

PID 2117

Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores

Valenzuela, Osvaldo R.; Gallardo, Claudia S.; Carponi, María S.; Aranguren Myrta; Tabares, Hugo y Barrera, María C.

AUTORES: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina.

CONTACTO: cgallard@fca.uner.edu.ar

Resumen

Durante la última década, se plantearon dos problemas a resolver a nivel mundial en los sustratos para plantas: a) Identificación de materiales o mezclas aptos para reemplazar a la turba de musgo *Sphagnum* en la producción de cultivos sin suelo y b) Obtención de sustratos con un espacio poroso adecuado y una relación balanceada entre el agua y el aire. Ambas tendencias estuvieron incluidas en las investigaciones realizadas, siendo de interés hacerlo para los sustratos regionales. El objetivo general fue contribuir al conocimiento de las propiedades físicas en sustratos regionales y cuantificar su relación con el crecimiento de plantas cultivadas por su valor comercial. El trabajo de investigación se orientó a aspectos relacionados con el estudio de las relaciones agua-aire-sólido en sustratos para plantas y realizó aportes significativos sobre el manejo de los medios de crecimiento utilizados en la producción de cultivos en contenedores al relacionar las propiedades de los sustratos con el crecimiento de las plantas.

Palabras clave: cultivo sin suelo; relaciones aire-agua; respuesta de los cultivos

Management of physical properties in regional substrates for growing plants in containers

Abstract

During the last decade, there were two problems to be solved globally in growing media: a) Identification of suitable materials or mixtures to replace the *Sphagnum* peat moss in soilless crop production and b) Obtaining substrates with an adequate pore space and a balanced relationship water/air. Both trends were included in the investigations, it remains of interest for regional media. The overall objective was to contribute to the knowledge of the physical properties in regional media and to assess its relationship with the growth of plants cultivated for their commercial value. The research was directed at issues related to the study of different water-air-solid substrate for plants and made significant contributions on the management of growth media used in the production of crops in containers by linking the properties of substrates with the growth plants.

Keywords: soilless culture; air-water relationship; crop response

I. Introducción

El cultivo industrial de plantas en macetas o contenedores comprende una serie de prácticas culturales, donde la selección y manejo de los sustratos deberían ocupar un lugar decisivo para la obtención de calidad comercial apropiada. La importancia de la selección y manipulación correcta de los medios de crecimiento reside en las cuatro funciones básicas que estos deben cumplir: proveer agua, permitir el intercambio gaseoso desde y hacia las raíces, ser reservorio de nutrimentos y brindar soporte físico para las plantas (Handreck y Black, 2002). Se suma a ello el volumen limitado que ocupan junto a la raíces y debe contribuir a amortiguar cambios bruscos de las condiciones ambientales que podrían afectar el crecimiento de los cultivos (Styer y Koransky, 1997).

Los sustratos, definidos como aquellos materiales distintos del suelo in situ empleados para el cultivo de plantas en contenedores, están compuestos por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. Dentro de una serie de aspectos esenciales que caracterizan estas fases, se destacan la densidad del sustrato (DS), el tamaño y forma de las partículas, el espacio que ocupan los poros en el volumen total del sustrato, la capacidad de los poros de retener agua y la de liberar y conducir agua desde la trama porosa hacia la raíz, intercambio gaseoso, los que indefectiblemente actúan sobre el crecimiento de las plantas (Raviv, 2002).

Diferentes investigadores demostraron la estrecha relación entre tamaño de partícula y la capacidad de retener agua para diferentes sustratos (Marfá *et al.*, 1999; Raviv *et al.*, 2001; Fernandes y Corá, 2004). Si predominan tamaños de partículas inferiores a 0,01mm la mayor parte de los poros serán de diámetros tan finos que el agua permanece fuertemente retenida y no está disponible para las plantas. Si en los sustratos la mayor parte de las partículas comprenden tamaños que van desde 0,01 a 0,8 mm retienen gran parte del agua aplicada pero es aprovechable. Cuando el tamaño de partículas incrementa a un rango de 0,8 a 6 mm, la cantidad de macroporos es mucho más elevado que en los dos tipos de medios anteriores y aumenta el espacio ocupado por aire luego de un riego y drenaje del agua gravitacional y, por arriba de 6 mm de tamaño de partículas, prevalecen los macroporos (Drzal *et al.*, 1999).

Dentro de las propiedades de la fase gaseosa de los sustratos, la primera que indica la condición del medio es el espacio de poros (PT: % v/v) y es el volumen de vacío que se forman entre las partículas, denominado también como porosidad total. Es allí donde se alojarán el agua y el aire. Por otro lado, La aptitud de alojar agua en el espacio de poros hace que allí se puedan desarrollar las plantas. El término más conocido para definir esta capacidad es el de "Capacidad de contenedor", que es la cantidad total de agua que persiste en el sustrato posterior al riego y drenaje del agua gravitacional (Bures, 1997). Un sustrato de tipo o de referencia, a capacidad de contenedor y sobre un 85% de porosidad total, debería poseer un espacio de poros con aire del 30% (25% del volumen total) y 70% de capacidad de retener agua (60% del volumen total) (De Boodt *et al.*, 1974). Estos autores introducen el concepto de agua fácilmente disponible o utilizable (AFD) y la describen como la diferencia de agua que hay en un medio de crecimiento entre potenciales matriciales que van desde - 10 hPa hasta -50 hPa. También definen como capacidad de agua buffer ó capacidad de agua de reserva (CAR) a la contenida en el rango que va desde -50 hPa hasta -100 hPa. Ellos sugirieron que el valor de AFD podría usarse como guía para manejar el riego en sistemas de cultivos sin suelo. No obstante la aparente validez del criterio, los últimos avances en los conocimientos en la dinámica del agua en los sustratos lo ponen en tela de juicio (Raviv *et al.*, 2001) y aparece la conductividad hidráulica no saturada (K(h)), como un nuevo parámetro muy importante para diagnosticar la capacidad de los sustratos de aportar agua a las raíces. Muestra, para un sustrato dado, en que medida el agua deja de fluir hacia las raíces, aún cuando el contenido hídrico se encuentra dentro del rango de agua fácilmente utilizable.

El tercer componente elemental de un sustrato es la fase gaseosa, cuantificada como la capacidad de aireación, capacidad de retención de aire ó espacio de poros con aire (CA) manifiesta el volumen

que ocupa el aire a capacidad de contenedor. Es requisito indispensable la disponibilidad de oxígeno en el medio radical para que se produzca absorción de agua por parte de las plantas. Riegos excesivos y frecuentes en sustratos que retiene elevadas cantidades de agua, pueden presentar una baja capacidad de intercambio de gases lo cual reduce la actividad fotosintética, la absorción de nutrimentos y el crecimiento vegetal y puede ocasionar pérdidas de plantas por daños radicales a causa de la escasez de oxígeno (Heiskanen, 1995a) ó por efecto del aumento de la incidencia de enfermedades cuando el agua remanente en el rango de agua difícilmente disponible es alta (Ownley et al, 1990).

Las plantas cultivadas en contenedores deben ser regadas frecuentemente a fin de mantener el ambiente radical con una disponibilidad hídrica óptima y esto redundaría en la necesidad de que el sustrato contenga una elevada fracción de macroporos para la inmediata evacuación del agua gravitacional luego de un riego para el ingreso de aire. De esta manera se asegura el aporte necesario de O₂ y para la eliminación del CO₂ (Argo, 1995).

La técnica empleada en el llenado de macetas es una fuente de modificación de las relaciones agua-aire-sólidos en los sustratos, estas van desde los métodos manuales hasta los más sofisticados métodos de llenado automatizados. En la mayor ó menor compresión que se ejerce para que ingrese más cantidad de material, se fuerzan a las partículas a acercarse mucho más unas a otras con lo cual aumenta la densidad y disminuye la porosidad total (Gruda et al, 2000). Algunas herramientas de llenado mecánico desagregan y quiebran las partículas de los sustratos, con consecuencias similares a la situación anterior (Heiskanen 1993, 1994). También incide el contenido de humedad previo al llenado de las macetas; si el material está seco, al completarse el recipiente y regarse luego, las partículas secas se reordenan, decantan las más pequeñas colocándose dentro de poros que forman las de mayor tamaño modificando las cualidades con que originariamente el productor se propuso lograr con la mezcla. Sería aconsejable entonces, humedecer los sustratos momentos antes de que se proceda al envasado.

En Argentina la incorporación de la temática al área científica y académica es más reciente (Valenzuela y Gallardo, 2003). Se han realizado avances en la caracterización física y química de materiales utilizados por los productores en la región y de materiales alternativos (Valenzuela y Gallardo, 2002) y la respuesta de las plantas a estos medios de crecimiento; estudio de nuevos sustratos para identificar sustratos con potencialidad de uso (Gallardo y Valenzuela, 2003) y búsqueda de materiales alternativos a los sustratos importados (Gallardo y Valenzuela, 2003; Valenzuela y Gallardo, 2002) ó para reemplazar al suelo como principal componente de los medios de crecimiento (Valenzuela et al, 2003 y 2004).

Cada uno de los puntos que abarcan la dinámica del agua y el aire en los espacios que genera la fase sólida de un sustrato, junto con las necesidades hídricas de las plantas cultivadas en contenedores, presenta ante nosotros la posibilidad de diseñar un sustrato acorde al sistema productivo. Aportan herramientas para la toma de decisiones a cerca de técnicas apropiadas para crear las condiciones del medio de crecimiento que se adapte a las demandas de las diferentes especies cultivadas. Pero el desconocimiento de la importancia de estos temas y la aplicación prácticas de manejo inadecuadas desde el lugar en que se generan los sustratos hasta que llegan al contenedor, podrían traer consecuencias económicas no deseadas por un productor. Es conveniente avanzar un paso adelante en materia de ajustes en la caracterización y manejo de los sustratos utilizados en el país y con mayor énfasis en la región.

De aquí que el objetivo de la investigación fue contribuir al conocimiento de las propiedades físicas en sustratos regionales y cuantificar su relación con el crecimiento de plantas cultivadas por su valor comercial.

II. Materiales y métodos

II.1. Procedimientos a utilizados para la modificación de las principales propiedades físicas

Dependiendo de las características físicas iniciales y del destino de uso del sustrato se realizaron dos formas de modificar las propiedades iniciales: a) Molienda y/o tamizado y b) Mezclas de distintos materiales y contenido hídrico.

En el primer caso se usaron molidoras empleadas en la región para la elaboración comercial de sustratos y en el segundo, se formularon nuevos sustratos a partir de las mezclas de materiales con diferentes propiedades físicas.

II.2. Principales parámetros físicos de los materiales a ser analizados en laboratorio

Densidad del sustrato y capacidad de retención de agua

La mesa de tensión se construyó artesanalmente utilizando el sistema de "lechos de arena". Para ello se usan recipientes de 22 cm de diámetro, 28 cm de altura y completados hasta 2:3 partes de su volumen con arena de la siguiente granulometría: arena muy fina (0,05-0,125 mm) 0,1%; arena fina (0,125-0,25 mm) 93,3%, arena media (0,25-0,5 mm) 4,4% y arena gruesa (0,5-1 mm) el 0,4%; con fracciones calculadas sobre la base de peso seco. El recipiente presenta una perforación a 10 cm por debajo de la superficie del lecho, la diferencia de altura de la columna de agua origina un potencial matricial de -10 hPa.

Para cada muestra se utilizarán dos cilindros superpuestos de 7,7 cm de diámetro y de 3 y 4 cm de altura respectivamente, la base del cilindro inferior se cierra con una tela de tul fino y se completan con el material a analizar en forma manual. Se dejan al menos 24 h a saturación con agua destilada y posteriormente los cilindros se colocan en la mesa de tensión (lecho de arena) durante otras 24 h. El cilindro inferior se pesa en húmedo y luego se determina el peso seco a 105°C . A partir de este procedimiento se deduce la densidad del sustrato (D_s) y la capacidad de retención de agua (CRA) o capacidad de contenedor.

La D_s se define como la relación entre la masa del material sólido seco y el volumen que ocupa el material en esas condiciones, incluyendo el espacio poroso entre partículas, también se la conoce como densidad volumétrica o densidad aparente. El valor del parámetro se calcula de la siguiente manera:

$$D_s = \frac{M_s - T_c}{V_c} \quad (2)$$

Donde, (M_s): masa de la muestra seca del sustrato en gramos; (T_c): tara del cilindro inferior y (V_c): volumen del cilindro inferior. Por otro lado, CRA expresa el contenido de humedad volumétrica (θ), es la cantidad de agua que puede retener o almacenar un sustrato bajo condiciones preestablecidas en un volumen, en este caso utilizando un cilindro de 7,7 cm de diámetro y 4 cm de altura, sometido a una tensión de -10 hPa (θ -10 hPa).

$$CRA = \frac{M_H - M_s}{V_c} \times 100 \quad (3)$$

Donde, (M_H): masa de la muestra húmeda del sustrato a una tensión de -10 hPa.; (M_s): masa de la muestra seca del sustrato y (V_c): volumen del cilindro inferior.

Porosidad total, densidad de partículas y contenido de aire

La porosidad total (Pt) o espacio poroso total, es una estimación del volumen de vacíos. Se determina en forma indirecta a través del siguiente cálculo:

$$Pt (\%v/v) = \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right) \times 100 \quad (4)$$

Donde, (Ds): densidad del sustrato según ecuación (2) y (Dp): es la densidad de las partículas, que expresa la relación entre la masa del material sólido seco y el volumen ocupado por las partículas que lo forman, excluyendo el espacio poroso entre partículas. La Dp fue calculada a partir del contenido de materia orgánica total y cenizas:

$$Dp = \frac{100}{(MO/1,45) + (C/2,65)} \quad (5)$$

Donde, (MO): es el porcentaje de materia orgánica total, (C): el porcentaje de cenizas y los números son coeficientes que hacen referencia a la densidad de partícula de materiales puramente orgánicos y minerales respectivamente. Los resultados finales se expresan con la misma unidad que muestra la ecuación (5).

El contenido de aire (CA) o capacidad de aireación, es una estimación del volumen de aire del sustrato a una tensión de referencia, para el trabajo se utilizará una igual a -10 hPa. Se obtiene de la diferencia entre la porosidad total y el contenido de humedad a capacidad de contenedor.

$$CA = Pt - CRA \quad (6)$$

Donde, (Pt): es la porosidad total y (CRA): la capacidad de retención de agua a -10 hPa.

Tamaño de partícula

El análisis granulométrico se realizará siguiendo la metodología propuesta por Martínez (1992) y descrita por Noguera (2000) con una tamizadora eléctrica a la que se le colocarán los siguientes tamices: 0,125 – 0,25 – 0,5 – 1 – 2 – 4 – 8 – 16 mm, siguiendo una progresión geométrica.

Curva de retención de agua

Las curvas de liberación de agua relacionan el potencial matricial (Θ_m) con el contenido de agua del sustrato, su importancia radica en el conocimiento de las relaciones agua-aire en estos cuerpos porosos. La curva se obtiene originando diferentes tensiones (10, 50 y 100 hPa) y midiendo el agua retenida, expresada como humedad volumétrica (Θ), para cada potencial matricial. Se utilizará un equipamiento construido en forma artesanal y basado en el descrito por Danielson and Sutherland, 1986, el cual tiene una placa porosa de yeso de 2 cm de espesor que está colocada en el fondo de un embudo plano de PVC y está conectado a una manguera cuya salida se puede colocar a distintas distancias de la placa (10, 50 y 100 cm), de tal manera que la diferencia de altura de la columna de agua genera las tensiones necesarias.

La tensión a 0 hPa, que corresponde a todos los poros con agua, se la estima a través de la Pt. El porcentaje en volumen del material sólido (MSo) de la siguiente forma: $MSo = 100 - Pt$ (Martínez Farré, 1992).

Se clasificó el agua en los sustratos a través de la curva característica de humedad en cuatro categorías (De Boodt et al., 1974): *agua fácilmente disponible* (AFD): es el volumen de agua encontrado entre los puntos de 10 y 50 hPa de tensión en los sustratos. Es decir: $AFD = (\Theta_{10 \text{ hPa}}) - (\Theta_{50 \text{ hPa}})$; *agua de reserva* (AR): es el agua volumétrica liberada entre 50 y 100 hPa de tensión en los sustratos, o lo que es lo mismo: $AR = (\Theta_{50 \text{ hPa}}) - (\Theta_{100 \text{ hPa}})$; *agua disponible* (AD): volumen de agua liberado entre 10 y 100 hPa de tensión y se calcula de la siguiente forma: $AD = AFD + AR$ ó $AD = (\Theta_{10 \text{ hPa}}) - (\Theta_{100 \text{ hPa}})$. Por último, el *agua difícilmente disponible* (ADD): es el agua retenida a tensiones superiores a 100 hPa. Entonces, $ADD = (\Theta_{100 \text{ hPa}})$.

II.3. Principales parámetros químicos de los materiales a ser analizados en laboratorio

Como complemento de la caracterización de los materiales y medios de crecimiento se procederá a realizar las siguientes determinaciones químicas: Alcalinidad y acides de los sustratos (pH en agua) y conductividad eléctrica (CE dS m⁻¹ 25° C) por el método del Extracto de saturación (Warnke, 1986).

La técnica consiste en colocar 600 cm³ de sustrato se humedecen con agua destilada hasta formar una pasta justo hasta el punto de saturación. Se deja en equilibrio por una hora y media, se realiza la determinación de pH en la pasta. La pasta luego se coloca en embudos Buchner conectado a un frasco Kitasato conectado a una línea de vacío. Se realizan las determinaciones de sales solubles. Materia orgánica: Calcinación 550 °C, durante 4h, la expresión del resultado será sobre materia seca (Martínez Farré, 1992).

II.4. Estudios de la respuesta de las plantas

Los ensayos se condujeron en un invernadero tipo capilla, con cobertura de polietileno, ventilación cenital y lateral rebatible, ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos. El diseño experimental fue diferente de acuerdo al ensayo específico realizado, todos tuvieron al menos 3 repeticiones por tratamiento y el desarrollo de los experimentos fue organizado de manera tal que todas las tareas se hicieron por repetición: Ej. llenado de macetas, mediciones de peso fresco, altura de plantín, diámetro del tallo, entre otras. Para la implantación de las especies se utilizaron bandejas multiceldas de distinto tamaño ó macetas sopladas de polietileno negro. Se hicieron todos los controles sanitarios de rutina para la producción de plantas en contenedor.

Las mediciones generales realizadas en plantas fueron biomasa radical y parte aérea, número de raíces, y altura, entre las más significativas, difiriendo de acuerdo al ensayo específico realizado.

III. Resultados y Discusión

III.1. Propiedades físicas de materiales componentes de sustratos en la Región Pampeana

CUADRO 1a. Proporción de muestras respecto de valores de referencia para los principales parámetros físicos y físico-químicos de materiales utilizados como componentes de sustratos en la Región Pampeana de Argentina (n = 240).

Parámetros	Valores de referencia ^(*)	Debajo	Dentro	Arriba
		----- % -----		
Porosidad total (cm ³ cm ⁻³)	>0,85	43	57	---
Capacidad retención de agua a 10 hPa (cm ³ cm ⁻³)	0,55 - 0,70	78	22	0
Contenido de aire (cm ³ cm ⁻³)	0,20 - 0,30	19	16	65
Densidad del sustrato (kg m ⁻³)	< 400	--	68	32
pH _{agua}	5,20 - 6,30	33	22	45
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	<3,50	--	79	21

^(*)Según Abad et al. (1993; 2001) valores óptimos o aceptables para sustratos.

En la **Cuadro 1a** se observa que más de la mitad de los materiales tuvieron alta porosidad total, baja capacidad de retención de agua, adecuada densidad del sustrato, pH alcalino y baja salinidad. Específicamente en lo referente a la alcalinidad y salinidad estos resultados son coincidentes con un relevamiento hecho en invernáculos de productores en Estados Unidos y también son similares en los parámetros físicos y físico-químico, a excepción de la salinidad, con un inventario de materiales efectuado en España por Abad et al. (2001). Estas investigaciones indican que se necesita especial atención sobre el sistema de riego debido a la baja capacidad de retener agua de los sustratos, a las

correcciones de pH por su influencia en la nutrición mineral y dependiendo del tipo de material y de la calidad del agua, también a la salinidad. Estas tres propiedades son relevantes al momento de la selección del sustrato y durante la producción del cultivo para el control de la calidad y fertilización (Blok *et al.*, 2008).

Dentro de los materiales más utilizados en la formulación de sustratos, la mayoría presentó alta Pt, destacándose la turba *Sphagnum*, turba del Delta, perlita y cáscara de arroz carbonizada sobre la turba de Concordia y la corteza de pino. El CA fue mayor al valor de referencia (0,20 – 0,30 cm³ cm⁻³) para todos los sustratos excepto para la turba de Concordia.

CUADRO 2a. Caracterización de la porosidad total (Pt) y relación aire-agua medida a través del contenido de aire a una tensión de 10 hPa (CA), el agua fácilmente disponible (AFD), el agua de reserva (AR) y el agua difícilmente disponible (ADD) de principales materiales utilizados en la formulación de sustratos y que no tienen como origen al suelo en la Región Pampeana de Argentina.

Sustratos	Pt		CA		AFD		AR	ADD	
	----- cm ³ cm ⁻³ -----								
Turba musgo <i>Sphagnum</i> (T)	0,93	a	0,37	bc	0,22	a	0,04	0,30	b
Turba del Delta (TD)	0,91	ab	0,46	b	0,20	ab	0,03	0,22	c
Turba negra Concordia (TC)	0,86	bc	0,26	c	0,18	ab	0,03	0,39	a
Perlita (P)	0,95	a	0,64	a	0,10	c	0,03	0,18	cd
Corteza pino compostada (CP)	0,83	c	0,39	b	0,08	c	0,02	0,35	ab
Cáscara arroz carbonizada (CAC)	0,92	ab	0,64	a	0,14	b	0,02	0,13	d
Prueba F	***		***		***		n.s.		***
CV (%)	2,32		7,86		17,14		32,74		7,79
Valores de referencia ⁽¹⁾	>0,85		0,20-0,30		0,20-0,30		0,04-0,10		---

***: Indica diferencias significativas dentro de la columna con $P \leq 0,001$. n.s.: Indica diferencias no significativas. CV (%): Coeficiente de variación en porcentaje. Letras distintas indican diferencias de medias según el test de Tukey.

⁽¹⁾Según Abad *et al.* (1993; 2001) valores óptimos o aceptables para sustratos.

Existen diferencias muy altamente significativas ($P \leq 0,001$) en el contenido de AFD en la turba *Sphagnum* respecto de la perlita, corteza de pino y cáscara de arroz carbonizada, encontrándose valores aceptables según De Boodt y Verdonck (1972) y Abad *et al.* (1993; 2001) para la turba *Sphagnum* de Tierra del Fuego y la turba del Delta, aunque comparándolos con la turba rubia *Sphagnum* de origen europeo, dependiendo del grado de descomposición y del tamaño de partícula; el AFD de los materiales nacionales está próximo a 1/3 o a la mitad de aquella (Ansorena Miner, 1994; Burés, 1997). Por otro lado, el AR presentó alta variabilidad experimental (CV = 32,74 %) y los sustratos no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0,001$) de la turba de Concordia y la corteza de pino respecto de la turba del Delta, perlita y cáscara de arroz carbonizada en el contenido de agua a tensiones de 100 hPa. El hecho que los dos sustratos mencionados al principio tengan un valor más alto de ADD, se debe posiblemente a que la turba de Concordia presentó un tamaño de partícula pequeño por su significativo grado de descomposición, en el caso de la corteza de pino, por la porosidad interna de las partículas vegetales. Ambas hipótesis deberían ser corroboradas en próximas investigaciones ya que no fueron objeto de este trabajo.

III.2. Crecimiento de plantines de tomate Platense en sustratos de distintas propiedades físicas y dosis de fertilizante

Mediante la formulación de dos sustratos se lograron diferentes relaciones agua/aire a partir de materiales con características físicas contrastantes (Cuadro 1b y Gráfico 1b) y el análisis estadístico manifestó diferencias significativas entre las variables físicas analizadas (α : 0,05). Estos sustratos podrían ser confeccionados y utilizados durante el periodo del año donde existe baja demanda hídrica del cultivo (otoño-invierno) o durante período primavera-estival con un control estricto del riego para minimizar el riesgo de déficit hídrico en cultivos.

CUADRO 1b. Características físicas y químicas de perlita agrícola, turba subtropical extraída en departamento Concordia y de dos sustratos formulados a partir de ambos materiales

	Perlita Agrícola	Turba Subtropical	S ₁ *	S ₂ *	** Ref.
<i>Parámetros físicos</i>					
Densidad del sustrato (kg.m ⁻³)	0,120	0,210	0,214	0,240	< 0,400
Densidad de partícula (g.cm ⁻³)	2,63	1,87	2,03	1,94	1,45-2,65
Espacio poroso total (%)	95,33	85,86	89,47	87,57	> 85
Capacidad de retención de agua (%)	24,76	59,91	44,52	51,92	55-70
Espacio de poros con aire (%)	70,56	25,95	44,94	35,65	15-30
Relación agua/aire	0,35	2,31	0,99	1,46	-----
<i>Parámetros químicos</i>					
pH	5,75	5,25	5,75	5,80	5,2 –6,5
Conductividad eléctrica (dS.m ⁻¹)	0,035	3,00	2,10	2,60	< 2,00

*: S₁ y S₂: tratamientos **: valores de referencia, Ansorena Miner, 1994

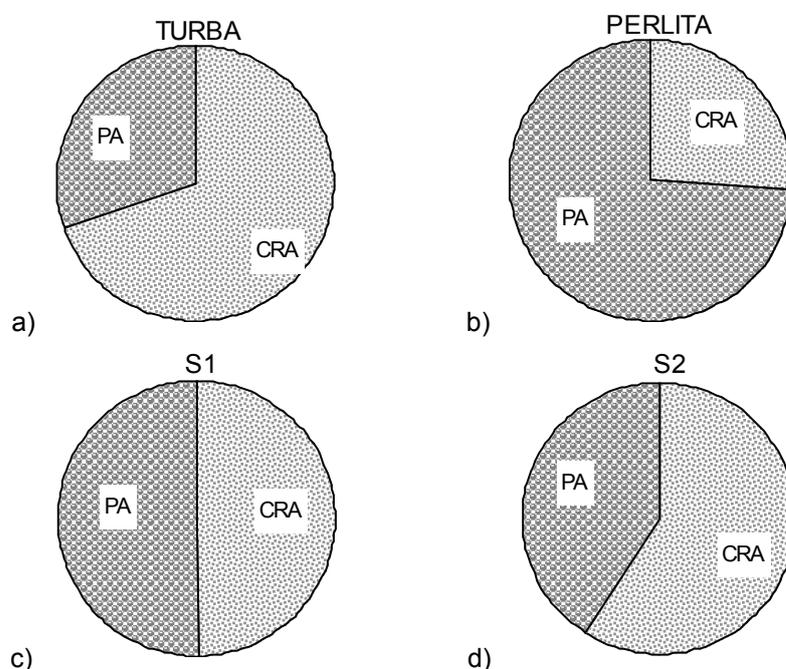


GRÁFICO 1b. Proporciones de espacio de aireación (PA) y capacidad de retener agua (CRA) en: a) turba subtropical de Concordia; b) perlita agrícola; c) S₁: turba + perlita 3:2 (v/v), d) S₂: turba + perlita 4:1 (v/v).

CUADRO 2b. Peso fresco de la parte aérea (PFA), biomasa aérea (BA), biomasa radical (BR) y biomasa total (BT) observados durante tres momentos de la Etapa 3 de plántines de tomate Platense cultivados en dos sustratos tratados con diferentes dosis de un fertilizante de liberación lenta

Trat.	PFA (g)	BA (mg)	BR (mg)	BT (mg)
15 DDS				
S ₁ f ₀	0.28 b	24.85 b	4.45 b	29.30 b
S ₁ f _½	0.25 ab	21.08 ab	3.58 a	24.66 ab
S ₁ f ₁	0.24 ab	20.89 ab	3.29 a	24.18 ab
S ₂ f ₀	0.21 a	19.97 a	3.30 a	23.27 a
S ₂ f _½	0.22 a	20.34 ab	3.17 a	23.52 a
S ₂ f ₁	0.21 a	18.98 a	3.04 a	22.02 a
Anova	*	**	*	*
21 DDS				
S ₁ f ₀	1.03 a	104.24	21.77 bc	126.01 ab
S ₁ f _½	1.18 b	108.30	23.05 c	131.35 b
S ₁ f ₁	1.28 b	103.65	19.09 ab	122.74 ab
S ₂ f ₀	1.02 a	94.77	16.89 a	111.66 a
S ₂ f _½	1.21 b	106.23	17.77 a	124.01 ab
S ₂ f ₁	1.28 b	108.08	17.79 a	125.87 ab
Anova	*	ns	**	*
26 DDS				
S ₁ f ₀	1.61 a	242.80 a	42.79 a	285.59 a
S ₁ f _½	1.83 a	254.59 ab	43.85 a	298.44 ab
S ₁ f ₁	2.56 b	335.58 c	57.73 c	393.30 c
S ₂ f ₀	1.75 a	244.36 a	43.46 a	287.82 a
S ₂ f _½	2.43 b	315.79 c	55.24 bc	371.02 c
S ₂ f ₁	2.41 b	301.06 bc	49.03 ab	350.09 bc
Anova	**	**	**	**

S₁ f₀: S₁ sin fertilizante; S₁ f_½: S₁ más 0,5 Kg de fertilizante por m⁻³ de sustrato; S₁ f₁: S₁ más 1 Kg de fertilizante por m⁻³; S₂ f₀: S₂ sin fertilizante; S₂ f_½: S₂ más 0,5 Kg de fertilizante; S₂ f₁: S₂ con 1 Kg de fertilizante por m⁻³. ns: no significativo, * diferencias significativas al 5%; ** diferencias significativas al 1%. Letras distintas en sentido de las columnas indican diferencias significativas al 5% según el test LSD.

El análisis integral de desempeño de los plántines de tomate en los diferentes tratamientos aplicados, sin poner énfasis en el resultado particular de cada una de las variables, demuestran que el mejor crecimiento fue alcanzado en S₂f₁ (Cuadro N°2b). Esta afirmación se basa en la mayor precocidad, el momento de estabilización del porcentaje de emergencia, la cantidad de biomasa final. La respuesta de las plantas a la combinación de mayor relación agua/aire y por el aporte de nutrientes ya que en los plántines se observó además la menor incidencia de deficiencias visuales de P.

III.3. Crecimiento de *Vaccinium corymbosum* en sustratos con diferentes propiedades físicas y dotaciones de riego

En la Tabla N° 2c se observan las propiedades físicas de los sustratos y materiales puros utilizados en el ensayo. La corteza de pino compostada (CPC) y el sustrato comercial (SC) formulado especialmente para la propagación de arándanos, son los medios que presentaron los valores de CRA y PA con mayor equilibrio en la proporción de su participación en el EPT (Cuadro N° 1c). Esto

les daría la capacidad de almacenar agua en forma adecuada sin perjudicar la capacidad de aireación del sustrato.

CUADRO N° 2c. Propiedades físicas de los sustratos utilizados en el ensayo: (SC) sustrato comercial; 3:1 (CPC) corteza de pino compostada + (CAC) cáscara de arroz carbonizada; 1:3 (CPC) corteza de pino compostada + (CAC) cáscara de arroz carbonizada; (CPC) corteza de pino compostada; (CAC) cáscara de arroz carbonizada.

Sustrato	EPT (%)	CRA (%)	PA (%)	Ds (kg m ⁻³)	Dp (g cm ⁻³)
CAC	92,30 d	16,41 a	75,89 e	141,48 a	1,84 d
CPC (S ₁)	87,41 a	47,69 e	39,72 a	217,54 c	1,73 b
SC (S ₂)	91,24 c	41,92 d	49,32 b	144,46 a	1,65 d
3:1 CPC+CAC (S ₃)	89,61 b	35,09 c	54,53 c	179,71 b	1,73 b
1:3 CPC+CAC (S ₄)	91,17 c	25,97 b	65,19 d	156,06 a	1,77 c
⁽¹⁾ Ref.	>85	55-70	15-30	< 0,40	

EPT (% v/v): espacio poroso total, CRA (% v/v): capacidad de retención de agua, PA (% v/v): poros con aire, DA (g cm⁻³): densidad volumétrica, DR (g cm⁻³): densidad de partículas, H (%): humedad. ⁽¹⁾ Ref. Abad *et al.*, 1993. Valores de referencia. Letras distintas en el sentido de las columnas indican diferencias significativas (p<= 0,05) por el test de Tukey

Al tomar en cuenta solamente las frecuencias de riego, de acuerdo al análisis estadístico realizado, no se observaron diferencias significativas en las distintas variables medidas en las plantas. Las diferencias se detectaron al combinar las frecuencias de riego y sustratos, en los distintos tratamientos.

Cuadro N°2c: Biomasa aérea (g planta⁻¹) observada en plantines de arándano variedad Misty al inicio de la etapa experimental y a los 15, 30, 45 y 63 días posteriores al trasplante

Tratamientos	1 DPT	15 DPT	30 DPT	45 DPT	63 DPT
T ₁	0,20	0,28	0,43 ab	0,83 a	1,39 a
T ₂	0,20	0,27	0,39 a	0,81 a	1,58 ab
T ₃	0,20	0,34	0,59 b	1,06 ab	2,28 c
T ₄	0,20	0,34	0,51 ab	1,06 ab	2,01 bc
T ₅	0,20	0,31	0,47 ab	1,13 b	2,27 c
T ₆	0,20	0,29	0,47 ab	0,96 ab	2,22 c
T ₇	0,20	0,25	0,51 ab	1,04 ab	1,96 bc
T ₈	0,20	0,26	0,51 ab	0,91 ab	1,81 abc

T₁: CPC + CAC 1:3 v/v - 1F; T₂ CPC + CAC 1:3 v/v - 2F; T₃: SC 1F; T₄: SC 2F; T₅: CPC 1F; T₆: CPC 2F; T₇: CPC + CAC 3:1 v/v - 1F; T₈ CPC + CAC 3:1 v/v - 2F. Letras distintas en sentido de las columnas indican diferencias significativas (p<= 0,05) por test de Tukey.

En el análisis de la información de biomasa de la parte aérea, se pudo observar que las diferencias entre tratamientos se acentuaron a medida que se avanzaba en el ensayo. Al finalizar el mismo, se registraron los mayores contrastes en el rendimiento de las plantas (Cuadro N°2c). El sustrato 1:3 CPC+CAC (T₁) tuvo un menor rendimiento en todas las variables, probablemente por su inadecuado valor de pH en las primeras etapas del ensayo y, posiblemente, la baja capacidad de retener agua.

III.4. Crecimiento de *Poncirus trifoliata* (L.) en sustratos de diferente relación agua-aire

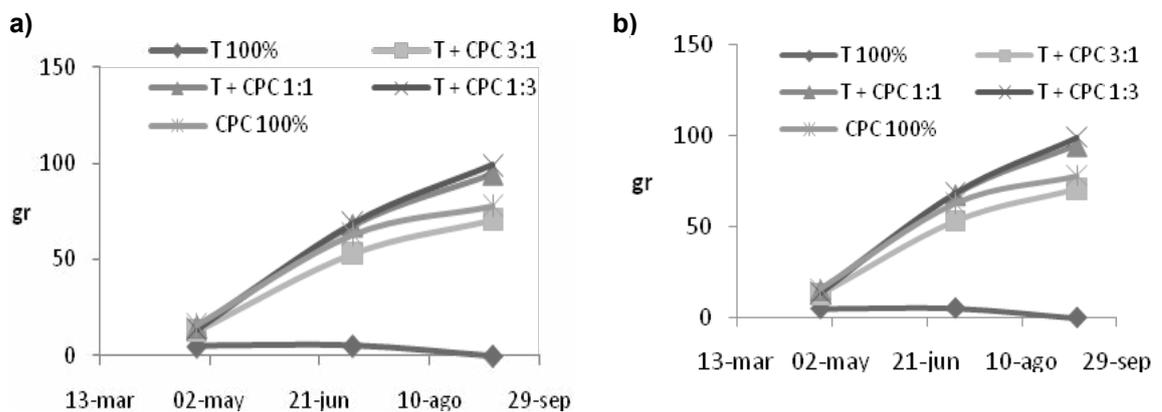
Los sustratos seleccionados para el presente estudio mostraron valores de porosidad total adecuadas para el cultivo de plantas en contenedores (Ref. Cuadro 1d). No obstante ello, se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha=0,05$) para la porosidad total. El resultado más elevado se registró en la turba pura (T 100%) y el valor más reducido en la corteza de pino compostada (CPC 100%). La mezcla con mayor proporción de turba evidenció mayor cantidad de poros totales y el incremento en la proporción de CPC causó una reducción de la porosidad total (Cuadro 1d).

CUADRO 1d. Propiedades físicas y químicas de cinco sustratos analizados para la producción de pie de injerto de *Poncirus trifoliata*.

TRAT	EPT (%)	CRA (%)	PA (%)	Ds (kg m ⁻³)	Dp (g cm ⁻³)	Ms (%)	MO (%)	pH	CE (ds/m)
T 100%	95,40a	78,54a	16,86c	70,2e	1,53a	4,60e	96,10a	3,58c	0,31a
T+CPC 3:1	91,15b	57,51b	33,64b	155,3d	1,75b	8,85d	74,55b	3,68c	1,73e
T+CPC 1:1	88,63c	49,80bc	38,83ab	199,5c	1,75b	11,37c	66,66c	4,03b	2,70d
T+CPC 1:3	87,09d	46,34cd	40,75ab	227,4b	1,76c	12,91b	65,81c	4,12ab	4,10c
CPC 100%	85,96e	37,53d	48,43 ^a	248,6a	1,77d	14,04a	65,07c	4,27a	5,90b
Signif.	***	***	***	***	***	***	***	***	***
⁽¹⁾ Ref.	>85	55-70	15-30	<400		<15		5,2-6,3	<3,5

***: Diferencias significativas al 1%. Letras diferentes en sentido de las columnas indican diferencias significativas al 5% mediante el test de Tukey. ⁽¹⁾ Ref. Abad *et al.*, 1993.

El análisis estadístico indicó diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha=0,05\%$) para todas las variables analizadas en plantas (diámetro de la base del tallo, altura de plantas, biomasa radical, biomasa aérea, entre otras). El tratamiento T 100% fue menor en todas las mediciones y hacia el final de la etapa experimental no se obtuvieron datos debido a que a los 130 días de ensayo habían muerto todas las plantas de dicho tratamiento (Gráfico 2d).



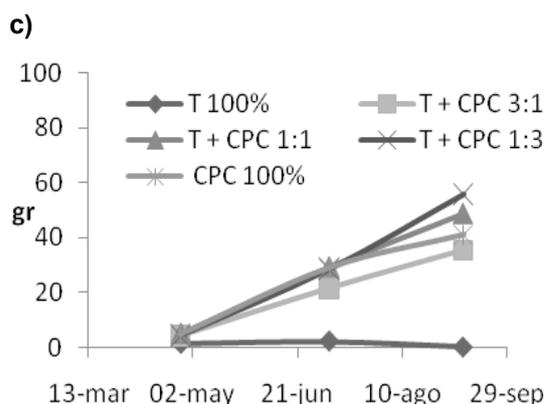


GRAFICO 1d. Comportamiento de variables fisiológicas evaluadas en plantines de trifolío cultivadas en diferentes sustratos. a: Biomasa del tallo (g planta⁻¹); b: Biomasa de raíces (g planta⁻¹); c: Biomasa total (g planta⁻¹).

Para las condiciones (sistema) en que se realizó este trabajo experimental, las propiedades físicas de los sustratos en estudio, en particular la capacidad de retener agua y la porosidad con aire, fueron los factores que definieron el desempeño de los plantines de trifolío. Se observó que esta especie requiere elevados valores de porosidad con aire (> 30%).

III.5. Crecimiento de *Rhodotendron indicum* (L.) Sweet en sustratos basados en fibra de palma

La experiencia que se presenta en este punto muestra por primera vez en Argentina el potencial de la fibra de palma caranday para la formulación de sustratos. El Cuadro N°1e presenta los resultados de los análisis realizados en los materiales utilizados en su estado puro como así también las mezclas realizadas (tratamientos). Para cada una de las variables físicas evaluadas se menciona el rango de valores sugeridos (Ref.) para sistemas productivos básicos en los cuales no intervienen tecnologías de avanzada. Es por esto, que resultados alejados de estos rangos no indican que los sustratos sean inapropiados para su uso, sino que se les debe aplicar la práctica de manejo que se adapte a las características del material, a los requerimientos específicos de la especie cultivada y al sistema productivo.

CUADRO N°1e. Características de la corteza de pino compostada (CPC), de fibra de palma (FP), pinocha (P) y cáscara de arroz carbonizada (CAC) y de diferentes combinaciones volumétricas de estos materiales

MATERIALES	EPT (%)	CRA (%)	PA (%)	Ds (kg m ⁻³)	Dp (g cm ⁻³)	Co (%)
CPC	85,80a	44,66d	41,15a	240e	1,69cd	26,15bcd
FP	92,83c	22,94a	69,89c	110a	1,53a	15,07ab
P	91,57c	38,83c	52,74c	140ab	1,70cd	32,62d
CAC	91,45c	23,94a	67,51c	160bc	1,82e	24,65abcd
SUSTRATOS						
CPC + FP (1:1 v/v)	87,58ab	33,84b	53,74b	0,20d	1,62b	13,47a
CPC + CAC + FP (2:1:1 v/v)	88,20b	36,90bc	51,30b	0,19cd	1,66c	18,56abc

CPC + CAC + P (2:1:1 v/v)	89,23b	35,31b	53,92b	0,18cd	1,71d	14,23ab
CPC + P (1:1 v/v)	88,31b	43,06d	45,24a	0,20d	1,70cd	28,74cd
Significancia	*	*	*	*	*	*
⁽¹⁾ Ref.	>85	55-70	20-30	<0,4	1,50	<30

EPT (%): Espacio poroso total. CRA (%): Capacidad de retener agua. PA (%): Poros con aire. Ds: densidad de sustrato (g cm⁻³); Dp: densidad de partícula (g cm⁻³); Co: Contracción (%). ⁽¹⁾: Abad *et al.*, 1993.

Letras distintas en sentido de las columnas indican diferencias significativas (p<= 0,05) por el test de Tukey.

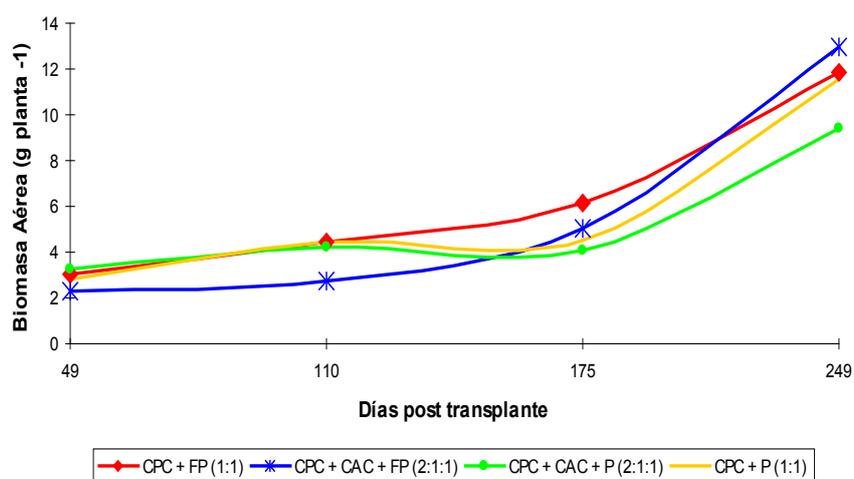


GRÁFICO N° 1e: Evolución de la biomasa aérea de plantas de azalea cultivadas en sustratos formulados con fibra de palma (FP), corteza de pino compostada (CPC), cáscara de arroz carbonizada (CAC) y pinocha (P). Los datos de cada fecha de muestreo corresponden al promedio de tres plantas por tratamiento.

En cuanto a los resultados alcanzados en plantas de azaleas, no se hallaron diferencias significativas para biomasa aérea (Gráfico N°1e), altura de plantas y de integridad del cepellón entre los cuatro tratamientos, en ninguna de las cuatro fechas de medición. Esto permite sostener que es factible incorporar hasta un 50% de fibra de palma en las mezclas o incluso sustituir con ésta a la pinocha (acículas de pino), la cual es uno de los ingredientes tradicionalmente empleados en Entre Ríos para el cultivo de azaleas, camelias y otras acidófilas (Acosta Durán *et al.*, 2008).

III.6. Producción de esquejes de *Rosa multiflora* en diferentes sustratos y tratamientos de enraizamiento

De acuerdo a las sugerencias bibliográficas, en la propagación agámica los sustratos deben ser aireados y con una moderada capacidad de retener agua (< 55%). Bajo estas condiciones, se produciría un aporte permanente de oxígeno desde la atmósfera y le brindaría al esqueje un ambiente óptimo para que los tejidos radicales puedan proliferar activamente. En primera instancia, se puede afirmar que las formulaciones preparadas para el experimento presentaron buenas características físicas para la propagación de esquejes de rosa para pie de injerto.

CUADRO N° 1f: Valores medios de propiedades físicas medidas en materiales puros y en sustratos formulados para el enraizamiento de esquejes de *Rosa multiflora* Thunb tratados con diferentes prácticas para estimular el desarrollo de raíces.

Materiales	MS (%)	EPT (% v)	CRA (% v)	CA (% v)	Ds (kg m ⁻³)	Dp (g cm ⁻³)
Turba <i>Sphagnum</i>	5,54a	94,46c	56,15b	38,32b	100,78a	1,72a
Turba subtropical	14,31c	85,69a	69,53c	16,16a	296,1c	2,07c
Carbón de cáscara de arroz	6,97b	93,03b	14,61a	78,42c	132,45b	1,90b
Significancia	**	**	**	**	**	**
Sustratos						
S ₁	7,35	92,65	20,33	72,32	136,74	1,86
S ₂	8,24	91,76	51,67	40,09	164,88	2,00
Significancia	*	*	**	**	*	**
(1) Ref.	<15	> 85	55-70	15-30	< 400	

S₁: cáscara de arroz carbonizada y turba *Sphagnum* 1:2 v/v; S₂: cáscara de arroz carbonizada y turba *Sphagnum*. Relación 1:2 v/v. *: diferencias significativas al 5%; **: diferencias significativas al 1%. (1): Abad *et al.*, 1993. Letras distintas en sentido de las columnas indican diferencias significativas (p<= 0,05) por el test de Tukey.

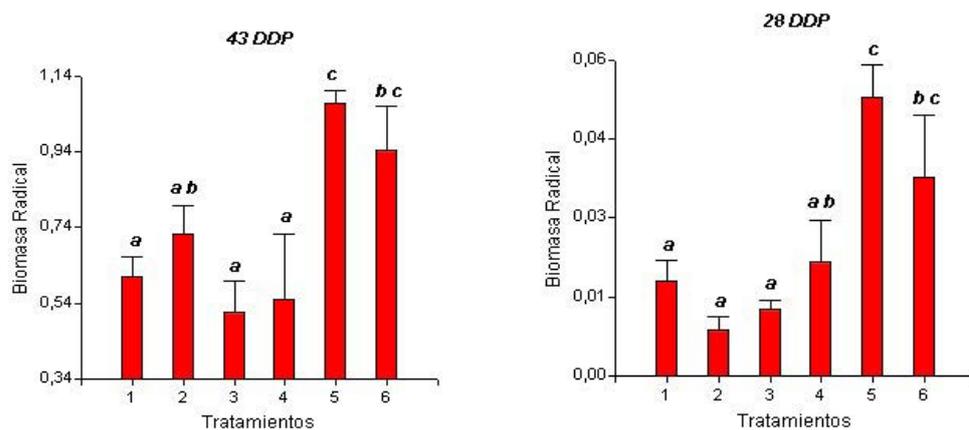


GRÁFICO N° 1f: Biomasa radical de esquejes de patrones de injerto de *Rosa multiflora* Thunb. (a) 1° Muestreo: 28 DDP; (b) 2° Muestreo: 43 DDP. (Tratamientos: 1=S1T, 2=S2T, 3=S1C, 4=S2C, 5 S1H y 6=S2H). Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05) por el test L.S.D. C: esquejes con inducción de callo; H: esqueje con aplicación de ANA base polvo; T: esquejes sin inducción (testigo)

El gráfico N° 1f muestra la biomasa radical que desarrollaron los esquejes a los 28 (a) y 43 (b) días posteriores a la plantación, para los diferentes tratamientos en estudio. Se destacaron aquellos que fueron tratados con ácido naftalen acético y en particular los implantados en el sustrato formulado con turba *Sphagnum* y cáscara de arroz carbonizada (2:1, v/v), caracterizado por una elevada capacidad de aireación.

III.7. Propagación agámica en *Begonia rex* en medios de crecimiento con alto contenido de espacio de aireación

TABLA 1g. Propiedades físicas de los sustratos utilizados para la propagación agámica de begonias de hoja

Sustratos	EPT	CRA	PA	Da	Dr	Ms
FC+CPC 2:1	90,69 d	45,19 b	45,8 d	140 ab	1,58 c	9,01 a
FC+CAC 2:1	92,5 b	39,09 c	53,41 ab	130 c	1,68 b	7,5 d
FC+CAC 1:1	92,29 bc	35,17 d	57,11 a	130 bc	1,72 a	7,71 cd
FC+CPC 1:1	91,73 bc	50,24 a	41,49 e	130 c	1,58 c	8,27 bc
FC	93,43 a	44,42 b	49,01 cd	100 d	1,56 c	6,57 e
Pinocha	91,6 c	38,83 cd	52,73 bc	140 a	1,7 ab	8,44 ab
Ref.*	>85%	55-70	20-30	<400		<15

FC: fibra de coco; CPC: corteza de pino compostada; CAC: cáscara de arroz carbonizada; Pinocha: acículas de pino (testigo). EPT: espacio poroso total (%); CRA: capacidad de retención de agua (-1 kPa); PA: espacio de poros con aire (%); Ds: densidad del sustrato (kg m^{-3}); Dp: densidad de partícula (g cm^{-3}); MS: material sólido (%). Letras diferentes en sentido de las columnas indican diferencias significativas al 5% por el test de Tukey.. Ref.* Abad *et al.* (1993)

El promedio general de porcentaje de enraizamiento de esquejes foliares alcanzó 95.5% a los 29 DPP, valor que podría calificarse como altamente satisfactorio en emprendimientos comerciales. Pero, el análisis individual mostró diferencias estadísticas significativas entre los diferentes sustratos empleados ($\alpha=0,05$, Gráfico N° 1g), el porcentaje más bajo se registró en la pinocha pura, sustrato más utilizado para el cultivo de begonias en la región de Concordia (Informante calificado). En esta etapa inicial no se registraron diferencias entre las variedades de begonia.

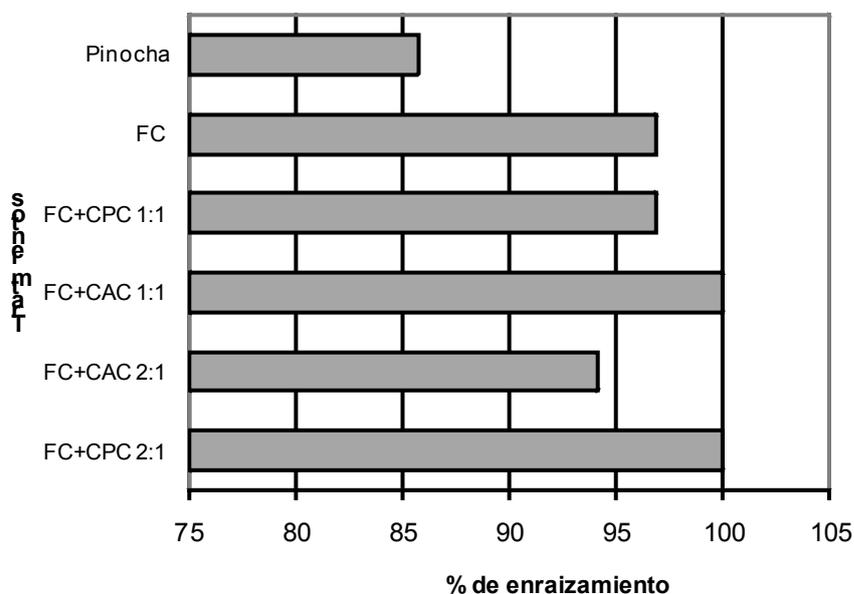


GRÁFICO N° 1g: Porcentajes de enraizamiento de esquejes de begonias de hoja observados 29 días posteriores a la plantación en diferentes sustratos

Se observaron elevados porcentajes de plantas logradas en los medios de crecimiento que manifestaron menor contracción inicial de su volumen dentro del contenedor (fibra de coco+corteza de pino compostada en relación volumétrica 1:1 y fibra de coco+cáscara de arroz carbonizada en relación volumétrica 2:1), además de su alto espacio poroso total (>90%) y elevado espacio de aireación (>40%).

Las diferentes variedades utilizadas demostraron requerir diferentes cualidades físicas de los sustratos, dentro del rango de valores observados en la experiencia, por lo que sería necesario definir las exigencias para cada una de aquellas que se propagan comercialmente en la región.

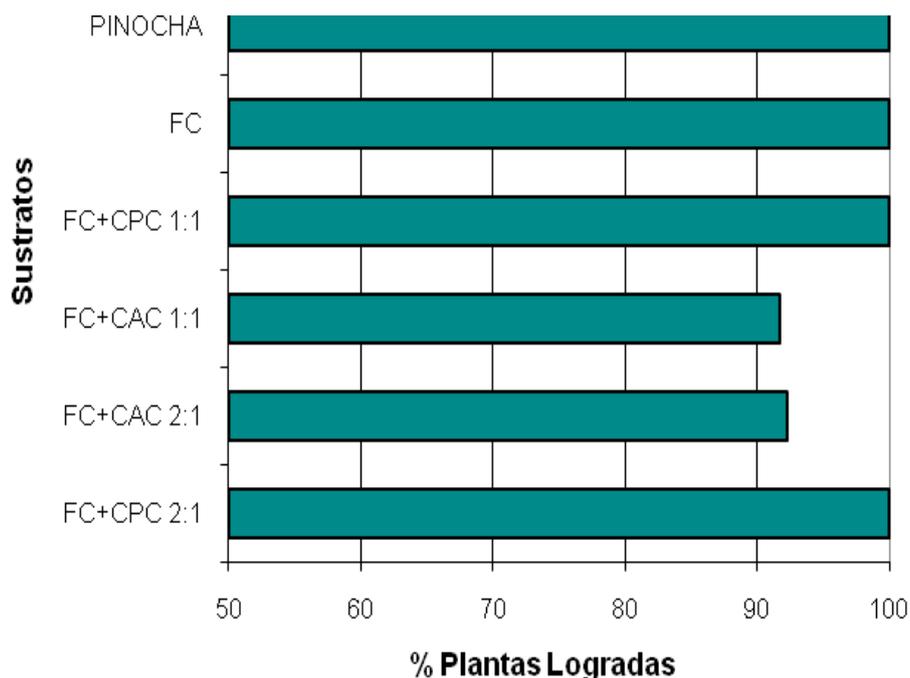


GRÁFICO N° 2g: Porcentaje de plantines logrados en la adaptación ex vitro de *Begonias spp.* para cada uno de los sustratos en estudio. 30 DPP.

Con la utilización de los sustratos seleccionados, la adaptación ex - vitro de las plantas de *Begonias* resulto altamente satisfactoria por el elevado porcentaje de plantas logradas. Los sustratos con alto porcentaje de aireación (>50%) y con predominio de partículas de tamaño superior a 1 mm, limitaron la adaptación ex vitro en los primeros días posteriores al transplante desde el medio de cultivo (Gráfico N°2g). Una vez adaptadas, las plantas se desarrollaron adecuadamente en sustratos con alta cantidad de poros con aire.

III.8. Propagación agámica de sansevieria en sustratos con elevado espacio de aireación

El estudio de los datos evidencia que los sustratos formulados presentaban porosidad total elevada (> 85%), adecuados valores de capacidad de retener agua (>30%) y altos contenidos de espacios de aireación (> 30%).

CUADRO N° 1h: Propiedades físicas de sustratos formulados a partir de mezclas volumétricas de corteza de pino compostada (CPC), perlita agrícola (P) y cáscara de arroz carbonizada (CAC) utilizados para la propagación agámica de *Sansevieria trifasciata* 'Laurenti'

Sustratos	EPT (%)	CRA (%)	PA (%)	agua/aire	Ds (kg m ⁻³)
CPC + P 2:1 (v:v)	90,99	38,93 a	52,05 b	0,75 a	176,0
CPC + P 3:1 (v:v)	90,06	37,72 a	52,34 b	0,72 a	193,5
CPC + CAC 2:1 (v:v)	90,09	33,75 b	56,34 a	0,60 b	180,0
CPC + CAC 3:1 (v:v)	89,79	33,55 b	56,25 a	0,60 b	180,0
⁽¹⁾ Ref.	> 85	55-70	15-30	-----	< 400

⁽¹⁾ Abad *et al.*, 1993. Letras diferentes en sentido de las columnas indican diferencias estadísticas significativas al 5% Test LSD

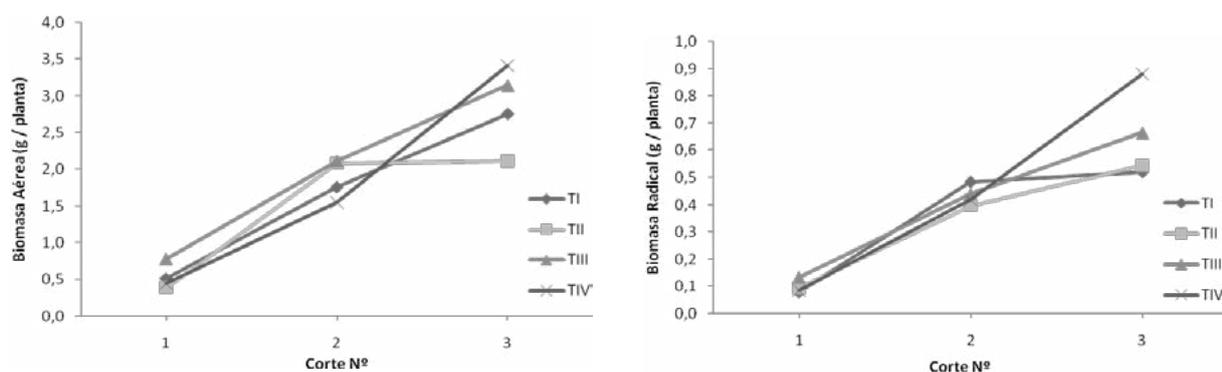


GRÁFICO N° 1h: Evolución de la biomasa aérea (a) y la biomasa radical (b) de plantas de sansevieria cultivadas en sustratos formulados con elevado espacio de aireación. T_I: Corteza de pino compostada (CPC) + perlita (P) - 2:1 v/v; T_{II}: Corteza de pino compostada (CPC) + perlita (P) - 3:1 v/v; T_{III}: Corteza de pino compostada (CPC) + cáscara de arroz carbonizada (CAC) - 2:1 v/v; T_{IV}: Corteza de pino compostada (CPC) + cáscara de arroz carbonizada (CAC) - 3:1 v/v.

La menor biomasa aérea alcanzada por las plantas en el sustrato T_{II} se asoció a factores químicos adversos no medidos (fitotoxicidad no específica). En los tratamientos restantes, las plantas expresaron un incremento lineal de la biomasa aérea (Gráfico N° 1h (a)).

En cuanto a biomasa radical (Gráfico N° 1h (b)), en las primeras dos mediciones no se observaron diferencias marcadas entre los tratamientos. Hacia el final de la etapa experimental, en los sustratos formulados con perlita el crecimiento de las raíces fue significativamente menor que las desarrolladas en los sustratos formulados con carbón de cáscara de arroz. En cuanto a este comportamiento, no se encontraron relaciones con las propiedades físicas de los medios. No se descarta la posibilidad de la incidencia de factores químicos que no fueron controlados en la experiencia, tal como se expresa en el párrafo precedente.

La cáscara de arroz carbonizada es un material que reemplaza a la perlita para proporcionar aire a los medios de crecimiento destinados a la propagación agámica de sansevieria. Podría esperarse similares respuestas en otras especies que requieren condiciones de cultivo iguales a las referenciadas.

En próximas experiencias, sería de interés analizar la evolución de las propiedades químicas de los sustratos formulados con perlita, para descartar posibles efectos adversos sobre el crecimiento de las plantas.

IV. Conclusiones

Las investigaciones realizadas en las condiciones experimentales descritas permiten sintetizar las siguientes conclusiones:

Los materiales que se utilizan actualmente y otros posibles de utilizar como componente de sustrato para planta en la Región Pampeana, presentan un amplio rango de propiedades físicas, este hecho puede ser una fortaleza para el productor ya que tiene un menú de insumos para seleccionar en la formulación de sustratos según sean las características del sistema productivo, pero también puede ser una desventaja, si la selección de los mismos no se realiza sobre la base de un análisis de laboratorio previo al llenado de las macetas.

Existe una respuesta diferencial de las distintas especies estudiadas a las propiedades físicas de los materiales evaluados, indicando que se puede obtener plantas de calidad en contenedores si se adoptan las herramientas tecnológicas para el uso y manejo de sustratos, tales como: conocer las propiedades físicas y químicas de los sustratos, requerimientos de las plantas, tamaño de contenedor y tipo de material a propagar (esqueje o semilla), entre otras.

Independientemente de la porosidad total, variaciones en la relación agua:aire de los sustratos, afectaron el crecimiento de plantines de *Poncirus trifoliata* (L.).

Las propiedades físicas y químicas de la fibra de palma caranday indican que es un material promisorio como componente de sustratos para *Rhododendron indicum* (L.), destacándose su alta conductividad eléctrica debido al contenido de potasio y sodio, para lo cual es posible que la práctica del lavado del material con agua de buena calidad sea necesario, según el sistema productivo en el que se va a usar.

La inducción hormonal combinada con un sustrato de elevado espacio de aireación, fue el mejor método para la obtención de patrones de injerto de *Rosa multiflora*. Los mayores valores de biomasa radical y las tasas de crecimiento más altas se alcanzaron en el sustrato formulado con turba *Sphagnum* y cáscara de arroz carbonizada, caracterizada por un elevado espacio de poros con aire.

La capacidad de retención de agua, la relación aire/agua y el pH, son las propiedades de los sustratos que mayor incidencia tuvieron en la modificación de las tasas de crecimiento y desarrollo de plantines de arándano. Los mejores resultados se observaron en sustratos con valores de CRA entre 42 y 49%, con una proporción de poros con aire de 39 a 49%.

Sustratos con alta porosidad (>90%) y elevado espacio de aireación (>40%) fueron propiedades físicas que permitieron lograr el enraizamiento exitoso de esquejes foliares de *Begonia rex*. Se lograron elevados porcentajes de plantas enraizadas en los medios de crecimiento que tuvieron menor contracción inicial de su volumen dentro del contenedor.

Referencias bibliográficas

1. Abad, M; PF Martínez García & MD Martínez Herrero. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura 11:141-154.
2. 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 Technology 77:197-200.
3. Acosta Durán, M.; Gallardo, C.; Kämpf, A.; Carvallo Bezerra, F. 2008. Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. Investigación Agropecuaria, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México, 5(2): 93-106.
4. Ansorena Miner, J. 1994. Sustratos: Propiedades y caracterización. Mundi Prensa. Madrid, España. 127 pp.

5. Argo, W.R. and J. A. Biernbaum. 1995. Root medium nutrient levels and irrigation requirements of poinsettias grown in five root media. *HortScience*, 30(3): 535-538.
6. Blok, C.; C De Kreijl; R Baas & G Wever. 2008. Analytical methods used in soilless cultivation. Pp. 245-289. Raviv, M & JH Lieth (ed.). *Soilless culture: Teoría y práctica*. Elsevier. Amsterdam, Bélgica. 587 pp.
7. Bures, S. 1997. *Sustratos*. Ediciones Agrociencia S.S.L., Madrid, España. 342 p.
8. De Boodt, M.; Verdonck, O. and L. Cappaert. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae* 37: 2054-2062.
9. Drzal, M.S. and W.C. Fonteno. 1999. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Horticulturae* 481: 43-54.
10. Fernandes, C. and J.C. Corá. 2004. Bulk density and relationship air/water on horticultural substrate. *Sci. Agric.*, 61(4): 446-450.
11. Gallardo, C.S. y O.R. Valenzuela. 2003b. Influencia de las propiedades físicas y químicas de diferentes sustratos sobre la emergencia de especies ornamentales herbáceas anuales. *Revista Científica Agropecuaria*, 7(1):69-74
12. Gruda, N.; Sippel, Ch. and W. Schritzler. 2000. Investigation of physical properties of wood fiber substrates under press pot conditions. *Acta Horticulturae*, 554: 51-52.
13. Heiskanen, J. 1993. Water potential and hydraulic conductivity of peat growth media in containers during drying. *Silva Fennica*, 27: 1-7.
14. Heiskanen, J. 1994. Mechanical container filling alters texture and water retention of peat growth media. *Hort-technology*, 4(3): 286-288
15. Marfà, O.; Cáceres, R.; Gschwander, S.; Guiffrida, F.; Lemaire, F.; Guérin, V.; Rivière, L. y S. Stievenard. 1999. Consequences de la biodegradabilitat de la materia orgànica en les propietats físiques i químiques dels substrats. *Quaderns Agraris*, 24: 5-19.
16. Martínez Farré, F.X. 1992. Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los sustratos. *Actas I Jornadas de Sustratos de la SECH*: 55-66.
17. Noguera, P. 2000. Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco: Un nuevo material para el cultivo de sustrato. Tesis doctoral en Ciencias Químicas, Departamento de Química, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 228p.
18. Ownley, B.H.; Benson, D.M. and T.E. Bilderback. 1990. Physical properties of container media and severity of Phytophthora root rot of Rhododendron. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 111(4): 564-570.
19. Raviv, M.; Lieth, J.H.; Burger, D.W. and R. Wallach. 2001. Optimization of transpiration and potential growth rates of "Kardinal" rose with respect to root-zone physical properties. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126 (5): 638-643.
20. Raviv, M.; Wallach, R.; Silver, A. and A. Bar-Tal. 2002. Chapter 2; Substrates and their analysis. 25-101. En: *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Eds. Savvas, D y H. Passam. Embryo Publications, Atenas, Grecia.
21. Styer, R.C. and D.S. Koranski. 1997. *Plug & transplant production: a grower's guide*. Ball Publishing, Illinois, USA. 374 p.
22. Valenzuela, O. R. y C.S. Gallardo. 2002. Evaluación de algunos sustratos utilizados en la producción de ornamentales herbáceas. *Actas del 1º Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales, 4tas Jornadas Nacionales de Floricultura*, Buenos Aires. Resumen 12.
23. Valenzuela, O.R. y C.S. Gallardo. 2003. Los sustratos: un insumo clave en los sistemas de producción de plantines. *IDIA XXI Año III N° 4 Horticultura y Floricultura*: 25-29.
24. Valenzuela, O. R.; Nicolau, F.; Rode, M.; Shlund, H. y C. S. Gallardo 2003. Respuesta de Tagetes patula a sustratos formulados con compost. *Revista Científica Agropecuaria* 7(1):57-61.
25. Valenzuela, O. R.; Gallardo, C. S. y M.I. Rode. 2004. Caracterización de algunos materiales clásicos utilizados en la formulación de sustratos. *Actas del II Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales, VI Jornadas Nacionales de Floricultura y I Encuentro Latinoamericano de Floricultura*, Buenos Aires: 200-202.
26. Warncke, D. D. 1986. Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *HortScience* 21(2): 223- 225.