

SUSTRATOS: RELACIÓN DE POROS CON AIRE Y AGUA ADECUADA PARA PRODUCIR PLANTAS FLORALES EN CONTENEDOR N°10

LORENA ALEJANDRA BARBARO^{1*}; MÓNICA ALEJANDRA KARLANIAN¹ & MIRTA ELEONOR PAPONE¹

Recibido: 07-03-17

Recibido con revisiones: 24-05-17

Aceptado: 16-07-17

RESUMEN

En la Argentina gran parte de la producción de plantas ornamentales son producidas en contenedores, por lo tanto, un insumo importante es el sustrato para plantas. Hay una diversidad de materiales que podrían emplearse como sustrato, pero una de las condiciones previas es la caracterización y el estudio crítico de sus propiedades. Entre estas, se destacan la capacidad de aireación (CA) y capacidad de retención de agua (CRA); cuyos rangos adecuados dependen de factores, como la altura del contenedor. Por lo cual, en este trabajo se evaluó el rango de CA y CRA apropiado del sustrato para el desarrollo de dos variedades de *Viola* y *Petunia* en contenedor N° 10, con riego por goteo, en dos épocas del año. Se evaluaron siete sustratos elaborados con turba de *Sphagnum* y compost de corteza de pino fina y media. Se analizó el pH, la conductividad eléctrica, granulometría, densidad, EPT, CRA y CA. Se efectuaron dos ensayos con pensamiento y dos con petunia en contenedor N° 10 (377 cm³ y 7,5 cm de altura). Al finalizar cada ensayo, se midió a cada planta la masa seca aérea y radical. El pH de cada sustrato fue corregido logrando valores entre 5,31 a 5,77. Se logró obtener sustratos con diferente relación CA/CRA ($P < 0,0001$) para su posterior evaluación con plantas pero faltaron sustratos con CA aún menores para completar el estudio. El mayor desarrollo de plantas, basado en la masa seca, se obtuvo en el sustrato con relación CA/CRA: 0,511, seguidos por los sustratos con relación: 0,589 y 0,792, independientemente de la época del año. En conclusión, para el estudio de caso evaluado, se propone que el sustrato apropiado tendría que tener una CRA con un mínimo de 50% y una CA con un máximo de 50%, siempre y cuando el EPT sea superior a 85%.

Palabras clave. Propiedades físicas, medio de cultivo, petunia, pensamiento.

SUBSTRATES: RELATIONSHIP OF PORES WITH AIR AND WATER ADEQUATE TO PRODUCE FLORAL PLANT IN CONTAINER N° 10

ABSTRACT

In Argentina a large part of the ornamental plant production is produced in containers, therefore, an important supply is the plant substrate. There is a variety of materials that could be used as a substrate, but its characterization and critical analysis of properties is a previous requirement. Among these, aeration capacity (AC) and water holding capacity (CRA) are outstanding; whose appropriate ranges depend on factors, such as the height of the container. Therefore, in this work we evaluated the appropriate range of substrate AC and CRA for the development of two varieties of *Viola* and *Petunia* in container N°10, with drip irrigation, at two times of the year. Seven substrates made with *Sphagnum* peat and fine and medium pine bark compost were evaluated. pH, electrical conductivity, granulometry, density, EPT, CRA and CA were analyzed. Two trials with *Viola* and two with *Petunia* in containers N°10 (377 cm³ and 7.5 cm in height) were made. At the end of each trial, the aerial and radical dry mass was measured per plant. Substrate pH was corrected, reaching values between 5.31 and 5.77. It was possible to obtain substrates with a differing AC/CRA relation ($P < 0.0001$) for its later evaluation with plants but substrates with an even lower CA to complete the study were not obtained. The greater development of plants, based on the dry mass, was obtained in the substrate with AC /CRA ratio: 0.511, followed by substrates with 0.589 and 0.792 ratios, regardless of the time of the year. In conclusion, it is proposed that an appropriate substrate should have a CRA of minimum of 50% and an AC of maximum of 50%, provided that the EPT is greater than 85%.

Key words. Physical properties, growing media, petunia, pansy.

1. Instituto de Floricultura, INTA

* Autor de contacto: barbaro.lorena@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

En la Argentina la actividad florícola se desarrolla en diversas regiones del país alcanzando en la década del 2000 una superficie cultivada de alrededor de 2800 hectáreas (CNA, 2003). La provincia de Buenos Aires es la principal zona productora y según el último relevamiento (Villanova & Morisigue, 2016), el 51,7% de la producción del AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires) produce flor y follaje de corte y el 47,3% plantas ornamentales. La producción de plantas ornamentales incluye diferentes rubros como árboles, arbustos, plantas de interior, plantas florales, plantines de temporada, plantines y semillas, entre otros. En general, la producción de estos rubros es realizada en contenedores y por lo tanto, uno de los insumos más importantes es el sustrato para plantas.

El sustrato es un medio compuesto por uno o más materiales que se encuentra dentro de un contenedor y permite el desarrollo de la planta, sirve de soporte y suministra a las raíces cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes minerales (Ansorena Miner, 1994). Hay una gran diversidad de materiales que podrían cumplir con estas funciones, pero la elección, de uno o más de ellos se encuentra determinada por la disponibilidad continua, volumen necesario, homogeneidad, costo adecuado, el impacto ambiental y sus propiedades (Abad *et al.*, 2004). En cuanto a esta última condición, es de destacar que el primer paso para la utilización de un material como sustrato es la caracterización y el estudio crítico de sus propiedades químicas, físicas, físico-químicas y biológicas.

Con respecto a las propiedades químicas, se mencionan en especial el pH, el cual deber ser ligeramente ácido (5,5-6,3) y la conductividad eléctrica, cuyo valor debe ser bajo para que no existan problemas de toxicidad y permita un adecuado manejo de la fertilización (Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2001; Handreck & Black, 2002; Landis & Morgan, 2009). Estas propiedades, en caso de no ser adecuadas, pueden ser alteradas y reguladas posterior al establecimiento del cultivo, en cambio, las propiedades físicas difícilmente se podrán mejorar una vez que se ha establecido el cultivo.

Entre las propiedades físicas más importantes se destaca la densidad aparente, cuyo valor debe permitir un fácil manejo, transporte y anclaje de la planta (Abad *et al.*, 2004). También el espacio poroso total, el cual debería ser superior a 85% (Abad *et al.*, 2004). Pero más importante, es conocer qué porcentaje de este espacio poroso está ocupado por agua y aire, es decir, su relación aire/agua, consecuencia directa de la distribución del tamaño los poros.

La típica curva de liberación de agua de los sustratos está establecida según De Boodt & Verdonck (1972) en un rango de valores de tensión entre 0-10 kPa ya que el agua en un contenedor debe estar disponible para las raíces a las más bajas tensiones posibles. El punto cero de tensión es el máximo contenido de humedad (saturación) cuyo valor coincide con el espacio poroso total (EPT). La capacidad de aireación (CA) es el volumen de aire del sustrato y la capacidad de retención de agua (CRA) es el agua retenida en el sustrato sometido a una tensión de 1 kPa; el agua fácilmente disponible es el volumen de agua liberada por el sustrato a una succión entre 1 a 5 kPa y el agua de reserva, es el volumen de agua liberada a tensiones entre 5 a 10 kPa (De Boodt & Verdonck, 1972; Martínez Farré, 1992; Vence *et al.*, 2008).

Cuando se envía al laboratorio una muestra de sustrato para analizar, algunas de las determinaciones de rutina son el EPT, CRA y CA medidas mediante los lechos de arena (De Boodt *et al.*, 1974), con previo análisis de la densidad real cuyo valor se requiere para el cálculo. Según Abad *et al.* (2001), el sustrato para un contenedor debe poseer un EPT mayor a 85% y el rango aceptable como óptimo de CA debería estar entre 20 a 30% y de CRA entre 55 a 70%. Pero en la bibliografía estos porcentajes varían según la altura y forma del contenedor, sistema de riego, especie, etc. Por ejemplo, Londra *et al.* (2012) evaluaron plantas de *begonia* sp en contenedor de 12 cm de altura (1442 cm³) con cuatro tipos de sustratos con diferente relación CA/CRA y dos sistemas de riego (goteo y sub-irrigación). El sustrato con 13,5% de CA y 78,5% de CRA permitió obtener plantas con mayor número de flores, altura, masa seca aérea y radical con ambos tipos de riego, aunque en el riego por goteo, las plantas lograron mayor desarrollo. Valenzuela *et al.* (2014) obtuvieron las mejores tasas de crecimiento y desarrollo de plantines de arándano (*Vaccinium myrtillus* L.) en sustratos con valores de CRA entre 42 y 49%, con una CA de 39 a 49%. También lograron mayor precocidad y la cantidad de biomasa final de plantines de tomate platense (*Lycopersicon esculentum* L.) en bandejas multiceldas en un sustrato con 52% de CRA y 35,6% de CA. Jayasinghe *et al.* (2010) obtuvieron plantas de *Tagetes patula* L. en contenedores de 1,5 L con mayor altura, masa seca aérea y radical en un sustrato con 81% de EPT, 28,35 de CA y 52,7% de CRA. Evans (2011) observó que las plantas de *Vinca* sp e *Impatiens* sp producidas en contenedores de 600 mL en diferentes sustratos con CA de 11 a 26% y CRA de 58 a 78% no tuvieron diferencias significativas con respecto a la masa seca aérea y radical. Barbaro *et al.*

(2015) obtuvieron plantas de *Viola tricolor* L. e *Impatiens walleriana* Hook.f. en contenedores N° 10 de 377 cm³ y 7,5 cm de altura cuyos mayores valores de masa seca aérea y radical se lograron en sustratos con 27 a 36% de CA y 59 a 67% de CRA regadas en forma manual. Se destaca que en la mayoría de los ejemplos mencionados las plantas fueron fertilizadas y los valores de pH y CE estaban dentro del rango adecuado, por lo tanto, la relación de CA/CRA fue la que tuvo mayor influencia sobre los resultados, la cual según el contenedor, tipo de riego, especie, entre otros factores, varía y no siempre coincide con los rangos establecidos como óptimos.

En el AMBA el 54% de la producción es de plantines de temporada y plantas florales (Villanova & Morisigue, 2016), se destacan los cultivos de alegría del hogar, petunia y pensamiento como los de mayor producción debido a su amplio uso en jardines (Morisigue *et al.*, 2002). Uno de los contenedores más utilizado para las especies mencionadas es el N° 10 (7,5 cm de altura).

En base a la disparidad de resultados obtenidos por diferentes autores se plantea que el rango adecuado de CA y CRA depende del sistema de cultivo, es decir, tipo de contenedor, especie, sistema de riego, ubicación (aire libre o invernáculo) entre otros, y si bien, los rangos instaurados como óptimos por Abad *et al.* (2001) son orientativos, sería interesante establecer rangos más específicos. Por lo cual, en este trabajo se evaluó cual sería el rango de CA y CRA adecuado del sustrato para el desarrollo de dos variedades de *Viola* y *Petunia* en contenedor troncocónico de N° 10 (7,5 cm de altura), con riego por goteo (espaguete), bajo invernáculo, en dos épocas del año utilizando sustratos con diferente relación CA/CRA elaborados con turba de *Sphagnum* y compost de corteza de pino fina y media.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sustratos evaluados

Los materiales utilizados para formular los sustratos fueron turba de *Sphagnum* (T), compost de corteza de pino fina (CF) con 15% de partículas mayores a 3,35 mm, 41% de partículas de entre 3,35 y 1 mm y 44% de partículas menores a 1 mm, y compost de corteza de pino media (CM) con 73% de partículas mayores a 3,35 mm, 13% de partículas de entre 3,35 y 1 mm y 14% de partículas menores a 1 mm. Los materiales fueron adquiridos en una empresa de producción de sustratos Terrafertil S.A.. Los valores de pH y CE (Conductividad eléctrica) de la turba de *Sphagnum* eran: 4,1 y 0,127 dS m⁻¹; del

compost de corteza de pino fina: 3,7 y 0,452 dS m⁻¹ y de la media: 3,8 y 0,243 dS m⁻¹, respectivamente.

Se formularon siete sustratos, los cuales se diferenciaron por el porcentaje de capacidad de aireación (CA) y capacidad de retención de agua (CRA), obteniendo cada uno una relación de poros con aire y agua distinta. La relación CA/CRA de cada sustrato y su formulación se expresa en la Tabla 1. Como los valores de pH de cada sustrato evaluado fueron menores a 5,5, se corrigió el pH de todos los sustratos incorporando 2 g de carbonato de Ca y Mg (dolomita) por litro de sustrato.

Análisis de los sustratos evaluados

Las propiedades de cada sustrato fueron analizadas en el Laboratorio de Sustratos y Aguas del Instituto de Floricultura del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Las variables evaluadas fueron: pH y conductividad eléctrica (CE) en una relación 1+5 v/v, (Barbaro *et al.*, 2011); densidad aparente (Dap) con el método Hofmann (Fermino, 2003); espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de aireación (CA) con el método de De Boodt (De Boodt *et al.*, 1974) y granulometría mediante una tamizadora con una serie de tamices de 5,56; 4,75; 3,35; 2; 1,4; 1 y 0,5 mm, expresado en porcentaje y agrupados en tamaño de partículas > 3,35 mm, entre 3,35 a 1 mm y < 1 mm (Ansorena Miner, 1994).

Ensayos con plantas florales

Los ensayos se realizaron en instalaciones del Instituto de Floricultura del INTA, provincia de Buenos Aires, República Argentina (34°36' latitud S, 58°40' longitud O).

Se efectuaron cuatro ensayos, dos con plantines de pensamiento: *Viola wittrockiana* var. *Crown* y *Viola* var. *Matrix* Rose,

Tabla 1. Relación de capacidad de aireación y capacidad de retención de agua (CA/CRA) y formulación de los sustratos evaluados. T: turba de *Sphagnum*; CF: compost de corteza de pino fina; CM: compost de corteza de pino media.

Table 1. Ratio of aeration capacity and water holding capacity (AC/WHC) and formulation of the evaluated substrates. T: *Sphagnum* peat; CF: fine pine bark compost; CM: medium pine bark compost.

Relación CA/CRA	Formulación del sustrato
0,511	100% de T
0,589	30% de CF + 70% de T
0,792	40% de CF + 60% de T
0,973	50% de CF + 50% de T
1,317	60% de CF + 40% de T
1,589	100% de CF
1,825	100% CM

los cuales se trasplantaron el 9/03/16 y 29/06/16, respectivamente, y dos con plantines de petunia: *Petunia x hybrida* var. *Dreams Sky blue* y *Petunia x hybrida* var. *Tritunia Pink* los cuales se trasplantaron el 28/09/15 y 9/03/16, respectivamente. Cada ensayo estuvo conformado por siete tratamientos (Sustratos con diferente relación CA/CRA) y 4 repeticiones por tratamiento, con una unidad experimental de 4 contenedores, siguiendo un diseño en parcelas completamente aleatorizadas.

Se utilizaron contenedores termoformados troncocónicos N° 10 de 377 cm³, 7,5 cm de altura, 10 cm de diámetro superior y de 7,5 cm diámetro inferior. Una vez rellenos con el sustrato y con los plantines trasplantados los contenedores se colocaron sobre una mesada de 1 m de altura bajo un invernáculo.

El riego se realizó con agua de pozo, con un pH de 7,7 y CE de 0,75 dS m⁻¹, mediante un sistema por goteo, con un espaguete por contenedor cuyo caudal era de 25-30 ml/min. Se regó una o dos veces por día según demanda, de 5 a 8 min.

Para la fertilización de los cuatro ensayos se incorporó un gramo por contenedor de un fertilizante de liberación lenta Basacote Plus 3M (16% N, 8% P₂O₅, 12% K₂O, 2% MgO, 5% SO₂, 0,004% Fe, 0,05% Cu, 0,06% Mn, 0,02% Zn, 0,02% B, 0,015% Mo) colocando alrededor de cada plantín y tapando con el mismo sustrato.

Las temperaturas promedio mínimas y máximas en el invernáculo durante el ensayo con *Viola x wittrockiana* var. *Crown* fueron 15,44 y 30,93 °C, con *Viola* var. *Matrix Rose* fueron 13,85 y 26,58 °C; con *Petunia x hybrida* var. *Dreams Sky blue* fueron 14,39 y 30,81 °C y con *Petunia x hybrida* var. *Tritunia Pink* fueron 15,43 y 32,26 °C, respectivamente.

Los ensayos finalizaron cuando el 50% de las plantas abrieron su primera flor, en ese momento se tomaron las plantas de

cada tratamiento y se separó la parte aérea de la radical, se lavaron las raíces y luego se llevaron ambas partes a estufa a 60°C hasta peso constante, finalmente se midió la masa seca aérea y radical. Los ensayos con *Viola x wittrockiana* var. *Crown* y *Viola* var. *Matrix Rose* finalizaron el 20/04/16 y 8/08/16 y los ensayos con *Petunia x hybrida* var. *Dreams Sky Blue* y *Petunia x hybrida* var. *Tritunia Pink* el 28/10/15 y 12/04/16, respectivamente.

Análisis estadístico

Los resultados de las variables evaluadas en los sustratos y la masa seca total medidas en los ensayos con plantas se sometieron a análisis de varianza y Test de Tukey para comparación de medias ($p < 0,05$). Además se realizaron análisis de correlación de Pearson entre los porcentajes de tamaño de partículas, la CA y CRA. También se realizó un análisis de componentes principales y árbol de recorrido mínimo con la combinación lineal de las variables: MSR (masa seca radical) y MSA (masa seca aérea) de las plantas de pensamiento y petunia desarrolladas en los sustratos con diferente relación CA/CRA. El software estadístico utilizado fue el programa InfoStat versión 2009 (Di Rienzo *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los sustratos evaluados

La mayoría de los sustratos se encontraron por debajo del rango adecuado, es decir entre 5,5 y 6,3 (Abad *et al.*, 2001; Handreck & Black, 2002), pero muy cercanos al límite mínimo por lo que no sería un inconveniente para el desarrollo de las plantas (Tabla 2).

Tabla 2. pH, conductividad eléctrica (CE) y densidad aparente (dap) de los sustratos con diferente relación PA/CRA (capacidad de aireación/capacidad de retención de agua). T: turba de *Sphagnum*; CF: compost de corteza de pino fina; CM: compost de corteza de pino media.

Table 2. pH, electrical conductivity (EC) and apparent density (dap) of substrates with different AC/WHC ratio (aeration capacity/water holding capacity).

T: *Sphagnum* peat; CF: fine pine bark compost; CM: medium pine bark compost.

Sustratos con diferente relación CA/CRA	pH	CE (dS m ⁻¹)	dap (kg m ⁻³)
0,511 (100%T)	5,77 a	0,14 a	0,07 f
0,589 (30%C+70%T)	5,38 b	0,22 e	0,13 e
0,792 (40%C+60%T)	5,31 b	0,25 d	0,15 d
0,973 (50%C+50%T)	5,39 b	0,28 c	0,17 c
1,317 (60%C+40%T)	5,36 b	0,32 b	0,20 b
1,589 (100%CF)	5,41 b	0,42 f	0,25 a
1,825 (100%CM)	5,34 b	0,22 de	0,17 c

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$), test de Tukey.

La CE en todos los sustratos fueron bajos y mostraron diferencias significativas ($p < 0,001$) (Tabla 2). Los valores de CE obtenidos permitirían que se puedan manejar las concentraciones de nutrientes minerales según los requerimientos del cultivo mediante la fertilización (Landis *et al.*, 2000). Valores mayores a 1 dS m^{-1} ($1+5 \text{ v/v}$) podrían disminuir el desarrollo de las plantas debido a desbalances nutricionales y/o efectos fitotóxicos, por ejemplo, Belda *et al.* (2013) realizaron ensayos donde se evaluó un compost de residuos de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) cuya CE era de $2,85 \text{ dS m}^{-1}$, mezclado con 0, 25, 50 y 75% de turba de *Sphagnum* para el desarrollo de plantas de caléndula (*Calendula officinalis* L.) y pensamiento (*Viola cornuta* L.), los sustratos con 100, 75 y 50% de compost resultaron ser fitotóxicos, demostrado por una reducción de la germinación de las semillas, el contenido de clorofila y el crecimiento de las plantas en ambas especies.

Para la variable densidad aparente (Tabla 2) hubo diferencias significativas ($P < 0,0001$) entre los sustratos, y se encontraron por debajo del límite superior óptimo (400 kg m^{-3}) (Ansorena Miner, 1994; Abad *et al.*, 2001). Por lo tanto, estos sustratos pueden considerarse livianos. Esta

condición resulta beneficiosa ya que permite un manejo menos dificultoso en lo que respecta al transporte, relleno de contenedores y traslado (Handreck & Black, 2002; Kämpf, 2005).

Con respecto a las fracciones granulométricas (Fig 1), estas son una de las propiedades físicas fundamentales, teniendo gran influencia sobre las demás propiedades, especialmente en la porosidad (Raviv & Lieth, 2008). Las partículas mayores a 1 mm dan lugar a poros grandes aportando aireación y las menores a 1 mm conforman poros medianos a pequeños proporcionando retención de agua. Entre los sustratos evaluados, se destaca el sustrato con relación CA/CRA: 1,825 por diferenciarse del resto y presentar el mayor porcentaje de partículas $> 3,35 \text{ mm}$ ($P < 0,0001$), seguido por los sustratos con relación CA/CRA: 1,589; 1,317; 0,973; 0,792 y 0,589 sin diferencia entre los mismos. Los sustratos con relación CA/CRA: 1,589; 1,317, 0,973 y 0,792 se diferenciaron de los demás sustratos ($P < 0,0001$) y obtuvieron los mayores porcentajes de partículas entre 3,35 a 1 mm. Por otro lado, el sustrato con relación CA/CRA: 0,511 se diferenció de los demás ($P < 0,0001$) y fue el de mayor porcentaje de partículas $< 1 \text{ mm}$.

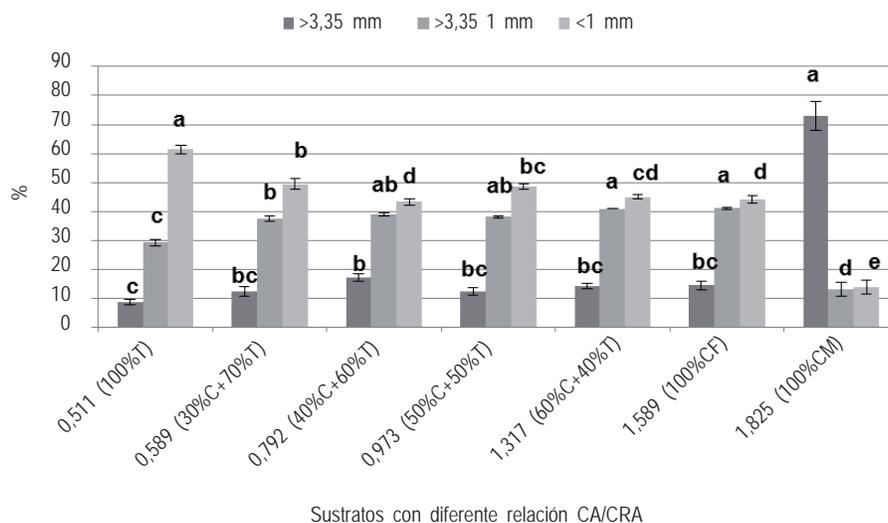


Figura 1. Porcentaje de partículas $> 3,35 \text{ mm}$, entre $3,35$ y 1 mm , y $< 1 \text{ mm}$ de los sustratos con diferente relación PA/CRA (Capacidad de aireación/capacidad de retención de agua). Letras distintas entre barras de un mismo color indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$), test de Tukey. T: turba de *Sphagnum*; CF: compost de corteza de pino fina; CM: compost de corteza de pino media.

Figure 1. Substrate particle size percentage $> 3.35 \text{ mm}$, between 3.35 and 1 mm , $< 1 \text{ mm}$ with different AC/WHC ratio (aeration capacity/water holding capacity). Different letters between bars of the same color indicate significant differences ($P \leq 0.05$), Tukey's test. T: *Sphagnum* peat; CF: fine pine bark compost; CM: medium pine bark compost.

Como es de esperar y se mencionó inicialmente, las fracciones granulométricas encontradas en los sustratos evaluados guardaron relación con el porcentaje de CA y CRA (Fig 2), evidenciando la existencia de una relación entre el porcentaje de partículas < 1 mm y las variables CRA y CA, cuyos coeficientes de correlación fueron 0,75 y -0,77 respectivamente. La sumatoria de los porcentajes de partículas >3,35 mm y entre 3,35 a 1 mm, se correlacionó con la CA mediante un coeficiente de 0,78 y con la CRA con un coeficiente de -0,76. Resultados similares tuvo Samadi (2010) al evaluar diferentes sustratos con distintos tamaños de partículas de perlita, obteniendo una relación negativa entre la CA y CRA (CA: 82-0,83 CRA, r^2 : 0,94, $P \leq 0,01$) con tendencia a la disminución de la CA y aumento de la CRA al decrecer el tamaño de partícula de la perlita.

En base a los resultados, mediante las formulaciones de sustratos realizadas se seleccionaron sustratos con diferente relación CA/CRA para su posterior evaluación con plantas con un EPT mayor a 85%, valores recomendables por Abad *et al.* (2001), pero faltarían sustratos con CA aún

menores para completar el estudio. Además, todos los sustratos fueron adecuados químicamente, requiriendo fertilización adicional para el desarrollo de las plantas.

Análisis de los ensayos con plantas

En la Figura 3 se presenta un gráfico biplot conformado por dos componentes principales que explican el 84,2% de la variabilidad de los datos. La CP1 se conformó por un lado con la variable masa seca radical de las plantas de pensamiento evaluadas en julio con coeficiente negativo y por el otro, con las restantes variables cuyos coeficientes fueron positivos, explicando el 68,7% de la variabilidad. La CP2 se conformó con las variables masa seca aérea y radical de las plantas de pensamiento evaluadas en marzo y masa seca aérea de las plantas de petunia evaluadas en octubre presentando coeficientes negativos, y con la variable masa seca radical de las plantas de pensamiento evaluadas en julio con el coeficiente positivo más alto, explicando el 15,5% de la variabilidad de los datos. La CP1 separó a la variable masa seca radical de las plantas de pensamien-

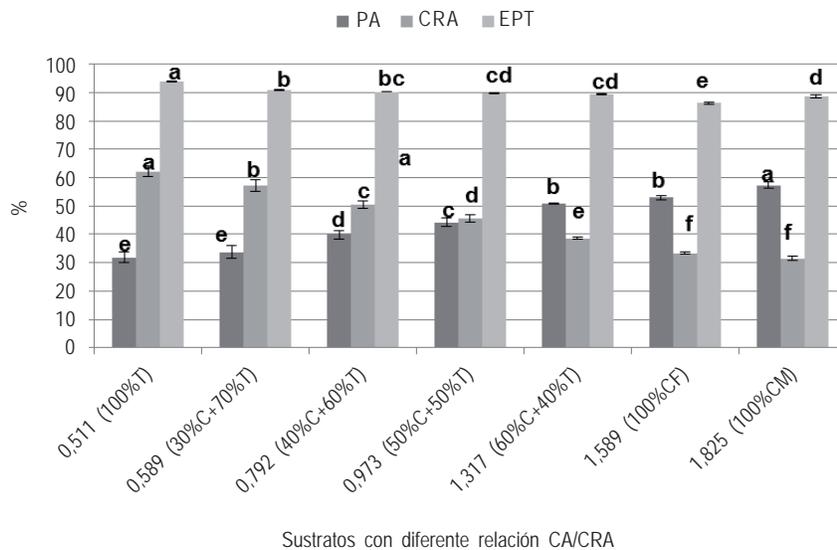


Figura 2. Porcentaje de capacidad de aireación (CA), capacidad de retención de agua (CRA) y espacio poroso total (EPT) de los sustratos con diferente relación CA/CRA. Letras distintas entre barras de un mismo color indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$), test de Tukey. T: turba de *Sphagnum*; CF: compost de corteza de pino fina; CM: compost de corteza de pino media.

T: peat of *Sphagnum*; CF: fine pine bark compost; CM: medium pine bark compost.

Figure 2. Percentage of aeration capacity (AC), water holding capacity (WHC) and total pore space (TPS) of substrates with different AC/WHC ratios. Different letters between bars of the same color indicate significant differences ($P \leq 0.05$). Tukey's test. T: *Sphagnum* peat; CF: fine pine bark compost; CM: medium pine bark compost.

to evaluadas en julio del resto las variables, estas últimas, se encontraron asociadas a los sustratos con relación CA/CRA: 0,589 y 0,792; los cuales también presentan asociación entre ellos y el sustrato con relación CA/CRA: 0,511; en función de la mayoría de las variables.

En cuanto a la masa seca total (Fig 4), las plantas de petunia evaluadas en octubre en el sustrato con relación CA/CRA: 0,511 tuvieron mayor valor y se diferenciaron de las plantas desarrolladas en los sustratos con relación CA/CRA: 1,317 y 1,825 ($P < 0,0001$). Las plantas de petunia evaluadas en marzo, lograron mayor valor en los sustratos sustrato con relación CA/CRA: 0,511 y 0,589 diferenciándose de los restantes tratamientos ($P < 0,0001$). Con respecto a las plantas de pensamiento, las evaluadas en julio en los sustratos con relación CA/CRA: 1,589 y 1,825 tuvieron los menores valores diferenciándose del resto de los tratamientos, los cuales, entre estos no obtuvieron diferencias. Las plantas de pensamiento evaluadas en marzo

lograron mayor masa total en el sustrato con relación CA/CRA: 0,589 y se diferenciaron del resto de los tratamientos ($P < 0,0001$), excepto con las plantas desarrolladas en el sustrato con relación CA/CRA: 0,792 con las cuales no tuvieron diferencias significativas.

En base a los resultados el mayor desarrollo de plantas se obtuvo en el sustrato con relación CA/CRA: 0,511, seguidos por los sustrato con relación CA/CRA: 0,589 y 0,792 en ambas épocas del año evaluadas. Estos tres sustratos se encuentran en un rango de CA entre 32 a 40% y de CRA entre 50 y 62%. Los sustratos en donde hubo menor desarrollo de plantas fueron en los sustratos con relación CA/CRA: 1,327; 1,589 y 1,825 cuyos rangos de CA fueron entre 51 a 57% y de CRA entre 31 a 38%. Para el estudio de caso evaluado, como primer aproximación se podría indicar que el sustrato adecuado tendría que tener una CRA con un mínimo de 50% y una CA con un máximo 50%, siempre y cuando el EPT sea superior a 85%. Al comparar con los ran-

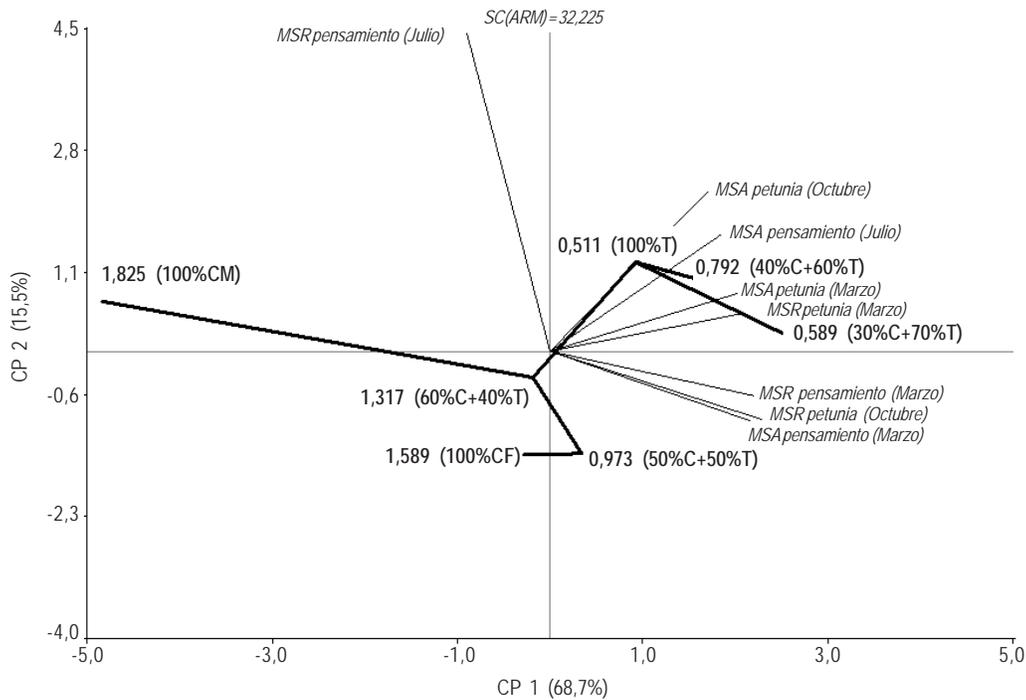


Figura 3. Biplot y árbol de recorrido mínimo (ARM) conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de las variables: MSR (masa seca radical) y MSA (masa seca aérea) de las plantas de pensamiento de marzo y julio, y de petunia de octubre y marzo desarrolladas en los sustratos con diferente relación CA/CRA (capacidad de aireación/capacidad de retención de agua). T: turba de *Sphagnum*; CF: compost de corteza de pino fina; CM: compost de corteza de pino media.

Figure 3. Biplot and minimum travel tree (ARM) made up of two components (CP1 and CP2) generated by the linear combination of the variables: MSR (dry mass) and MSA (dry mass aerial) of the plants of pansy of march and julio, and petunia from october and march developed on substrates with different AC/WHC ratio (aeration capacity/water holding capacity). T: *Sphagnum* peat; CF: fine pine bark compost; CM: medium pine bark compost.

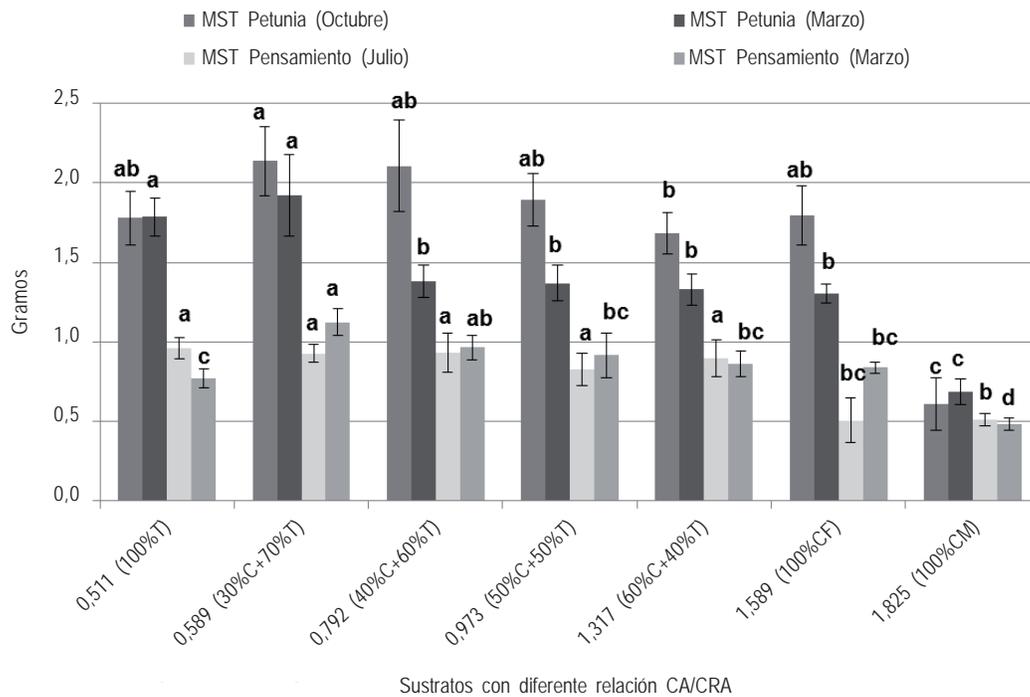


Figura 4. Masa seca total (MST) de las plantas de pensamiento de marzo y julio, y de petunia de octubre y marzo desarrolladas en los sustratos con diferente relación CA/CRA (Capacidad de aireación/capacidad de retención de agua). T: turba de *Sphagnum*; CF: compost de corteza de pino fina; CM: compost de corteza de pino media.

Figure 4. Total plant dry mass (MST) of pansy of march and julio, and petunia of october and march developed in the substrates with different ratio AC/WHC (Capacity of aeration/water holding capacity). T: *Sphagnum* peat; CF: fine pine bark compost; CM: medium pine bark compost.

gos de referencia generalmente utilizados propuestos por Abad *et al.* (2001), el valor mínimo de CRA encontrado es similar al de referencia (55%), pero el valor máximo de CA encontrado es superior al de referencia (30%). Barbaro *et al.* (2015) evaluaron sustratos elaborados con turba de *Sphagnum*, perlita o ceniza volcánica para el desarrollo de plantas de pensamiento (*Viola tricolor*L.) var. Yellow y Perez *et al.* (2011) evaluaron diferentes sustratos formulados con compost de poda y corteza de pino con plantas de *Petunia hybrid* var. *Ultra Plum*, en ambos trabajos se utilizó el mismo tipo de contenedor (N° 10, de 377 cm³) pero con riego manual y los sustratos en los que se lograron las plantas con mejor desarrollo tuvieron en el primer trabajo una CA de 27 a 44%, una CRA de 51 a 67% y EPT de 92 a 95%, y en el segundo, una CA de 36 a 51% y CRA de 38 a 59% y EPT de 85 a 90%, en ambos casos los valores de CA mínima fueron superiores o cercanos al de referencia (30%). En cambio, Fain *et al.* (2008) evaluaron *Petunia hybrida* 'Dreams Purple' en diferentes sustratos, pero en contenedores de 1,57 L (13 cm altura aprox.) y la mayor masa seca de las plantas se lo-

graron en sustratos con CA de 16 a 40% y CRA de 51 a 76%, las plantas desarrolladas en sustratos con 50% de CA y 40% de CRA tuvieron hasta 6 g menos de masa seca. Por lo tanto, cabe destacar la importancia del tamaño del contenedor ya que a un mismo tipo de sustrato la relación de poros con aire y agua a capacidad de contenedor variará según la altura del mismo (Owen & Altland, 2008; Adams & Fonteno, 2011).

CONCLUSIONES

Independientemente de la época del año las plantas de *Viola* y *Petunia* desarrolladas en contenedor N° 10 (377 cm³, 7,5 cm de altura, 10 cm de diámetro) con riego por goteo (espagueti) tuvieron mejor desarrollo en aquellos sustratos cuya CRA era mayor a 50% y CA menor 50%, teniendo en cuenta que todos los sustratos tenían un EPT superior a 85%. Se debería continuar con la investigación para encontrar el límite máximo de CRA y el límite mínimo de CA para finalmente obtener un rango adecuado, ya que esto no se obtuvo en el presente trabajo debido a que no

se pudieron lograr con los componentes usados, porcentajes de CA inferior a 30% y CRA superior a 60%, manteniendo un EPT superior a 85%. El contenedor y forma de riego, entre otros factores, tienen gran influencia sobre las propiedades físicas que el sustrato debería tener para lograr un buen desarrollo de la planta, por lo cual, lograr establecer rangos adecuados de CRA y CA en diferentes tipos de contenedores y sistemas de cultivos es importante para incrementar la calidad de los mismos.

AGRADECIMIENTO

A Fernández, M.D. por la instalación del sistema de riego y cuidado de los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M; P Noguera & C Carrion. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Capítulo 4. Pp. 113-158. *En: Urrestarazu Gavilan M. (eds). Tratado de cultivo sin suelo. Ed. Mundi prensa. España. 914 pp.*
- Abad, M; P Noguera & S Burés. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental containerized plant production: case study in Spain. *Bioresource Technol. 77: 197-200.*
- Abad, M; PF Martínez; MD Martínez & J Martínez. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Acta Hort. 11: 141-154.*
- Adams, R & W Fonteno. 2011. Water, media and nutrition. Pp: 21-32. *In: Ball Redbook. Vol 2. Nau, J. (ed). Ball Publishing, West Chicago, Illinois.*
- Ansorena Miner, J. 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 172 pp.
- Barbaro, LA; V Illa Healy; MA Karlanian & A Mazzoni. 2015. Ceniza volcánica como alternativa a la perlita en la formulación de sustratos para plantines florales. *Ciencias del Suelo 33(2): 213-219.*
- Barbaro, LA; MA Karlanian; DR Morisigue; P Rizzo; N Riera; V Della Torre & D Crespo. 2011. Compost de ave de corral como componente de sustratos. *Ciencia del Suelo 29(1): 83-90.*
- Belda, RM; D Mendoza-Hernández & F Fornes. 2013. Nutrient-rich compost versus nutrient-poor vermicompost as growth media for ornamental-plant production. *J. Plant Nutr. Soil Sci. 176: 827-835.*
- CNA. 2003. Censo Nacional Agropecuario 2002. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Ministerio de Economía de la Nación.
- De Boodt, M; O Verdonck & J Cappaert. 1974. Methods for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae 37: 2054-2062.*
- De Boodt, M & O Verdonck. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Hort. 26: 37-44*
- Evans, MR. 2011. Physical properties of and plant growth in peat-based root substrates containing glass-based aggregate, perlite, and parboiled fresh rice hulls. *HortTechnology 21(1): 30-34.*
- Fain, GB; CH Gilliam; JL Sibley; CR Boyer & AL Witcher. 2008. Whole tree substrate and fertilizer rate in production of greenhouse-grown petunia (*Petunia x hybrida* Vilm.) and marigold (*Tagetes patula* L.). *HortScience 43(3): 700-705.*
- Fermino, MH. 2003. Métodos de análisis para caracterización física de sustratos para plantas. Tesis doctoral. Universidad Federal de Rio Grande Do Sul. Facultad de Agronomía. Puerto Alegre. 250 pp.
- Handreck, K & N Black. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. Third edition. A UNSW Press book. Australia. 542 pp.
- Jayasinghe, GY; IL Arachchi & Y Tokashiki. 2010. Evaluation of containerized substrates developed from cattle manure compost and synthetic aggregates for ornamental plant production as a peat alternative. *Resour Conserv Recy 54(12), 1412-1418.*
- Kämpf, NA. 2005. Producao comercial de plantas ornamentais. Agro livros. 254pp.
- Landis, TD & N Morgan. 2009. Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. *In: Dumroese, R.K.; L.E. Riley. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 26-31. Disponible en <http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p058.html> Consultada el 23/12/2016.*
- Landis, TD; RW Tinus; SE McDonald & JP Barnett. 2000. Manual de viveros para Producción de especies forestales en contenedor. Manual agrícola. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal. 674 pp.
- Londra, PA; AT Paraskevopoulou & M Psychoyou. 2012. Evaluation of Water-Air Balance of Various Substrates on Begonia Growth. *HortScience 47(8): 1153-1158.*
- Martínez Farré, FX. 1992. Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los sustratos. *Acta Hort. 11: 55-66.*
- Morisigue, DE; M Masakatsu & K Nishiyama. 2002. Relevamiento de la actividad florícola y plantas ornamentales del Gran Buenos Aires. CETFFO-JICA. 27 pp.
- Owen, JS & JE Altland. 2008. Container height and douglas fir bark texture affect substrate physical properties. *HortScience 43(2): 505-508.*
- Perez, V.; LA Barbaro; DA Mata & MA Karlanian 2011. Caracterización y acondicionamiento de diferentes compost de restos de poda para su uso como componente de sustrato en la producción de especies florales. *Rev.Fac. Agr. y Cienc. Agroalim. Moron 2(4): 35-64.*
- Raviv, M & JH Lieth. 2008. Soilless culture: theory and practice. Ed. Elsevier. 587 pp.
- Samadi, A. 2010. Effect of particle size distribution of perlite and its mixture with organic substrates on cucumber in hydroponics system. *Journal of Agricultural Science and Technology 13: 121-129.*
- Valenzuela, OR.; CS Gallardo; MS Carponi; ME Aranguren; HR Tabares & MC Barrera. 2014. Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. *Cienc., Docen. y Tecnol. Suplem. 4(4): 1-19.*
- Vence, LB. 2008. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. *Ciencia del Suelo 26(2): 105-114.*
- Villanova I & DR Morisigue. 2016. Plan de mejora competitiva. Relevamiento e la producción de flores y plantas ornamentales en el Área Metropolitana de Buenos Aires y el partido de San Pedro, provincia de Buenos Aires. Clúster florícola del AMBA y San Pedro. 85 pp.

