

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS FORMULADOS CON CORTEZA DE PINO, PINOCHA Y TURBA SUBTROPICAL

LORENA ALEJANDRA BARBARO^{1*}; SILVIA DEL CARMEN IMHOFF² & DANIEL ENRIQUE MORISIGUE¹

Recibido: 03-01-14

Recibido con revisiones: 15-04-14

Aceptado: 23-04-14

RESUMEN

El uso de suelo para la producción en macetas dificulta el manejo del cultivo e implica el agotamiento de un recurso no renovable. Esto genera la necesidad de encontrar alternativas para su reemplazo. El objetivo de este trabajo fue formular sustratos a partir de corteza de pino (C), pinocha (P) y turba subtropical (T) para evaluar sus propiedades físico-químicas y verificar su calidad para el cultivo de plantas florales en macetas. Se evaluaron siete sustratos formulados: 1) 1C:1P:1T, 2) 2C:1P:1T,3) 1C:2P:2T, 4) 2C:1P:2T, 5) 2C:2P:1T, 6) 1C:4P:2T y 7) 2C:4P:1T, un sustrato local (Pinocha + turba subtropical + suelo mineral) y uno comercial (Turba rubia y negra + perlita + vermiculita). En todos se analizó densidad aparente, espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), porosidad de aire (PA), granulometría, pH y conductividad eléctrica (CE). Se realizó un ensayo con *Viola tricolor* var. *Yellow*, otro con *Petunia hybrida* var. *White* y otro con *Salvia splendens* var. *rojo*. Cada uno de ellos constó de nueve tratamientos (sustratos evaluados) y 10 repeticiones. Al finalizar los ensayos se contabilizaron los pimpollos y flores, longitud y diámetro del tallo, masa seca aérea y radicular. Los sustratos formulados y el comercial presentaron baja densidad aparente ($<0,4 \text{ g cm}^{-3}$). El sustrato local tuvo la mayor densidad aparente y porcentaje en la fracción granulométrica $<1 \text{ mm}$ debido a la presencia de suelo en su formulación. La fracción granulométrica $>3,35 \text{ mm}$ fue mayor en el sustrato 6, 7 y comercial, esto explicó el alto porcentaje de PA en los dos primeros. Los sustratos 6 y 7 presentaron los menores valores en el porcentaje de la fracción $<1 \text{ mm}$, coincidiendo con su menor CRA. El pH y la CE de todos los sustratos fueron adecuados (pH: 5,5-6,3 y CE: $<1 \text{ dS m}^{-1}$ (1+5 v/v)). Los sustratos formulados produjeron plantines florales de calidad, pero se destacaron los sustratos 1, 2, 3, 4 y 5 por lograr mayor valor absoluto en la mayoría de las variables. Estos sustratos presentaron una relación agua/aire más equilibrada (PA $<50\%$ y de CRA $>35\%$).

Palabras clave. Cultivo en maceta, floricultura, caracterización físico-química, plantines florales.

DEVELOP OF SUBSTRATES FORMULATED WITH PINE BARK, PINE NEEDLES AND SUBTROPICAL PEAT

ABSTRACT

The use of soil in potting production difficult the crop management and involves the depletion of a nonrenewable resource. Therefore, is necessary to find alternatives for replacement. The objective of this study was to formulate substrates from pine bark (C), leaves of pine (P) and subtropical peat (T) to evaluate their physicochemical properties and quality for growing flowering plants in pots. Seven formulated substrates were evaluated: 1) 1C:1P:1T, 2) 2C:1P:1T, 3) 1C:2P:2T, 4) 2C:1P:2T, 5) 2C:2P:1T, 6) 1C:4P:2T y 7) 2C:4P:1T, one local substrate (leaves of pine + subtropical peat + mineral soil) and one commercial substrate (Blonde and black peat + perlite + vermiculite). Bulk density, total pore space (TPS), water holding capacity (WHC), pore air (PA), particle size, pH and electrical conductivity (EC) was analyzed. Was performed a trial with *Viola tricolor* var. *Yellow*, one with *Petunia hybrida* var. *White* and one with *Salvia splendens* var. *red*. Each trial was composed of nine treatments (substrates evaluated) and 10 repetitions. At the end of the trials the number of buds and flowers, length and stem diameter, shoot and root dry mass were measured. The formulated and commercial substrate presented low bulk density ($<0.4 \text{ g cm}^{-3}$). The local substrate was noted for having the highest bulk density and percentage in the size fraction $<1 \text{ mm}$ due to the presence of soil in its formulation. The particle size $>3.35 \text{ mm}$ was higher in the substrate 6, 7 and commercial substrate; this explains the high percentage of PA in the first two. The substrates 6 and 7 showed the lowest values in the percentage of the fraction $<1 \text{ mm}$, coinciding with lower CRA. All substrates had a suitable pH and EC values (pH: 5.5 – 6.3 and EC: $<1 \text{ dS m}^{-1}$ (1+5 v/v)). The substrates formulated obtained floral seedlings quality, but the substrates 1, 2, 3, 4 and 5 were highlighted to achieve greater absolute value in most variables. These substrates had a more balanced water/air ratio (PA $<50\%$ and CRA $>35\%$).

Key words. Crop in potting, floriculture, physical-chemical characterization, flower seedlings.

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto de Floricultura;

² Universidad Nacional del Litoral. CONICET;

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

INTRODUCCIÓN

La mejora generalizada de la calidad de vida que ocurrió después de la segunda guerra mundial en los países más desarrollados estimuló la demanda de plantas ornamentales y florales y, como consecuencia, su producción en macetas (Burés, 1997). Esta producción inicialmente se desarrolló sobre suelo pero se encontró que esta práctica dificultaba el manejo del cultivo, incrementaba la proliferación de patógenos y no se lograban plantas de calidad (Raviv & Lieth, 2008). Posteriormente, se extendió la preocupación de que el uso del suelo implicaba el agotamiento de un recurso no renovable (Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004; Raviv & Lieth, 2008). Esto generó la necesidad de encontrar alternativas para el reemplazo total o parcial del suelo, lo que incentivó la investigación orientada al desarrollo de sustratos (Ansorena Miner, 1994).

Diversos materiales y mezclas se han probado para desarrollar sustratos que posean las características apropiadas para el cultivo de las plantas en maceta. Entre ellos se encuentran las turbas (Di Benedetto & Pagani, 2012), lana de roca, perlita, arenas (Burés, 1997), fibra de coco (Yahya *et al.*, 2010; Bhat *et al.*, 2013), cáscara de arroz (Awang *et al.*, 2010) y compost (Bustamante *et al.*, 2008).

La elección de un material, sea para usarlo solo o como parte de un sustrato, es condicionada principalmente por su disponibilidad, costo y experiencia local (Bunt, 1988; Landis & Morgan, 2009). Estas características convierten al compost de corteza de pino, la pinocha y la turba subtropical en materiales potencialmente interesantes.

El compost de corteza de pino es el producto final del compostado de materiales provenientes de aserraderos y descortezadoras de madera. La pinocha está constituida por las hojas o acículas de los pinos que caen en la superficie del suelo de los bosques forestales (Bures, 1997). La turba subtropical está formada por una acumulación de materia orgánica compuesta por restos vegetales sin descomponer, principalmente juncales. Se encuentra en diversas regiones, e.g., en el Delta del Río Paraná (Argentina), y se forma en zonas en las que la saturación permanente de los suelos en áreas deprimidas y la fluctuación diaria de la napa cercana a la superficie determinan condiciones anaeróbicas (Malvárez, 1999; Kandus *et al.*, 2003; Valenzuela *et al.*, 2004).

Las principales propiedades físicas que requiere un buen sustrato son densidad adecuada, para que resulte fácil su manejo, transporte y para permitir el anclaje de la planta (Abad *et al.*, 2004), y una buena distribución de poros con

aire y agua (Raviv & Lieth, 2008; Vence *et al.*, 2013). Una correcta aireación aportará oxígeno al sistema radicular y permitirá la evacuación del CO₂ producido por las raíces y microorganismos (Lemaire *et al.*, 2005). La adecuada proporción de poros con capacidad para retener agua permitirá a la planta obtener el agua y nutrientes necesarios para su desarrollo.

Por otro lado, entre las principales propiedades químicas responsables de la calidad del sustrato se mencionan al pH y la conductividad eléctrica (Handreck & Black, 2002; Landis & Morgan, 2009). El pH deber ser ligeramente ácido (5,5-6,3), para que los nutrientes se encuentren disponibles, y la conductividad eléctrica baja, para que no existan problemas de toxicidad y que el productor pueda manejar las concentraciones de nutrientes minerales (Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2001). Para esto el sustrato debe poseer propiedades físico-químicas dentro de los rangos estándares u óptimos según los patrones existentes.

Idealmente todo sustrato debe permitir el cultivo de diversas especies por lo que es necesario confirmar su capacidad de producir plantas de óptima calidad, lo que implica la realización de ensayos de crecimiento vegetal con las especies de interés (Abad *et al.*, 1993).

Las características individuales de la corteza de pino, la pinocha y la turba subtropical indican que estos materiales son potencialmente aptos para la elaboración de sustratos de calidad. Sin embargo aún no se han evaluado las características de sus mezclas ni su aptitud para el cultivo de plantas florales. Con base a lo mencionado se establecieron los siguientes objetivos: i) Evaluar las propiedades físico-químicas de diversos sustratos formulados a partir de corteza de pino, pinocha y turba subtropical, ii) verificar la calidad de cada uno para el cultivo de plantas florales en macetas en relación a sustratos corrientemente utilizados, y iii) seleccionar el o los sustratos formulados considerados más adecuados para la producción de plantas florales en maceta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensayos con plantas florales

Los ensayos se realizaron en instalaciones del Instituto de Floricultura del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Hurlingham, provincia de Buenos Aires, República Argentina (34°36´ latitud sur, 58°40´ longitud oeste).

Se realizaron tres ensayos, uno con pensamiento (*Viola tricolor* var. *yellow*), otro con petunia (*Petunia hybrida* var. *White*) y otro con coral (*Salvia splendens* var. *rojo*). Cada ensa-

yo estuvo conformado por nueve tratamientos (siete sustratos formulados, un sustrato local y un sustrato comercial) y 10 repeticiones por tratamiento siguiendo un diseño en parcelas completamente aleatorizadas. En cada ensayo se prepararon 10 macetas por tratamiento, siendo cada maceta bicolor de 13 cm de diámetro y 730 cm³ una unidad experimental. Una vez rellenas con el sustrato y con los plantines trasplantados las macetas se colocaron sobre una mesada de 1 m de altura en un invernáculo. El riego se realizó diariamente con agua de pozo, con un pH de 7,7 y CE de 0,75 dS m⁻¹. Para la fertilización se utilizó un fertilizante compuesto 18-18-18 (NPK) con microelementos quelatados (0,02% Cu, 0,05% Fe, 0,05% Mn, 0,001% Mo, 0,02% Zn), en dosis crecientes hasta finalizar en las últimas semanas con 150 mg L⁻¹ de NPK para el ensayo con pensamiento, 300 mg L⁻¹ de NPK para el ensayo con petunia y 200 mg L⁻¹ de NPK para el ensayo con coral. Las temperaturas máximas y mínimas en el invernáculo durante el ensayo con pensamiento fueron entre 17 a 30 °C y 7 °C a 20 °C; con petunia entre 18 a 36 °C y 5 °C a 12 °C y con coral entre 14 a 36 °C y 6 °C a 17 °C, respectivamente. Los ensayos finalizaron cuando el 50% de las plantas abrieron su primera flor, lo que sucedió a los 56, 28 y 55 días para pensamiento, petunia y coral, respectivamente. En ese momento se tomaron las plantas de cada tratamiento y se contabilizaron el número de pimpollos, flores abiertas y longitud del tallo de las plantas de pensamiento, el número de pimpollos y flores abiertas de las plantas de petunia y, la longitud y diámetro del tallo de las plantas de coral. Luego se llevó a estufa a 60 °C hasta peso constante y se midió la masa seca aérea y radicular.

Materiales utilizados para formular los sustratos

Los materiales utilizados fueron turba subtropical, pinocha y corteza de pino compostada. Los tres pasaron por un pro-

ceso de eliminación de ramas, piñas, piedras u otros residuos, pasando el material por un tamiz y molienda para obtener un producto más fino y homogéneo.

Los tres materiales fueron adquiridos en una empresa de producción de sustratos. El compost de corteza de pino fue elaborado en la empresa de producción de sustratos, la turba subtropical se obtuvo de diferentes zonas del Delta del río Paraná y la pinocha se extrajo de la superficie del suelo forestal de plantaciones de pino del noreste de la Argentina. En la Tabla 1 se presentan las propiedades de cada material.

Sustratos formulados

A partir del compost de corteza de pino (C), pinocha (P) y turba subtropical (T) se formularon siete sustratos: Sustrato 1, relación 1C:1P:1T; sustrato 2, relación 2C:1P:1T; sustrato 3, relación 1C:2P:2T; sustrato 4, relación 2C:1P:2T, sustrato 5, relación 2C:2P:1T, sustrato 6, 1C:4P:2T y sustrato 7, relación 2C:4P:1T.

Como los valores de pH de cada sustrato 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, logrando obtener valores dentro del rango óptimo (5,5-6,3) (Handreck & Black, 2002).

Sustratos utilizados como estándares

Se utilizó un sustrato de uso local, similar al usado por los productores florícolas de la provincia de Buenos Aires, compuesto por seis partes de pinocha, tres partes de turba subtropical y una parte de suelo mineral, y un sustrato comercial, formulado con turba rubia y negra, perlita, vermiculita y 1,5 mg L⁻¹ de NPK y micronutrientes.

Tabla 1. Densidad aparente (Dap.), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), porosidad de aire (PA), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), entre 3,35-1mm (T2) y <1mm (T3), pH y conductividad eléctrica (CE) de los materiales evaluados.

Table 1. Bulk density (Dap.), percentage of particle size >3.35 mm (T1), between 3.35-1 mm (T2) and <1 mm (T3), total pore space (EPT), porosity of air (PA), water holding capacity (CRA), pH and electrical conductivity (CE) of the materials tested.

	Unidades	Turba subtropical	Pinocha	Compost de corteza de pino
Dap.	g cm ⁻³	0,13	0,33	0,18
EPT	%	91	83	88
CRA	%	30	50	33
PA	%	53	41	46
T1	%	5	11	10
T2	%	22	30	41
T3	%	65	58	49
pH		5,11	5,11	4,32
CE	dS m ⁻¹	0,36	0,36	0,17

Análisis físicos y químicos

Las propiedades físicas-químicas de cada sustrato formulado y utilizado como estándares fueron analizadas en el Laboratorio de Sustratos y Aguas del Instituto de Floricultura del INTA. Las variables evaluadas fueron: Densidad aparente (Dap) con el método Hofmann (Fermino, 2003); espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA) y poros con aire (PA) con el método de De Boodt (De Boodt *et al.*, 1974); granulometría mediante una tamizadora con tamices de 5,56 mm, 4,75 mm, 3,35 mm, 2 mm, 1,4 mm, 1 mm y 0,5 mm (Ansorena Miner, 1994); pH y Conductividad eléctrica (CE) en una relación 1+5 v/v, (Barbaro *et al.*, 2011).

Análisis estadístico

Los resultados de las variables evaluadas en los sustratos formulados, sustratos estándares y las variables morfológicas medidas en los ensayos con plantas se sometieron a análisis de varianza y Test de Tukey para comparación de medias ($p < 0,05$). Para identificar las propiedades que se destacaron y permitieron diferenciar las mezclas que lograron mayores valores en las variables medidas a las plantas, se utilizó análisis de componentes principales, del cual se obtuvo un Biplot conformado por dos componentes generadas por la combinación lineal de las variables porcentaje de partículas $> 3,35$ mm (T1), entre 3,35 - 1mm (T2), < 1 mm (T3), densidad aparente (Dap), espacio poroso total (EPT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA) de los sustratos formulados. El software estadístico utilizado fue el programa InfoStat versión 2009 (Di Rienzo *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los sustratos formulados y utilizados como estándares

Para la variable densidad aparente (Tabla 2) hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los sustratos. El sustrato local obtuvo el mayor valor y el sustrato comercial el menor, ambos se diferenciaron significativamente con los restantes sustratos. Entre los sustratos formulados, el sustrato 4 (2C:1P:2T) presentó el menor valor de densidad, esto se atribuye al hecho de que tuvo menor proporción de pinocha, material que por su procedencia contenía un pequeño porcentaje de suelo mineral, lo que hizo que los sustratos sean más densos. Todos los sustratos formulados y el sustrato comercial se encontraron por debajo del límite superior óptimo ($0,4 \text{ g cm}^{-3}$) (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 macetas y traslado (Handreck & Black, 2002; Kämpf, 2005).

La fracción granulométrica $> 3,35$ mm fue mayor en el sustrato comercial, diferenciándose ($p < 0,05$) de los restantes sustratos. Entre los sustratos formulados, fueron los sustrato 6 (1C:4P:2T) y 7 (2C:4P:1T) los de mayor valor, esto explica el alto porcentaje de PA de ambos sustratos (Tabla 2). El sustrato 7 (2C:4P:1T) fue el de mayor valor para la fracción 3,35-1 mm, sin diferenciarse ($p < 0,05$) de los sustratos 4 (2C:1P:2T) y 6 (1C:4P:2T). En lo que respecta a la fracción menor a 1 mm, el sustrato local obtuvo

Tabla 2. Densidad aparente (Dap.), porcentaje de partículas $> 3,35$ mm (T1), entre 3,35-1mm (T2) y < 1 mm (T3) de los sustratos evaluados.

Table 2. Bulk density (Dap.), percentage of particle size > 3.35 mm (T1), between 3.35-1 mm (T2) and < 1 mm (T3) of the substrates tested.

Sustratos	Dap. (g cm^{-3})	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
1	0,22 \pm 0,00*	10 \pm 0,31	32 \pm 0,12	58 \pm 0,86
2	0,28 \pm 0,06	11 \pm 0,56	32 \pm 0,49	57 \pm 0,66
3	0,22 \pm 0,00	10 \pm 0,72	32 \pm 0,55	57 \pm 0,86
4	0,19 \pm 0,00	10 \pm 0,69	34 \pm 0,63	56 \pm 0,87
5	0,25 \pm 0,01	10 \pm 0,47	33 \pm 0,26	58 \pm 0,33
6	0,24 \pm 0,00	15 \pm 0,73	33 \pm 0,47	51 \pm 0,97
7	0,25 \pm 0,00	19 \pm 0,46	35 \pm 0,52	45 \pm 0,38
Comercial	0,08 \pm 0,01	33 \pm 0,30	27 \pm 0,56	39 \pm 0,50
Local	0,48 \pm 0,00	8 \pm 0,46	22 \pm 0,48	69 \pm 0,24

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$). *Se indican valores de las variables \pm desvío estándar.

el mayor porcentaje y se diferenció ($p < 0,05$) de los restantes sustratos, debido principalmente a la presencia de suelo mineral en su formulación. Entre los sustratos formulados, los sustratos 6 (1C:4P:2T) y 7 (2C:4P:1T) fueron los de menor valor, coincidiendo con su menor CRA.

En cuanto al EPT (Tabla 3) el sustrato comercial fue significativamente mayor que el resto de los sustratos, presentando el sustrato local el menor valor. Todos los sustratos formulados y el comercial superaron el rango óptimo de referencia del 80% (Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001; Abad *et al.*, 2004), pero el sustrato local tuvo valores cercanos a ese límite.

Todos los sustratos presentaron valores de PA mayores al de referencia (20-30%) y, excepto el sustrato comercial, una CRA aceptable (24-40%) según Bunt (1988) y Abad *et al.* (2004) (Tabla 3). El porcentaje de PA del sustrato 7 (2C:4P:2T) se diferenció ($p < 0,05$) con el de los sustratos 1 (1C:1P:1T), 2 (2C:1P:1T), 3 (1C:2P:2T), 4 (2C:1P:2T), 5 (2C:2P:1T), local y comercial. Los sustratos 6 (1C:4P:2T) y 7 (2C:4P:1T), sin diferencias entre sí, lograron los mayores valores absolutos. Estos sustratos contenían un 57% de pinocha, de lo que se deduce que el alto porcentaje de dicho material incrementó la PA. Entre los sustratos formulados, los sustratos 2 (2C:1P:1T) y 3 (1C:2P:2T) alcanzaron el menor valor absoluto de PA. La CRA del sustrato comercial se diferenció ($p < 0,05$) de los restantes sustratos, y entre los sustratos formulados, la CRA de los sustratos 2 (2C:1P:1T) y 3 (1C:2P:2T) se diferenció de los sustratos 4 (2C:1P:2T), 5 (2C:2P:1T), 6 (1C:4P:2T) y 7 (2C:4P:1T).

El sustrato local presentó condiciones menos adecuadas que el sustrato comercial debido que en su composición, además de pinocha y turba subtropical, interviene el suelo mineral. Este material no es muy recomendado para ser utilizado como sustrato o parte del mismo (Cabrera, 2003).

La gran mayoría de las especies cultivadas en sustratos se desarrollan en rangos de pH entre 5,5 y 6,3 (Abad *et al.*, 2001), por lo tanto, el pH de cada sustrato fue adecuado pero hubo diferencias estadísticas entre sí (Tabla 3). El sustrato 7 (2C:4P:1T) se diferenció ($p < 0,05$) de los sustratos 1 (1C:1P:1T), 2 (2C:1P:1T), 3 (1C:2P:2T) y comercial, los cuales fueron los de menor valor absoluto.

La CE en todos los sustratos fue menor a 1 dS m^{-1} (1+5 v/v) y se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las mismas (Tabla 3). Estas diferencias se deben a la relación entre los materiales que componen las mezclas. La mayor CE se verificó en el sustrato comercial, probablemente debido a la incorporación de fertilizante realizada por el fabricante. A este le siguió el sustrato 3 (1C:2P:2T), con un 40% de turba subtropical y 40% de pinocha, ambos materiales con mayor CE que la corteza de pino. Considerando que los sustratos deben tener baja salinidad (Abad *et al.*, 1993), todos presentaron valores adecuados. Valores mayores a 1 dS m^{-1} podrían disminuir el desarrollo de las plantas, como resultó en un ensayo realizado por Danaher *et al.* (2013) donde se concluyó que el desarrollo de las plantas de petunia (*Petunia - hybrida 'Celebrity'*) evaluadas en sustratos con una mezcla comercial y diferentes cantidades de efluentes

Tabla 3. Espacio poroso total (EPT) porosidad de aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA), pH y conductividad eléctrica (CE) de los sustratos evaluados.

Table 3. Total pore space (EPT), porosity of air (PA), water holding capacity (CRA), pH and electrical conductivity (CE) of the substrates tested.

Sustratos	EPT (%)	PA (%)	CRA (%)	pH	CE (dS m ⁻¹)
1	87±0,46* bc	48±0,34 c	40±0,39 bc	5,48±0,08 cd	0,60±0,01 c
2	86±0,40 c	44±0,50 d	43±0,81 b	5,52±0,01 bcd	0,58±0,02 cd
3	87±0,21 bc	44±0,39 d	43±0,60 b	5,46±0,02 d	0,66±0,01 b
4	88±0,15 b	50±0,31 bc	38±0,22 c	5,56±0,06 abcd	0,59±0,01 c
5	87±0,46 bc	49±0,50 c	37±0,22 c	5,59±0,01 ab	0,54±0,01 de
6	87±0,45 bc	53±0,73 ab	33±0,67 d	5,58±0,04 abc	0,54±0,01 de
7	86±0,70 bc	56±0,51 a	30±0,50 d	5,64±0,02 a	0,40±0,01 f
Comercial	95±0,06 a	41±0,55 d	54±0,60 a	5,11±0,02 e	0,91±0,02 a
Local	80±0,19 d	37±0,23 e	43±0,34 b	5,59±0,03 abc	0,53±0,02 e

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$). *Se indican valores de las variables \pm desvío estándar.

acuólicas deshidratada, fue menor con el incremento del efluente debido a su la alta CE.

Evaluación de los sustratos con plantas florales

Ensayo con pensamiento (*Viola tricolor* var. *yellow*).

En la variable longitud del tallo, el sustrato 7 (2C:4P:1T) superó significativamente a los sustratos 1 (1C:1P:1T) y 4 (2C:1P:2T). Entre los restantes sustratos no se encontraron diferencias ($p < 0,05$) (Tabla 4). En las variables número de pimpollos y flores no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) (Tabla 4).

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en la masa seca aérea, y para la masa seca radicular los sustratos 1 (1C:1P:1T), 2 (2C:1P:1T) y 7 (2C:4P:1T) se diferenciaron significativamente entre si superando todos ellos al sustrato comercial. Según los resultados para las cuatro variables analizadas no hubo diferencias destacadas entre los tratamientos, es decir, que la masa de las plantas en todos los tratamientos fueron similares (Tabla 4).

Los pensamientos requieren sustratos con pH entre 5,4 a 5,8 y con buen drenaje (Antoniazzi, 2007). Todos los sustratos utilizados en el ensayo se encontraban con un pH entre 5,4 a 5,6 y con una porosidad mayor al 80%. Además, la conductividad eléctrica de todos los sustratos fue menor a 1dS m^{-1} . Estas condiciones químicas y físicas parecen haber sido suficientemente adecuadas como para que todas las plantas logren similares resultados, igualando inclusive al sustrato local y al comercial.

Ensayo con petunia (*Petunia hybrida* var. *White*). El sustrato 1(1C:1P:1T) presentó el menor valor promedio en el número de flores (Tabla 5). Para el resto de los tratamientos no se encontraron diferencias significativas. En el número de pimpollos, las plantas del sustrato 4 (2C:1P:2T) y 5 (2C:2P:1T) no se diferenciaron ($p < 0,05$) entre sí, pero las del sustrato 4 superaron significativamente a las plantas de los restantes sustratos (Tabla 5).

Para la masa seca aérea no hubo diferencias entre las plantas de los sustratos 1(1C:1P:1T), 2, (2C:1P:1T), 4 (2C:1P:2T) y 5 (2C:2P:1T) comercial y local, pero las plantas de los sustratos 1, 4 y comercial se diferenciaron superando a los sustratos 3, (1C:2P:2T), 6 (1C:4P:2T) y 7 (2C:4P:1T). Las plantas de los sustratos 1, 2 y 4 presentaron mayor masa radicular ($p < 0,05$) que las de los sustratos 6 y 7 (Tabla 5).

Los sustratos 1(1C:1P:1T), 2, (2C:1P:1T), 4 (2C:1P:2T) y 5 (2C:2P:1T) fueron los de mayor valor absoluto en la mayoría de las variables.

En ensayos realizados por Vendrame *et al.* (2005), con diferentes mezclas formuladas con compost, turba, perlita y vermiculita, no se encontraron diferencias en la masa seca radicular de las petunias. En cambio, la masa seca aérea incrementó con el aumento del compost en la mezcla ya que éste aportó mayor contenido de sales. James & Van lersel (2001) también realizaron ensayos con petunias en diferentes sustratos y con diferentes concentraciones de fertilizante; los resultados fueron a favor de los tratamien-

Tabla 4. Promedio de la longitud (Long.) del tallo, N° de pimpollos (Pimp.), N° de flores, masa seca aérea (MSA) y radicular (MSR) de las plantas de pensamiento (*Viola tricolor*) de cada tratamiento.

Table 4. Average stem length (Long.), number of flowers buds (Pimp.) and number of flowers, aerial (MSA) and root (MSR) dry mass of the plants of pansies (*Viola tricolor*) from each treatment.

Sustratos	Long. del tallo (cm)		N° de pimp.		N° de flores		MSA (g)		MSR (g)	
1	21,70 ± 3,03*	C	1,20 ± 0,84	a	0,20 ± 0,45	a	1,18 ± 0,34	a	0,20 ± 0,04	a
2	31,10 ± 3,26	Ab	1,40 ± 0,84	a	0,20 ± 0,45	a	1,39 ± 0,21	a	0,20 ± 0,04	a
3	27,10 ± 2,54	Abc	1,60 ± 0,89	a	1,00 ± 0,00	a	1,38 ± 0,10	a	0,16 ± 0,03	ab
4	24,40 ± 4,85	Bc	1,40 ± 0,84	a	0,60 ± 0,89	a	1,42 ± 0,27	a	0,16 ± 0,04	ab
5	29,80 ± 4,82	Ab	1,00 ± 0,89	a	0,80 ± 0,93	a	1,38 ± 0,31	a	0,15 ± 0,06	ab
6	32,10 ± 3,71	Ab	0,80 ± 0,89	a	1,00 ± 0,96	a	1,55 ± 0,35	a	0,18 ± 0,04	ab
7	32,90 ± 3,06	A	1,20 ± 0,84	a	0,80 ± 0,45	a	1,33 ± 0,20	a	0,19 ± 0,03	a
Comercial	29,20 ± 3,27	Abc	1,20 ± 0,84	a	0,60 ± 0,55	a	1,38 ± 0,32	a	0,13 ± 0,02	b
Local	28,30 ± 3,96	Abc	1,00 ± 0,85	a	0,40 ± 0,89	a	1,31 ± 0,29	a	0,18 ± 0,04	ab

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$). *Se indican valores de las variables ± desvío estándar.

Tabla 5. N° de pimpollos (Pimp.), N° de flores, Masa seca aérea (MSA) y radicular (MSR) de las plantas de petunia (*Petunia hybrida*) de cada tratamiento.

Table 5. Number of flowers buds (Pimp.), number of flowers, Aerial (MSA) and root (MSR) dry mass of the plants of petunia (*Petunia hybrida*) from each treatment.

Sustratos	N° de pimp.	N° de flores	MSA (g)	MSR (g)
1	1,20±0,45* b	0,20±0,45 b	1,96±0,45 a	0,13±0,05 a
2	1,00±0,71 b	0,80±0,45 a	1,68±0,33 abc	0,12±0,05 ab
3	1,00±0,00 b	1,00±0,00 a	1,38±0,20 bc	0,07±0,01 cd
4	1,80±0,45 a	0,80±0,45 a	1,85±0,17 a	0,11±0,02 abc
5	1,40±0,55 ab	1,00±0,71 a	1,71±0,23 abc	0,09±0,02 bcd
6	1,20±0,45 b	1,00±0,00 a	1,36±0,23 bc	0,07±0,02 d
7	1,00±0,00 b	1,00±0,00 a	1,30±0,17 c	0,06±0,01 d
Comercial	1,00±0,00 b	1,00±0,00 a	1,88±0,26 a	0,09±0,03 bcd
Local	1,20±0,45 b	0,80±0,45 a	1,73±0,37 ab	0,08±0,02 cd

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$). *Se indican valores de las variables \pm desvío estándar.

tos con mayor fertilización independientemente del sustrato. Esto indica, que cuando las plantas de petunia se desarrollan en un sustrato con propiedades físicas y químicas favorables, como las mezclas evaluadas, la diferencia en el mayor desarrollo radicular o aéreo de la planta va a ser aportado por una correcta fertilización. En el ensayo realizado todas las plantas fueron fertilizadas con la misma dosis en base a los requerimientos recomendados en la bibliografía. Por tal motivo, el desarrollo de las plantas fue similar, ya que las plantas con mayor masa seca aérea y radicular tuvieron solo 0,66 g y 0,07 g más respectivamente, que las plantas que lograron menor masa seca aérea y radicular.

Ensayo con coral (*Salvia splendens* var. *rojo*). No se encontraron diferencias significativas en la longitud del tallo entre tratamientos. El diámetro de los tallos fue significativamente mayor en las plantas de los sustratos 1(1C:1P:1T) y 2, (2C:1P:1T), los cuales superaron significativamente al sustrato local y comercial (Tabla 6).

Para la variable masa seca aérea las plantas de los sustratos 1(1C:1P:1T), 2, (2C:1P:1T), 3 (1C:2P:2T), 5 (2C:2P:1T) y 7 (2C:4P:1T) no se diferenciaron ($p < 0,05$) entre sí; las plantas del sustrato 3 tuvieron mayor masa y se diferenciaron de las del sustratos 4 (2C:1P:2T), 6, (1C:4P:2T), local y comercial. El sustrato local presentó la menor masa radicular

Tabla 6. Promedio de la longitud (Long.) y diámetro (Díam.) del tallo, masa seca aérea (MSA) y radicular (MSR) de las plantas coral (*Salvia splendens*) de cada tratamiento.

Table 6. Average stem length (Long.) and diameter (Díam.), aerial (MSA) and root (MSR) dry mass of the plants of coral (*Salvia splendens*) from each treatment.

Sustratos	Long. del tallo (cm)	Díam. del tallo (cm)	MSA (g)	MSR (g)
1	11,00±0,33* a	5,40±0,14 a	2,43±0,31 abcd	0,86±0,13 ab
2	10,90±0,30 a	5,38±0,28 a	2,53±0,25 abc	0,75±0,05 ab
3	10,70±0,96 a	5,36±0,19 ab	2,74±0,38 a	0,76±0,18 ab
4	10,60±0,93 a	5,34±0,17 ab	2,35±0,30 bcd	0,81±0,08 ab
5	10,40±0,69 a	5,30±0,13 ab	2,60±0,23 ab	0,89±0,13 a
6	10,30±0,55 a	5,28±0,05 ab	2,16±0,11 cd	0,73±0,13 ab
7	10,30±0,29 a	5,20±0,16 ab	2,60±0,25 ab	0,83±0,04 ab
Comercial	10,00±0,69 a	5,08±0,20 bc	2,10±0,25 d	0,85±0,11 ab
Local	9,90±0,73 a	4,88±0,32 c	2,08±0,26 d	0,70±0,13 b

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$). *Se indican valores de las variables \pm desvío estándar.

en valores absolutos, pero no se encontraron diferencias significativas con el resto de los tratamientos, excepto con el sustrato 5 (2C:2P:1T). (Tabla 6).

Para la mayoría de las variables evaluadas las plantas de los sustratos 2 (2C:1P:1T), 3 (1C:2P:2T), 5 (2C:2P:1T) y 7 (2C:4P:1T) tuvieron los mayores valores absolutos, aunque estadísticamente no hubo un sustrato que se destaque de los demás, ya que todos aportaron a las plantas las condiciones adecuadas para su desarrollo.

Selección y propuesta de un sustrato formulado

Teniendo en cuenta los sustratos que tuvieron mayor valor absoluto en cada variable evaluada por ensayo, es posible verificar que los sustratos 1(1C:1P:1T), 2, (2C:1P:1T), 4 (2C:1P:2T) y 5 (2C:2P:1T) fueron los mejores en los tres ensayos con plantas. Por otra parte, con el sustrato 3 (1C:2P:2T) no se obtuvieron elevados valores absolutos en el ensayo con plantas de petunia, pero si fue un sustrato que proporcionó condiciones para lograr elevados valores en el ensayo con plantas de coral y de pensamiento.

En la Figura 1 se presenta un gráfico biplot conformado por dos componentes principales que explican el 95% de la variabilidad de los datos (la CP1 explicó el 63% y la CP2 el 32%).

La CP1 separó dos grupos, por un lado, las mezclas que contenían mayor PA, T1 y T2 y, por el otro, las que contenían mayor CRA, T3, EPT y Dap. La CP2 separó por un lado las mezclas con mayor Dap., T1 y CRA y, por el otro, las mezclas con mayor EPT, T3, T2 y PA. Las variables que se destacaron en la CP1, la cual explicó la mayor variabilidad, fueron PA, con el coeficiente negativo más alto y la CRA, con el coeficiente positivo más alto. Se deduce entonces que el porcentaje de PA y CRA fueron las dos propiedades que diferenciaron las mezclas que obtuvieron mayores valores en cada variable.

Los sustratos 1(1C:1P:1T), 2, (2C:1P:1T), 3 (1C:2P:2T), 4 (2C:1P:2T) y 5 (2C:2P:1T) presentaron, un mayor porcentaje de CRA y menor contenido de PA que los sustratos 6(1C:4P:2T) y 7 (2C:4P:1T). También contenían mayor porcentaje de partículas < 1 mm y menor porcentaje de partículas > 3 mm con respecto a los sustratos 6 (1C:4P:2T) y 7 (2C:4P:1T). Estas características, probablemente facilitaron el desplazamiento de las partículas más pequeñas que se acomodaron en los espacios existentes entre las partículas más grandes, disminuyendo levemente la PA y aumentando la CRA, tal como fue observado por Fernández & Corá (2004).

Este resultado coincide con lo expuesto por Verdonck *et al.* (1983) quien aclara que unas de las propiedades físicas

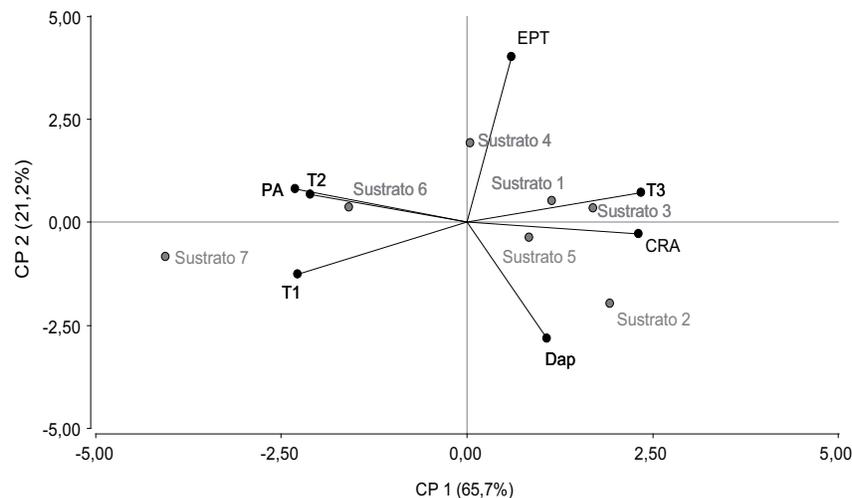


Figura 1. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de las variables porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), entre 3,35 - 1mm (T2), <1 mm (T3), densidad aparente (Dap), espacio poroso total (EPT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA) de los sustratos formulados evaluados.

Figure 1. Biplot consists of two components (CP1 and CP2) generated by the linear combination of the variables percentage of particle size >3.35 mm (T1), between 3.35 - 1 mm (T2), <1 mm (T3), bulk density (Dap), total pore space (EPT), porosity of air (PA), water holding capacity (CRA) of the substrates formulated tested.

más importantes es la relación agua/aire. Todas las mezclas superaron el porcentaje óptimo de aireación (20%-30%), en cambio se encontraron dentro del rango óptimo de retención de agua (24%-40%). Sin embargo, los sustratos con menor PA y mayor CRA, tuvieron un mejor equilibrio entre los poros con agua y con aire permitiendo un mejor desarrollo de las plantas. Los resultados sugieren que al formular un sustrato no se debería superar el 50% de PA y que los valores de CRA no deberían ser inferiores al 35%, ya que las mezclas que no cumplieron con estos requisitos (Sustrato 6 y 7) fueron las que tuvieron el menor desarrollo de los cultivos.

Resultados similares se observaron en ensayos realizados por Yahya *et al.* (2010) quienes evaluaron el desarrollo de plantas de *Celosia cristata* trasplantadas en sustratos formulados con fibra de coco, perlita, fibra de kenaff y cáscara de arroz. Las plantas con mayor altura, diámetro, tamaño de flores y área foliar fueron obtenidas en los sustratos formulados con fibra de coco puro o mezclado con 30% de perlita, fibra de kenaff o cáscara de arroz. Los autores atribuyeron este resultado a la favorable PA y alta CRA (13%-28% y 36%-61% respectivamente) de estos sustratos. Vendrame *et al.* (2005) obtuvieron plantas de petunia (*Petunia hybrida*), copetes (*Tagetes erecta* L), alegría del hogar (*Impatiens* sp) y margaritas (*Chrysanthemum* sp) con mayores masas secas aéreas en aquellos sustratos formulados con vermiculita, turba, perlita y mayores porcentajes de compost de biosólidos + restos de poda. En este caso, el porcentajes de PA disminuyó y la CRA aumentó, favoreciendo la relación agua/aire.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con las tres especies florales indican que los sustratos 1(1C:1P:1T), 2, (2C:1P:1T), 3 (1C:2P:2T), 4 (2C:1P:2T) y 5 (2C:2P:1T) presentaron las mejores características para ser utilizados como sustrato alternativo sin suelo. Estos sustratos presentaron una relación agua/aire más equilibrada, con valores de PA menor a 50% y de CRA superiores a 35%. Por lo tanto, es posible afirmar que fue posible desarrollar varios sustratos de adecuada propiedades para el cultivo de plantas florales en macetas a partir de la mezcla de la turba subtropical, la pinocha y la corteza de pino compostada.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos la colaboración de MA Karlanián y R Pitarch en los análisis de los sustratos y ensayos con plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M; PF. Martínez; MD. Martínez & J. Martínez. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Hort.* 11: 141-154.
- Abad, M; P. Noguera & S. Burés. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technol.* 77: 197-200.
- Abad, M; P. Noguera & C. Carrion. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *En: Urrestarazu Gavilan M. (ed).* Tratado de cultivo sin suelo. Pp. 113-158. Mundi prensa. España.
- Ansorena Miner, J (ed). 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid. 172 pp.
- Antoniazzi, L. 2007. El cultivo de la Viola. *Rev. Hort.* 199: 44-47.
- Awang, Y; AS Shaharom; RB Mohamad; A Selamat. 2010. Growth dynamics of *Celosia cristata* grown in cocopeat, burnt rice hull and Kenaf core fiber mixtures. *Amer. J. Agric. Biolog. Sci.* 5: 70-76.
- Barbaro, LA; MA Karlanián; S Imhoff & DE Morisigue. 2011. Caracterización de la turba subtropical del departamento Islas del Ibicuy (Entre Ríos, Argentina). *Agriscientia* 28(2): 137-145.
- Bhat, N; A Mohammed, S Majda, T Binson, G Preetha & IA Sasini. 2013. Growing Substrate Composition Influences Growth, Productivity and Quality of Organic Vegetables. *Asian J. Agric. Sci.* 5(4): 62-66.
- Bunt, AC (ed). 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman. London. 309 pp.
- Burés, S (ed). 1997. Sustratos. Agrotecnias. Madrid. 342 pp.
- Bustamante, MA; C Paredes; R Moral; E Agulló; MD Pérez-Murcia; M Abad. 2008. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production. *Res. Conserv. Recycling* 52: 792-799.
- Cabrera, RI. 2003. Fundamentals of Container media management, part 1. Physical properties. Rutgers Cooperative Extension. New Jersey Agricultural Experiment Station. FS812. Fact sheet. 4pp.
- Danaher, JJ; JM Pickens; JL Sibley; JA Chappell; TR Hanson & CE Boyd. 2013. Petunia Growth Response to Container Substrate Amended with Dewatered Aquaculture Effluent. *Hort Technology* 23(1): 57-63.
- De Boodt, M; O Verdonck & J Cappaert. 1974. Methods for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37: 2054-2062.
- Di Benedetto, A & A Pagani. 2012. Difficulties and Possibilities of Alternative Substrates for Ornamental Bedding Plants: An Ecophysiological Approach. *En: Draguhn, C & N Ciarimboli (eds).* Peat: Formation, Uses and Biological Effects. Pp. 1-34. Nova Science Publishers, Inc.

- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2009. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>. 10/06/2013
- Fermino, MH. 2003. Métodos de análisis para caracterización física de sustratos para plantas. Tesis doctoral, Universidad Federal de Rio Grande Do Sul. Puerto Alegre. Brasil.
- Fernández, C & JE Corá. 2004. Densidade e relação ar/agua de sustratos hortícolas. *Sci. Agric.* 61: 446-450.
- Handreck, K & N Black (eds). 2002. Growing media for ornamental plants and turf. Third edition. A UNSW Press book. Australia. 542 pp.
- James, E & M Van Iersel. 2001. Ebb and Flow Production of Petunias and Begonias as Affected by Fertilizers with Different Phosphorus Content. *Hortscience* 36: 282-285.
- Kämpf, NA (ed). 2005. Produção comercial de plantas ornamentais. Agro livros. 254pp.
- Kandus, P; A Malvárez & N Madanes. 2003. Estudio de las comunidades de plantas herbáceas de las islas bonaerenses del bajo delta del río Paraná (Argentina) Buenos Aires, Argentina. *Darwiniana* 41: 1-16.
- Landis, TD & N Morgan. 2009. Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. USDA Forest Serv. Proceed. RMRS-P 58: 26-31.
- 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.
- Lemaire, F; A Dartigues; L Riviere; S Charpentier & P Morel (eds). 2005. Cultivos en macetas y contenedores: Principios agronómicos y aplicaciones. Mundi-Prensa. Madrid. 110 pp.
- Malvárez, AI. 1999. El Delta del río Paraná como mosaico de humedales. *En: Malvárez AI (ed). Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. Pp. 35-55. Oficina regional de ciencia y tecnología de la UNESCO para América latina y el Caribe. UBA.
- Raviv, M & JH Lieth (eds). 2008. Soilless culture: theory and practice. Elsevier.
- Valenzuela, OR; CS Gallardo & MI Rode. 2004. Caracterización de algunos materiales clásicos utilizados en la formulación de sustratos. II Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales. INTA. 200-202 pp.
- Vence, LB; OR Valenzuela; HA Svartz & ME Conti. 2013. Elección del sustrato y manejo del riego utilizando como herramienta las curvas de retención de agua. *Revista Cienc. Suelo (Argentina)* 31(2): 153-164.
- Vendrame, AW; I Manguirre & KK Moore. 2005. Growth of selected bedding plants as affected by different compost percentages. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 118: 368-371.
- Verdonck, O; R Penninck & M De Boodt. 1983. The physical properties of different horticultural substrates. *Acta Hortic.* 150: 155-160.
- Yahya, A; SS Anieza; RB Mohamad & S Ahmad. 2010. Growth Dynamics of *Celosia cristata* Grown in Cocopeat, Burnt Rice Hull and Kenaf Core Fiber mixtures. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 5(1): 70-76.