

## Tecnología de sustratos: propiedades de los diferentes componentes

Dr. Ing. Agr. Valenzuela, O. R.

<sup>1</sup>INTA, EEA San Pedro, Ruta 9 km 170, 2930 San Pedro, Buenos Aires. valenzuela.osvaldo@inta.gov.ar. Prof. Adj. Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNER.

### Un cambio de paradigma

Lo primero que hay que reconocer es que existe un *cambio de paradigma*<sup>1</sup>: de la *producción de plantas cítricas a campo, al cultivo bajo cubierta*"; donde las condiciones ambientales cambian (Ej: temperatura, humedad relativa, entre otros), se usan contenedores y sustratos, el suministro de agua y nutrientes es dependiente del hombre y no de la naturaleza.

Ese cambio de modelo o patrón conocido, genera *miedo* a lo desconocido e *incertidumbre*, y entonces aparece la *resistencia*. ¿Cómo no entender a los productores cuando tienen que pasar de la *certidumbre* (lo que ya saben hacer) a la *incertidumbre* (lo que nunca han hecho?) ¿De lo *conocido* a lo *desconocido*?

En la Fig. 1, se observa como en el vivero de cítricos bajo cubierta, los círculos de los recursos tecnológicos y humanos son mayores que en el tradicional, indicando la necesidad de contar con más conocimientos y que se depende menos de los recursos naturales (lluvia, el suelo, etc.).

<i>Vivero cítrico tradicional</i>	<i>Vivero cítrico bajo cubierta</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plantas en el suelo “<i>in situ</i>”</li> <li>▪ Aire libre</li> <li>▪ Riego complementario (lluvia)</li> <li>▪ Uso bajas dosis de fertilizantes</li> <li>▪ Mano de obra no especializada</li> <li>▪ Plantas grandes obtenidas en 4 años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plantas en contenedores. Uso de sustratos</li> <li>▪ Invernáculo (malla y plástico)</li> <li>▪ Riego continuo (calidad de agua)</li> <li>▪ Implementación de un plan nutricional</li> <li>▪ Mano de obra especializada</li> <li>▪ Plantas chicas obtenidas en 2 años</li> </ul>

Figura 1: Modelo conceptual del agrosistema con dos formas de producción de plantas cítricas.

Los Recursos Tecnológicos tienen como insumo básico al conocimiento y este se convierte en una *herramienta* para disminuir la *incertidumbre*, la *resistencia* y el *miedo*. En ese sentido, se podría diferenciar dos conceptos: *conocimiento empírico* y *conocimiento científico*. El primero se caracteriza por ser fáctico, prueba y error, no depende del nivel de escolaridad, llegar a las soluciones de los problemas generalmente lleva mucho tiempo y está circunscripto a lo local (Ej: un sustrato que da resultado en un vivero determinado, puede ser

<sup>1</sup> *Parádeigma*", que significa *modelo, patrón, ejemplo*. En un sentido amplio se corresponde con algo que va a servir como modelo o ejemplo a seguir en una situación dada (Wikipedia).

que no funcione en otro vivero, pues está probado para condiciones de manejo específicas que el productor fulano conoce), es subjetivo o sea relacionado con los sentidos (lo que se ve, se toca, huele, et.). Un ejemplo son las mezclas que usan los productores, quienes han llegado a buenos resultados luego de muchos años pero que cuando cambia algún componente del sistema (ejemplo nuevos fertilizantes), deben comenzar de nuevo a hacer la experiencia. Por otro lado, el *conocimiento científico* necesita un desarrollo por expertos, relaciona siempre causa-efecto, aunque requiere comprobación empírica; llegar a las soluciones requiere mucho tiempo de desarrollo pero es rápido en la aplicación, tiene el carácter de universalidad al contrario de localidad y es objetivo o racional (lo que se mide, lo que se analiza cuantitativamente, etc.). De esta manera, con un simple análisis de laboratorio un técnico puede saber que debe agregar a la mezcla y a través del monitoreo de otras mediciones saber cual es el problema que está ocurriendo con el cultivo.

Ambos conocimientos son las dos caras de la misma moneda, son la cáscara y la pulpa de la fruta, es el haz y envés de una tela, por ello ambos son importantes de igual forma y magnitud. De allí que es muy importante *compartir los conocimientos*; en estos últimos años, compartiendo saberes, desde el sector científico-tecnológico, empresas que comercializan sustratos y desde los productores hay cosas sabidas y aprendidas. En este tiempo hemos avanzado mucho, pero aún estamos lejos de las eficiencias productivas necesarias para tener el volumen y la calidad de plantas obtenidas en otros países.

### ***La formulación de sustratos***

La tecnología de sustratos lleva implícito el conocimiento del uso y manejo de los mismos; para lo cual más que los materiales que lo conforman (turba, tierra, compost, perlita, entre otros), son importantes las propiedades físicas, físico-químicas, químicas y biológicas que presentan, ya que las plantas responden a la disponibilidad de agua, oxígeno y nutrimentos en el ambiente radical y no a los materiales propiamente dichos (Gallardo et al., 2004).

#### ***¿A que se denomina sustrato para plantas?***

Según Abad et al. (2004), sustrato se aplica *en horticultura a todo material sólido distinto del suelo in situ; natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular desempeñando la función de soporte para la planta*. De esta definición se desprende que cualquier material poroso, independiente de su origen, puesto en un contenedor que va a albergar una planta se denomina *sustrato para plantas*. Con este concepto, aquella porción del suelo mineral, generalmente extraído de los primeros centímetros del Horizonte A del suelo *in situ* y comúnmente llamado *tierra* o *tierra negra* o *tierra para macetas*, pasa a ser un *sustrato* cuando se llena una maceta en la cual va a ser puesta una semilla, esqueje o cualquier órgano de propagación que va a dar origen a una planta.

La definición de Abad et al. (2004) hace énfasis más en un soporte o anclaje para la planta, destacando una dimensión física como la más significativa, pero si se piensa que es el medio donde crecen las raíces, también se debe considerar la importancia de las propiedades del sustrato relacionadas con la nutrición y entonces tanto las propiedades físicas como las químicas son significativas por igual al momento de seleccionar los componentes que van a formular un sustrato. En ese sentido, no es apropiado el término *sustrato inerte*, muy utilizado para aquellos sustratos con baja actividad físico-química coloidal en la bibliografía antigua,

pues cualquier material colocado en un contenedor, siempre va a tener interacciones de las relaciones agua-aire con el medioambiente y en la nutrición de la planta, por lo tanto ningún material se ajusta a ese término.

En resumen, un sustrato consiste en un sistema donde están en una interacción permanente el agua el oxígeno y los nutrientes, de esta dinámica depende en gran parte la densidad de raíces, el crecimiento de la canopia de planta y la uniformidad del cultivo.

En ese ambiente poroso crecerán las raíces, por ello, cobra relevancia el volumen del contenedor el cual está directamente relacionado al volumen del poros del sustrato. En ese volumen restringido, las propiedades físicas y dentro de ellas las relaciones aire:agua del sustrato se consideran más importantes (Handreck y Black, 2002).

### ***Los sustratos y el sistema productivo***

Se debe hacer funcionar la producción de plantas como los engranajes de una maquinaria (Fig. 2), donde el sustrato es un engranaje más, debiendo formularlo a la medida de las otras piezas (planta-contenedor-riego y fertilización). Por el contrario, si se tiene el sustrato, se deberá encajar ese engranaje en las otras partes del sistema: contenedores (tipo, volumen y altura), riego (cantidad y frecuencia), clima (estaciones del año), duración de la planta en la maceta (pocos ó muchos meses), entre otros.

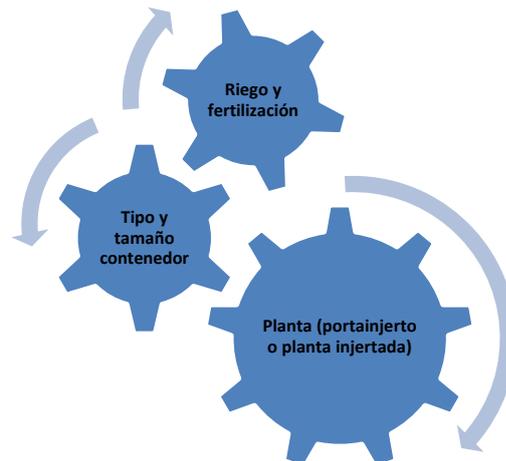


Figura 2: La selección del sustrato va a depender de varios factores que interaccionan entre sí en un sistema de producción de plantas, en una región agroecológica y en contexto socio-económico determinado.

Un conocimiento mayor de la tecnología de sustratos incluye saber los requerimientos ecofisiológicos de las especies y variedades (portainjertos y plantas injertadas), el tipo, tamaño y altura del contenedor, el sistema de riego y la calidad del agua a utilizar, los fertilizantes disponibles y las propiedades físicas, químicas y biológicas de los materiales para la formulación de sustratos.

### ***Las 5 llaves del mundo de los sustratos***

En los sustratos, el conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas y la medición al menos de sus parámetros como son la porosidad total, capacidad de retención de agua, poros con aire, pH y conductividad eléctrica, son esenciales para el manejo del cultivo

(Valenzuela, 2013) (Tabla 1). A través de determinaciones de laboratorio (Raviv et al., 2002) o con métodos expeditivos de campo (Vence et al., 2014), se accede a los valores que se referencian más abajo

Tabla 1: Parámetros básicos necesarios de conocer para formular sustratos en forma racional.

<b>Parámetros a medir</b>	<b>Relaciones con la toma de decisión</b>
POROSIDAD TOTAL	Se relaciona directamente con el volumen del contenedor.
CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	Se relaciona con el diseño del riego (cantidad y frecuencia) y con la altura del contenedor.
POROSIDAD DE AIRE	Se relaciona directamente con el drenaje y con la altura del contenedor.
pH (ACIDEZ – ALCALINIDAD)	Se relaciona con la nutrición del cultivo y depende de la especie o cultivar.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Se relaciona con la nutrición del cultivo y depende de la especie o cultivar (Ej: sensibles, tolerantes).

Para la formulación de sustratos hay que definir el *material base*, que es el que le va a dar la matriz estructural del sustrato y a partir del cual se realizará la incorporación de otros materiales denominados *correctivos* (Kämpf, 2000), según la/s propiedad/es que se quieran mejorar (Ej: porosidad, poros con aire, pH, entre otros). Por ello la pregunta que se debe hacer al momento de realizar las mezclas es: ¿Para qué se agrega a la mezcla un material “XX”? ¿Le agrega porosidad total? ¿Le da mejores condiciones de drenaje (porosidad de aire)? ¿Incrementará la capacidad de retención de agua? ¿Bajará la acidez o la disponibilidad de nutrientes de la mezcla? ¿Incrementará la disponibilidad de nutrientes solubles medida a través de la conductividad eléctrica? ¿Aportará capacidad de intercambio catiónico en función de la presencia o no de coloides?.

La mayoría de las veces un sustrato formulado con un solo material no cubre todas las necesidades del cultivo, por lo tanto 2 o 3 materiales como componentes es lo adecuado; por el contrario cuando se usan más, es muy difícil que la mezcla se mantenga homogénea y además es muy posible que 2 de los materiales agregados cumplan funciones similares. Siempre reducir el número de materiales en la mezcla facilita el manejo (Fig. 3).

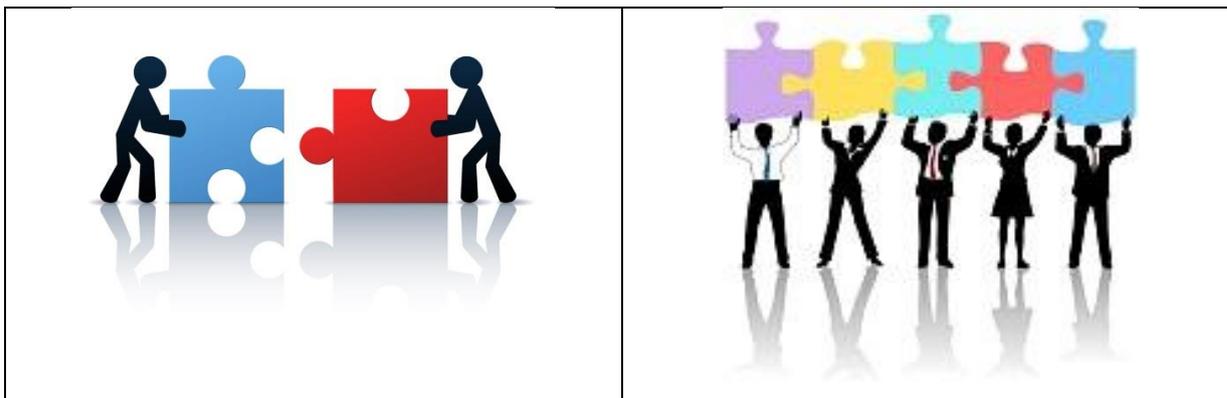


Figura 3: La formulación de un sustrato es como un rompecabezas en donde cada material aporta sus propiedades y la interacción de todas es la responsable de la densidad de raíces.

### ***Propiedades de los materiales usados en la formulación de sustratos de la Región Pampeana***

En las Tablas 2 y 3 se muestran los valores obtenidos para las principales características físicas, físico-químicas y químicas evaluadas en algunos de los sustratos de la Región Pampeana (Valenzuela, 2009), los cuales se compararon con los considerados adecuados u óptimos según Abad et al. (1993). De las tablas mencionadas se distingue que hay una gran heterogeneidad de parámetros entre y dentro de los materiales analizados; los resultados mostrados ratifican la necesidad de realizar análisis previos para definir el manejo a realizar en el vivero.

Los datos sugieren la necesidad de hacer análisis de laboratorio de los sustratos previo a su uso y establecer un diagnóstico y recomendaciones técnicas sobre la base de criterios racionales. Estas herramientas permitirán a los productores tener previsibilidad en el manejo de los sistemas productivos de plantas en contenedores.

Si bien en esta exposición no se describen ni cuantifican las propiedades biológicas, el hecho que la mayoría de los materiales utilizados en la formulación de sustratos en la Región Pampeana son de composición orgánica (Tabla 3), hace necesario orientar los estudios a este área del conocimiento y en especial a la obtención de índices que puedan ser incorporados a las futuras normativas de fiscalización de sustratos. En ese sentido, es necesario también desarrollar parámetros que sean diagnósticos del grado de descomposición de los materiales orgánicos, sobre todo cuando van a estar varios meses en un contenedor.

En resumen, las plantas responden a propiedades físicas, físico-químicas o químicas de los sustratos y por ello es muy importante tener la cuantificación de las mismas. Las mezclas que se realicen tienen que tener siempre una finalidad en cuando a que propiedad agrega a la misma el material que se adiciona.

Tabla 2: Principales características físicas de los materiales utilizados como componente de los sustratos por los productores de la Región Pampeana de Argentina (n = 127).

<i>Materiales</i>	<i>Pt</i>		<i>CRA</i>		<i>CA</i>		<i>Ds</i>		<i>Dp</i>	
	----- $cm^3\ cm^{-3}$ -----									
	<i>Media</i>	<i>Rango</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>
Sustratos comerciales (5)	0,92	0,90-0,96	0,54	0,38-0,83	0,38	0,14-0,54	120	60-180	1,69	1,57-1,86
Turba de musgo <i>Sphagnum</i> (7)	0,94	0,90-0,96	0,59	0,51-0,66	0,35	0,26-0,43	100	70-170	1,68	1,54-1,83
Turba del Delta Entre Ríos (8)	0,88	0,78-0,93	0,45	0,35-0,56	0,43	0,32-0,57	210	120-340	1,80	1,54-2,06
Turba de Concordia (13)	0,86	0,78-0,93	0,61	0,49-0,69	0,25	0,17-0,36	290	140-520	2,03	1,85-2,49
Perlita agrícola (5)	0,95	0,91-0,96	0,29	0,23-0,41	0,66	0,50-0,78	140	100-210	2,63	2,61-2,65
Vermiculita (5)	0,93	0,89-0,94	0,46	0,41-0,57	0,47	0,32-0,52	190	150-290	2,65	2,64-2,65
Corteza de pino (18)	0,86	0,78-0,90	0,38	0,29-0,49	0,48	0,38-0,58	240	160-420	1,71	1,58-1,94
Lombricompuesto (46)	0,82	0,67-0,92	0,50	0,13-0,66	0,32	0,07-0,59	380	150-660	2,10	1,76-2,38
Mantillo de monte (6)	0,76	0,58-0,84	0,44	0,22-0,63	0,33	0,10-0,62	550	350-1040	2,25	2,09-2,48
Suelo (12)	0,53	0,39-0,67	0,47	0,37-0,57	0,06	0,01-0,15	1210	790-1600	2,56	2,43-2,62
Arena (2)	0,39	0,38-0,40	0,36	0,34-0,38	0,03	0,02-0,04	1610	1590-1620	2,63	2,61-2,65
<i>Valores de referencia</i> (*)	> 0,85		0,55-0,70		0,20-0,30		< 400		---	

*Pt*: porosidad total. *CRA*: capacidad de retención de agua a 10 hPa. *CA*: contenido de aire a 10 hPa. *Ds*: densidad del sustrato. *Dp*: densidad de partícula. (\*)Según Abad et al. (1993) valores óptimos o aceptables para sustratos. Entre paréntesis () se colocó el número de muestras de laboratorio analizadas para cada material.

Tabla 3: Principales características físico-químicas y química de los materiales utilizados como componente de los sustratos por los productores de las Región Pampeana de Argentina ( $n = 127$ ).

<i>Materiales</i>	<i>MO</i>		<i>pH<sub>agua</sub></i>		<i>CE</i>	
	$g\ g^{-1}$				$dS\ m^{-1}$	
	<i>Media</i>	<i>Rango</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>
Sustratos Importados (5)	0,75	0,55-0,90	5,50	5,35-5,85	1,14	0,45-1,71
Turba musgo <i>Sphagnum</i> (7)	0,76	0,59-0,93	5,34	3,65-6,40	1,11	0,59-1,80
Turba Delta Entre Ríos (8)	0,56	0,33-0,73	4,62	3,40-6,80	2,42	0,40-4,50
Turba de Concordia (13)	0,44	0,27-0,59	4,56	4,00-5,25	1,52	0,03-5,00
Perlita agrícola (5)	0,004	0,0-0,016	6,89	5,75-7,50	0,12	0,03-0,37
Vermiculita (5)	0,002	0,0-0,006	8,79	8,30-9,40	0,09	0,06-0,14
Corteza de pino (18)	0,73	0,48-0,88	4,26	3,40-5,70	1,07	0,09-3,29
Lombricompuesto (46)	0,35	0,15-0,66	6,57	4,20-7,20	4,33	0,50-19,00
Mantillo de monte (6)	0,24	0,88-0,35	5,96	4,40-6,80	1,60	0,42-2,40
Suelo (12)	0,046	0,014-0,12	5,10	3,65-6,90	1,29	0,12-6,18
Arena (2)	0,009	0,001-0,02	7,55	7,50-7,60	0,59	0,58-0,60
<i>Valores de referencia</i> (*)	---		5,2-6,3		< 3,5	

*MO*: Materia orgánica. *pH<sub>agua</sub>*: acidez-alcinidad del sustrato. *CE*: salinidad medida a través de la conductividad eléctrica. (\*)Según Abad et al. (1993) valores óptimos o aceptables para sustratos. Entre paréntesis () se colocó el número de muestras de laboratorio analizadas para cada material.

Dada la importancia regional en la Mesopotamia que tiene el uso en la formulación de sustrato de la corteza de pino y de la cáscara de arroz debido a la disponibilidad y accesibilidad, a continuación se hace una descripción específica de ambos materiales:

#### Corteza de pino:

En la Fig. 4, se observa que la CRA y la CA medidas a 10 hPa del compost de corteza de pino (CCP) son diferentes ( $P \leq 0,001$ ) en los compost de corteza de pino evaluados, esta variabilidad en sus propiedades físicas se debe a la falta de estandarización del proceso de compostado y normativas de comercialización para sustratos, por ello los productores viveristas no consiguen uniformidad en las partidas de compra de este tipo de materiales. Esta situación es frecuente en la producción de plantines forestales en la provincia de Entre Ríos, donde los productores mencionan

resultados diferentes aun utilizando un mismo material como lo es la corteza de pino compostada (Valenzuela et al., 2005).

Esta variabilidad en los parámetros medidos en laboratorio, indican que pese a ser un mismo material denominada *compost de corteza de pino*, los diferentes grados de compostaje, zarandas utilizadas, entre otros factores, hace que su comportamiento en la maceta va a ser diferente y por lo tanto la respuesta de la planta también lo será si no tomamos medidas tecnológicas de corrección (ajustes en el riego, fertilización, entre otras).

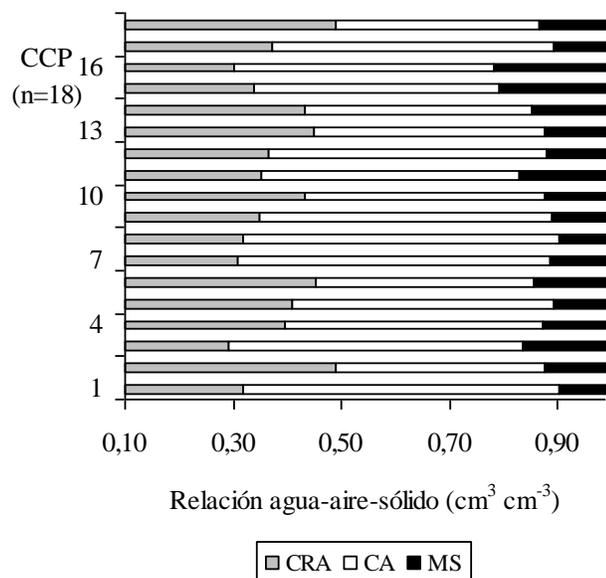


Figura 3: Propiedades físicas de diferentes compost de corteza de pino (CCP). La capacidad de retención de agua (CRA) y el contenido de aire (CA) se obtuvieron a una tensión de 10 hPa. El material sólido (MS) se obtuvo de la ecuación:  $MS = 1 - Pt$  (Valenzuela, 2009).

Cabe mencionar que tanto las propiedades físicas como las químicas están afectadas por el grado de compostaje, a medida que mayor compostado está el material aumenta la retención de agua, la capacidad de intercambio catiónico y la conductividad eléctrica por el incremento de la disponibilidad de nutrientes. Por otro lado, la microporosidad dentro de la partícula de la corteza, aún no ha sido suficientemente estudiada y podría afectar a la porosidad total efectiva y al agua disponible, los datos presentados se refieren a las relaciones agua-aire en cuanto a la porosidad interpartícula y no intrapartícula.

En la Fig. 4, se compara una corteza de pino compostada fina (CZ) utilizada en la producción de plantines forestales con una corteza de pino sin compostar gruesa (TG), comúnmente empleada en el cultivo de ornamentales.

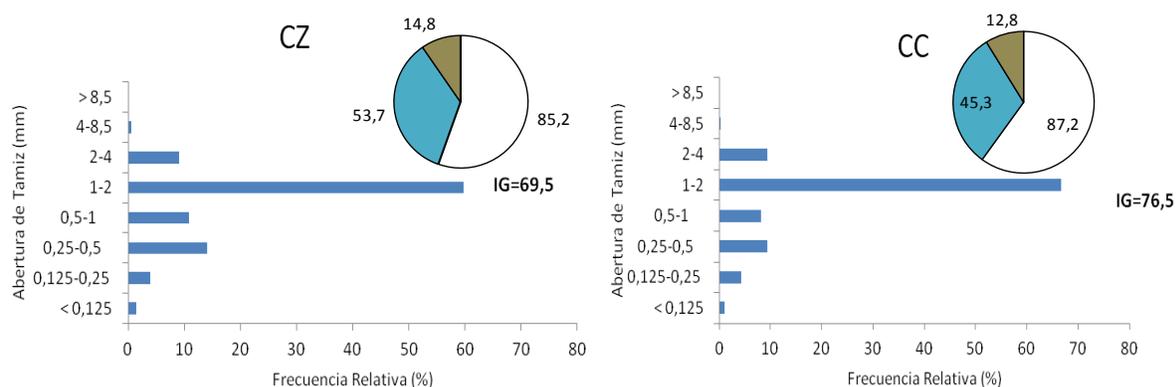


Figura 4: Distribución del tamaño de partícula en cortezas de pino compostada fina (CZ) y sin compostar molida gruesa (TG). Los círculos indican en blanco los poros con aire, en celeste la capacidad de retención de agua y en verde el material sólido. IG: índice de grosor (Schvartz, 2011).

Como se observa en las Fig. 4 y Fig. 5, cuando más pequeño es el tamaño de partícula mayor es la capacidad de retener agua y eso se logra no solo por la trituración del material sino que es favorecido por el grado de compostaje. Por otro lado, cuando mayor es el tamaño de partícula y por lo tanto el IG de la corteza de pino compostada, la raíz principal tiene presenta mayor número de bifurcaciones lo que queda expresado en el índice de tortuosidad (IT).

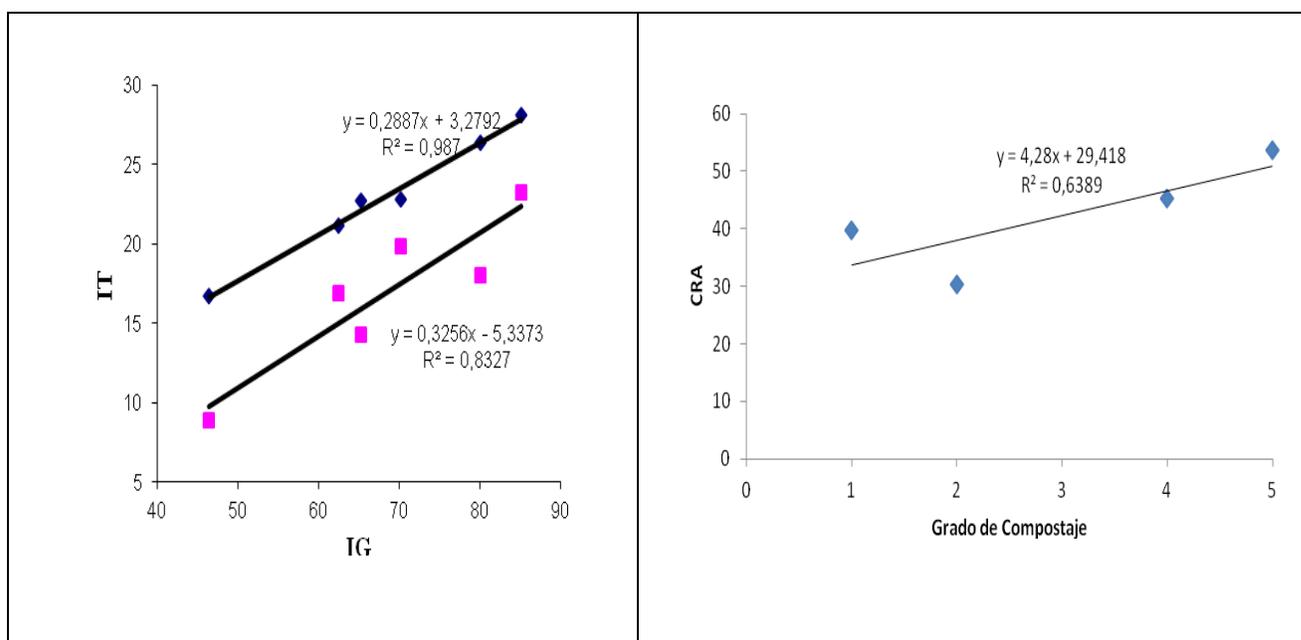


Figura 5: Relación entre el índice de tortuosidad de la raíz (IT) con el índice de grosor (IG) en dos cortezas de pino (izquierda) y la capacidad de retención de agua (CRA) con el grado de compostaje (derecha) (Schvartz, 2011).

### Cáscara de arroz:

El uso de cáscaras de diferentes cultivos industrializados para su uso como sustrato de plantas ha sido documentado por distintos investigadores. Kämpf y Jung (1991) mencionan que la cáscara de arroz carbonizada (CAC) es usada desde hace muchos años por productores de plantas ornamentales en Brasil, estos investigadores evaluaron la CAC mezclada con turba y arena en cuatro especies de plantas, concluyeron que el agregado de la CAC a la turba fue positivo sobre el crecimiento de las especies estudiadas debido al alto contenido de nutrimentos de los sustratos y a las características físicas aportadas por la CAC.

Por otro lado, las curvas de retención de agua mostradas en la Fig. 6, indican la similitud de la cáscara de girasol carbonizada (CGC) y la cáscara de arroz carbonizada (CAC) con la perlita agrícola, aunque en la CGC se midió un contenido de agua disponible de solo  $0,05 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , mientras que en la CAC fue de tres veces más y similar a la perlita que resultó  $0,13 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . Estos tres materiales se diferencian de la turba de musgo *Sphagnum* cuyo valor de agua disponible fue de  $0,25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ .

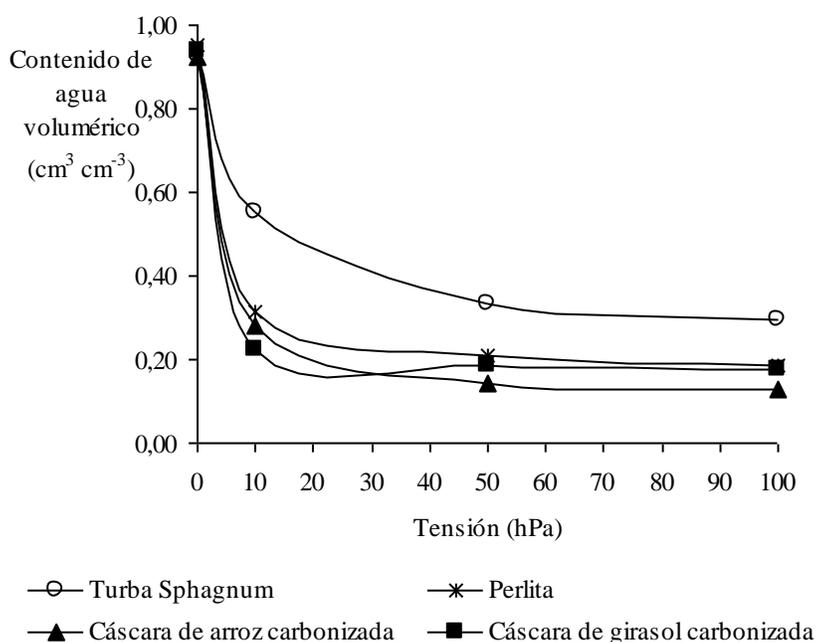


Figura 6: Curvas de retención de agua de cáscara de girasol carbonizada y arroz carbonizada, usando la turba de musgo *Sphagnum* y Perlita como sustratos de referencia (Valenzuela, 2009).

En la Tabla 4, se muestra como aumentan los poros con aire (PA), mientras la porosidad total no se modifica (EPT) a medida que en la mezcla se agrega más cáscara de arroz carbonizada, es decir que es un excelente material para aportar drenaje y porosidad total en las mezclas.

Tabla 4: Parámetros físicos de los sustratos formulados con mezcla de turba de musgo Sphagnum (T) y cáscara de arroz carbonizada (CAC). S<sub>1</sub>= 100% T y 0% CAC; S<sub>2</sub>= 95% T y 5% CAC; S<sub>3</sub>= 90% T y 10% CAC; S<sub>4</sub>= 85% T y 15% CAC; S<sub>5</sub>= 80% T y 20% CAC.

TRAT	EPT (%)	CRA (%)	PA (%)	Ds (kg m <sup>-3</sup> )	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	Ms (%)	MO (%)
S <sub>1</sub>	94,37	77,44a	16,89c	85,93	1,53e	5,63	95,99a
S <sub>2</sub>	94,22	72,80ab	21,43bc	89,36	1,55d	5,78	92,98b
S <sub>3</sub>	94,73	70,66b	24,07b	83,62	1,59c	5,27	87,35c
S <sub>4</sub>	94,30	57,58c	36,72a	91,13	1,60b	5,70	85,95c
S <sub>5</sub>	94,30	51,97d	42,33a	93,49	1,64a	5,70	80,15d
ANOVA	NS	*	*	NS	*	NS	*

Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas con el test de LSD ( $\alpha=0,05$ ); NS: diferencias no significativas (Bierig, 2012).

En la Fig. 7, se observa una tendencia general al incremento de la biomasa aérea en plantines de pies de injerto a medida que aumentan los poros con aire en la mezcla del sustrato, definiéndose un nivel crítico entre 20 y 25% de poros con aire en el sustrato (turba de musgo Sphagnum y cáscara de arroz carbonizada).

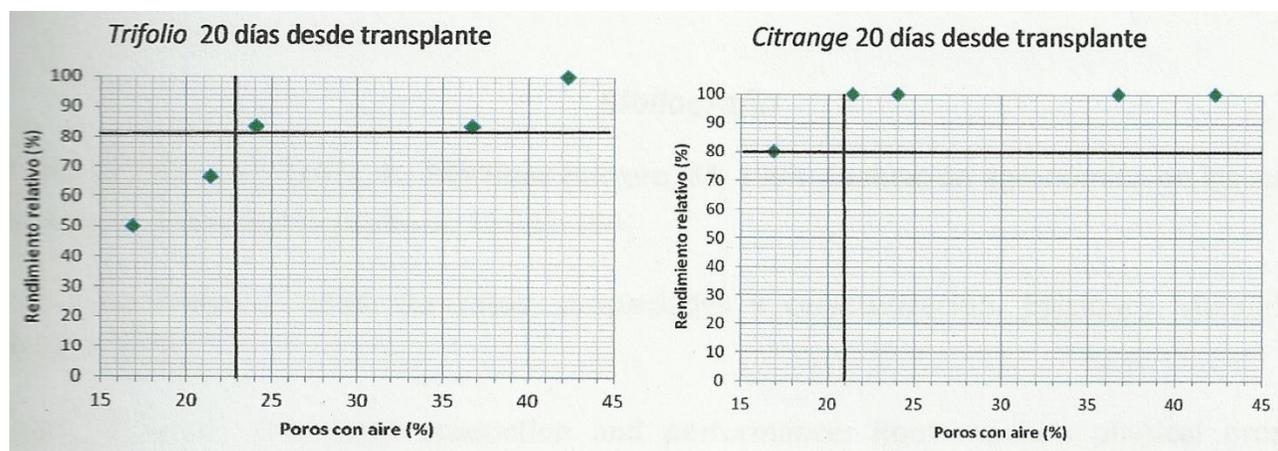


Figura 7: Nivel crítico de poros con aire al inicio de su crecimiento plantines de trifolío (izquierda) y citrange (derecha), cultivados en contenedores forestales individuales de 250 cm<sup>3</sup> y riego por microaspersión. (Bierig, 2012).

### ***El vivero de plantas cítricas***

Distingamos que en el vivero vamos a tener dos situaciones muy distintas y por lo tanto un manejo del sistema diferente en cuanto a tamaño de contenedores, sustratos, fertilización, riego y condiciones ambientales y por ello el sustrato a utilizar tendrá características físicas, químicas y biológicas diferentes en la producción de portainjertos o plantines y para la producción de la planta injertada que va a ir al campo.

### **Producción de portainjertos**

Independientemente del material genético del pie de injerto (Ej: trifolio, limón rugoso, etc.) un aspecto muy importante es el contenedor, en ese sentido se están usando los tubetes y bandejas multiceldas que se utilizan en la producción de plantines forestales de distinto tamaño, altura y características, también un contenedor tipo bandeja almaciguera, con resultados variables dependiendo del manejo en cada situación particular. Dado el tamaño reducido de volumen de sustrato por plantín, lo aconsejable es usar sustratos de alta porosidad total ( $>0,85 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ), la capacidad de retención de agua ( $0,50 - 0,70 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) según el tipo de riego que tengo disponible y un contenido de poros con aire ( $0,15 - 0,35 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ), destacándose que el trifolio por ejemplo es sensible a contenidos bajos de poros con aire (mal drenaje). Cuando menor calidad tenga el sustrato a utilizar es recomendable aumentar el tamaño del contenedor a utilizar. El pH del sustrato debería estar entre 5,5 a 6,5 y con una conductividad eléctrica baja ( $\text{CE} < 0,75 \text{ dS m}^{-1}$ ) medido con el método 2:1 v/v (agua destilada : sustrato), que equivale a 2 dS/m en el Extrato de Medio Saturado y 2,6 dS/m en el método de extracción Pour Thru (Cavins et al., 2000). Los sustratos comerciales basados en turba de musgo Sphagnum y perlita están dando buenos resultados porque cumplen con los parámetros mencionados anteriormente, al igual que aquellos basados en corteza de pino compostada de una granulometría fina similar a la utilizada en la producción de forestales.

### **Producción de plantas injertadas**

Una vez que se obtienen los plantines, entonces se transplantan con cepellón incluido al contenedor definitivo donde pasarán varios meses hasta su venta. Hay mucha experiencia en empresas grandes que hace varios años que protocolizaron la producción, pero es escasa o nula en los productores pequeños o de agricultura familiar. Lo que hay que saber es que cambia todo respecto de la producción en suelo in situ y de la producción de plantines, porque las plantas crecerán en ese contenedor donde estarán mucho tiempo y una vez que enmacetemos va a ser muy difícil o imposible cambiar el sustrato.

Dado que el tamaño más utilizado del contenedor es de 4 a 7 litros por planta, lo aconsejable es usar sustratos de media a alta porosidad total ( $>0,75 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ), la capacidad de retención de agua según el tipo de riego que tengo disponible (alta o baja frecuencia) y un contenido de poros con aire ( $0,15 - 0,20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) pues la altura de hasta 40 a 60 cm de la maceta va a favorecer la difusión de oxígeno aunque el sustrato no tenga gran cantidad de macroporos. El pH del sustrato debería estar entre 5,5 a 6,5, aunque todavía no están suficientemente establecidos los límites para los distintos pie-injertos (relación pie – especie - variedad) y podrían ampliarse el rango; lo importante es

mantener estos valores a lo largo del crecimiento del cultivo lo cual va a estar directamente relacionado a la calidad del agua de riego y el plan de nutrición. La disponibilidad de nutrientes medida a través de la conductividad eléctrica dependerá del tamaño de la planta, a mayor tamaño mayor consumo de nutrientes y por lo tanto los valores pueden incrementarse teniendo en cuenta el plan de nutrición y la forma de suministro de los elementos esenciales. Todavía no existen suficientes experimentos para definir cuales serían los valores adecuados.

### **Conclusiones**

- Es un sistema totalmente diferente al cultivo de citrus en el suelo “*in situ*”, pues aquí está todo interrelacionado, un cambio de contenedores, riego, plan nutricional, pie de injerto, cultivar injertado hace que varíe el manejo del sustrato. Con mayor conocimiento y tecnología se reduce el riesgo y la incertidumbre, pero incrementa la complejidad.
- Existe una gran diversidad de materiales que podrían usarse en la formulación de sustratos, muchos productores optan por los materiales regionales de alta disponibilidad formulando sustratos en forma artesanal y dejando los sustratos comerciales por el costo y solo para la etapa de producción de portainjertos.
- Lo recomendable es realizar análisis de laboratorio con los métodos específicos de sustratos para la toma de decisiones y sobre todo para realizar las correcciones pertinentes al momento de formular los sustratos. Son más importantes las propiedades que otorgan los materiales, más que ellos en sí, además un mismo material puede variar mucho en parámetros importantes, tales como: porosidad total, capacidad de retención de agua, poros con aire, alcalinidad-acidez (pH) y disponibilidad de nutrientes (CE). Monitorear la nutrición a través del pH y la CE con métodos simples de campo mientras las plantas crecen es indispensable.
- Necesitamos seguir experimentando e investigando juntos, los investigadores, los productores y los fabricantes de sustratos para establecer los niveles críticos y rangos adecuados para las principales propiedades físicas, físico-químicas y químicas de los sustratos usados en citricultura. Tenemos todo un camino para andar compartiendo saberes.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Abad, M; PF Martínez García & MD Martínez Herrero. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura 11:141-154.
- Abad, M; P Noguera & C Carrión. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Pp. 113-158. Urrestarazu, M. (ed). Tratado de cultivo sin suelo. 3° Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 928 pp.
- Bierig, GH. 2012. Influencia del espacio de aireación de sustratos sobre el crecimiento de portainjertos cítricos. Trabajo Final de Graduación. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. 26p.
- Cavins TJ; BE Whipker & WC Fonteno. 2000. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extraction method. Horticulture Information Leaflet 590 New 7/2000. North Carolina State University. 17p.

- Gallardo, C; OR Valenzuela; WA Mancuso & MC Gallardo. 2004. Usos y manejos de sustratos en viveros de plantas ornamentales del departamento Concordia, provincia de Entre Ríos. II Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales, VI Jornadas Nacionales de Floricultura y I Encuentro Latinoamericano de Floricultura. 26 al 28 de octubre 2004, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. 206-208 pp.
- Handreck, K & N Black. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. 3° Ed. University of New South Wales Press. Sydney, Australia. 448 pp.
- Kämpf, AN. 2000. Substrato. Pp. 45-72. Produção comercial de plantas ornamentais. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba, Brasil. 254pp.
- Kämpf, AN & M Jung. 1991. The use of carbonized rice hulls as a horticultural substrate. Acta Horticulturae 294:271-281.
- Raviv, M; R Wallach; A Silber & A Bar-Tal. 2002. Substrates and their analysis. Pp. 25-101. Savvas, D. & H Passam (ed.). Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications. Athens, Greece. 463 pp.
- Schwartz, LJ. 2011. Estudio de las propiedades físicas de cortezas de pino con diferentes grados de compostaje y de tamaño de partículas. Trabajo Final de Graduación. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. 40p.
- Valenzuela, OR; CS Gallardo; M Alorda; MA García & D Díaz. 2005. Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales. IDIA XXI. Año V N° 8 Forestales: 57-59.
- 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. 153p. 2009.
- Valenzuela, OR. 2013. <http://inta.gob.ar/documentos/5-llaves-sustratos/>
- Vence, LB; OR Valenzuela; AP Seoane & HA SVARTZ. 2014. Método expeditivo con dos variantes de saturación para medir variables físicas en sustratos. En XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas”. Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014.