

MATERIALES VOLCÁNICOS DEL PUYEHUE-CORDON CAULLE Y SU USO EN FORMULACIONES DE SUSTRATOS CON TURBA SPHAGNUM

ANDREA PAOLA SEOANE^{1*}, LILIA BEATRIZ VENCE¹, HÉCTOR ALEJANDRO SVARTZ¹,
LORENA ALEJANDRA BARBARO²

Recibido: 13/04/2015

Recibido con revisiones: 27/09/2017

Aceptado: 08/10/2017

RESUMEN

El volcán Puyehue entró en erupción en junio del 2011 afectando las provincias argentinas de Neuquén, Río Negro y Chubut. A fin de mitigar las pérdidas económicas y el almacenaje de estos residuos, se han realizado investigaciones para su utilización como sustratos para plantas con buenos resultados. Sin embargo su potencial y sus limitantes no están aun suficientemente evaluados. Los objetivos fueron: 1) determinar los principales parámetros físicos y químicos de tres muestras de materiales volcánicos procedentes de erupciones del Puyehue-Cordón Caulle; 2) realizar formulaciones de dichos materiales con turba de musgo *Sphagnum* nacional de Tierra del Fuego basados en los resultados obtenidos en el objetivo 1, determinar las propiedades de las mezclas y compararlas con los materiales puros y 3) evaluar la respuesta de *Petunia x hybrida* 'Ultra White' durante la etapa de propagación en bandejas alveoladas y de *Petunia x hybrida* 'Madness Plum Crazy' en macetas hasta floración, utilizando como sustratos mezclas de materiales volcánicos y turba. Se midieron densidad, porosidad, retención de agua, aireación, curvas de retención de agua, pH, conductividad eléctrica, nitratos, cationes y fitotoxicidad. De acuerdo a los resultados de los parámetros obtenidos, los materiales volcánicos podrían ser utilizados puros únicamente en cultivos hidropónicos, condicionados a riegos frecuentes por su baja capacidad de retención de agua y agua fácilmente disponible. Esta limitante fue modificada mediante las distintas formulaciones con turba *Sphagnum* ampliando sus posibilidades de uso. En bandejas alveoladas el mejor resultado se obtuvo con 20% CF + 80% turba y en macetas se obtuvieron resultados adecuados en todos los tratamientos. No obstante estos resultados promisorios, se propone continuar las investigaciones aplicando métodos de medida específicos para materiales con poros ocluidos como también, optimizar el porcentaje y las granulometrías óptimas para formular las mezclas.

Palabras clave: Medios de crecimiento, cenizas, petunia, curvas de retención de agua

PUYEHUE-CORDON CAULLE VOLCANIC MATERIALS AND THEIR USE FOR SUBSTRATES FORMULATIONS WITH SPHAGNUM PEAT

ABSTRACT

In June 2011 the Puyehue volcano erupted. Its ashes affected the provinces of Neuquén, Río Negro, and Chubut in Argentina. In order to mitigate economic losses investigations were performed to use the ashes in substrates for plants, which showed good results. However, their potential and limitations are not yet sufficiently evaluated. The objectives were: 1) To determine the physical and chemical parameters of three samples of volcanic materials from the Puyehue-Cordon Caulle; 2) To formulate substrates with these materials and *Sphagnum* peat from Tierra del Fuego according to the results of objective 1, to determine the mixture properties and to compare then with pure materials and 3) To evaluate the response of *Petunia x hybrida* 'Ultra White' and *Petunia x hybrida* 'Madness Plum Crazy' in these mixtures. Bulk density, total porosity, water holding capacity, air-filled porosity, water retention curves, pH, electrical conductivity, nitrates, cations and phytotoxicity were determined. Due to their low water holding capacity and easily available water, the evaluated fine and coarse ashes and pumice could be used as pure materials only for hydroponics with frequent irrigation. This limitation has been modified using different *Sphagnum* peat formulations, which extends their usage. The best result in plugs was obtained with 20% CF+80% peat, and in potting systems all treatments presented proper results.

Key words: Growing media, ash, petunia, water retention curves

1 Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Ingeniería Agrícola y Uso de la Tierra . Cátedra de Jardinería. Buenos Aires, Argentina.

2 INTA EEA Cerro Azul. Misiones, Argentina.

* Autor de contacto: seoanean@agro.uba.ar

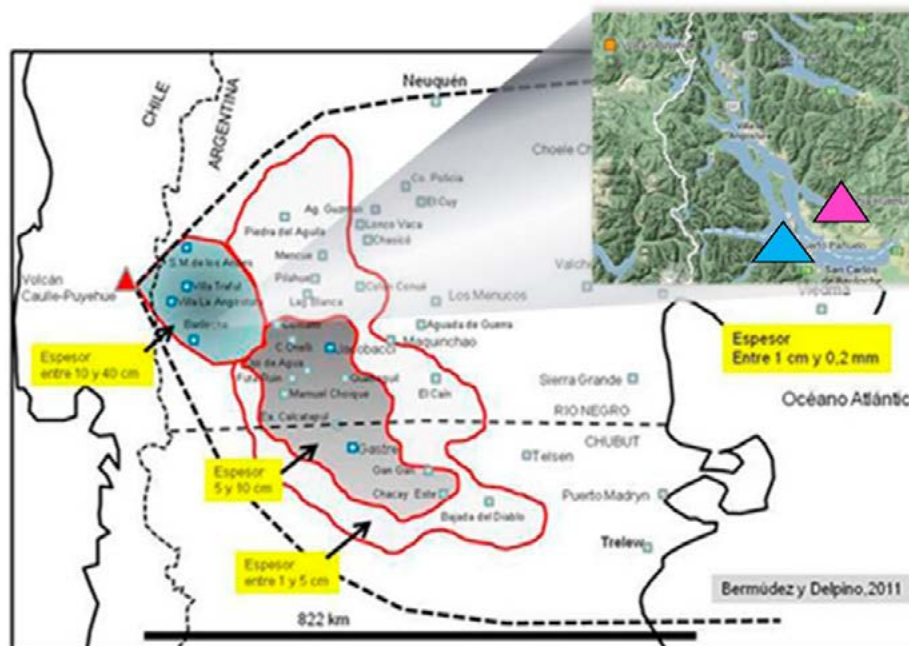
INTRODUCCIÓN

El volcán Puyehue forma, junto al Cordón del Caulle, un sistema volcánico conocido en la vulcanología como Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle. De los registros del siglo XX surge que este cordón entró en erupciones de magnitud en 1922 y 1960 con el megaterremoto de Valdivia. El último periodo activo comenzó en junio de 2011 con episodios eruptivos hasta 2013. Produjo depósitos de material piroclástico en una amplia área de influencia en las provincias argentinas de Neuquén, Río Negro y Chubut como se muestra en la **Figura 1** (Bermúdez & Delpino, 2011) con un volumen estimado de 1460 millones de m³ (Gaitán *et al.*, 2011) modificando los ecosistemas y perjudicando algunas economías regionales. En los depósitos acumulados, el tamaño de las partículas, el volumen y la distribución no fueron homogéneos, las de mayor tamaño cayeron en la zona cercana al volcán (Lat 40°32'S, Long 72°7'O) y las de menor tamaño, por tener menor peso, fueron transportadas a mayores distancias (Bermúdez & Delpino, 2011). Según Mazzoni & Stura (1993) los materiales piroclásticos no consolidados se clasifican por tamaño de partículas en: lapilli de 32-2 mm, cenizas de 2-0,062 mm y polvo si es menor a

0,062 mm. A su vez Flórez *et al.*, (2006) definen la fracción de cenizas en: ceniza fina (0,062-0,25 mm), media (0,25-0,5 mm) y gruesa (0,5-2 mm).

A fin de mitigar las pérdidas económicas y el inconveniente de almacenaje de estos residuos, hay en marcha proyectos para estudiar su posible utilización y se han realizado investigaciones con resultados promisorios como sustratos para plantas (Riat *et al.*, 2013; Seoane *et al.*, 2014; Barbaro *et al.*, 2014; Vence *et al.*, 2014), sin embargo el potencial de estos materiales y sus limitantes no están aun suficientemente evaluados.

En la bibliografía internacional, materiales similares provenientes de erupciones volcánicas han sido estudiados en profundidad como componentes de sustrato para plantas. Styer & Koranski (1997) clasifican a los pumíceos en bandejas alveoladas con signo positivo por su porosidad de aire y negativo por su alta densidad. Burés (1997) menciona las puzolanas como materiales volcánicos utilizados en España como sustrato hortícola, llamadas gredas volcánicas en Cataluña (Martín-Closas & Recasens, 2001) y picones en las Islas Canarias (Santos Coelho & Rios Mesa, 2013; Santos *et al.*, 2007; Alcoverro & Vazquez, 2007; Diaz *et al.*, 2007) usados en tomates y



el original esta borroso

Figura 1: Mapa de la zona afectada por la erupción del volcán Puyehue de junio de 2011 con las zonas (bordes rojos) de depósitos de distintos espesores. Puntos de toma de las muestras: ▲ Puerto Pañuelos, M1 y ▲ Bahía Huemul M2 y M3

Figure 1: Map of the area affected by the Puyehue eruption in June 2011 with the deposit zones (red borders) of different thicknesses. Sampling points: ▲ Puerto Pañuelos, M1 and ▲ Bahía Huemul M2 and M3

heliconias. En México, la roca volcánica conocida como tezontle es ampliamente utilizado como sustrato para la producción de hortalizas y flores en cultivos sin suelo (Vargas-Tapia *et al.*, 2008). En Colombia, Quintero *et al.*, (2011) mencionan el uso de escoria en los cultivos hortícolas y flores de corte. Los materiales volcánicos también tienen amplia difusión en los países del medio oriente o cercanos: Turquía (Abak & Celikel, 1994); Jordania, donde Manolov *et al.*, (2005) estudian zeolitas en tomates y pepinos comparándolas con zeolitas de Bulgaria y; en Israel el material denominado "tuff", es utilizado desde hace décadas en producción de rosas y claveles (Wallach *et al.*, 1992; da Silva *et al.*, 1993; Silber & Raviv, 1996; Raviv *et al.*, 1999). En la mayoría de los casos se los mezcla con materiales orgánicos para mejorar su retención de agua.

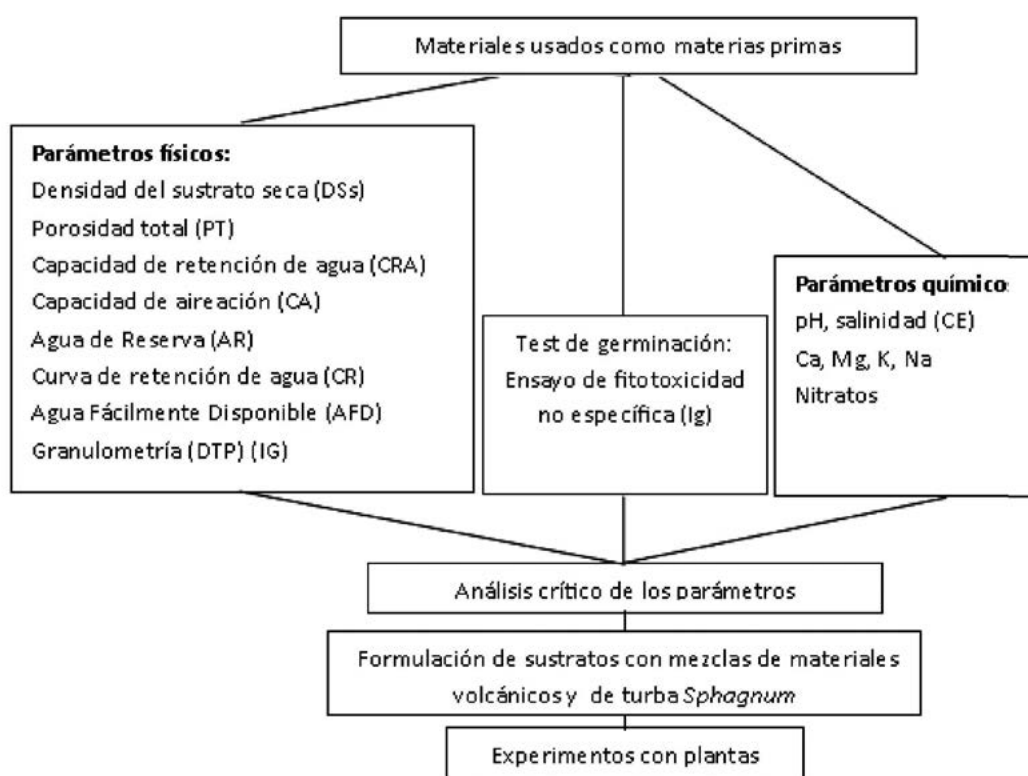
Por otro lado, las turbas rubias de musgo *Sphagnum* de distintos orígenes presentan alta capacidad de retención de agua (Heiskanen 1995; 1997; Fonteno, 1996) y su uso puro en contenedores de baja altura puede producir anoxia en las raíces (Karlovič & Fonteno, 1986) principalmente en bandejas alveoladas (Milks *et al.*, 1989) y se han propuesto mezclas con materiales de alta porosi-

dad de aire para la etapa de germinación (Willumsen, 1997) con el fin de disminuir su capacidad de contenedor en celdas pequeñas.

En el marco de estas consideraciones los objetivos del trabajo fueron 1) determinar los principales parámetros físicos y químicos de tres muestras de materiales volcánicos procedentes de erupciones del Puyehue-Cordón Caulle; 2) realizar formulaciones de dichos materiales con turba de musgo *Sphagnum* nacional de Tierra del Fuego basados en los resultados obtenidos en el objetivo 1, determinar las propiedades de las mezclas y compararlas con los materiales puros y 3) evaluar la respuesta de *Petunia x hybrida* 'Ultra White' durante la etapa de propagación en bandejas alveoladas y de *Petunia x hybrida* 'Madness Plum Crazy' en macetas hasta floración, utilizando como sustratos mezclas de materiales volcánicos y turba *Sphagnum*.

MATERIALES Y METODOS

El abordaje metodológico para la evaluación de estas muestras de materiales volcánicos se basó en, Abad *et al.*, (1994) y Valenzuela (2009) según el siguiente esquema.



Materiales utilizados como materias primas

Muestras de materiales volcánicos: Estas muestras fueron recolectadas por personal de la EEA INTA Bariloche en: Puerto Pañuelos (Lat 41°03'S, Long 71°31'O) la muestra 1 (M1) y Bahía Huemul (Lat 40°58'S, Long 71°20'O), las muestras 2 y 3 (M2 y M3) (figura 1). El aspecto morfológico se muestra en la **Figura 2**. Según Daga *et al.*, (2012) la caracterización morfológica de las partículas que se encontraron en las zonas cercanas al volcán y en los primeros días de erupción son las de cenizas (0,062-2 mm) con mayor parte pómez blancas, en menor medida pumíceas marrones, escorias oscuras y algunos fragmentos pequeños de roca. Estos materiales se diferencian por la forma y tamaño de sus partículas y por la forma y posición de las vesículas internas (pequeñas cavidades), mientras que el polvo volcánico (<0,062 mm) corresponde, a pequeños fragmentos de pómez y trizas vítreas (Daga *et al.*, 2010). Respecto a la caracterización química composicional de elementos mayoritarios de las diferentes partículas según los EDS (Espectrometría de dispersión de energía de rayos X) los valores oscilan entre un 65-73% de SiO₂, 14-18% Al₂O₃, 0-1% TiO₂, 1-8% Fe₂O₃, 0-4% MgO, 1-4% CaO, 3-8% Na₂O y 1-4% K₂O (%m/m) mostrando composiciones similares a los productos de los eventos volcánicos anteriores (Daga *et al.*, 2012; 2008; 2006). La amplia dispersión que tienen los materiales provenientes de esta erupción y sus

diferentes características, obligan a marcar puntualmente el lugar del muestreo.

Muestra de turba: Se utilizó un producto comercial de turba rubia de musgo *Sphagnum* nacional procedente de Tierra del Fuego (T). Este material es ampliamente empleado en el país para el cultivo de plantas en contenedores. Utilizada en forma pura presenta problemas de exceso de retención de agua y muy bajos pH (Gallardo, 2006).

Métodos de determinación de parámetros

Las determinaciones analíticas se realizaron en el Laboratorio de Sustratos de la Cátedra de Jardinería de la Facultad de Agronomía UBA y en el Laboratorio de Sustratos y Aguas del Instituto de Floricultura (IF)-INTA. Los parámetros físicos se determinaron según norma EN-13041(2007) donde la porosidad total se calcula con la fórmula:

$$PT = 1 - \frac{DSs}{DP}$$

y la densidad de partícula (DP) con los valores de materia orgánica obtenidos por calcinación. Las curvas de retención de agua (CR) se obtuvieron aplicando los valores de tensiones: 0 (valor para la PT), 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 y 100 hPa, y un ajuste según el modelo paramétrico no-lineal de Van Genuchten (1980), (Wallach *et al.*,



Figura 2: Aspecto morfológicas de las muestras M1, M2 y M3

Figure 2: Morphological appearance of the samples M1; M2 and M3

1992 y Milks *et al.*, 1989). Para estimar los parámetros se utilizó el programa GraphPad Prism versión 4.0. La distribución de tamaños de partículas (DTP) se obtuvo por método de tamizado en seco con tamices de malla 5,56; 4,75; 3,35; 2; 1,41; 1 y 0,5 mm, con un equipo ITOH electromagnetic sifter MS-200 tamizando 10 min con intervalos de 7 s con una amplitud media (Ansorena Miner 1994; Barbaro *et al.*, 2014). Se calculó el índice de grosor (IG) como el porcentaje de partículas >1 mm.

Los parámetros físico-químicos (pH y conductividad eléctrica) se obtuvieron según el método con dilución 1:5 v/v (Bárbaro *et al.*, 2011). Para las determinaciones químicas de calcio, magnesio, potasio, sodio se filtró la solución 1:5 y se realizó la lectura con un espectrofotómetro de absorción atómica Varian modelo 220 y se midió el contenido de nitratos con un electrodo de ión selectivo Orion Modelo 920 A.

Se realizó un análisis de toxicidad no específica sobre una submuestra del material M1 con metodología basada en Zucconi *et al.*, (1981). Se contó el n° de semillas germinadas (G), se midió la longitud de la radícula en mm (L) referidos a

las mismas variables medidas en el control (G% y L%) y se calculó el índice de germinación (Ig) con la fórmula

$$Ig = \frac{G\% * L\%}{100}$$

Análisis crítico de las propiedades de las materias primas

De acuerdo a los resultados del análisis granulométrico (**Figura 3**) no hay suficiente información para clasificar estrictamente los materiales volcánicos en el rango de cenizas, no obstante para una fácil identificación de los materiales a lo largo del trabajo las muestras recibieron la siguiente denominación: M1: muestra de cenizas finas (CF); M2: muestra de cenizas gruesas (CG) y M3: piedra pómez (PP) ya que es el tipo de material que predomina en esa muestra. Los valores medios de los parámetros de M1, M2, M3 y T se muestran en las **Tablas 1 y 2** y su interpretación se describe en la discusión de este trabajo. Basados en los resultados se han formulado los sustratos mezcla con turba *Sphagnum* que fueron utilizados en los experimentos con plantas.

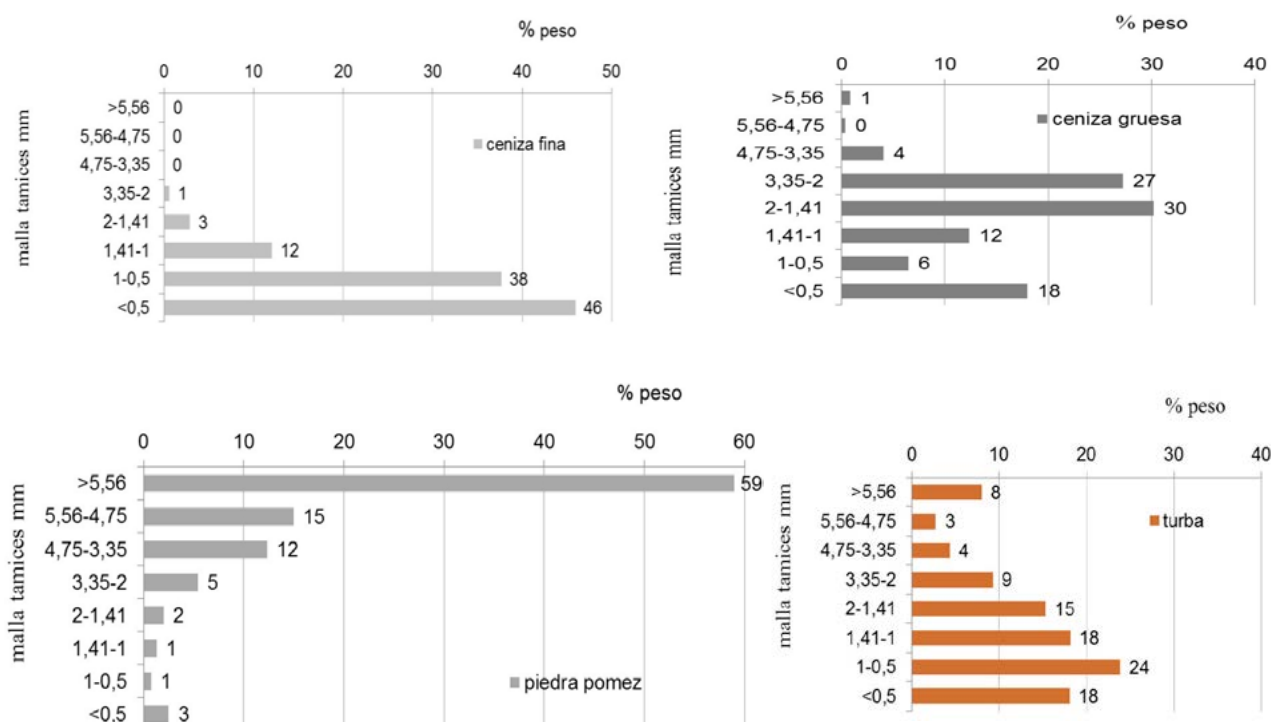


Figura 3: Distribución de tamaño de partícula de las cenizas finas; cenizas gruesas; piedra pómez y turba de musgo *Sphagnum*
Figure 3: Particle size distribution of fine ash; coarse ash; pumice and *Sphagnum* peat moss

Tabla 1: Valores medios de densidad de sustrato seca (DSs); porosidad total (PT); capacidad de retención de agua (CRA); capacidad de aireación (CA); agua fácilmente disponible (AFD); agua de reserva (AR); agua difícilmente disponible (ADD) y densidad de partícula (DP) según método EN-13041 en M1: cenizas finas(CF); M2: cenizas gruesas (CG); M3: piedra pómez (PP) y T: turba de musgo *Sphagnum*

Table 1: Media of the bulk density (DSs); total porosity (PT); water holding capacity (CRA); air-filled porosity (CA); easily available water (AFD); water buffering capacity (AR); difficulty available water (ADD) according EN13041 method in: M1: fine ash; M2: coarse ash; M3: pumice and T: *Sphagnum* peat moss

Material	DSs	PT	CRA	CA	AFD	AR	ADD
	kg.m ⁻³			cm ³ .cm ⁻³			
M1(CF)	509 a	0,81 c	0,44 b	0,36 c	0,10 b	0,02 b	0,32 a
M2(CG)	483 a	0,82 c	0,33 c	0,49 b	0,04 c	0,01 c	0,28 b
M3(PP)	280 b	0,89 b	0,27 d	0,62 a	0,02 d	0,01 c	0,24 b
T	50 c	0,96 a	0,77 a	0,19 d	0,42 a	0,04 a	0,32 a
	***	***	***	***	***	***	*

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con test de LSD Fischer; ***, **, $p < 0,0001$; $p < 0,01$ respectivamente

Tabla 2: Valores medios del pH, conductividad eléctrica (CE); Nitratos y concentración de cationes en: M1: cenizas finas; M2: cenizas gruesas; M3: piedra pómez y T: turba de *Sphagnum*

Table 2: Media of pH, electrical conductivity (CE); nitrate and cations concentration in: M1: fine ash; M2: coarse ash; M3: pumice and T: *Sphagnum* peat moss.

Material	pH	CE	Nitratos	Ca	Mg	K	Na
		dS m ⁻¹					
M1	6,4 a	0,02 b	0	3,6 b	2,4 b	6,9 b	83,6 b
M2	6,3 a	0,01 b	0	0	1 b	4,3 b	74,9 b
M3	5,9 b	0,01 b	0	4,6 b	5,1 b	12 b	85,1 b
T	3,6 c	0,49 a	1617	81 a	112 a	254 a	242 a
	**	***		***	***	***	***

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con test de LSD Fischer; ***, **, $p < 0,0001$ y $p < 0,01$ respectivamente

Experimentos con plantas

Se realizaron dos experimentos en un invernáculo del Instituto de Floricultura INTA (Lat 34°36'S, Long 58°40'O) entre los meses de julio y noviembre del 2013.

Experimento I: Se evaluó la respuesta de *Petunia x hybrida* 'Ultra White' en propagación en bandejas alveoladas. Se formularon los siguientes sustratos en relación v/v:

20CF80T: 20% de cenizas finas + 80% de turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego

40CF60T: 40% de cenizas finas + 60% de turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego

20CG80T: 20% de cenizas gruesas + 80% de turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego

40CG60T: 40% de cenizas gruesas + 60% de turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego

El criterio para la formulación de las mezclas fue obtener un aumento en la CRA de los minerales, observando que la DSs se mantuviera dentro de los valores recomendados (60-250 Kg m⁻³). Se utilizó como control un sustrato comercial (SC1) indicado por el fabricante para germinación en bandejas multiceldas a base de turba fina de musgo de *Sphagnum* y corteza de pino. La piedra pómez no se utilizó en este experimento en bandejas dado que presentó casi 60% de partículas > a 5,56 mm (Kipp *et al.*, 2000). Los cinco sustratos enumerados constituyeron los tratamientos en un diseño completamente aleatorizado, la unidad observacional fue una bandeja con 64 alveolos de 24 cm³ y 4 cm de altura y

se realizaron 3 repeticiones. Se colocó una semilla por celda (Syngenta peleteadas con un PG 97%). El sistema de riego fue mist automatizado en frecuencia y duración con sensor de intensidad lumínica, con neblina intermitente y agua de ósmosis. Las dosis y frecuencia de la fertilización se ajustaron según Styer & Koranski (1997) con un fertilizante completo 18-18-18. Se midió el porcentaje de emergencia, dividiendo el número de semillas germinadas por el número de celdas de la bandeja, multiplicado por 100. Se dio por finalizado el ensayo cuando el 80% de los plantines tenían siete hojas verdaderas, a los 40 días desde la siembra. Las variables medidas fueron biomasa aérea fresca y seca total. El secado del material vegetal se realizó en estufa de circulación forzada a 65°C hasta peso constante.

Experimento II: Se evaluó la respuesta de *Petunia x hybrida* 'Madness Plum Crazy' en cultivo en macetas del 10 con las siguientes formulaciones en relación v/v:

20CF80T: 20% de cenizas finas + 80% de turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego

50CF50T: 50 % de cenizas finas + 50% de turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego

20CG80T: 20% de cenizas gruesas + 80% de turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego

50CG50T: 50% de cenizas gruesas + 50% de turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego

20PP80T: 20% de piedra pómez + 80% de turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego

El criterio de formulación fue similar al del experimento I y se repitieron dos de los sustratos usados en las bandejas multiceldas (h=4 cm) pero en este caso, al ser usados en macetas de h=8,5 cm tendrán una menor capacidad de contenedor (Vence *et al.*, 2013). Se utilizó como control un sustrato comercial (SC2) a base de turba de *Sphagnum*, corteza de pino y perlita. Los seis sustratos enumerados constituyeron los tratamientos en un diseño completamente aleatorizado, la unidad observacional fueron 4 macetas con una planta por maceta y se realizaron 3 repeticiones. Se repicaron plantines de *Petunia x hybrida* 'Madness Plum Crazy' con 2 pares de hojas ver-

daderas. El riego fue manual con manguera con flor y se fertilizo con las siguientes dosis: semana 1: 0,28 g/L dos veces x semana; semana 2 y 3: 0,56 g/L dos veces x semana y semana 4 hasta finalizar: 0,83 g/L dos veces x semana con aplicaciones de 50 cm³ de solución, utilizando el mismo producto que en el experimento anterior. Se dio por finalizado el experimento cuando el 50% de las plantas tuvieron al menos una flor completamente abierta, a los 43 días del comienzo. Se midieron las variables respuesta: biomasa aérea total fresca y seca, número de ramificaciones y de flores.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las submuestras de laboratorio fueron sometidas a los métodos de medición de variables con un tamaño muestral de 3 repeticiones independientes. Los resultados fueron sometidos a análisis de la varianza verificándose que se cumplan los supuestos de independencia, distribución y homocedasticidad. Se realizaron pruebas de correlación (Pearson), test de comparaciones múltiples de medias según test LSD Fischer con el software estadístico InfoStat 1.1 de la Cátedra de Estadística y Biometría y de Diseño de Experimentos de la Universidad Nacional de Córdoba (Infostat, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis crítico de las propiedades de las materias primas

Los resultados de las variables físicas se presentan en la **Tabla 1** y los gráficos del análisis granulométrico en la **Figura 3**, resultando los IG: de 16%; 74%; 94%; y 57% en CF; CG; PP y T respectivamente.

Según Kipp *et al.*, (2000) para la mayoría de los cultivos florícolas con riego por aspersion en contenedores entre 5-50 cm de altura, según el método de medida EN-13041, los rangos recomendados serían: para la DSs 60-250 kgm⁻³; para la PT 0,85-0,95 cm³cm⁻³; para la CRA 0,70-0,80 cm³cm⁻³ (siendo muy bajos <0,50 cm³ cm⁻³ y muy altos > 0,85 cm³ cm⁻³); para la CA 0,15-0,30 cm³cm⁻³ (siendo muy bajos <0,10

$\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$), mientras que para AFD sería 0,30-0,40 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$. Si analizamos los valores de los materiales pumíceos respecto a los valores de referencia, la PT de las cenizas gruesas y finas estaría por debajo de lo recomendado correspondiéndose con densidades por encima de la referencia. La piedra pómez presentó la menor DSs y la PT dentro del rango recomendado. Todos los valores de la CRA resultaron muy bajos y la CA encima del rango recomendado. Valores semejantes fueron publicados por Kipp *et al.*, (2000) en materiales pumíceos del norte de Europa con DSs=431 kgm^{-3} ; PT=0,83 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$; CRA=0,43 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$; CA=0,40 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ y AFD= 0,03 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$, mientras que Vence *et al.* (2014) midieron en una muestra de cenizas del Puyehue una PT=0,75 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$, CRA=0,54 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ y AFD= 0,22 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ ambas determinaciones según el método EN-13041. Sin embargo los valores de las PT calculadas por fórmula, podrían estar sobrestimados si hubiera poros internos cerrados o de difícil acceso al agua. Según Vence *et al.*, (2010) en estos casos es recomendable utilizar métodos de medición directa de la PT o incorporar en la fórmula de PT la DP medida por picnometría con muestra intacta (Teres, 2002; Vence, 2012; Valenzuela *et al.*, 2014). Estas determinaciones podrían realizarse en futuros trabajos para comprobar si hay porosidad efectiva en materia-

les volcánicos de distintos tipos cuyas vesículas internas suelen presentar tortuosidad (Daga *et al.*, 2012) y presencia de aire entrampado. Similares resultados obtuvieron Santos *et al.*, (2007) en picones en Islas Canarias con granulometrías gruesa (IG>90%), media (60<IG<90%) y fina (IG<60%). Se calculó una correlación entre las variables CRA, CA y AFD con el índice de grosor en los tres materiales volcánicos, resultando una relación lineal directa con la CA ($R^2 = 0,94$) y lineal inversa con la CRA y con el AFD ($R^2 = 0,99$ en ambas) indicando la importancia de las granulometrías en la relación agua-aire. Las curvas de retención de agua se muestran en la **Figura 4**. Según Vence *et al.*, (2013) la forma de la curva en las tensiones bajas indica la presión de entrada de aire, que representa la mínima presión que debe aplicarse a un sustrato para que el aire desplace al agua en los poros con drenaje libre en la base de un contenedor (régimen no saturado). Se observa que a partir de 20 hPa aproximadamente las curvas se vuelven asintóticas del eje x evidenciando los muy bajos valores del AFD infiriendo que sólo se podrían utilizar estos materiales puros con riegos muy frecuentes (Vence *et al.*, 2013). En la CR de la turba se registra una forma de meseta en el origen característica de materiales finos con altos contenidos hídricos debido a microporos y la presión de entrada de

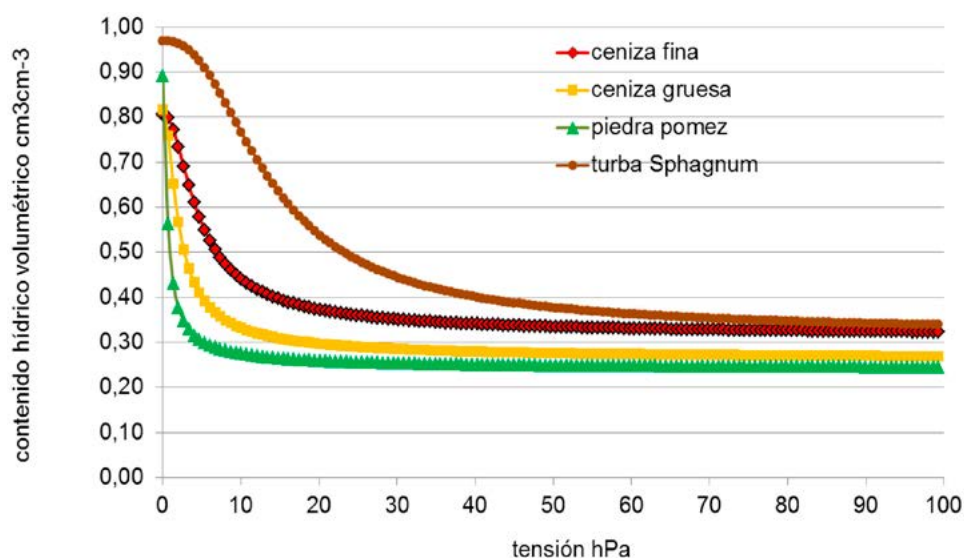


Figura 4: Curvas de retención de agua, ajustados según van-Genuchten en ceniza fina (M1,CF); cenizas gruesas (M2,CG); piedra pómez (M3, PP) y turba *Sphagnum* (T)

Figure 4: Water retention curves according van-Genuchten in fine ash (M1, CF); (CG) coarse ash(M2, CG); pumice (M3, PP) y *Sphagnum* peat moss (T)

agua resultó en el rango 3 a 4 hPa, y según Milks *et al.*, (1989) será necesario un contenedor de una altura aproximada de 7 cm para que comience a drenar. Por el contrario las cenizas gruesas y la piedra pómez presentan una pendiente empinada en las tensiones más bajas evidenciando un comportamiento característico de macroporos y la presión de entrada de aire estaría muy cercana a la saturación. Resultados similares presentaron Wallach *et al.*, (1992) en materiales volcánicos del norte de Israel con distintas granulometrías, excepto en el cero de tensión, donde en todos los casos utilizó la porosidad efectiva que fue un 80-90% menor que la PT calculada por fórmula. En la **Tabla 2** se muestran los resultados de las variables físico-químicas y químicas. Los pH de los materiales volcánicos se mantienen dentro de los rangos requeridos por la mayoría de los cultivos (Styer & Koranski, 1997). Tanto la salinidad como el contenido de cationes se presentan con muy bajos valores tornándolos materiales interesantes para cultivos hidropónicos con fertirrigación (Marfà, 1995). Valores similares de cationes encontraron Chen *et al.*, (1991) en "tuff" de la región de Golan en Israel. La turba de *Sphagnum* presentó un pH muy ácido y valores de nutrientes provenientes de una fertilización en fábrica. Como resultado del test de fitotoxicidad no específica, la

ceniza fina presentó un $I_g=93\%$ siendo $I_g > 80\%$ el valor de referencia para materiales no tóxicos.

Experimento I: Los parámetros físicos de los sustratos se muestran en la **Tabla 3**. No se encontraron diferencias en la DSs y la PT entre 20CF80T y 20CG80T; ni tampoco entre 40CF60T y 40CG60T, prevaleciendo en las mezclas el efecto de la turba (baja DSs y alta PT) sobre la granulometría de las cenizas. Sin embargo se encontraron diferencias cuando se aumentó el porcentaje de cada ceniza. El sustrato con 20CF80T fue la única mezcla que presentó CRA dentro del rango recomendable ($0,70-0,80 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$) y por otro lado cuando se agregó 40% de cenizas gruesas el sustrato presentó CA y AFD por debajo de los valores recomendados ($0,30-0,40 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$). En la **Figura 5** se muestran las CR donde se aprecia una zona de meseta en bajas tensiones en todos los materiales siendo la CR del 40CG60T la que presenta menores contenidos hídricos a medida que el sustrato se seca, por efecto del mayor porcentaje de la ceniza gruesa. En la **Tabla 4** se presentan los valores de las variables químicas y físico-químicas y el índice de germinación. Se observan valores bajos de la CE y de acuerdo a normas de interpretación general para variables químicas, los nitratos en todos los sustratos presentan valores altos; el Ca y Mg serían adecuados excepto el Ca en SC1

Tabla 3: Valores medios de densidad de sustrato seca (DSs); porosidad total (PT); capacidad de retención de agua (CRA); capacidad de aireación (CA); agua fácilmente disponible (AFD); agua de reserva (AR); agua difícilmente disponible (ADD), según método EN-13041 en: 20CF80T: 20 % cenizas finas + 80% turba *Sphagnum*; 40CF60T: 40 % cenizas finas + 60% turba; 20CG80T: 20 % cenizas gruesas + 80% turba; 40CG60T: 40 % cenizas gruesas + 60% turba; SC1: sustrato comercial

Table 3: Media of the bulk density (DSs); total porosity (PT); water holding capacity (CRA); air-filled porosity (CA); easily available water (AFD); water buffering capacity (AR); difficulty available water (ADD), according EN13041 method in: 20CF80T 20% fine ash + 80% *Sphagnum* peat moss; 40CF60T 40% fine ash + 60% peat; 20CG80T: 20% coarse ash + 80% peat; 40CG60T: 40% coarse ash + 60% peat; SC1: commercial substrate

Sustrato	DSs	PT	CRA	CA	AFD	AR	ADD
	kg.m ⁻³			cm ³ .cm ⁻³			
20CF80T	186 b	0,92 b	0,72 a	0,20 c	0,31 a	0,05 b	0,36 a
40CF60T	263 a	0,89 c	0,66 b	0,23 bc	0,27 a	0,04 c	0,35 ab
20CG80T	169 b	0,92 b	0,68 b	0,27 b	0,29 a	0,04 c	0,35 ab
40CG60T	250 a	0,89 c	0,57 c	0,32 a	0,21 b	0,04 d	0,32 c
SC1	84 c	0,95 a	0,71 a	0,24 bc	0,32 a	0,06 a	0,34 bc
	***	***	***	**	**	***	**

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con test de LSD Fischer; ***, **, *, $p < 0,0001$; $p < 0,01$ y $p < 0,1$ respectivamente; ns. no significativa

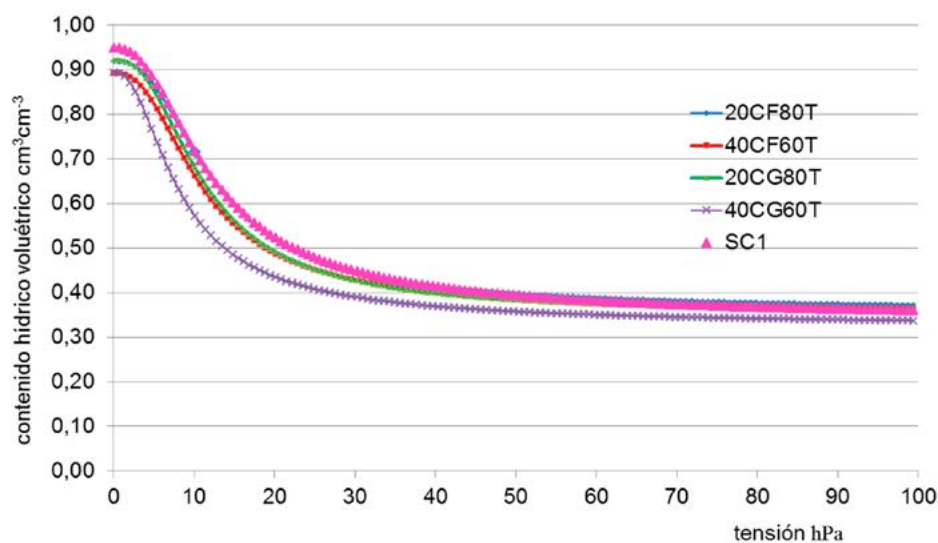


Figura 5: Curvas de retención de agua, método EN-13041 y van-Genuchten de: 20CF80T: 20% ceniza fina + 80% turba *Sphagnum*; 40CF60T: 40% de cenizas finas + 60% turba; 20CG80T: 20% de cenizas gruesas + 80% turba; 40CG60T: 40 % de cenizas gruesas + 60% turba; SC1: sustrato comercial

Figure 5: Water retention curves according EN-13041 and van Genuchten in: 20CF80T: 20% fine volcanic ash + 80% *Sphagnum* peat moss; 40CF60T: 40% fine ash + 60% peat; 20CG80T: 20% coarse ash + 80% peat; 40CG60T: 40% coarse ash + 60% peat; SC1: commercial substrate

Tabla 4: Valores medios del pH, conductividad eléctrica (CE); Nitratos y concentración de cationes e índice de fitotoxicidad (Ig) en: 20CF80T 20 % de cenizas finas + 80% de turba *Sphagnum*; 40CF60T: 40 % de cenizas finas + 60% de turba; 20CG80T: 20 % de cenizas gruesas + 80% de turba; 40CG60T: 40 % de cenizas gruesas + 60% de turba; SC1: sustrato comercial

Table 4: Media of pH, electrical conductivity (CE); nitrate and cations concentration and fitotoxicity index (Ig) in: 20CF80T: 20% fine ash + 80% *Sphagnum* peat moss; 40CF60T: 40% fine ash + 60% peat; 20CG80T: 20% coarse ash + 80% peat; 40CG60T: 40% coarse ash + 60% peat; SC1: . substrate

Sustrato	pH	CE	Nitratos	Ca	Mg	K	Na	Ig
		dS.m ⁻¹			mg.L ⁻¹ .			%
20CF80T	6,48 b	0,31 b	1181 b	167 c	168 a	166 c	265 a	96 a
40CF60T	6,78 a	0,25 c	810 c	180 bc	126 c	120 d	221 c	97 a
20CG80T	6,03 c	0,33 b	1358 a	212 a	168 a	211 b	249 ab	96 a
40CG60T	6,52 b	0,23 c	839 c	192 ab	145 b	165 c	230 bc	96 a
SC1	6,08 c	0,36 a	1247 b	75 d	129 bc	535 a	141 d	93 a
	***	***	***	***	***	***	***	ns

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con test de LSD Fischer; ***, **, *, $p < 0,0001$; $p < 0,01$ y $p < 0,1$ respectivamente; ns: no significativa

que sería bajo y los valores de K son adecuados excepto en el SC1 que serían altos (Abad *et al.*, 1994; Warncke & Krauskopl, 1983).

En el test de germinación no se encontraron diferencias significativas entre los sustratos y los valores resultaron similares al 97% informado por el proveedor de semillas. Los valores medios de la biomasa fresca y seca total de los plantines de petunia se presentan en la **Tabla 5**. Los sustratos

con mayores porcentajes de turba presentaron mayor biomasa fresca, sin embargo los sustratos con componente de ceniza fina fueron los que presentaron mayores valores de biomasa seca. Se calculó el coeficiente de correlación entre la biomasa seca total y las variables PT ($r = 0,85$); CRA ($r = 0,99$), AFD ($r = 0,99$) y CA ($r = 0,84$) correspondiéndose los mayores valores con las variables que expresan el aporte de agua a la planta. Con este método de riego automático con sensor lumínico se puede

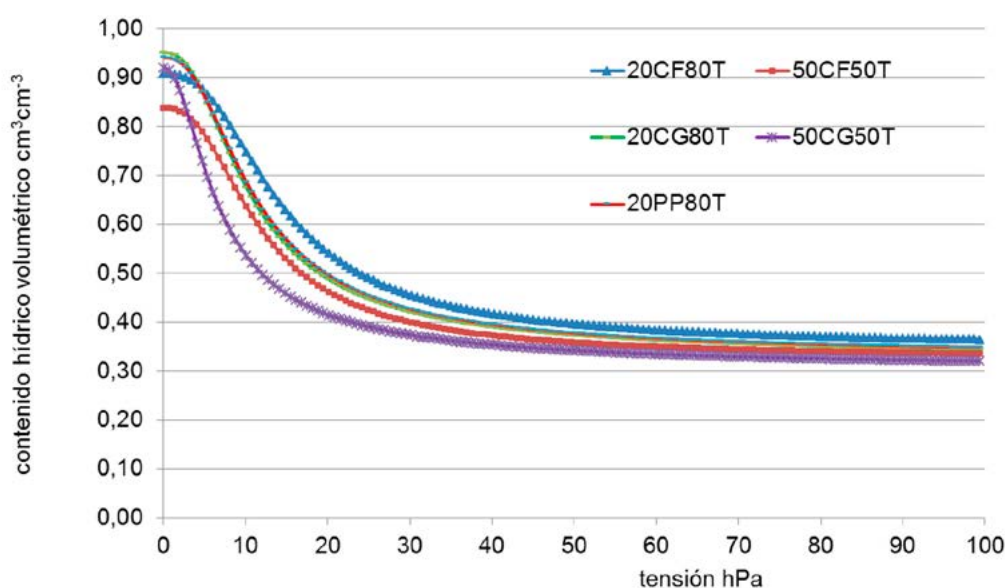


Figura 6: Curvas de retención de agua según método EN-13041 y van-Genuchten de: 20CF80T: 20% cenizas finas + 80% turba *Sphagnum*; 50CF50T: 50% cenizas finas + 50% turba; 20CG80T: 20% cenizas gruesas + 80% turba; 50CG50T: 50% cenizas gruesas + 50% turba; 20PP80T: 20% piedra pómez + 80% peat.

Figure 6: Water retention curves according EN-13041 and van-Genuchten in: 20CF80T: 20% fine volcanic ash + 80% *Sphagnum* peat moss; 50CF50T: 50% fine ash + 50% peat; 20CG80T: 20% coarse ash + 80% peat; 50CG50T: 50% coarse ash + 50% peat; 20PP80T: 20% pumice + 80% peat.

concluir que en estas condiciones de cultivo el mejor sustrato fue el de 20CF80T.

Tabla 5: Valores medios de la materia fresca y seca de la biomasa total de petunia en: 20CF80T: 20 % de cenizas finas + 80% de turba *Sphagnum*; 40CF60T: 40 % de cenizas finas + 60% de turba; 20CG80T: 20 % de cenizas gruesas + 80% de turba; 40CG60T: 40 % de cenizas gruesas + 60% de turba; SC1: sustrato comercial.

Tabla 5: Media of total fresh and dry biomass of petunia in: 20CF80T: 20% fine ash + 80% *Sphagnum* peat moss; 40CF60T: 40% fine ash + 60% peat; 20CG80T: 20% coarse + 80% peat; 40CG60T: 40% coarse ash + 60% peat; SC1: commercial substrate.

Sustrato	masa fresca total g	masa seca total g
20CF80T	1,11ca	0,06 a
40CF60T	0,79cb	0,04 c
20CG80T	0,95ca	0,05 b
40CG60T	0,50 c	0,02 d
SC1	0,38 c	0,02 d
	***	***

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con test de LSD Fischer; ***: $p < 0,0001$

Experimento II: Los parámetros físicos de los sustratos formulados se muestran en la **Tabla 6**. Los valores de la DSs y la PT se mantuvieron den-

tro de los rangos recomendados ($60-250 \text{ kgm}^{-3}$ y $0,85-0,95 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ respectivamente). La CRA presenta el menor valor en el sustrato con 50% CG y sólo el de 20% CF entró en el rango recomendado. Es importante destacar que no se encontraron diferencias en las relaciones agua-aire entre 20CG80T (IG = 74%) y 20PP80T (IG = 94%) a pesar de la diferencia del IG, lo que se observa también en todo el trazado de las CR. Se suele predecir que materiales con mayor tamaño de partícula aportaran mayor porosidad de aire (en este caso la piedra pómez), sin tener en cuenta que puede ocurrir disminución de macroporosidad por el fenómeno de oclusión de poros por las partículas más finas (Spomer, 1974; Bunt, 1988) como en este caso, efecto que hace necesaria la cuantificación de estas variables físicas en cada mezcla.

En la **Tabla 7** se presentan las variables químicas. La CE presentó valores bajos correspondiéndose con bajos niveles de cationes excepto en el sustrato comercial que presentó valores altos. La biomasa fresca total y la biomasa seca total, n° de ramificaciones y n° de flores se presentan en la **Tabla 8**. El sustrato comercial fue el que tuvo mayores valores de biomasa fresca y seca, alto n°

Tabla 6: Valores medios de la densidad de sustrato seca (DSs); porosidad total (PT); capacidad de retención de agua (CRA); capacidad de aireación (CA); agua fácilmente disponible (AFD); agua de reserva (AR) y agua difícilmente disponible (ADD) según método EN-13041 en: 20CF80T: 20 % de cenizas finas + 80% de turba *Sphagnum*; 50CF50T: 50% cenizas finas + 50% turba; 20CG80T: 20 % de cenizas gruesas + 80% de turba; 50CG50T: 50% cenizas gruesas + 50% turba; 20PP80T: 20% piedra pómez + 80% turba y SC2: sustrato comercial.

Table 6: Media of the bulk density (DSs); total porosity (PT); water holding capacity (CRA); air-filled porosity (CA); easily available water (AFD); water buffering capacity (AR); difficulty available water (ADD), according EN13041 method in: 20CF80T: 20% fine ash + 80% *Sphagnum* peat moss; 50CF50T: 50% fine ash + 50% peat; 20CG80T: 20% coarse ash + 80% peat; 50CG50T: 50% coarse ash + 50% peat; 20PP80T: 20% pumice + 80% peat; SC2: commercial substrate.

Sustrato	DSs	PT	CRA	CA	AFD	AR	ADD
	kg m ⁻³	cm ³ cm ⁻³					
20CF80T	213 b	0,90 c	0,75 a	0,15 b	0,35 a	0,05 a	0,35 a
50CF50T	378 a	0,84 d	0,64 b	0,21 b	0,28 a	0,04ab	0,32 a
20CG80T	114 c	0,95 a	0,68 b	0,27ab	0,30 a	0,04ab	0,33 a
50CG50T	190 b	0,92 bc	0,53 c	0,39 a	0,19 b	0,04 b	0,30 a
20PP80T	137 c	0,93 ab	0,69 b	0,24 b	0,31 a	0,05ab	0,33 a
SC2	229 b	0,85 d	0,70 b	0,15 b	0,30 a	0,05 a	0,30 a
	***	***	**	**	**	*	ns

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con test de LSD Fischer; ***, **, *, $p < 0,0001$; $p < 0,01$ y $p < 0,1$ respectivamente; ns: no significativa

Tabla 7: Valores medios del pH, conductividad eléctrica (CE); Nitratos; concentración de cationes en; 20CF80T: 20 % de cenizas finas + 80% de turba *Sphagnum*; 50CF50T: 50% cenizas finas + 50% turba; 20CG80T: 20 % de cenizas gruesas + 80% de turba; 50CG50T: 50% cenizas gruesas + 50% turba; 20PP80T: 20% piedra pómez + 80% turba y SC2: sustrato comercial

Table 7: Media of pH, electrical conductivity (CE); nitrate and cations concentration in: 20CF80T: 20% fine ash + 80% *Sphagnum* peat moss; 50CF50T: 50% fine ash + 50% peat; 20CG80T: 20% coarse ash + 80% peat; 50CG50T: 50% coarse ash + 50% peat; 20PP80T: 20% pumice + 80% peat; SC2: commercial substrate.

Sustrato	pH	CE	Nitratos	Ca	Mg	K	Na
		dS.m ⁻¹	mg L ⁻¹				
20CF80T	6,04 b	0,33 b	1101 c	172 b	128 bc	163 b	240 d
50CF50T	6,57 a	0,22 b	765 d	104 e	118 c	90 d	272 c
20CG80T	6,52 a	0,30 b	1079 c	147 cd	136 b	133 c	309 b
50CF50T	6,65 a	0,18 c	595 e	144 d	136 b	91 d	160 e
20PP80T	6,01 b	0,30 b	1260 b	161 bc	134 b	124 c	309 b
SC2	5,39 c	1,22 a	3402 a	221 a	442 a	837 a	380 a
	***	***	***	***	***	***	***

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con test de LSD Fischer; ***, $p < 0,0001$

de ramificaciones, sin embargo no se encontraron diferencias en el n° de flores. Entre las mezclas los mayores valores de biomasa seca se dieron en los sustratos con CF sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre el 50% CF y el 20% CG. El tratamiento 50CG50T con la menor CRA se correspondió, en estas condiciones, con la menor biomasa fresca y un valor bajo en la

biomasa seca. Este resultado podría ser mejorado con riegos más frecuentes y no implica descartar el uso de esta mezcla en otros sistemas. Se realizó una correlación entre la biomasa seca total y las variables iniciales de los sustratos CRA ($r = 0,56$); Nitratos ($r = 0,80$) y CE ($r = 0,83$). Al ser el programa de fertilización uniforme en todos los tratamientos parecería en este caso, que el

Tabla 8: Valores medios de la biomasa total fresca y seca, número de ramificaciones y de flores de petunia en: 20CF80T: 20 % de cenizas finas + 80% de turba *Sphagnum*; 50CF50T: 50% cenizas finas + 50% turba; 20CG80T: 20 % de cenizas gruesas + 80% de turba; 50CG50T: 50% cenizas gruesas + 50% turba; 20PP80T: 20% piedra pómez + 80% turba y SC2: sustrato comercial

Table 8: Media of total fresh and dry biomass of petunia in: 20CF80T: 20% fine ash + 80% *Sphagnum* peat moss; 50CF50T: 50% fine ash + 50% peat; 20CG80T: 20% coarse ash + 80% peat; 50CG50T: 50% coarse ash + 50% peat; 20PP80T: 20% pumice + 80% peat; SC2: commercial substrate.

Sustrato	biomasa fresca total		biomasa seca total	
	g		g	
20CF80T	30,35 cd	2,67 b	8,83 ab	1,3 a
50CF50T	31,94 bc	2,54 bc	8,17 bc	1,38 a
20CG80T	30,35 cd	2,44 cd	7,75 cd	1,3 a
50CG50T	25,78 e	2,24 d	8,25 bc	1,07 a
20PP80T	33,21 bc	2,26 d	7,17 d	1,25 a
SC2	44,5 a	2,98 a	9,25 ab	0,96 a
	***	***	***	***

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con test de LSD Fischer; ***, $p < 0,0001$

Tabla 9: Valores medios de densidad de sustrato seca (DSs); porosidad total (PT); capacidad de retención de agua (CRA); capacidad de aireación (CA); agua fácilmente disponible (AFD); agua de reserva (AR); agua difícilmente disponible (ADD) según EN-13041 en: CF: cenizas finas; CG: cenizas gruesas; PP : piedra pómez y T: turba *Sphagnum*; 20CF80T: 20% CF + 80% turba; 40CF60T: 40% CF + 60% turba; 50CF50T: 50% CF + 50% turba; 20CG80T: 20% CG + 80% turba; 40CG60T: 40% CG + 60% turba; 50CG50T: 50% CG + 50% turba y 20PP80T: 20% PP + 80% turba.

Table 9: Media of the bulk density (DSs); total porosity (PT); water holding capacity (CRA); air-filled porosity (CA); easily available water (AFD); water buffering capacity (AR); difficulty available water (ADD), according EN13041 method in: CF: fine ash; CG: coarse ash; PP: pumice and TTF: *Sphagnum* peat moss; 20CF80T: 20% CF + 80% peat; 40CF60T: 40% CF + 60% peat; 50CF50T: 50% CF + 50% peat; 20CG80T: 20% CG + 80% peat; 40CG60T: 40% CG + 60% peat; 50CG50T: 50% CG + 50% peat y 20PP80T: 20% PP + 80% peat.

Material	DSs	PT	CRA	CA	AFD	AR	ADD
	kg m ⁻³	cm ³ cm ⁻³					
CF	509a	0,81e	0,44f	0,37c	0,1e	0,02e	0,32de
CG	483a	0,82e	0,33g	0,49b	0,04ef	0,01f	0,28f
PP	280c	0,89c	0,27g	0,62a	0,02f	0,01f	0,24f
T	50g	0,96c	0,78a	0,19f	0,42a	0,04bc	0,32de
20CF80T	186e	0,92b	0,72ab	0,2f	0,31b	0,05ab	0,36a
40CF60T	263cd	0,89c	0,66bc	0,23ef	0,27bc	0,04bcd	0,35ab
50CF50T	378b	0,84d	0,64cd	0,21ef	0,28bc	0,04cd	0,32cde
20CG80T	169e	0,92b	0,68bc	0,27de	0,29b	0,04bcd	0,35abc
40CG60T	250d	0,89c	0,57de	0,32cd	0,21cd	0,04d	0,32cde
50CG50T	190e	0,92b	0,53e	0,39c	0,19d	0,04cd	0,3e
20PP80T	137f	0,93b	0,69bc	0,24ef	0,31b	0,05ab	0,33bcd
	***	***	***	***	***	***	***
Recomendado	60-250	0,85-0,95	0,70-0,80	0,15-0,30	0,30-0,40		
muy bajo			<0,50	<0,10			
muy alto			>0,85	>0,85			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con test de LSD Fischer; ***, $p < 0,0001$. Valores recomendados por Kipp et al., (2000) para la mayoría de los cultivos florícolas con riego por aspersión en contenedores entre 5-50 cm de altura.

mayor valor de masa seca se relaciona más con la cantidad de nutrientes totales aportados a las raíces que con las características físicas de los sustratos. En futuros trabajos se debería ajustar la dosis de fertilización a los valores iniciales de cada sustrato para aportar las mismas cantidades de nutrientes a todos los tratamientos (sustrato + fertilización externa).

Parámetros físicos de los materiales puros y todas las formulaciones

Los resultados de la caracterización física de todos los materiales se presentan en la **Tabla 9**, a fin de facilitar la comparación del efecto de las distintas granulometrías de los materiales puros y los porcentajes en las mezclas evaluadas en los valores de los parámetros. En todas las mezclas se obtuvo menor DSs y mayor PT que en los volcánicos puros, observando que al utilizar CF, la PT disminuye a medida que aumentamos los porcentajes e inversamente la DSs. Sin embargo la CRA cambia recién a partir del agregado de 40% de CF y se mantiene con el 50% no encontrándose diferencias en la CA. Con el agregado de 20% de CG a la turba la PT no varía respecto al 20% de CF mientras que la CRA disminuye a medida que aumenta el % de CG. El agregado de la PP solo modifica la DSs respecto a la CG no encontrándose diferencias en las demás variables. Estos resultados indicarían que hay fenómenos de sustitución de poros por partículas finas y sería interesante a partir de estos resultados futuros estudios de las óptimas granulometrías a utilizar, teniendo en cuenta el manejo y el sistema de producción. Se concluye la importancia del estudio del efecto de las granulometrías de los materiales inorgánicos en las mezclas.

CONCLUSION

El abordaje metodológico permitió identificar las características del material volcánico recolectado, y de sus formulaciones con turba de musgo *Sphagnum*. Las diferencias encontradas en los parámetros físicos y químicos, reflejan la importancia de testear los elementos puros previo a la formulación de los sustratos. Al ser mezclados

con diferentes proporciones de turba mejoraron sus propiedades y según se desprende de los dos experimentos llevados a cabo en bandejas alveoladas y en macetas en ambas variedades de pe-tunia, es viable su uso en la producción de plantines florales.

Las propiedades de las distintas mezclas varían en función de la granulometría de los materiales volcánicos y de las proporciones en las mezclas pero no en forma lineal. Para cada sistema de producción se deberá evaluar cada mezcla, sus propiedades físicas y químicas como así también la interacción con los factores de riego y fertilización. Los materiales volcánicos puros se podrían evaluar en futuros experimentos en sistemas hidróponicos con riegos frecuentes.

BIBLIOGRAFIA

- Abad, BM; PF Martínez; MD Martínez & J Martínez.1994. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Acta de Horticultura 11:141-154.
- Abak, K & G Çelikel.1994. Comparison of some Turkish originated organic and inorganic substrates for tomato soilless culture. Acta Horticulturae 366:423-428.
- Alcoverro, TR & P Vazquez. 2006. Alternativa al uso de la turba en semilleros hortícolas ecológicos. En: VIII Jornadas de Sustratos de la SECH, Tenerife. Actas de Horticultura 47:83-87.
- Ansorena, MJ.1994. Sustratos. Mundi Prensa, Madrid. ISBN 84-7114-481-6.
- Barbaro, L.A; MA. Karlanian; S Imhoff & DE Morisigue. 2011. Caracterización de la turba subtropical del departamento Islas del Ibicuy, Entre Ríos (Argentina). Agrisciencia 28:137-145.
- Barbaro, LA; A. Mazzoni; MA Karlanian; MN Fernandez & DE Morisigue. 2014. Cenizas del volcán Puyehue como sustrato para plantas. Horticultura Argentina 33:44-53.
- Bermúdez, A & D Delpino. 2011. La actividad del Volcán Puyehue y su impacto sobre el Territorio de la República Argentina. CONICET □ UNCOMA. Informe del 15 de Junio de 2011 [Disponible en <http://www.mdzol.com/nota/303408/>] descargado 14/junio/2014.
- Bunt, AC (Ed).1988. Media and mixes for container-grown plants. Ed. Unwin Hyman. London.
- Burés, S. 1997. Sustratos. 1ª Ed. Ed. Agrotecnias S.R.L. Madrid. 342 pp.

- Chen, Y; T Gottesman; T Aviad & Y Inbar. 1991. The use of bottom-ash coal-cinder amended with compost as a container medium in horticulture. *Act. Hort.* 294:173-181.
- da Silva, FF; R Wallach & Y Chen. 1993. Hydraulic properties of *Sphagnum* peat moss and tuff (scoria) and their potencial effects on water availability. *Plant and Soil* 154:119-126.
- Daga, R; GS Ribeiro; ML Sanchez & M Arribére. 2006. Geochemical characterization of volcanic ashes from recent events in Northern Patagonia Andean Range by INNA. *J. Radional. Nucl. Chem.* 70:677-694.
- Daga, R; GS Ribeiro; ML Sanchez & M Arribére. 2008. Source identification of volcanic ashes by geochemical analysis of well-preserved lacustrine tephros in Nahuel Huapi National Park. *Appl. Radiat. Isot.* 66:1325-1336.
- Daga, R; GS Ribeiro; ML Sanchez & M Arribére. 2010. Tephrochronology of recent events in the Andean Pange (Northern Patagonia): spatial distribution and provenience of lacustrine ash layers in the Nahuel Huapi National Park. *Quat. Sci.* 25:1113-1123.
- Daga, R; A Castro; J De La Rosa; GS Ribeiro; ML Sanchez & M Arribére. 2012. Heterogeneidades texturales y composicionales en productos piroclásticos de la erupción de 1960 del sistema Cordón Caulle (40°30'S, 72°10'O). *Rev. Asoc. Geol. Argent.* 69(4):496-507.
- Díaz, MA; P Mansito; M Pérez-Díaz; MC Cid & AR Socorro. 2007. Two substrates for cut flower *Heliconia* soilless culture. VI International Symposium on New Floricultural Crops. *Acta Hort. (ISHS)* 813:637-640.
- EN-13041:2007. Comité Europeo de Normalización. Mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Determinación de las propiedades físicas: densidad aparente seca, volumen de aire, volumen de agua, valor de contracción y porosidad total. 9 pp.
- Flores, MT; S Parra & D Malagón. 2006. Alteración física de los fragmentos de matriz y de los vidrios volcánicos. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 30:243-258.
- Fonteno, W. 1996. Growing media: Types and physical/chemical properties (5) Pp.93-122 in Reed, D.W. (ed). *Water, Media and Nutrition*. Ball Publishing. Batavia, Illinois USA. 315 pp.
- Gaitán, JJ; JA Ayesa; F Umaña; F Raffo & DB Bran. 2011. Cartografía del área afectada por cenizas volcánicas en las provincias de Río Negro y Neuquén. Laboratorio de Teledetección SIG Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA- S.C. de Bariloche.
- Gallardo, CS. 2006. Seminario: Sustratos para plantas en contenedores Bases técnicas para elección de los sustratos: Problemas y soluciones más comunes. Corrientes, Argentina.
- Handreck, K & N Black. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. 3rd. Edition. UNSW. Press. 542 pp.
- Heiskanen, J. 1995. Water status of *Sphagnum* peat and peat-perlite mixture in containers subjected to irrigations regimes. *HortScience* 30(2):281-284.
- Heiskanen, J. 1997. Air filled porosity of eight growing media based on *Sphagnum* peat during drying from container capacity. *Acta Hort.* 450:277-286.
- INFOSTAT. 2004. Software Estadístico. Estadística y Biometría y Diseño de Experimentos. Fac. Ciencias Agropecuarias. U.N.Córdoba. (Argentina). ISBN: 987-9449-65-7.
- Karlovich, PT & WC Fonteno. 1986. Effect of soil moisture tension and soil water content on the growth of chrysanthemum in 3 container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 11:191-195.
- Kipp, JA; G Wever & C de Kreij. 2000. International substrate manual. Elsevier International. The Netherlands, 94 pp.
- Manolov, I; A Dimitar; G Stoilov; I Tsareva & M Bae. 2005. Jordanian zeolitic tuff as a raw material for the preparation of substrates used for plant growth. *Journal central European Agriculture* 6(4)485-494.
- Marfà O. 1995. La física de sustratos. España. *Horticultura* 103:33-35.
- Martín-Closas, LL & X Recasens. 2001. Effect of substrate type (perlite and tuff) in the water and nutrient balance of a soilless culture rose production system. *Acta Horticulturae.* 559:569-574.
- Martinez Farré, FX. 1992. Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los sustratos. 1° Jornadas de Sustratos de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Villaviciosa, Actas 1:55-66.
- Mazzoni, MM & S Stura. 1993. Lavas y Tefros Recientes del Volcán Escorial, Provincia del Neuquén. XII Congreso Geológico Argentino y II de Exploración de Hidrocarburos. 4:282-291.
- Milks, R; W Fonteno & R Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrates: I. Mathematical models for moisture characteristics of horticultural container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 114(1):48-52.
- Quintero, MF; CA Gonzalez M & JM Guzman P. 2011. Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. En: Flórez R., VJ (Ed.). *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Pp. 79-108. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Raviv, M; R Wallach; A Silber; S Medina & A Krassnovsky. 1999. The effect of hydraulic characteristics of volcanic materials on yield of roses grown in soilless culture. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 124:205-209.

- Riat, M; F Laos; S Alsogaray; J Arrigoni; G Paladino & S Naón. 2013. Efectos de la ceniza volcánica del complejo Puyehue-Cordon Caulle en la formulación de sustratos y la absorción de nutrientes. UNRN. XXXVI Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura, ASAHO. Resumen en Libro de Resúmenes. ISBN 978-987-99004-1-3.
- Santos, B; D Ríos D; P Noguera & M Abad. 2007. Relación entre el tamaño de partícula y las propiedades físicas de los picones de isla de Tenerife. En: VIII Jornadas de Sustratos de la SECH. Tenerife, 2006. Actas de Horticultura 47:27-32.
- Santos Coello, B & D Rios Mesa. 2013. El picón como sustrato en cultivo sin suelo. Información Técnica de agricultura y desarrollo rural del Cabildo de Tenerife.
- Seoane, AP; LB Vence; LA Barbaro & HA Svartz. 2014. Evaluación de materiales volcánicos del Puyehue-Cordon Caulle como componente de sustratos a base de turba *Sphagnum*. XXXVII Congreso de Argentino de Horticultura. 22 al 26 de Sep. 2014. FCA, UNCuyo. Mendoza.
- Silber, A & M Raviv.1996. Effects on chemical surface properties of tuff by growing rose plants. *Plant Soil* 186:353-360.
- Spomer L. 1974. Two classroom exercises demonstrating the pattern of container soil water distribution. *Hort Science*. 9:152-153.
- Styer, RC & DS Koranski. 1997. Plugs & transplant production. Ball publishing. USA. 374 pp.
- Terés, V. 2002. Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. 483 p.
- Valenzuela, OR. 2009. Caracterización y evaluación agronómica de materiales regionales usados en la formulación de sustratos para plantas. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario 153 pp.
- Valenzuela, O; C Gallardo; C Barrera & L Vence. 2015. Reproducibilidad de diferentes métodos que miden variables físicas en sustratos para plantas. *Rev. Investigación Agropecuaria*. México. ISSN:2007-1353; 12 (1):1-8.
- Van Genuchten, MT. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Soc. Amer. Journal* 44:892-898.
- Vargas-Tapia, P; CRJ Zaragoza; RJ de J Muñoz; GP Sánchez; C L Tijerina; RM López; SC Martínez & AJL Ojodeagua. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México* 34(3): 323-331.
- Vence, LB; O Valenzuela; H Svartz & E Gandolfo. 2010. Densidad de partícula en sustratos para plantas: métodos y su incidencia en el cálculo de la porosidad total. Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, ISBN: 978-987-24771-1-0, resumen expandido en versión electrónica ISBN 978-987-24771-3-4.
- Vence, LB. 2012. Métodos de determinación de parámetros que estiman la disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas y su relación con la respuesta vegetal. Tesis para optar por el título de Magister de la Universidad de Buenos Aires en "Ciencias del Suelo", Facultad de Agronomía, UBA. URL:<http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2012venceliliabeatriz.pdf>.
- Vence, LB, O Valenzuela, H Svartz & ME Conti. 2013. Elección del sustrato y manejo del riego utilizando como herramienta las curvas de retención hídricas. *Ciencia del Suelo (Arg.)* 31:153-164.
- Vence, LB; OR Valenzuela; AP Seoane & HA Svartz. 2014. Método expeditivo con dos variantes de saturación para medir variables físicas en sustratos. Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mayo 2014. Bahía Blanca.
- Wallach, R; F da Silva & Y Chen.1992. Hydraulic characteristics of tuff (scoria) used as a container medium. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117:415-421.
- Warncke D & D Krauskopl. 1983. Greenhouse Growth Medio: Testing & Nutrition Guidelines. Michigan State University, USA.
- Willumsen, J. 1997. Improvement of the physical conditions in peat substrates during the germination of cabbage seeds in organic farming (refereed). *Acta Hort.* 450:183-190.
- Zucconi, F; A Pera; M Forte & M Debertolodi. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle* 22:54-57.