos hortícolas y su evolución en el tiempo. *Rev. Unell. Cien. Tec* 19: 228-239.
- Urrestarazu, M. 2004. Tratado de Cultivo sin Suelo. Mundi-Prensa. Madrid. 914 p.