

Sustratos:

principales propiedades a tener en cuenta

Lorena A. BARBARO



Sustratos: principales propiedades a tener en cuenta

MSc. Ing. Agr. Lorena A. Barbaro

2023

E.E.A. Cerro Azul – INTA. Dirección: Ruta Nacional 14. Km. 836

3313 – Cerro Azul- Misiones, Argentina

Teléfono: (0376) 449 4740, (0376) 449 4741

DIRECTOR: Ing. Agr. Horacio BABI

COMISIÓN ASESORA DE PUBLICACIONES

Dr. Alejandro TORO

MSc. Emiliano LYSIAK

Dr. Lucas MORETTI (Presidente)

Dra. Sandra MOLINA

MSc. Verónica LAMAS

Diseño y Maquetación

MSc Fernando Alvarenga

Barbaro, L. 2023. Sustratos: principales propiedades a tener en cuenta Cerro Azul. E.E.A INTA Cerro Azul. Miscelánea N° 109/2023.



Resumen

En esta cartilla se describe el concepto de sustrato y sus funciones. Se detallan las principales propiedades químicas y físicas que se deben tener en cuenta en el momento de formular un sustrato o elegir un sustrato disponible comercialmente. Además, se mencionan características de los componentes más usados para formular un sustrato.

¿Qué es un sustrato?

Un sustrato es cualquier material sólido y poroso que se encuentra dentro de un contenedor, entendiendo por contenedor cualquier recipiente que tenga una altura limitada y que su base se halle a presión atmosférica. En base a lo mencionado, el recipiente tendrá dimensiones muy variadas y a diferencia del suelo, estará aislado por la base y con drenaje libre. Estos recipientes pueden ser bandejas multiceldas, macetas, bolsas de cultivo, cajones etc.

Funciones:

- Anclar y aferrar el sistema radical protegiéndolo de la luz (Figura 1).
- Proporcionar una libre circulación de oxígeno para la respiración radical y difusión del dióxido de carbono.
- Contener el agua que la planta necesite.
- Puede intervenir o no en la nutrición mineral de la planta. En el primer caso actúa como depósito de reserva de nutrientes almacenándolos o cediéndolos según las exigencias de la planta. En el segundo, solo actúa como soporte de la planta.



Figura 1. Sistemas radicales de diferentes especies desarrollados en un sustrato que aportó las condiciones adecuadas de acuerdo al sistema de cultivo empleado.

Para que estas funciones se cumplan el sustrato debe tener propiedades físicas, químicas y biológicas apropiadas. Las físicas, permiten conocer la distribución de la fase sólida, gaseosa (aire) y líquida (agua) en el entorno radical. Las químicas, están relacionadas con la disponibilidad y el movimiento de nutrientes, mientras que las biológicas se relacionan con la estabilidad del material. Toda esta información ayuda a establecer los criterios para las técnicas de riego y el plan de fertilización a fin de obtener plantas de calidad y/o rendimientos adecuados.

Estas propiedades serán proporcionadas por uno o varios materiales seleccionados para su formulación. Para esta selección, se debe tener en cuenta cual es el sistema de cultivo empleado, es decir, si se cultiva fuera o bajo invernáculo; la altura, volumen y forma del recipiente; tipo de sistema de riego, características del agua de riego, requerimientos nutricionales de la especie, época del año y duración del ciclo o parte del ciclo en que se desarrollará la planta. Por lo tanto, es de destacar que no existe un sustrato "ideal".

Principales propiedades químicas

Las propiedades químicas están relacionadas con la composición elemental del sustrato y el intercambio de minerales entre el sustrato (fase sólida) y la solución (fase líquida). Este intercambio está dado por las reacciones de disolución e hidrólisis de los minerales, intercambio de iones y biodegradación de la materia orgánica.

Un sustrato es químicamente activo cuando tienen lugar estos intercambios y es químicamente inerte, cuando son nulos o muy reducidos. En este último caso, la inactividad química garantiza que la solución nutritiva no será alterada, motivo por el cual este tipo de sustratos son empleados para el cultivo hidropónico.

Las propiedades químicas destacadas son:

pH: el pH del medio de cultivo controla las reacciones químicas que determinan si los nutrientes van a estar o no disponibles (solubles o insolubles) para su absorción. El rango óptimo para la mayoría de los cultivos es de 5,3 a 6,8, condición en que la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de solubilidad.

Por debajo de este rango, pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; mientras que por encima, puede disminuir la solubilidad del hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre. Los óxidos metálicos de hierro, manganeso, cobre y zinc se hacen más solubles al bajar el pH (menor de 5), pudiendo resultar fitotóxicos.

El aumento o disminución del pH del medio depende de varios factores, entre ellos, el pH del sustrato, la alcalinidad del agua, la actividad de cal, la acidificación por las raíces de la planta, y el uso de un fertilizante de reacción ácida o básica. En la figura 2 se observan algunos ejemplos de plantas con síntomas por consecuencia de los valores de pH del sustrato.



Figura 2. a) Plantas de Yerba Mate en un sustrato con valor de pH: 7,5. b) Plantas de Prímula en un sustrato con valor de pH: 7,8. c) Plantas de Petunia en un sustrato con valor de pH: 8,3. d) Plantines hortícolas, bandeja de atrás en un sustrato con pH: 4,2 y en la bandeja de adelante el mismo sustrato pero con el valor de pH corregido a 5,3.

Salinidad: la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato se mide mediante la conductividad eléctrica (CE). Esto significa que a mayor CE, mayor es la concentración de sales.

Se recomienda que la CE de un sustrato sea baja, esto facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo. El valor límite dependerá de la metodología empleada para la medición. En extractos acuosos

(volumen/volumen, 1+5) el valor máximo debería estar por debajo de $1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, para que la planta no presente toxicidad por sales.

Es útil conocer el grado de tolerancia a la concentración de sales (baja, media o alta) de la especie que se cultive, ya que lo que es letal para una especie puede ser soportado sin graves inconvenientes por otra. Algunos síntomas que se pueden presentar son: disminución de crecimiento, deformación, quemaduras y/o necrosis en brotes y hojas. En la figura 3 se observan diferentes especies florales con síntomas por elevada concentración de sales.



Figura 3. De izquierda a derecha, plantas de Alegría del Hogar, Coral y Pensamiento en sustratos con alta concentración de sales.

Para evitar estos problemas es conveniente conocer los valores de CE del sustrato antes de su uso y de los materiales que se emplearán para su formulación. Esta última información permitirá definir el porcentaje adecuado a utilizar para formular el sustrato.

En el cuadro 1 se presentan valores de pH y CE medidos en una muestra de materiales frecuentemente utilizados para formular sustratos. Hay que tener en cuenta que los valores podrían variar según el origen y manejo de cada tipo de material, por lo tanto, los valores presentados son orientativos.

Para más información sobre pH y CE en sustratos, leer: Barbaro, L. A., M. A. Karlanian y D. A. Mata. 2018. Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Disponible en el repositorio del INTA, <https://repositorio.inta.gob.ar/>

Cuadro 1. Valores de pH y CE de algunos materiales utilizados para formular sustratos.

Material usado como sustrato	pH	CE (dS m ⁻¹)
Compost de corteza de pino	5,3	0,30
Compost de resto de poda	7,6	0,54
Compost de cama de gallina	8,8	2,03
Carbonilla	9,0	0,92
Turba <i>Sphagnum</i>	3,4	0,20
Cascarilla de arroz	6,3	0,24
Lombricompost	7,3	1,92
Fibra de coco	5,8	0,90
Perlita expandida	7,7	0,01
Vermiculita exfoliada	8,4	0,09
Ceniza volcánica	6,3	0,01
Método: 1+5 (v/v) (Barbaro <i>et al.</i> , 2021)		

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): la CIC es la suma de cationes que pueden ser absorbidos e intercambiados por unidad de peso o volumen del sustrato. Estos cationes frente a la lixiviación del agua quedan retenidos y están disponibles para la planta. La CIC es dependiente del pH y el valor adecuado depende del plan de fertilización empleado, si es permanente la CIC no es una ventaja, por lo tanto, se recomiendan sustratos químicamente inertes. Pero si la fertilización será aplicada en forma intermitente, se utilizan sustratos con moderada a elevada CIC (>20 meq L⁻¹). En el cuadro 2 se muestran valores de CIC de algunos componentes de sustrato a modo orientativo.

Cuadro 2. Valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) de algunos materiales utilizados para formular sustratos.

Material usado como sustrato	CIC (meq L ⁻¹)
Turba de <i>Sphagnum</i> rubia	80-180
Turba de <i>Sphagnum</i> negra	300-500
Corteza de pino	40-180
Fibra de coco	70-150
Perlita expandida	2-5
Vermiculita exfoliada	80-120
Arena	5-10
Fuente: Burés, S. 1997; https://www.cyclamen.com	

Principales propiedades físicas

Es importante destacar que las propiedades físicas, a diferencia de las propiedades químicas, no se pueden modificar una vez colocado el sustrato en el recipiente y realizado el trasplante o siembra.

Las propiedades físicas de un sustrato deben permitir un equilibrio apropiado de aire y agua para que las raíces se desarrollen en forma saludable. Algunas de estas propiedades son:

Distribución del tamaño de partículas: esta propiedad posee un efecto directo sobre la relación de poros con aire y agua, es decir, aquellos materiales con tamaños de partículas superiores a 1 mm proporcionan mayor aireación, mientras que aquellos con un tamaño de partículas inferior a 1 mm retienen mayor cantidad de agua. Por ejemplo, en la figura 4 se presenta la distribución de partículas de una muestra de cascarilla de arroz y compost de corteza de pino donde se observa que la mayor proporción corresponde a las partículas mayores a 1 mm, por lo tanto, son materiales que aportarán mayor aireación.

Una forma de expresar la distribución del tamaño de partículas es mediante el *índice de grosor*. Este índice se define como el porcentaje acumulado en peso o volumen de partículas con diámetro superior a 1 mm. En el cuadro 3 se presentan valores de índice de grosor de algunos componentes de sustrato a modo orientativo.



Figura 4. Tamaño de partículas (mm) de una muestra de cascarilla de arroz (Izquierda) y compost de corteza de pino (Derecha).

Cuadro 3. Índice de grosor de algunos materiales utilizados para formular sustratos.

Material usado como sustrato	Índice de Grosor
Compost de corteza de pino grueso	80
Compost de corteza de pino medio	68
Compost de corteza de pino fino	53
Carbonilla (<1cm)	81
Turba de Sphagnum	24
Fibra de coco	25
Cascarilla de arroz carbonizada	30
Compost bagazo de caña de azúcar	38
Compost de restos de poda	48
Perlita expandida	82
Vermiculita exfoliada	32

Espacio poroso total (% en volumen): es el volumen total de sustrato no ocupado por partículas y debería ser superior a 85%. La porosidad puede ser interparticular, es decir, con poros existentes entre las diferentes partículas, o intraparticular, con poros en el interior de las partículas. Estos últimos, podrán estar conectados al exterior o cerrados (no efectivo).

Determinar solo el espacio poroso total no es suficiente, sino que también se debe conocer qué porcentaje de este espacio poroso está ocupado por agua y aire. Una correcta aireación aportará oxígeno al sistema radical y permitirá la evacuación del CO₂ producido por las raíces y los microorganismos. La adecuada proporción de poros con capacidad para retener agua permitirá a la planta obtener el agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo.

Capacidad de aireación (% en volumen) (CA) y capacidad de retención de agua (% en volumen) (CRA): la CA es el volumen de aire del sustrato y la CRA es el agua retenida en el sustrato sometido a una tensión de 1 kPa. La relación de CA y CRA adecuada depende del sistema de cultivo empleado, principalmente como se riega y que tipo de recipiente se usa. Es decir, si el sustrato tiene una alta CA, el drenaje será más rápido y los riegos deberán ser más frecuentes. De lo contrario, si la CRA es alta, el drenaje será más lento y los riegos tendrán que ser más espaciados.

Por otro lado, a medida que la altura del recipiente aumenta, el volumen de agua que es retenida por un sustrato disminuye y el volumen de aire aumenta. Por lo tanto, recipientes pequeños como bandejas alveoladas o macetas de poca altura requieren sustratos más aireados que recipientes de mayor altura (Ejemplos, Figura 5 y 6).



Figura 5. Plantines de Petunia desarrollados en bandejas multiceldas. Izquierda: sustrato con alta capacidad de retención de agua (CRA: 74% y CA: 20%). Derecha: sustrato con capacidad de retención de agua y aireación adecuada para el sistema de producción (CRA: 55% y CA: 38%).



Figura 6. Plantines de rúcula desarrollados en bandejas multiceldas. Izquierda: sustrato con alta capacidad de retención de agua (CRA: 79% y CA: 14%). Derecha: sustrato con capacidad de retención de agua y de aireación adecuada para el sistema de producción (CRA: 49% y CA: 39%).

Teniendo en cuenta lo mencionado se seleccionarán los materiales que aporten lo que el sustrato requiera para ser apto al sistema de cultivo elegido. Por ejemplo, la turba de *Sphagnum* aportará retención de agua al sustrato, mientras que la perlita expandida aportará aireación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de aireación (CA) de materiales utilizados para formular sustratos y de sustratos comerciales.

	EPT (%)	CRA (%)	CA (%)
Turba de <i>Sphagnum</i>	93	79	14
Vermiculita exfoliada	62	45	26
Compost de corteza de pino	86	39	47
Perlita expandida	95	22	73
Fibra de coco	93	50	43
Cascarilla de arroz	89	31	58
Sustrato comercial: formulado con turba de <i>Sphagnum</i> + compost de corteza de pino + perlita	91	55	36
Sustrato comercial: formulado con turba de <i>Sphagnum</i> + perlita	95	56	38
Sustrato comercial: formulado con turba de <i>Sphagnum</i> + fibra de coco + perlita	92	65	28
Sustrato comercial: formulado con turba de <i>Sphagnum</i> + perlita + vermiculita + cascarilla de arroz	92	51	41

Método de De Boodt mediante los lechos de arena (De Boodt *et al.*, 1974).

Densidad aparente: esta propiedad expresa cual es el peso del sustrato en un volumen determinado. Es la relación entre la masa del material seco a 105°C y el volumen ocupado, incluido el espacio de poros entre las partículas. Lo aconsejable es que el valor de densidad sea bajo, es decir, que el sustrato sea liviano. Para el cultivo de plantas en contenedores al aire libre se recomienda una densidad aparente de 0,50 a 0,75 g.cm⁻³, mientras que si se cultivan en invernadero, puede ser inferior a 0,4 g.cm⁻³.

El valor de densidad aparente debe permitir un buen anclaje de la planta y facilitar los aspectos relacionados al manejo, como el llenado de los recipientes (macetas, bolsas de cultivo, bandejas multiceldas etc.), el traslado del sustrato y de los recipientes rellenos, el transporte a granel y la preparación de las mezclas.

Humedad: el sustrato debe contener entre un 50% a un 60% de humedad según el material. Esto se podría estimar cuando al juntar y apretar con la mano un puñado de sustrato, se siente agua libre entre los dedos sin presentar caída de gotas (Figura 7). Si la humedad es baja se debe humectar previo al uso de manera homogénea, ya que si se llenan los recipientes con el sustrato seco es probable que al realizar el primer riego aumente el volumen del sustrato y se desborde. Además, el agua de riego escurrirá por los costados y no infiltrará adecuadamente a través de todo el volumen del sustrato.

Existen materiales como la turba y el compost de corteza de pino, que presentan dificultades para humedecerse inicialmente y rehumedecerse una vez secos, debido a su mayor grado de hidrofobicidad (repeler el agua). Estos sustratos con más razón aún, deben ser humectados adecuadamente antes de rellenar los recipientes.



Figura 7. Sustrato con humedad adecuada para su uso.

Propiedades biológicas

Los sustratos orgánicos son susceptibles a la degradación biológica, además, ésta degradación se favorece con las condiciones ambientales dentro de un invernáculo. Los microorganismos son los responsables de este proceso, el cual al finalizar podría provocar falta de oxígeno y nitrógeno, liberación de sustancias tóxicas y contracción o compactación del sustrato debido a la reducción del volumen.

La presencia de compuestos biodegradables determina la velocidad de descomposición, es decir, que si se utilizan componentes o sustratos estables la velocidad de descomposición será menor. Una forma de estabilizar un material orgánico (residuo o subproducto) es mediante el compostaje.

Cabe destacar que los cultivos de ciclos largos requieren sustratos más estables que los de ciclos cortos.

Para más información sobre compostaje, leer: Barbaro, L.A. 2022. Compostaje de residuos orgánicos. Disponible en el repositorio del INTA, <https://repositorio.inta.gob.ar/>

Características de algunos componentes de sustratos

Perlita expandida	
	<p>Es un silicato de aluminio de origen volcánico, cuya roca presenta agua en su interior. El material recientemente extraído se muele y es transformado industrialmente mediante un tratamiento térmico con precalentado entre 300 a 400°C y luego depositado en hornos a 1.000°C. Este proceso permite que el agua atrapada en su interior se evapore, el material se expanda y baje su densidad.</p> <ul style="list-style-type: none">• El pH es de neutro a ligeramente alcalino.• Posee baja salinidad.• Tiene baja CIC, motivo por el cual es muy usado en sistemas hidropónicos.• Es un componente aireador con baja capacidad para retener agua.• Posee baja densidad.• Comercialmente se encuentran diferentes tamaños de partículas.• Durante el cultivo pierde su estabilidad física.

Arenas



Es de naturaleza silíceas, pueden proceder de canteras o de ríos. Las primeras son más homogéneas y de partículas angulosas. Las segundas son más heterogéneas y de partículas redondeadas.

Se recomienda emplear arena con tamaño de partículas entre 0,6 y 2 mm.

- El pH varía según su origen.
- Posee baja salinidad.
- Es un componente aireador (con el tamaño de partículas mencionado).
- Tiene una alta resistencia mecánica.
- Las granulometrías inferiores a 0,5 mm son peligrosas por el riesgo de asfixia radical debido a su alta retención de agua.
- Posee alta densidad.
- Las de río pueden contener contaminantes como aceites de embarcaciones, por lo que se requiere un lavado previo.

Vermiculita exfoliada



Es una arcilla de estructura laminar, con moléculas de agua entre sus láminas. Para su transformación se calientan de manera rápida a temperaturas mayores a 1.000C°. El agua se evapora y las láminas se expanden 15 a 20 veces su volumen original adquiriendo una textura porosa y esponjosa (exfoliación).

- El pH es de neutro a ligeramente alcalino.
- Posee baja salinidad.
- Tiene una alta CIC.
- Es un componente aireador con capacidad para retener agua en los espacios interlaminares y entre las partículas.
- Su densidad es baja.
- Comercialmente hay diferentes presentaciones según el tamaño de partículas.
- Posee una alta fragilidad estructural.

Arcilla expandida



Se obtiene a partir de una mezcla de arcillas que se procesan para obtener esferas con diámetros de 2 a 10 mm y luego se calientan a 1.100C°.

- El pH es de neutro a ligeramente ácido.
- Posee una CIC es baja.
- Es un componente aireador con baja capacidad para retener agua.
- Tiene una estructura y forma estables.
- Según su origen podría requerir lavados previos a su empleo para eliminar sales.

Biochar o biocarbón



Es un producto rico en carbono, que resulta del calentamiento de biomasa (derivada principalmente de plantas) en un ambiente restringido de oxígeno (pirólisis) a temperaturas de hasta 700°C aprox. El biocarbón se puede producir de varias formas, desde hoyos en el suelo hasta sofisticados hornos industriales de pirolisis. Sus propiedades varían según la materia prima, el tiempo y temperatura de pirolisis.

- El pH es de neutro a alcalino.
- La salinidad es variable según la materia prima.
- Es un componente aireador con capacidad para retener agua (los valores dependerán del tamaño de partículas).
- Posee una densidad media.

Turba



Turba de *Carex* y
Turba de musgo de *Sphagnum*

Se forma a partir de la descomposición de la vegetación de modo incompleto por exceso de agua y falta de oxígeno. Se clasifican en rubia y oscura, según el grado de descomposición. Las turbas rubias poco descompuestas (más empleadas) son más claras y la turba negra es de color oscuro y está fuertemente descompuesta.

- Posee un pH ácido a levemente alcalino.
- Tiene baja salinidad.
- Presenta una CIC de media a alta.
- Posee alta porosidad total, con buena capacidad de aireación y alta retención de agua (los valores difieren según el grado de descomposición, composición botánica y tamaño de partículas).
- Tiene baja densidad.

- Es hidrófuga, es difícil de rehidratar cuando se seca.
- Una limitante es el impacto medioambiental debido a la explotación de las turberas. De a poco, los países productores están adquiriendo conciencia de la necesidad de no explotar y restaurar sus yacimientos de turba o de utilizar métodos extractivos de bajo impacto.

Fibra de coco



Es un material de desecho de la industria cocotera. Para su uso se extraen las fibras de las cáscaras desechadas y se pasan por un proceso de compostaje. Luego al producto obtenido se lava, seca y se tipifican las fibras por tamaño. La fibra de coco es una buena alternativa o un complemento de la turba, ya que con la granulometría adecuada tiene muy buenas características físicas.

- Posee un pH levemente ácido.
- Presenta una porosidad total elevada, con buena retención de agua y capacidad de aireación.
- Tiene baja densidad.
- Es hidrófila, absorbe el agua con facilidad.
- Se contrae poco cuando se deja secar.
- En Argentina es un producto importado e impacta en su costo.
- Asegurarse de que fue lavada en origen, de lo contrario su contenido salino podría ser limitante para el cultivo.

Cascarilla de arroz



Es un residuo de los molinos arroceros. Se puede utilizar natural, molida, carbonizada o tostada. El carbonizado incrementa la retención de agua, elimina los restos de harinas, patógenos y semillas de malezas.

- Posee un pH levemente ácido a neutro.
- Presenta alta capacidad de aireación.
- Tiene una densidad baja.
- El proceso de descomposición es lento.
- Si se usa natural podría contener residuos de agroquímicos o semillas de malezas.

Compost varios

El compost es un producto higienizado, estable y maduro que resulta del proceso de compostaje.



Actualmente son ampliamente utilizados como componentes en la formulación de los sustratos, pero es importante conocer sus propiedades antes de emplearlo ya que son muy variables según su origen y entre lotes. De acuerdo a estas propiedades un compost se utilizará en forma pura o en mezclas entre 20% a 80% con otros componentes.

- Tiene efectos supresores a través de los organismos antagonistas que se desarrollan en él.
- Las altas temperaturas que se alcanzan durante el compostaje, eliminan la mayor parte de las malezas y otros microorganismos dañinos.
- Es importante medir el pH y la conductividad eléctrica ya que la mayoría de los compost son alcalinos y con medio a altos niveles de sales, conocer estos valores permite determinar hasta que volumen se podría incorporar en la formulación del sustrato.

Compost de corteza de pino



La corteza de pino es un residuo procedente de los aserraderos y se lo utiliza en estado fresco, “envejecido” o compostado.

El compost de corteza de pino presenta propiedades físicas que dependen del tamaño de las partículas.

- Tiene un pH es ácido.
- Posee baja salinidad.
- En general tiene una alta porosidad total con alta capacidad de aireación.
- Presenta propiedades supresivas de determinados patógenos vegetales, en especial hongos.

Análisis de sustratos

Las metodologías analíticas para determinar las propiedades físicas y químicas de los sustratos y componentes difieren de las empleadas en un análisis de suelos (Figura 8).

En Argentina actualmente existen laboratorios de sustratos con muchos años de experiencia, entre ellos, se encuentran el de la Universidad de Buenos Aires, el de la Universidad Nacional de Entre Ríos y los del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Instituto de Floricultura y Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul).

Recomendaciones para la toma y envío de muestras:

La muestra de sustrato o componente que se envíe al laboratorio debe ser representativa, ya que los análisis se hacen sobre la muestra enviada y si ésta no es representativa, se podrán cometer errores de diagnóstico y manejos equivocados.

La muestra se prepara tomando una porción de cada bolsa de sustrato comercial o del lote de sustrato preparado previo al uso, en este último caso, tomando una porción en diferentes lugares a lo ancho, largo y profundidad de la pila, sin incluir los 5 cm superficiales (Figura 8). En ambos casos, luego se mezclan las porciones para formar una muestra compuesta. Si el sustrato es casero se recomienda también enviar una muestra de cada componente para interpretar mejor los resultados.

Las muestras se colocan en bolsas plásticas limpias con rótulo, donde estén los datos de la persona que envía y de la muestra (Nombre del componente o formulación del sustrato o nombre del sustrato comercial, cultivo, tipo de contenedor etc.). Cerrar las bolsas de manera que no quede aire dentro de la misma. El volumen de muestra necesario para un análisis físico es de 4 a 5 litros y para un análisis químico es de 1 litro. En caso de que la muestra presente una cantidad insuficiente, humedad excesiva, elementos extraños o dudosos (ej. vidrios, metales, plásticos) u olor a agroquímicos será rechazada.



Figura 8. Izquierda: Toma de muestra de un componente de sustrato. Medio: determinación de pH y CE. Derecha: lechos de arena para el Método de De Boodt.

Páginas web de laboratorios de sustratos de referencia:
<https://www.agro.uba.ar/laboratorios/sustrato/servicios>.
<https://fca.uner.edu.ar/servicios-a-terceros/laboratorio-de-sustratos/>
<https://inta.gob.ar/servicios/analisis-de-sustratos-y-agua-para-riego>

Bibliografía consultada

- Abad, M., P. Noguera, & C. Carrion. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. p. 113-158. En Urrestarazu Gavilan M. (ed.) Tratado de cultivo sin suelo. 3ª ed. Mundi Prensa, Madrid, España.
- 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(2): 197-200.
- Barbaro, L. A., M. A. Karlanian, & D.A. Mata. 2018. Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. p. 10. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Barbaro, L. A., D. Sisaro, S. Stancanelli, & M.S. Soto. 2021. Polvo de ladrillo como sustrato para techos verdes extensivos. *Chilean journal of agricultural & Animal Sciences*, 37(1): 81-91.
- Bures, S. 1997. Sustratos. 342 p. 1ª ed. Agrotecnias, Madrid, España.
- De Boodt, M., O. Verdonck, and J. Cappaert. 1974. Methods for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae*, 37: 2054-2062.

En esta cartilla se describe el concepto de sustratos y sus funciones. Se detallan las principales propiedades químicas y físicas que se deben tener en cuenta en el momento de formular un sustrato o elegir un sustrato disponible comercialmente. Además, se mencionan características de los componentes más usados para formular un sustrato.

Informe Técnico 109/2023



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina