

CENIZA VOLCÁNICA COMO ALTERNATIVA A LA PERLITA EN LA FORMULACIÓN DE SUSTRATOS PARA PLANTINES FLORALES

LORENA ALEJANDRA BARBARO^{1*}; VICTORIA ILLA HEALY²; MÓNICA ALEJANDRA KARLANIÁN¹
& ARIEL MAZZONI³

Recibido: 06-10-14

Recibido con revisiones: 02-05-15

Aceptado: 04-05-15

RESUMEN

Los componentes utilizados para la formulación de sustratos pueden ser orgánicos o inorgánicos; entre estos últimos, la perlita expandida es uno de los más utilizados. Pero tiene algunas desventajas: proviene de un recurso no renovable, no es biodegradable, pierde estabilidad granulométrica y su costo es alto. Consecuentemente, se buscan alternativas para su reemplazo. En junio del 2011, el volcán Puyehue expulsó grandes cantidades de cenizas, y entre sus posibles usos, resultó ser viable como componente de sustratos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar a la ceniza volcánica (CV) como alternativa a la perlita expandida (PE) mediante sus respectivos análisis, formulación de sustratos con 20% o 50% de estos materiales con turba *Sphagnum* y el desarrollo de plantines de pensamiento (*Viola tricolor* L.) y de alegría del hogar (*Impatiens walleriana* Hook.f.) en cada sustrato formulado. A cada material y sustrato se midió el pH, la conductividad eléctrica (CE), densidad aparente (dap) porosidad de aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA) y porosidad total (EPT). A los plantines de cada especie se determinó la masa seca aérea y radical. Ambos materiales (PE y CV) se destacaron por tener una CE baja (0,01 y 0,02 dS m⁻¹) y un alto porcentaje de PA (63% y 55%), la ceniza volcánica presentó mayor densidad que la perlita. Los sustratos formulados con la misma proporción de PE o de CV no se diferenciaron en la mayoría de las propiedades evaluadas. En los sustratos con 20% de PE o de CV se observó mayor desarrollo de plantines. Por consiguiente, se considera que es viable el uso de la ceniza volcánica como alternativa al uso de la perlita expandida para formular sustratos.

Palabras clave. Material piroclástico, contenedor, pensamiento, alegría del hogar.

VOLCANIC ASH A AN ALTERNATIVE TO PERLITE IN THE FORMULATION OF SUBSTRATES FOR FLORAL SEEDLINGS

ABSTRACT

The components used in the formulation of substrates can be organic or inorganic. Among the latter, expanded perlite is most frequently used but it presents disadvantages such as it not being a renewable resource, its lack of biodegradability and its loss of granulometric stability, as well as its high cost. Consequently, alternatives are sought for replacement. In June 2011, the Puyehue volcano expelled large amounts of ash that proved to be viable as substrate component. Therefore, the aim of this study was to evaluate the volcanic ash (VC) as an alternative to expanded perlite (EP). Both materials were analyzed for their chemical and physical characteristics and substrates were formulated with 20% or 50% of these materials with *Sphagnum* peat, and seedlings of pansy (*Viola tricolor* L.) and impatiens (*Impatiens walleriana* Hook.f.) were grown on each substrate. For each material and substrate pH, electrical conductivity (EC), bulk density (dap.) air porosity (PA), water holding capacity (CRA) and total porosity (EPT) was analyzed. Aerial and root dry mass was measured on each species. Both materials (PE and VC) were characterized by presenting a low EC (0.01 and 0.02 dS m⁻¹) and a high percentage of PA (63% and 55%); volcanic ash showed more density than perlite. The substrates formulated with the same ratio of PE or VC did not differ in most of the evaluated properties. Seedlings grown on substrates with 20% PE or VC presented more dry matter than those grown on substrates with 50% PE or VC. The use of volcanic ash showed to be a good alternative to the use of expanded perlite in formulated substrates.

Key words. Pyroclastic material, container, pansies, impatiens.

¹ Instituto de Floricultura - INTA

² Universidad de Morón, Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias

³ INTA-EEA Bariloche

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

INTRODUCCIÓN

El sustrato para plantas 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).

La mezcla formulada para obtener el sustrato debe tener las proporciones adecuadas de cada material, de lo contrario, el crecimiento de la planta podría verse afectado por: asfixia debido a la falta de oxígeno, deshidratación por falta de agua, exceso o carencia de nutrientes (Lemaire *et al.*, 2005; Raviv & Lieth, 2008).

Según Normann Kampf *et al.* (2006) el sustrato es una mezcla compuesta por uno o más materiales básicos, complementos y aditivos. Los complementos tienen por finalidad mejorar las propiedades de los materiales básicos y los aditivos, tienen funciones más definidas, pueden ser fertilizantes, humectantes, aceleradores de crecimiento, microorganismos, entre otros.

Los componentes utilizados para la formulación de sustratos pueden ser orgánicos o inorgánicos (Burés, 1997), dentro de éstos últimos, la perlita expandida es uno de los materiales más utilizados mundialmente. Es empleada en la formulación de sustratos como material básico o complemento.

La perlita natural es un silicato aluminico de origen volcánico, que recibe un tratamiento industrial donde se fragmenta el material en partículas pequeñas, se precalienta a 300–400 °C y se deposita en hornos a 1000 °C, convirtiendo el material original en un material liviano (perlita expandida) debido a la evaporación del agua atrapada en su interior (Abad *et al.*, 2004; Burés, 1997). Presenta una estructura celular cerrada, debido a que contiene un alto porcentaje de poros cerrados al exterior. Su superficie es rugosa, lo que le permite retener agua en la superficie además del agua retenida en los poros internos (Bunt, 1988).

En la producción hidropónica, donde la solución nutritiva atraviesa el sustrato por percolación o subirrigación, la perlita expandida es un material utilizado en forma pura para producir en sacos de cultivo (Acuña *et al.*, 2013) u otro tipo de contenedor, plantas hortícolas como tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), pepino (*Cucumis sativus* L.) (Hochmuth & Hochmuth, 1996), sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) (Bonachela *et al.*, 2005), zanahoria (*Daucus carota* L.) (Asaduzzaman *et al.*, 2013) o florícolas como clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) (Baas, 1991) y rosa (*Rosa*

sp) (Maloupa *et al.*, 1999). También es utilizada en la producción semi-hidropónica, mezclada con uno o más materiales, cuyo sustrato actúa como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos (Abad *et al.*, 2004). Por ejemplo, sustratos formulados con porcentajes de turba *sphagnum*, fibra de coco, vermiculita, compost de corteza de pino y perlita expandida (50+0+25+0+25 y 0+50+25+0+25) comparados con otras formulaciones sin perlita expandida (40+0+30+30+0, 0+40+30+30+0, 50+0+0+50+0, 0+50+0+50+0) lograron plantas de *Dieffembachia maculata* con mayor masa aérea y radical (Stamps & Evans, 1997). Como también, sustratos formulados con turba *Sphagnum*, compost de residuos de algodón y perlita expandida (1:1:2 o 1:1,5:2,5v/v) comparados con un sustrato formulado con turba *Sphagnum* y perlita (1:1v/v), obtuvieron mayor desarrollo y calidad de plantas de crisantemo (*Chrysanthemum* sp.) (Papafotiou *et al.*, 2001).

El uso de perlita expandida como complemento, en general, es por el aporte de aireación en las formulaciones de sustratos. En este sentido, Evans & Gachukia (2007) analizaron sustratos formulados con turba *Sphagnum* y 20%, 30%, 40%, 50% y 60% de perlita expandida o cáscara de arroz carbonizado, y observaron que el porcentaje de poros con aire (v/v) aumentó de 9,5 a 12,7% y de 11,5 a 37,8% respectivamente. Asimismo, Evans (2011) analizó sustratos formulados con turba *sphagnum* y 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de perlita expandida o cáscara de arroz carbonizado o residuos de vidrio, observando también un incremento del porcentaje de poros con aire (v/v) de 13,7% a 18,5%, 16,5 a 26,5% y 11 a 19,7% respectivamente, al aumentar el porcentaje de cada material evaluado en el sustrato.

La perlita expandida si bien tiene beneficios, como ser un material inerte, de baja capacidad de intercambio catiónico (1,5 a 2,5 meq 100g⁻¹), que no se descompone biológica o químicamente, no contiene microorganismos por su proceso de obtención y es de baja densidad (Burés, 1997; Abad *et al.*, 2004), posee algunas desventajas, entre las que se destacan: proviene de un recurso no renovable, no es biodegradable y requiere de un alto costo de energía para su proceso de obtención (Torrellas *et al.*, 2012); pierde estabilidad granulométrica, con consiguiente reducción de la aireación (Orozco & Marfà, 1995) y en los últimos años su costo fue incrementando (Owen *et al.*, 2013). Por lo tanto, se buscan alternativas para reemplazar a la perlita expandida.

La ceniza volcánica es un material piroclástico cuya granulometría depende de la energía liberada durante la erupción, y es el producto de la fragmentación y trituración del magma y de la roca encajonante durante erupciones de carácter explosivo (Colombo & Martí, 1992; Mazzoni, 1986). En junio del 2011, la erupción del complejo volcánico Puyehue - Cordón Caulle expulsó a la atmósfera grandes cantidades de cenizas que cubrieron amplias extensiones de la Argentina, por lo que actualmente se están evaluando diferentes tipos de usos. Una alternativa es emplearla como componente de sustratos para plantas. En este sentido, Barbaro *et al.* (2014) analizaron diferentes muestras de cenizas volcánicas recolectadas en la zona afectada y elaboraron sustratos formulados con turba *Sphagnum* y 20% o 50% de ceniza fina, media o gruesa para evaluar el desarrollo de plantas de coral (*Salvia splendens* L.). Como resultado, los análisis de las muestras recolectadas mostraron propiedades físicas y físico-químicas adecuadas y todas las plantas desarrolladas en los sustratos formulados fueron de calidad. La ceniza volcánica se destacó por presentar una alta porosidad de aireación, por consiguiente, podría ser un material alternativo al uso de perlita expandida.

En base a lo mencionado, el objetivo de este trabajo fue evaluar a la ceniza volcánica proveniente de la erupción del volcán Puyehue como alternativa a la perlita expandida mediante sus respectivos análisis, formulación de sustratos con 20% o 50% de estos materiales con turba *Sphagnum* y el desarrollo de plantines de pensamiento (*Viola tricolor* L.) y de alegría del hogar (*Impatiens walleriana* Hook f.) en cada sustrato formulado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Componentes utilizados para formular los sustratos evaluados

• Perlita expandida

Se utilizó una perlita expandida comercial, marca Perlome®. Los porcentajes granulométricos fueron, 6% de partículas mayores a 3,35 mm, 71% de partículas de entre 3,35 y 1 mm y 23% de partículas menores a 1 mm.

• Ceniza volcánica

Se realizó una mezcla 1:1(v/v) de ceniza fina y gruesa, ambas recolectadas en Brazo Rincón (Neuquén) (S 40°43'31" O 71°47'01" 776 m snm). La ceniza fina tenía 8% de partículas mayores a 3,35 mm, 83% de partículas de entre 3,35 y 1 mm

y 9% de partículas menores a 1 mm. La ceniza gruesa tenía 37% de partículas mayores a 3,35mm, 59% de partículas de entre 3,35 y 1 mm y 4% de partículas menores a 1 mm. Al mezclar ambas, los porcentajes granulométricos fueron, 21% de partículas mayores a 3,35 mm, 74% de partículas de entre 3,35 y 1 mm y 5% de partículas menores a 1 mm.

• Turba *Sphagnum*

Se utilizó una turba comercial, marca Klasmann®. Sus propiedades fueron: pH de 3,43; conductividad eléctrica de 0,49 dS m⁻¹; densidad aparente de 74 kg m⁻³; porosidad de aireación de 33%; capacidad de retención de agua de 62% y espacio poroso total de 95%.

Sustratos formulados

Las formulaciones se realizaron en volumen y fueron las siguientes: 1) 20% de ceniza + 80% de turba *Sphagnum*, 2) 50% de ceniza + 50% de turba *Sphagnum*, 3) 20% de perlita expandida + 80% de turba *Sphagnum*, 4) 50% de perlita expandida + 50% de turba *Sphagnum*.

Se elaboraron 50 litros de cada sustrato formulado y se guardó en una bolsa de polietileno negra. Los sustratos formulados tenían valores de pH entre 3,5 y 4. Consecuentemente, se debió corregir con la incorporación de 2 g de dolomita por litro, mezclando una vez por semana durante un mes, momento en que se estabilizó y llegó a los valores adecuados (5,5 a 6,3) (Handreck & Black, 2002).

Análisis físicos y físico-químicos

Se analizaron las muestras de ceniza volcánica, perlita expandida, turba *Sphagnum* y los sustratos formulados de la siguiente manera: se pasó todo el material a través de un tamiz con una malla de 20 mm x 20 mm. Luego se mezcló y se trazaron dos líneas oblicuas a cada lote tomando 2 litros de dos cuartos opuestos, conformando una submuestra de 8 litros.

En cada submuestra se ajustó el porcentaje de humedad (% peso) a un 50% (± 2) y se analizaron los siguientes parámetros por triplicado en el laboratorio de sustratos y aguas del Instituto de Floricultura (Lab SyA (IF)): Densidad aparente, con el método Hofmann (Fermino, 2003); espacio poroso total, capacidad de retención de agua y porosidad de aire, con el método de De Boodt mediante los lechos de arena (De Boodt *et al.*, 1974); pH y conductividad eléctrica (CE) en una relación 1+5 vol/vol de sustrato/agua (Barbaro *et al.*, 2011).

Ensayo con plantas

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

Se realizaron dos ensayos, uno con pensamiento (*Viola tricolor* L.) var. yellow y otro con alegría del hogar (*Impatiens walleriana* Hook.f.) var. Accent White. Cada ensayo consistió en cuatro tratamientos (sustratos formulados) y tres repeticiones por tratamiento. La unidad experimental estaba conformada por cuatro macetas. La maceta era termoformada bicolor de 10 cm de diámetro (377 cm³), en la que se llenó con el sustrato correspondiente, se trasplantó un plantín y se colocó sobre una mesada de 1m de altura en un invernáculo. El diseño experimental fue completamente aleatorizado.

Se fertilizó dos veces por semana colocando 50 mL por maceta de la solución madre. Las dosis para preparar la solución madre fueron de 50 mg L⁻¹ de NPK en la primer semana, 100 mg L⁻¹ de NPK en la segunda y tercer semana, 150 mg L⁻¹ de NPK en la cuarta quinta semana y 200 mg L⁻¹ de NPK en las restantes semanas hasta finalizar el ensayo con el fertilizante 18-18-18 (Hakaphos®). El riego se realizó con agua de pozo con un pH de 7,7 y conductividad eléctrica de 0,75 dS m⁻¹.

El ensayo con pensamiento inició el 16/05/14 y finalizó el 29/07/14. El ensayo con alegría del hogar inició el 16/06/14 y finalizó el 30/07/14. Ambos ensayos finalizaron cuando más del 50% de las plantas cubrieron la maceta y abrieron su primera flor. En ese momento, se midió la masa seca y fresca de la parte aérea y radical de las plantas de cada planta.

Análisis estadísticos

Con los datos obtenidos de los análisis físicos y físico-químicos realizados a la perlita expandida, ceniza volcánica y sustratos formulados, como también de los ensayo con plantas, se realizó un análisis de varianza y Test de Tukey (P < 0,05) para comparación de medias. El software estadístico utilizado fue el programa InfoStat versión 2009 (Di Rienzo *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físicos y físico-químicos de la perlita expandida y ceniza volcánica

En general el pH (Tabla 1) de la perlita expandida es neutro (6,5-7,2) (Burés, 1997), por lo que el valor obte-

nido se encontró dentro de lo esperado. El pH de la ceniza volcánica tuvo un valor que coincidió con los obtenidos por Barbaro *et al.* (2014), cuyos valores oscilaron entre 5,7 a 7,2. En esta variable hubo diferencias significativas entre ambos materiales (P < 0,0001).

La conductividad eléctrica (CE) (Tabla 1), si bien hubo diferencias entre los materiales (P < 0,0001), fue muy baja en ambos. En consecuencia, esto permite que se puedan manejar las concentraciones de nutrientes minerales según los requerimientos del cultivo sólo mediante la fertilización si se los emplea en forma pura (Landis *et al.*, 2000).

La densidad aparente (Tabla 1) fue más alta en la ceniza volcánica, diferenciándose de la perlita expandida (P < 0,0001). Pero igualmente ambos materiales tuvieron una densidad adecuada (< 400 kg m⁻³ (Abad *et al.*, 2001)), lo que facilitaría su manejo.

En cuanto a la porosidad de aire, capacidad de retención de agua y espacio poroso total (Tabla 1), hubo diferencia estadística entre los materiales (P < 0,0001). Ambos materiales tuvieron una porosidad de aire elevada, teniendo en cuenta que el valor óptimo se considera entre 20 a 30% (Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2004).

En base a los análisis realizados, se puede concluir que ambos materiales aportarían porosidad de aire al sustrato y no participarían en la nutrición del cultivo. Se debería tener en cuenta que al emplear ceniza volcánica en la formación del sustrato, este será más pesado que el elaborado con perlita expandida.

Análisis físicos y físico-químicos de los sustratos formulados

En cuanto a los análisis físico-químicos, el pH (Tabla 2) de los sustratos formulados con 20% de ceniza volcánica o perlita expandida se encontró dentro del rango óptimo para la mayoría de las especies cultivadas en sustratos (5,5 a 6,3) (Handreck & Black, 2002), los

Tabla 1. pH, conductividad eléctrica (CE), densidad aparente (Dap.), porosidad de aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA), espacio poroso total (EPT) de la perlita expandida y ceniza volcánica evaluada.

Table 1. pH, electrical conductivity (CE), bulk density (Dap.), porosity of air (PA), water holding capacity (CRA), total pore space (EPT) of expanded perlite and volcanic ash.

Material	pH	CE (dS m ⁻¹)	Dap. (kg m ⁻³)	PA (%)	CRA (%)	EPT (%)
Perlita expandida	7,11 a	0,02 a	140 b	62 a	32 b	95 a
Ceniza volcánica	5,57 b	0,01 b	240 a	54 b	36 a	91 b

Letras distintas entre materiales indican diferencias significativas según el Test de Tukey (p <= 0,05).

Tabla 2. pH, conductividad eléctrica (CE), densidad aparente (Dap.), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), entre 3,35-1 mm (T2) y <1 mm (T3), porosidad de aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA), espacio poroso total (EPT) de los sustratos formulados.

Table 2. pH, electrical conductivity (CE), bulk density (Dap.), percentage of particle size >3.35 mm (T1), between 3.35-1 mm (T2) and <1 mm (T3), air porosity (PA), water holding capacity (CRA), and total pore space (EPT) of the formulated substrates.

Sustratos	pH	CE (dS m ⁻¹)	Dap. (kg m ⁻³)	PA (%)	CRA (%)	EPT (%)
20%C80%T	5,48 b	0,44 AA	120 b	27 ab	67 a	94 b
50%C50%T	6,75 a	0,26 AC	180 a	40 ab	52 b	92 c
20%P80%T	5,52 b	0,42 Ab	83 d	36 ab	59 ab	95 a
50%P50%T	6,80 a	0,27 Bc	96 c	44 a	51 b	95 a

Letras distintas entre materiales indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

C: ceniza volcánica, P: perlita expandida, T: turba *Sphagnum*.

C: volcanic ash, P: expanded perlite, T: *Sphagnum* peat.

sustratos con 50% de ambos materiales estuvieron cerca del rango superior límite. La CE (Tabla 2) fue baja (<1 dS cm⁻¹) para todos los sustratos formulados según los valores de referencia del Lab SyA (IF) (Barbaro *et al.*, 2014a). Para ambas variables, no se encontraron diferencias significativas entre los sustratos con 20% de perlita expandida o ceniza volcánica y entre los sustratos con 50% de perlita expandida o ceniza volcánica.

Con respecto a las propiedades físicas, todos los sustratos formulados presentaron una densidad (Tabla 2) adecuada (<400 kg m⁻³), pero los sustratos con ceniza volcánica fueron los de mayor densidad. El sustrato que contenía 50% de ceniza volcánica se diferenció de los restantes sustratos ($P < 0,0001$). Según Fermino (2002) la densidad de un sustrato es la primera propiedad física a considerar, como también, que a menor tamaño de contenedor, menor debe ser esta. Asimismo, la densidad está inversamente relacionada con la porosidad, por lo tanto, cuando aumenta, hay una restricción en el crecimiento de raíces de las plantas (Singh y Sinju, 1998). Por consiguiente, los valores de densidad obtenidos en los sustratos formulados serían apropiados para macetas de menor tamaño y no proporcionarían ninguna restricción mecánica del crecimiento de las raíces de las plantas.

El espacio poroso total (Tabla 2) de todos los sustratos fue superior a 80%, valores recomendables para un sustrato (Abad *et al.*, 2001). La porosidad total fue mayor en los sustratos con perlita expandida. Si bien esta propiedad es importante, más aún es conocer como está repartida entre el espacio ocupado por agua y aire (Cabrera, 1999).

Según Bunt (1988) y Abad *et al.* (2004) los valores óptimos de porcentaje de poros con aire se considera entre 20 a 30% y de capacidad de retención de agua, entre 24 a 40%. Consecuentemente, la mayoría de los sustratos formulados superan ambos rangos. No obstante, estos rangos de referencia establecidos no son tan estrictos y deberían ser ajustados de acuerdo a la necesidad de aireación o agua para ciertas especies, el sistema de riego y el tamaño del contenedor empleado (Cabrera, 1999; Vieira Ferraz *et al.*, 2005; Vence, 2008). El sustrato con 20% de ceniza volcánica tuvo el menor valor de porosidad de aire y se diferenció con el que contenía 50% de perlita expandida ($P < 0,0283$). También tuvo el mayor valor de capacidad de retención de agua y se diferenció con los que contenían 50% de perlita expandida o ceniza volcánica ($P < 0,0189$). No se encontraron diferencias entre los sustratos con el mismo porcentaje de ceniza volcánica o perlita expandida en las dos variables mencionadas. En cambio, Evans (2011) al evaluar la incorporación de 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de perlita expandida o residuos de vidrio o cáscara de arroz carbonizada con turba *sphagnum*, obtuvo diferencias entre sustratos con el mismo porcentaje de cada material mencionado al analizar las mismas variables, resultando ser materiales que proporcionan aireación al sustrato pero que no se podría reemplazar uno por el otro empleando el mismo porcentaje. Por el contrario, con la ceniza volcánica y la perlita expandida evaluada esto sí sería posible.

En los análisis realizados, se destaca que al formular un sustrato con la misma proporción de perlita expandida o ceniza volcánica los valores obtenidos en la mayoría de las variables evaluadas no se encontraron diferencias y que

Tabla 3. Masa seca aérea y radical de los plantines de pensamiento (*Viola tricolor*) y alegría del hogar (*Impatiens walleriana*) desarrollados en cada sustrato formulado.

Table 3. Aerial and root dry mass of the seedlings of pansies (*Viola tricolor*) and impatiens (*Impatiens walleriana*) grown on each formulated substrate.

Sustratos	<i>Viola</i>		<i>Impatiens</i>	
	Masa seca aérea	Masa seca radical	Masa seca aérea	Masa seca radical
20%C80%T	2,811 ab	0,347 a	1,025 ab	0,229 a
50%C50%T	2,616 b	0,371 a	0,989 b	0,199 a
20%P80%T	2,913 ab	0,362 a	1,182 a	0,203 a
50%P50%T	3,323 a	0,374 a	0,902 b	0,198 a

Letras distintas entre materiales indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

C: ceniza volcánica, P: perlita expandida, T: turba *Sphagnum*.

C: volcanic ash, P: expanded perlite, T: *Sphagnum* peat.

los sustratos formulados proporcionarían apropiadas condiciones para el crecimiento de las plantas, pero se requiere de la realización de ensayos de crecimiento de plantas para confirmar este supuesto.

Evaluación de los parámetros de crecimiento de los plantines de pensamiento (*Viola tricolor*) y alegría del hogar (*Impatiens walleriana*)

La masa seca aérea de los plantines de pensamiento (Tabla 3) fue mayor en el sustrato con 50% de perlita expandida, diferenciándose con el que tenía 50% de ceniza volcánica ($P < 0,041$). No hubo diferencias entre los sustratos con 20% o 50% de perlita expandida y el sustrato con 20% de ceniza volcánica ($P < 0,041$).

La masa seca aérea de los plantines de alegría del hogar (Tabla 3) fue mayor en los sustratos con 20% de perlita expandida y con 20% de ceniza volcánica, sin diferencias entre ambos. Hubo diferencias entre el sustrato con 20% de perlita expandida y los sustratos con 50% de perlita expandida o ceniza volcánica ($P < 0,049$).

La masa seca radical tanto de las plantas de pensamiento como de alegría del hogar no se diferenció entre los sustratos evaluados ($P < 0,821$ y $P < 0,882$, respectivamente) (Tabla 3).

En base a los resultados obtenidos para la mayoría de las variables de crecimiento evaluadas en ambas especies, en los sustratos con 20% de perlita expandida o ceniza volcánica hubo mayor desarrollo de plantas. Pero teniendo en cuenta que en ensayos realizados con las mismas especies y finalizados bajo condiciones similares, los mejores resultados fueron con los sustratos que lograron plantas de pensamiento con más de 1,2 g de masa seca aé-

rea y 0,2 g de masa seca radical (Barbaro *et al.*, 2014b) y plantines de alegría del hogar con más de 0,7 g de masa seca aérea y 0,1 g de masa seca radical (Barbaro *et al.*, 2013), se podría inferir que todos los sustratos formulados lograron buen desarrollo de plantas, ya que todas las plantas superaron los valores de masa mencionados.

En conclusión, se considera que es viable el uso de la ceniza volcánica como alternativa al uso de la perlita expandida para formular sustratos para maceta. En futuros ensayos sería interesante evaluar a la ceniza volcánica en forma pura en cultivos hidropónicos como reemplazo a la perlita expandida.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M; P Noguera & C Carrion. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu Gavilan M. (ed). Tratado de cultivo sin suelo. 3ra edn. Pp. 113-158. Ed. Mundi Prensa. Barcelona, España. 914pp.
- 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.
- Acuña, RA; S Bonachela; JJ Magán; O Marfà; JH Hernández & R Cáceres. 2013. Reuse of rockwool slabs and perlite grow-bags in a low-cost greenhouse: Substrates physical properties and crop production. *Sci. Hortic.* 160: 139-147.
- Ansorena Miner, J. (ed). 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 172 pp.
- Asaduzzaman, M; Y Kobayashi; MF Mondal; T Ban; H Matsubara; F Adachi & T Asao. 2013. Growing carrots hydroponically using perlite substrates. *Sci. Hortic.* 159: 113-121.
- Baas, R. 1991. Effects of oxygen deficiency on spray carnation (*Dianthus caryophyllus*) grown in artificial substrates. *Acta Hort.* 294: 233-240.

- Barbaro, LA; MA Karlanian; PF Rizzo; NI Riera; V Della Torre; M Beltrán & DE Crespo. 2013. Compost de guano de gallina en la composición de sustratos para la producción de plantines florales. *Agriscientia* 30(1): 25-35.
- Barbaro, LA; MA Karlanian; S Imhoff & DE Morisigue. 2011. Caracterización de la turba subtropical del departamento Islas del Ibicuy (Entre Ríos, Argentina). *Agriscientia* 28(2): 137-145.
- Barbaro, LA; A Mazzoni; MA Karlanian; MN Fernandez & DE Morisigue. 2014a. Cenizas del volcán Puyehue como sustrato para plantas. *Horticultura Argentina* 33 (81): 44-53.
- Barbaro, LA; S Del Carmen Imhoff & DE Morisigue. 2014b. Evaluación de sustratos formulados con corteza de pino, pinocha y turba subtropical. *Ciencia del suelo* 32(2): 149-158.
- Bonachela, S; JA Vargas & RA Acuña. 2005. Effect of increasing the dissolved oxygen in the nutrient solution to above-saturation levels in a greenhouse watermelon crop grown in perlite bags in a Mediterranean area. *Acta Hort.* 697: 25-32.
- Bunt, AC. (ed). 1988. Media and mixes for container-grown plants. Ed. Unwin Hyman. London. 309 pp.
- Burés, S (ed). 1997. Sustratos. Ed. Agrotecnias. Madrid. 342pp.
- Cabrera, RI. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(1): 5-11.
- Colombo, F & J Martí. 1992. Depósitos volcano sedimentarios. En: Arche, A. (ed). Sedimentología I. Ed. CSIC. Pp. 273-547.
- De Boodt, M; O Verdonck & J Cappaert. 1974. Methods for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37: 2054-2062.
- 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>. Último acceso: 10/09/2014.
- Evans, MR & M Gachukia, 2007. Physical Properties of Sphagnum Peat-based Root Substrates Amended with Perlite or Parboiled Fresh Rice Hulls. *HortScience* 17(3): 312-315.
- 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.
- Fermino, MH. 2002. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e sustratos. En: Furlani, AMC; OC Bataglia; MF Abreu; CA Abreu; PR Furlani; J A Quaggio & K Minami (eds). Caracterização, manejo e qualidade de sustratos para produção de plantas. Documentos IAC, 70. Pp.29-37. Instituto Agronômico. Campinas, Brasil.
- 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, Brasil. 250 pp.
- Handreck, K & N Black. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. 3rd edition. A UNSW Press book. Australia. 542 pp.
- Hochmuth, G & R Hochmuth. 1996. Keys to Successful Tomato and Cucumber Production in Perlite Media. Fla. Coop. Ext. Serv. Misc. Report. 9 pp
- 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. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 110 pp.
- Maloupa, E; S Khelifi & D Zervaki. 1999. Effect of growing media on the production and quality of two rose varieties. *Acta Hort.* 548: 79-84.
- Mazzoni, M. 1986. Procesos y depósitos piroclásticos. Asociación Geológica Argentina. Publicación Especial. Serie "B" N° 14. 115 pp.
- Normann Kampf, A; R Jun Takane & PT Vital de Siqueira. 2006. Floricultura, técnicas de preparo de sustratos. Tecnologia fácil, 19. Ed. LK. Brasilia. 132 pp.
- Orozco, R & O Marfà. 1995. Granulometric alteration, air-entry potential and hydraulic conductivity in perlites used in soilless cultures. *Acta Hort.* 408: 147-161.
- Owen, WG; BE Jackson; WC Fonteno & BE Whipker. 2013. Pine wood chips as an alternative to perlite: cultural parameters to consider. *Acta Hort.* 1014: 345-349.
- Papafotiou, M; V Asimakopoulou; P Kouvari; I Kovaevou; M Phsyhalou; I Lytra & G Kargas. 2001. Cotton gin trash compost as growing medium ingredient for the production of pot ornamentals. *Gartenbauwissenschaft* 66(5): 229-232.
- Raviv, M & JH Lieth (eds). 2008. Soilless culture: theory and practice. Ed. Elseiver. 587 pp.
- Singh, BP. & UM Sinju. 1998. Soil physical and morphological properties and root growth. *Hort. Sci. Alexandria* (33): 966-971.
- Stamps, RH & MR Evans. 1997. Growth of *Dieffenbachia maculate* Camille'in Growing Media Containing Sphagnum Peat or Coconut Coir Dust. *HortScience* 32(5): 844-847.
- Torrellas, M; A Antón; JCLópez; EJ Baeza; JP Parra; P Muñoz & JI Montero. 2012. LCA of a tomato crop in a multi-tunnel greenhouse in Almeria. *Int J Life Cycle Assess* 17(7): 863-875.
- Vence, LB. 2008. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. *Cienc. suelo* 26(2): 105-114.
- Vieira Ferraz, M; JF Centurion & A Nelson Beutler. 2005. Caracterização física e química de alguns sustratos comerciais. *Acta Sci. Agron. (Maringá)* 27(2): 209-214.

