

Selección de
SUSTRATOS
para horticultura



Carlos Manuel
ACOSTA DURÁN

RedES
editores

Selección de
SUSTRATOS
para horticultura

RedES
editores

México

Selección de **SUSTRATOS** para horticultura

CARLOS MANUEL ACOSTA DURÁN

Profesor Investigador

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

RedES
editores

México

Derechos Reservados
©2012, Redes Editores,
Tulipán Portugués 19,
Col Tulipanes,
Cuernavaca Morelos.

Primera Edición 2012.

ISBN: 978-607-00-5453-2

Impreso en México

Para citar esta obra:

Acosta-Durán, C.M. 2012. Selección de sustratos para horticultura. Redes Editores. México. 108 pp.

Esta obra es propiedad del editor. Ninguna parte puede ser reproducida o transmitida por cualquier medio mecánico o electrónico, sin la autorización por escrito del editor.

Esta obra se terminó de imprimir en Marzo de 2012 en los talleres de La Semana Gráfica. La edición constó de 300 ejemplares más sobrantes para reposición.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
<i>VENTAJAS DEL USO DE SUSTRATOS</i>	4

CAPÍTULO 2

<i>CONCEPTOS BÁSICOS</i>	5
<i>QUE ES UN SUSTRATO</i>	6
<i>SOLIDOS Y POROS</i>	7

CAPÍTULO 3

<i>LOS MATERIALES BÁSICOS</i>	13
-------------------------------	----

La tierra de monte	13
La fibra de coco	19
La turba	26
La corteza de madera	29
La corteza de pino	30
La arena	32
La agrolita	33
El aserrín de madera	34
Las compostas	39
Las vermicompostas	42
La basura verde	50
El atocle	55
El tezontle	56
La zeolita	59
El tepojal	61
La lana de roca	62
La espuma	65
La vermiculita	66

CAPÍTULO 4

LAS MEZCLAS 69

El concepto de granulometría 71

COMPONENTES 73

MATERIALES BASICOS 74

COMPLEMENTOS 75

ADITIVOS 76

CAPÍTULO 5

LA CALIDAD DEL SUSTRATO 77

PROPIEDADES FÍSICAS 78

a. Volumen de sólidos y poros 78

b. Capacidad de Retención de Humedad y Espacio Poroso 81

c. Densidad 86

PROPIEDADES QUÍMICAS 89

a. El Potencial Hidrógeno o pH 89

b. La Conductividad Eléctrica (CE) 91

PROPIEDADES BIOLÓGICAS 94

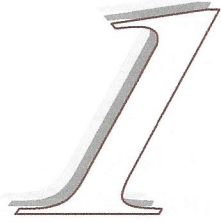
a) Prueba de germinación 95

b) Malezas 98

c) Pasteurización de mezclas 100

CAPÍTULO 6

BIBLIOGRAFIA 103



INTRODUCCIÓN

La horticultura es una actividad altamente rentable por lo que un gran número de agricultores han elegido a esta actividad como el eje central de su producción. Una de las principales ventajas de la horticultura es que se puede desarrollar en espacios relativamente pequeños con alta rentabilidad, los ciclos son cortos y ahora con la tecnología existente se pueden evitar las pérdidas causadas por la variación climática. En años recientes la horticultura ha pasado de una actividad a cielo abierto a otra que

generalmente está protegida por estructuras especiales, llámense invernaderos, cubiertas plásticas o bioespacios, que protegen el cultivo y propician las condiciones para una producción permanente durante todo el año.

Otra característica de la horticultura moderna es que ha pasado del cultivo en suelo al cultivo en contenedor, situación que cambia radicalmente el manejo del cultivo.



En el caso de plantas en contenedor, se provocó la demanda de un nuevo insumo que por las características propias de los sistemas de producción es necesario renovarlo continuamente, por ejemplo en las hortalizas,

el sustrato prácticamente desaparece y después de un ciclo de cultivo podemos sacar las plantas del contenedor y lo que encontramos es una masa radical sin sustrato; por otro lado en las plantas ornamentales, en el momento de la venta la planta se vende con todo y contenedor incluyendo el sustrato por lo que el nuevo ciclo de cultivo requiere de un nuevo sustrato.



La sustitución continua del sustrato permite mejorar continuamente las condiciones del mismo y lograr cultivos de mayor calidad en menor tiempo. Actualmente la demanda de sustratos para plantas en contenedor está en continuo aumento lo que obliga a buscar alternativas de materiales con potencial como componente de sustrato y

sobre la marcha generar opciones bajo un criterio de sustentabilidad ecológica y económica.

VENTAJAS DEL USO DE SUSTRATOS

Un sustrato promueve el crecimiento óptimo de raíces y por consecuencia el buen desarrollo de las plantas por lo que se ha convertido en uno de los principales insumos para la producción de plantas en contenedor. La gran ventaja en comparación con el uso de suelos, es que con el sustrato, uno puede escoger la especie a cultivar dependiendo de las condiciones del mercado, en cambio en el cultivo en suelo la especie se escoge de acuerdo con el suelo presente lo que limita considerablemente la elección de cultivos.



2

CONCEPTOS BÁSICOS

Tradicionalmente la horticultura se ha desarrollado en el suelo por lo que se ha generado una gran cantidad de tecnología basada en la ciencia del suelo, pero al inicio de la producción de plantas en contenedor se han cambiado varios conceptos para adaptarlos a una nueva tecnología de sustratos debido a las grandes diferencias que se observan entre el comportamiento de los suelos y los sustratos y sus respuestas en el crecimiento de las plantas.

El sustrato es un medio distinto del suelo que sirve para cultivar plantas, y que les proporciona: soporte físico, aire, agua y nutrientes, para el crecimiento y desarrollo de las raíces y por consecuencia el mayor rendimiento posible de las plantas.

Un sustrato puede componerse de uno o más materiales mezclados, de origen natural, mineral o sintético y que pueden o no participar en los proceso de nutrición de las plantas.

Existen un gran número de materiales de origen orgánico o mineral que han demostrado sus ventajas como componentes de sustrato. Con respecto a los de origen orgánico se puede mencionar entre los más importantes a: la tierra de monte, la fibra de coco, el aserrín de madera, las turbas, las compostas y las vermicompostas. Y entre los de origen mineral están: la agrolita, la vermiculita, el tezontle, el tepojal y la arena, entre los más conocidos.

Sin embargo existen otros muchos materiales que tienen claro potencial pero que deben ser evaluados para utilizarse con éxito en una explotación comercial, tal es el caso de la basura verde, las cascarillas de cacahuete y de arroz, el bagazo de caña de azúcar, la fibra de agave, los residuos de producción de hongos, las pajas y otros.

SOLIDOS Y POROS

A primera vista un sustrato está formado por partículas orgánicas o minerales a las que se les llama sólidos (S), de diferentes tamaños, y claramente se nota que dependiendo del tamaño de las partículas se observan espacios entre ellas que se denominan poros (P). Mientras más grandes sean las partículas, más grandes serán los poros y a menor tamaño de partículas también los poros son mucho más pequeños.

Un buen sustrato depende del equilibrio entre el espacio poroso y el volumen de sólidos, ya que es el factor determinante en las propiedades físicas. Conocer la relación del volumen de sólidos y de poros es importante

para comprender las propiedades del sustrato. Existen métodos simples que permiten conocer esta relación, que aunque son aproximados permiten tomar decisiones en cuanto al manejo del sustrato.

Los conceptos que nos permiten conocer mejor a un sustrato antes de utilizarlo son:

Retención de humedad: Se refiere al máximo volumen de agua que queda retenida en el sustrato después de regar a capacidad de contenedor y dejar drenar libremente. Se expresa en porcentaje (%) del volumen del material. Esta característica depende del tipo de material y del tamaño de partícula. Se recomiendan valores entre 40 y 60 % para el crecimiento adecuado de la mayoría de las plantas.

Porosidad: Es la cantidad de espacios que no están ocupados por materiales sólidos. Se expresa en porcentaje (%) del volumen total del material. La característica depende básicamente del tamaño de partícula. Se recomiendan valores de 45 a 75 % para

crecimiento de plantas aunque depende de la especie a cultivar.

Densidad Aparente: Es la relación que existe entre la masa (peso) y el volumen del material. Se expresa en Kg/m^3 o g/L. Esta característica depende del tipo de material y del tamaño de las partículas.

Espacio de aireación: Se refiere a la cantidad de espacio libre cuando el sustrato está saturado de agua o a capacidad de contenedor. Se expresa en porcentaje del volumen total. Esta característica depende del tipo de material y del tamaño de partícula. A menor tamaño de partícula la capacidad de aireación se reduce considerablemente.

Capacidad de Contenedor: Se refiere a la máxima cantidad de agua que puede retener un sustrato después de un riego fuerte. La cantidad de agua se va reduciendo con el tiempo por evaporación o por absorción de agua por las raíces de la planta.

Granulometría: Se refiere a la cantidad de materiales sólidos de un tamaño de partícula determinado. Se expresa en porcentaje (%)

del volumen total. Esta característica depende del tipo de material y del tamaño de partícula.

pH (Potencial Hidrógeno): se refiere a la cantidad de iones hidrógeno libres en la solución del sustrato. Se describe con una escala del 1 al 14, siendo los valores entre 5.5 y 7.0 los más adecuados para el cultivo de la mayoría de las plantas en contenedor. Esta característica depende del tipo de material y determina la acidez o alcalinidad del mismo.

Conductividad Eléctrica: Es una medida utilizada para determinar la cantidad de sales presentes en el sustrato. Cuando hay exceso de sales en el sustrato se presentan pérdidas de agua por las raíces lo que provoca síntomas visibles y daña seriamente a las plantas. Se expresa en Siemens por unidad de longitud. Las unidades de lectura normalmente son: mS/cm (miliSiemens por centímetro) o dS/m (deciSiemens por metro).

Pureza: Indica la presencia de semillas o de partes vegetativas (rizomas, bulbos, estolones, etc) de malezas o plantas que no se desean en el contenedor. Se expresa por número de

unidades por unidad de volumen. En diferentes países se establecen niveles máximos de presencia de semillas o partes vegetativas pero hay mucha variación en los criterios.



Sanidad: se refiere a la presencia de plagas o agentes patógenos que pueden causar problemas al cultivo establecido en el sustrato. Par su determinación son necesarias pruebas en un laboratorio especializado. Lo ideal es que el sustrato se encuentre totalmente libre de plagas o agentes patógenos.



Antes de preparar un sustrato en volúmenes comerciales es importante conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas para lo cual existen métodos que están al alcance de todos y nos ofrecen información importante para tener éxito en la producción de plantas en contenedor.



LOS MATERIALES BÁSICOS

LA TIERRA DE MONTE

En México el material más utilizado es la "tierra de monte" también conocida como "tierra de hoja" o "mantillo", seguido de diferentes tipos de arena y "atocle" o "lama de río".

La tierra de monte consiste en el material formado por la acumulación de materia orgánica con diferentes grados de descomposición y que se mezcla con el suelo del horizonte A las en zonas boscosas. Se reconocen y comercializan tres tipos:

- ✓ "tierra de hoja" que está compuesta por 90 % de hojarasca con poca descomposición.
- ✓ "tierra de monte" que consiste en partes proporcionales de hojarasca y suelo de horizonte A que además contiene más o menos, 10 % de humus.
- ✓ "tierra de banco" que es en su mayoría suelo de horizonte A con aproximadamente 10 % de hojarasca.





Debido a que la tierra de monte es un producto de extracción del bosque que cuando se aprovecha en cantidades excesivas, genera consecuencias ecológicas negativas, por lo que, las autoridades gubernamentales en materia de ecología se han dado a la tarea de regular el uso, la extracción y la producción de este material para lo cual se ha expedido una norma con tales fines.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-003-RECNAT-1996, "la tierra de monte" o "banco de tierra de monte" es un recurso forestal no maderable y quizá el de mayor importancia desde el punto de vista

económico. El término se refiere al material que se extrae de los terrenos cubiertos por bosques de coníferas y latifoliadas o con otro uso de suelo pero con vocación forestal. Este material consiste en la mezcla de los diferentes suelos derivados de cenizas volcánicas conocidos como andosoles. En el aprovechamiento se extraen las capas superficiales de suelo que comprenden a los horizontes A y parte del B cuando la demanda así lo requiere. De esta forma se definen dos calidades de tierra de monte; en primer lugar, el suelo negro; y en segundo el suelo café amarillento. Se denomina del banco porque así se llama al área de extracción y al método de extracción que es en forma escalonada o en bancales.



La tierra de monte es el material que resulta de la acumulación de materiales orgánicos en el suelo del bosque. Generalmente está parcialmente descompuesto y revuelto con el suelo correspondiente al sitio de la acumulación. Si no está bien descompuesto, los microorganismos robarán nitrógeno a las plantas. Se puede tener un buen grado de descomposición en dos meses. La tierra de monte, presenta características sumamente diferentes en cuanto a la proporción de materiales que pueden ser hojas de pino, encino, oyamel y otras especies, el grado de descomposición del material; la proporción de suelo y hojarasca, así como la proporción suelo - hojarasca - material descompuesto.



Estas variaciones definen características diferentes sobre todo en la porosidad, retención de humedad, conductividad eléctrica, pH y disponibilidad de nutrimentos.

Por lo anterior no se puede hablar de calidad en estos materiales porque se usan tal como se extraen, rara vez se criban o se muelen buscando un material más uniforme para la producción de plantas en contenedor. Por lo que se puede pensar que es mejor utilizar subproductos orgánicos que normalmente tienen características más homogéneas.



Este material se obtiene de la cáscara del coco, fruto que se cultiva en plantaciones que se encuentran en países tropicales. La fibra de obtiene como un subproducto de la industria coprera.



La calidad del material depende del país en que se produce pero se ha demostrado en general que sus características físicas y químicas son óptimas para su uso en la horticultura.



La fibra de coco es un producto de desecho de la industria coprera. Dependiendo de la región productora y del método de extracción, generalmente está integrada en proporciones entre 2 – 13 % de fibras cortas (<2 mm) y el resto de partículas de tamaño similar a granulados y polvo fino.

La fibra de coco se comercializa como ladrillos comprimidos (de 10, 24 y 150 litros aproximadamente) que hay que rehidratar posteriormente en campo o en sacos de polvo de coco de 150 litros que están listos para utilizarse directamente.



La estructura del tejido del mesocarpio del coco le confiere alta superficie de contacto por lo que tiene alta capacidad de intercambio de líquidos y gases. Cuando se extrae es de color claro y va obscureciéndose con el tiempo hasta tomar un color café chocolate.



Es altamente higroscópica. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6.3 a 6.5) y una densidad aparente de 200 Kg/m³. Su porosidad es bastante buena y en algunas ocasiones debe ser lavada antes de su uso, debido a la posibilidad de alto contenido de sales. Existe la posibilidad de utilizarla fertilizada, en mezcla con turba rubia, turba negra, perlita y otros materiales en cualquier proporción y grado de fertilización, según las necesidades de la producción.



Una vez que se ha finalizado el cultivo y por tener carácter orgánico, la fibra de coco, permite su reintegración en el medio ambiente, sin ningún tipo de impacto negativo.

Otro aspecto a tener en cuenta en la fibra de coco, es que el agua en el sustrato tiene una gran inercia térmica, lo cual hace que se mantenga una temperatura constante durante todo el día y durante todo el año.

En horticultura se utiliza en mezclas para aumentar la eficiencia del uso del agua y la nutrición. Tiene la posibilidad de sustituir a la turba, lana de roca, la perlita y el aserrín en cultivos hidropónicos de hortalizas y flores.

En algunos casos en mezclas que tienen más del 20 % de fibra de coco es necesario adicionar calcio o magnesio para mantener los niveles adecuados.

El nivel adecuado de conductividad eléctrica para evitar los efectos negativos del exceso de sales es de < 0.5 dS/m. Cuando la salinidad sobrepasa el límite (> 1 dS/m), con

aplicar un riego pesado de agua limpia es suficiente para reducirla a niveles aceptables.



El contenido de nitrógeno y fósforo de la fibra de coco, es muy bajo como para contribuir en la nutrición de las plantas, por lo que es necesario hacer un programa de fertilización completa para obtener un buen rendimiento en el cultivo de plantas en contenedor.

La alta capacidad de humedecimiento que tiene la fibra de coco (hidrofílica) es una de sus principales virtudes. Las mezclas que contienen fibra de coco tardan menos en lograr una adecuada humedad en el

contenedor lo que se traduce en mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes por parte de la planta, esta característica es superior a la de las turbas en las que la recuperación de humedad una vez que se ha secado el sustrato, resulta particularmente difícil (hidrofóbica). La velocidad de humedecimiento es importante porque se relaciona directamente con los intervalos y con el ahorro de agua de riego.



La fibra de coco es un material con una estabilidad excelente comparada con otros materiales orgánicos. La estabilidad se define como la capacidad de un material para mantener sus características para proveer de

aire y agua a las raíces de las plantas. Este material tiene alta resistencia tanto al exceso como a la falta de agua, y cuando las condiciones externas vuelven a la normalidad, las propiedades también se mantienen normales.

La fibra de coco se define como un material biológicamente activo ya que se asocia con microorganismos de diferentes tipos que puede generar beneficios adicionales a las raíces de las plantas, aunque lógicamente se promueve cierta competencia por espacio, aire y humedad. Pero por otro lado esta asociación biológica también afecta la presencia de organismos patógenos que se disminuyen y se observa una acción un tanto supresora de la presencia de posibles enfermedades de la raíz.

LA TURBA

El material de mayor consumo en el mundo es la "turba", material que se extrae de grandes pantanos naturales. La turba es un material orgánico que resulta de la deposición de residuos naturales que caen al suelo

descomponiéndose en cientos de años, por lo que se considera como material no renovable. Su amplia explotación sobre todo en países desarrollados está exigiendo en años recientes, la investigación de materiales alternativos.



Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se clasifican como rubias y negras. Las rubias tienen un mayor contenido de materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido de materia orgánica. Es más frecuente el uso de turbas rubias debido a que las negras tienen una aireación deficiente y elevados contenidos de sales solubles.



Las turbas rubias tienen un buen nivel de retención de humedad y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que depende de su origen, la inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico que interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3.5 y 8.5.



LA CORTEZA DE MADERA

En los países en los que existen aserraderos y/o cuentan con industria para la fabricación de papel se generan grandes cantidades de corteza de diferentes tipos de madera. Se estima que a nivel mundial se

dispone de 210 millones de m³ por año. Este producto es de buena calidad cuando se usa composteado, porque en crudo puede producir inmovilización del nitrógeno además de liberar compuestos fitotóxicos como terpenos y fenoles así como otros inhibidores del crecimiento, por lo que es necesario un proceso de composteo de alrededor de 4 a 5 meses antes de su aplicación como componente de un sustrato. Su aplicación más importante es el uso decorativo en jardinería y paisajismo.

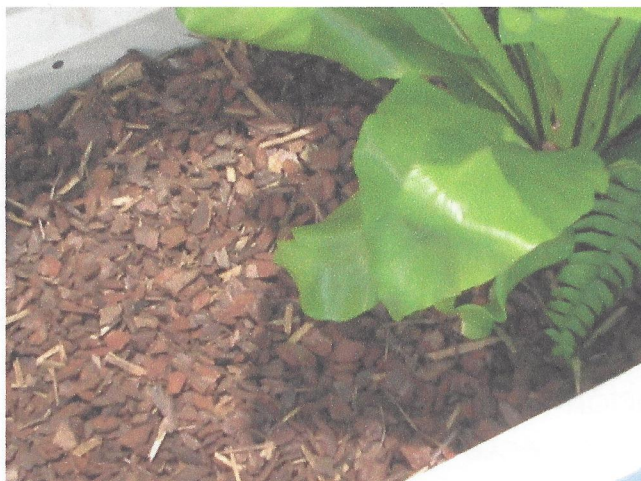


LACORTEZA DE PINO.

Material de desecho de la industria maderera, posee gran variabilidad, se emplean en estado fresco o composteado, aunque en estado crudo pueden ocasionar

deficiencia de nitrógeno o fitotoxicidad. Las propiedades físicas dependen del tamaño de sus partículas, se recomienda que el 20-40 % sean menores de 0.8 mm. Es un material ligero con una densidad aparente de 0.1 a 0.45 g/cm³. La porosidad total suele ser superior al 80 %, la capacidad de retención de humedad es de baja a media siendo su capacidad de aireación muy elevada. El pH varía de medianamente ácido a neutro dependiendo del grado de descomposición. La CIC es de 55 meq/100 g.



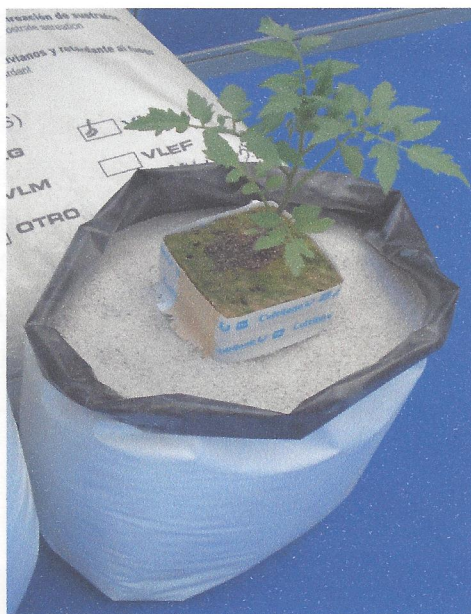


LA ARENA

Material de extracción de río o de mina. Su granulometría oscila entre los 0.5 y 2 mm de diámetro, su densidad aparente es de 1.5 a 1.8 Kg/m³. Su capacidad de retención de humedad es media (20 % del peso y más del 35 % del volumen), su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación, su CIC es nula, el contenido de caliza alcanza de 8 a 10 %. Algunos tipos de arena deben lavarse previamente. Su pH varía entre 4 y 8. Frecuentemente se mezcla con turba, como substrato de enraizamiento y para cultivo en contenedores.

También llamada "Perlita", es un mineral de origen volcánico que es calentado a 982.2 °C para expandir la partícula. Debe ser cribado para eliminar el polvo. Tiene una alta capacidad de retención de humedad, humedad que también pierde rápidamente por evaporación, su CE es cero y el pH es neutro.





EL ASERRÍN DE MADERA

Es un subproducto de la industria maderera, está integrado por partículas de diferente tamaño, dependiendo de la empresa que las produce así como gran diversidad de maderas en su composición que pueden ser de pino (en la mayor proporción), roble, cedro, oyamel y encino principalmente, pero difieren considerablemente de acuerdo a la zona de producción.

El aserrín es un conjunto de astillas finas y virutas mezcladas con polvo grueso que se desecha de las madereras o carpinterías, es decir, viene a ser parte de los residuos del proceso de cepillado de la madera, su costo es relativamente bajo e incluso se suele regalar o botar a la basura, sin embargo, tiene varios usos: Como combustible (leña), piso para la crianza de animales y para el cultivo de plantas.



Es necesario resaltar que el aserrín posee una relación carbono – nitrógeno (C/N) muy alta; esta relación se basa en el equilibrio que debe existir entre estos dos elementos para que las sustancias orgánicas del suelo

puedan ser descompuestas por los microorganismos y ser absorbidas por las raíces de las plantas;

Por lo general una relación C/N equilibrada es de 20.

El aserrín posee un valor de entre 100 y 500 aproximadamente dependiendo del grado de descomposición.

Lo que significa que existe un exceso de sustancias con carbono que el nitrógeno no podrá ayudar en descomponer por lo que los microorganismos buscarán nitrógeno de otra fuente, generalmente se piensa que el nitrógeno necesario para la degradación se tomará del suelo, ocasionando que la planta se quede sin este elemento, sin embargo lo que realmente sucede es que el proceso de mineralización es mucho más largo que en otros materiales y no se presentan desequilibrios en cuanto a la disponibilidad del nitrógeno.

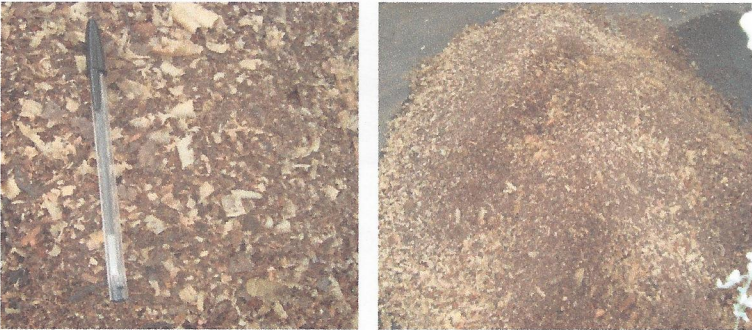
Su facilidad de manejo, su disponibilidad permanente, su bajo precio, la capacidad de retener humedad y la facilidad de desmoronarse al tacto lo convierten en un sustrato ideal. Por ser un subproducto de la madera posee sustancias químicas (taninos) que en contacto con las plantas (raíces) podrían ocasionar daños leves, sin embargo, la forma de eliminar estas sustancias es mediante el lavado con agua limpia, pero lo más conveniente es usarlo en mezcla con otros materiales, lo que elimina cualquier posibilidad de toxicidad para las plantas.



Para usarlo como sustrato se puede mezclar con tierra de monte, composta o humus de lombriz, las proporciones pueden ser variables pero se recomienda no usar más

del 30 % de aserrín fresco en el volumen total de la mezcla del sustrato.

El aserrín también puede utilizarse como material de cobertura del suelo como se puede observar en algunos parques y jardines públicos o sobre las camas de cultivos hidropónicos en invernadero. Una ventaja del aserrín es que retiene gran parte de la humedad después de un riego fuerte y evita que la tierra que está debajo de este pierda humedad por los rayos del sol, la temperatura ambiental y el viento, por ello se logra disminuir la frecuencia de riego cuando se utiliza en capas de 3 – 5 cm de espesor que rodeen el tallo o tallos de las plantas sobre todo el suelo de la parcela.



Aserrín de madera de diferentes tamaños de partícula

El proceso de compostaje consiste en la descomposición de desechos orgánicos por la acción de microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) bajo condiciones aeróbicas controladas, hasta la obtención de un producto final homogéneo, apto para utilizarse como fertilizante, denominado composta. Los factores claves para este proceso son: humedad (55-60 %), temperatura (para eliminar o disminuir los organismos indeseables), aireación y oxígeno (volteos periódicos o inyección de aire en la pila de fermentación), relación carbono/nitrógeno (C/N: 25-35/1), porosidad y tamaño de partícula (entre 1 y 5 cm) y pH (5.5 y 8.5).



Compostas preparadas con diferentes fuentes orgánicas.

Las compostas son materiales que se producen sin un respaldo tecnológico real, cada finca genera su propia tecnología sin considerar elementos de calidad que puedan garantizar que el material puede conseguirse continuamente con la misma calidad. Los elementos que producen la heterogeneidad son: el material a compostear, el proceso, los aditivos, la maquinaria, el tiempo de madurez de los materiales y otros.

Se recomienda que la materia orgánica por compostear se muele en partículas lo más pequeñas posible porque de este modo se degradan con mayor facilidad en condiciones naturales adecuadas de humedad y temperatura en lapsos de 6 a 9 meses.

Los procesos de descomposición no conducen como muchos creen, rápidamente a la mineralización de la MO, sino que inicialmente la MO se desestabiliza, simplifica, pero luego se re-sintetiza, conformando un compuesto nuevo, la composta, bastante estable al paso del tiempo (humus), que alberga y retiene las sales minerales en forma

de quelatos, las cuales ya no se disuelven en el agua, por lo que no se lixivian, pero en forma adecuada para que las plantas puedan extraer los nutrientes presentes en forma asimilable. Por ello el humus, aún aplicado en exceso, no acarrea problemas, solo beneficios.



Preparación y apariencia final de la composta

LAS VERMICOMPOSTAS

Se denomina Vermicomposta (también conocida como *humus de lombriz*, *lombricompuesto*, *compost* o *abono de lombriz y lombricomposta*) al abono orgánico que se obtiene de la descomposición de materia orgánica por acción de microorganismos y diversos procesos bioquímicos en el tracto digestivo de diferentes especies de lombrices, siendo la más comúnmente utilizada la especie *Eisenia foetida* conocida también como "lombriz roja" o "Lombriz californiana"



La vermicomposta resulta de la bio-oxidación y estabilización de los residuos orgánicos gracias a la acción combinada de lombrices y microorganismos que los transforman en un material mineralizado, humificado y rico en flora bacteriana (2×10^{12} /g). Durante la ingestión, las lombrices fragmentan los residuos orgánicos acelerando su tasa de descomposición y sus propiedades físicas y químicas, oxidando y estabilizando el material orgánico, transformándolo en un material rico en nutrientes como N, P, Ca y Mg, que son de fácil extracción y asimilación para las plantas.



Posee sustancias biológicamente activas que favorecen la regulación del crecimiento vegetal, de igual forma, su elevada capacidad de intercambio catiónico y de retención de humedad le confieren propiedades mejoradoras de suelo, favoreciendo el drenaje y la aireación del mismo e incrementando hasta en un 300% el rendimiento de diversas especies vegetales, lo que lo hace un abono de calidad insuperable



La vermicomposta muestra una elevada carga enzimática y bacteriana debido principalmente a la alta carga microbiana dentro del intestino de la lombriz, además de otros compuestos como fitorreguladores que

le dan ciertas características especiales de las que carecen los materiales que son composteados en ausencia de lombrices.



Por otra parte, el proceso de vermicomposteo tiende a resultar en niveles más altos de disponibilidad para la planta de la mayoría de los nutrientes que en un proceso de composteo convencional.

Siempre se sugiere que antes de la aplicación del vermicomposta se analice su calidad, independientemente del contenido nutrimental que posea.

La vermicomposta puede utilizarse como enmienda y abono, como sustrato solo o mezclado con distintos materiales (tierra de monte, perlita, vermiculita, turba) y para complementar fertilizantes orgánicos e inorgánicos.



En las actividades hortícolas su uso produce mejoras en el aspecto, sanidad y rendimiento de las plantas.



Su efecto en el suelo, así como su correspondiente respuesta en el crecimiento vegetal dependerá de las propiedades iniciales del suelo al cual se aplica la enmienda por lo que para una administración precisa de la vermicomposta se requiere saber cuánto de cada nutriente se halla disponible en el suelo y cuánto requiere el cultivo a implantar, aun cuando se considere que la liberación (hacia los vegetales) de los nutrientes que contiene suele ser lenta y por ello no hay sobredosificación, como en el caso del fertilizante químico, pero debido a los costos

que esto implica, esto no se lleva a cabo, por lo que las recomendaciones que se encuentran en la literatura reflejan una marcada dispersión, así como algunas contradicciones.

Varios autores han reportado que el máximo beneficio del uso de vermicomposta se obtiene cuando constituye entre el 10 y el 40 % del sustrato; ya que niveles de más del 40% no incrementan el beneficio y pueden dar como resultado una disminución del crecimiento o rendimiento, sin embargo otros autores mencionan que los máximos beneficios se obtienen cuando se utiliza al 100 % como sustrato.



Hoy en día, gracias a las investigaciones realizadas por diversos autores, es posible afirmar que la aplicación de vermicomposta en las plantas no solamente tiene efectos positivos a nivel del suelo por su capacidad para estimular en gran medida la actividad microbiana, sino que además de su empleo como abono orgánico, está comprobado que la vermicomposta afecta de manera indirecta el crecimiento vegetal, promoviendo la producción de reguladores de crecimiento, beneficiando el desarrollo de las plantas, siendo las auxinas, las citoquininas y las giberelinas las principales hormonas inducidas



Por su efecto en la producción de auxinas, la vermicomposta favorece la extensibilidad de la pared celular y a nivel organismo induce las curvaturas trópicas de las plantas, la abscisión, el enraizamiento y la dominancia apical de las mismas; en el caso de la producción de giberelinas, la vermicomposta coadyuva a la germinación de semillas y la elongación de las plantas, particularmente la elongación de los entrenudos y la división y elongación celular, también regula la juvenilidad, la floración, la formación de frutos, y estimula el crecimiento del sistema estolonífero e influye también en la sexualidad de las plantas al aumentar el porcentaje de flores masculinas en los individuos. Mientras que por acción de las citoquininas ayuda a estimular la citocinesis de las plantas, así como los procesos de senescencia y rejuvenecimiento, la división celular y la organogénesis.

LA BASURA VERDE

Los desechos orgánicos también llamados "basura verde" son el resultado de la poda de jardines, campos deportivos,

camellones, parques públicos y jardines privados, entre otras fuentes.

Este material está compuesto de gran diversidad de especies que se cultivan principalmente con fines ornamentales y que están ubicados en lugares que requieren mantenimiento constante, por lo que su disponibilidad está asegurada de manera permanente y de hecho está en constante aumento debido al crecimiento rápido de las poblaciones que crean espacios para vivir y para su esparcimiento.





La diversidad de materiales que lo integran y la alta variabilidad en el tamaño de partículas lo hacen un material que no está en condiciones de utilizarse como componente de sustrato en la manera que inicia su disposición. Por lo anterior se requiere de un proceso de preparación, que debe iniciar principalmente con el molido para uniformizar las partículas, y estandarizar el proceso de descomposición que se inicia al momento del corte, en el que el material inicia su deshidratación y pérdida rápida del nitrógeno, lo que aumenta en gran medida y en el corto plazo la relación carbono - nitrógeno.

Actualmente, se deposita en centros de acopio al aire libre, donde en ocasiones se muele y en otras solo se amontona. Varios meses después, por el proceso natural de descomposición, el material adquiere condiciones adecuadas para utilizarse en la producción de plantas en contenedor. Cuando el material es molido se acelera el proceso de descomposición y en menos de la mitad del tiempo, adquiere las condiciones adecuadas.



Entre los factores que determinan la descomposición esta la temperatura, la humedad, el grado de suberización y el tamaño de las partículas



El atocle consiste en suelo generalmente de tipo limoso que se acumula en lagos, vegas o márgenes de ríos y que en ciertas épocas del año está disponible para su extracción. Es un sustrato de origen natural, que por formarse por arrastre de partículas contiene un alto índice de nutrientes.



Es el material o mezcla de suelo ideal para sembrar. Puede utilizarse para el llenado de contenedores, sólo o mezclado con material orgánico. Se recomiendan mezclas que proporcionalmente tengan relación 1:1:1,

esto es: 33% de arena, 33% de materia orgánica (estiércol vacuno, hojarasca, etc. Ésta debe estar bien descompuesta, seca, cernida y desinfectada) y 33% de suelo franco.

El atocle no es muy recomendable para cultivo de plantas en contenedor porque con el paso del tiempo se va compactando lo que propicia condiciones inadecuadas de cultivo. Es más recomendable para cultivo en bolsa de plantas para trasplante a suelo porque no pasarán mucho tiempo en el contenedor.

EL TEZONTLE

El tezontle es una roca volcánica, formada por bióxido de hierro, de una textura extrusiva. Esto quiere decir que es un material, el cual está formado por la actividad de los volcanes, que al salir a la superficie en un estado fundido, y al entrar en contacto con el aire, se seca y adquiere su apariencia característica. Tiene una textura muy porosa, posee la propiedad de guardar el calor, tiene gran capacidad de retención de agua.

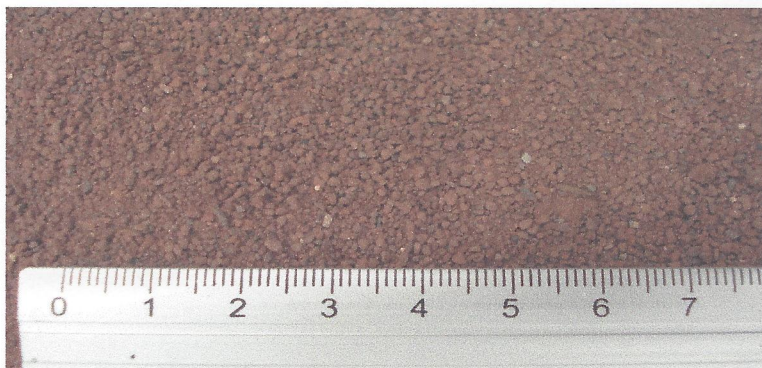


No se puede considerar como material inerte porque contiene algo de hierro, pero aun así se usa como si fuera un material inerte sobre todo en hidroponía.

En México cuando se hace mención a la "grava volcánica" normalmente se están refiriendo al tezontle.

En México cuando se hace mención a la "grava volcánica" normalmente se están refiriendo al tezontle.

El tenzontle en algunas regiones es conocido también como cacahuatillo, puede ser de color rojo o negro, ofrece buen drenaje, casi nulo aporte de nutrientes y un pH neutro.



Por su bajo precio también se utiliza en estacionamientos y centros comerciales en sustitución de césped.



LA ZEOLITA

Las zeolitas son materiales naturales que pueden utilizarse como medio inerte de crecimiento de plantas. Entre los beneficios de la zeolita destacan la reducción de la cantidad de fertilizante y el consumo de agua, también se ha comprobado que se incrementa la productividad reduciendo el tiempo de producción.

De hecho la zeolita en la agricultura es utilizada en la preparación de fertilizantes químicos, que tras su aplicación en los suelos

produce nutrientes importantes para el crecimiento de las plantas.

Las zeolitas son los fertilizantes de liberación lenta que existen de forma natural. Tienen una estructura cargada negativamente que contiene nutrientes como potasio y nitrógeno. Las zeolitas pueden cargarse con estos iones antes de utilizarse como medio de cultivo para después poder liberar los nutrientes cerca del sistema de raíces donde son necesarios para el crecimiento.



Se ha comprobado que a través de la sustitución del 20 % de los fertilizantes tradicionales se han obtenido reducciones en los costos de fertilización hasta en un 11 %, aumentando la productividad y mejorando la calidad del producto final.

La zeolita está considerada dentro las buenas prácticas agrícolas y en la agricultura

orgánica ya que es un producto 100 % natural. Mejora la producción de una gran variedad de plantas.

EL TEPOJAL

Es una arcilla de origen mexicano. Es un pequeño grano volcánico recubierto de arcilla, su pH es neutro, tiene la propiedad de aumentar considerablemente la oxigenación del sustrato por lo que nunca favorece la pudrición de raíces. Este material con el tiempo se degrada poco a poco, su estructura extrusiva es igual a la del tezontle y su forma es muy porosa y ligera.

Se extrae del subsuelo, por lo que no presenta contaminación de ningún tipo además de que se le somete a altas temperaturas antes de usarlo.

Las características físicas de esta arcilla son muy adecuadas para su uso en la elaboración de sustratos para bonsái.

Se puede conseguir en varios colores dependiendo de la zona de extracción. Los contenidos minerales pueden variar, mas no así su pH el cual siempre se mantiene neutro.



Por ejemplo: cuando el tepojal es más blanco posee una mayor cantidad de aluminio, de la misma manera las altas concentraciones de hierro varían según el tono amarillo o sepia oscuro. Generalmente se distribuye a granel.

LA LANA DE ROCA

El material original se extrae de diabasas y calizas. El proceso de extracción se realiza por medios mecánicos. La mezcla homogénea de rocas se introduce en un horno y se funde todo a unos 1 600 grados centígrados. La masa fundida pasa por unas ruedas giratorias, de donde sale expandida en forma de fibras de

0,005 milímetros de grosor. Posteriormente se añaden estabilizantes, se comprime la lana, y adquiere su forma de cintas continuas. Seguidamente, estas cintas son cortadas en planchas o tablas, para ser embaladas. El resultado es un medio de cultivo, con características físico-químicas idóneas para su uso en la agricultura. Debido a su proceso de fabricación con altas temperaturas, es un producto libre de patógenos y malas hierbas.



El cultivo en lana de roca se está utilizando junto con estructuras modernas de invernaderos, de buena ventilación y de alto potencial productivo, donde se buscan altos rendimientos del cultivo, obteniendo una mayor cantidad y calidad de cosecha. También se puede utilizar en otras estructuras tradicionales donde el aumento de producción es muy evidente. La experiencia demuestra que los diferentes cultivos en las distintas áreas de cultivo, muestran mejoras de rendimiento, así como una mayor

homogeneidad, reduciendo la cantidad de desperdicios.

Cuando se utiliza en suelo de invernadero, debe estar nivelado para evitar drenajes incontrolados en las bolsas y para captar luz de forma homogénea en toda la explotación. El suelo que se encuentra debajo de las tablas de lana de roca, se debe de aislar con plástico negro para evitar el franqueo de raíces, evitar la propagación de posibles patógenos existentes en los suelos y evitar acumulaciones de agua en los contenedores.

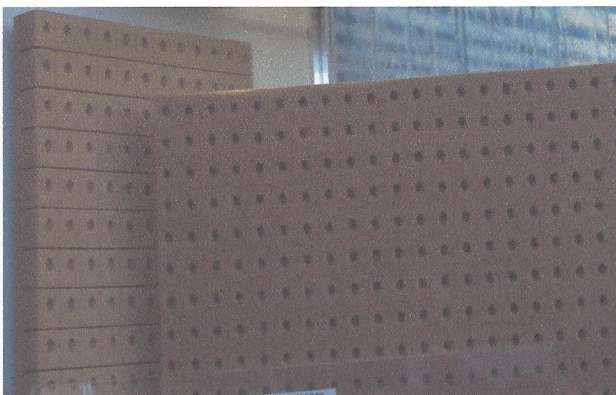


Este sustrato se encuentra en el mercado en diferentes presentaciones (cubos, tacos, slabs y para germinación), de fácil manejo, inocuo, recomendable para cultivar hortalizas ya que asegura pH óptimo, así como excelente conductividad eléctrica, facilitando la nutrición de la planta y evitando riesgos de sedimentación de nutrientes.

El Foami Agrícola es un sustrato cuya apariencia es la de una espuma que posee la capacidad de absorber y retener agua por periodos largos. Es ligero, estéril e inerte; por lo cual no afecta el pH y ayuda amortiguar los fuertes cambios de temperatura en zonas de climas extremosos.



Tiene potencial como mejorador de suelos para aligerar el peso del sustrato y para aumentar la capacidad de retención de humedad. Se usa principalmente para producción de plántulas de semilla o de esquejes, donde a demostrado su mayor potencial.



LA VERMICULITA

La vermiculita de grado hortícola se ha vuelto uno de los componentes principales en sustratos libres de tierra, como un agregado y en muchos otros usos tanto en la agricultura comercial como en la domestica.

La vermiculita es el nombre dado a un grupo de minerales naturales laminados e hidratados, procesado en hornos especiales. El mineral se expande en partículas laminares en forma de acordeón ya reconocidas por muchos como una parte importante de las mezclas de sustratos libres de tierra.

El producto procesado es estéril, permanente, inodoro y no es tóxico. Tiene características que son muy deseables siendo este un producto muy ligero en peso, con una

alta capacidad de retención de humedad y nutrientes. Tiene un pH neutro, pero su reacción es alcalina. Puede contener el potasio, calcio, magnesio y amonio necesarios para el cultivo de plantas. Es ligera, fácil de manejar y se mezcla bien con otros ingredientes de mezclas para macetas, incluyendo pesticidas y herbicidas. Tiene una densidad de cuatro a seis libras por pie cúbico.



La mayoría de los fabricantes la distribuye en tres grados para uso hortícola (mediana, gruesa y extra gruesa).

La vermiculita mediana y extra gruesa es empleada para obtener mayor aireación como agregado en sustratos.

El grado mediano es ampliamente usado en sustratos para producción de plántulas, sustratos libres de tierra de grado fino, germinación y enraizado y en la horticultura doméstica.

La vermiculita de grado medio es empleada muy exitosamente como medio de germinación. Puede ser empleada sola o mezclada con turba o con otros materiales, debido a que es de fácil manejo y se mezcla perfectamente, además las plántulas producidas en vermiculita, tienen un sistema radicular más denso el cual permite que la planta se "establezca" más rápidamente.

La vermiculita gruesa y mediana son excelentes para el enraizado de todo tipo de esquejes

El producto puede ser empleado directamente de la bolsa, sin ningún otro agregado. Mezclada en partes iguales con turba o con tierra de monte, la vermiculita proporciona excelente aireación y drenaje para plantas de maceta en interiores. Estas mezclas permiten un desarrollo radicular saludable y una distribución uniforme de los nutrientes. Las plantas que son plantadas en macetas con estas mezclas generalmente requieren de menos riegos.

4

LAS MEZCLAS

Basados en el hecho de que no existe un material que por sí solo pueda reunir todas las características necesarias para el buen desarrollo de todas las especies cultivadas en contenedor, se puede afirmar que la solución son las mezclas. Mediante ellas es posible adecuar las condiciones de los materiales disponibles a las necesidades del cultivo en contenedor de cualquier especie vegetal.

Existe un gran número de materiales con potencial para utilizarse como componente de sustrato, pero resulta muy

importante, su caracterización antes de utilizarlo dentro de la mezcla.

En la actualidad se ha observado que la mayoría de las características físicas y químicas de los materiales se comportan de manera aditiva por lo que es posible considerarlas para “diseñar” el mejor sustrato para alguna especie en particular, utilizando los materiales disponibles.

MATERIALES ORGÁNICOS CON POTENCIAL PARA USARSE COMO SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS EN CONTENEDOR.	
Suelos negros (Vertisoles y Feozems)	Paja de trigo, avena y cebada
Tierra lama o suelos de migajón (Fluvisoles)	Paja de sorgo
Tierra de azolve de presas y canales	Paja de arroz
Tierra de monte (Andosoles)	Cascarilla de arroz
Tierra de hoja de encino	Cáscara de cacahuete
Tierra de cáscara de oyamel	Composta de champiñones
Tierra de hoja de bosque mixto	Rastrojo de caña de azúcar
Corteza de árboles	Bagazo de caña
Tierra de hoja de pino	Basura de jardinería
Aserrín y viruta	Rastrojo de maíz
Resto de poda de árboles	Rastrojo de frijol
Troncos en descomposición	Otros rastrojos
Estiércol de ganado Bovino	Basuras orgánicas
Estiércol de granjas de aves	Residuos orgánicos
Estiércol de ovinos	Compostas orgánicas
Estiércol de equinos	Lombricompostas
Residuos de pulpa y cascarilla de café	Lodos y fangos tratados
Composta de lirio acuático y tuley otros

Se ha comprobado ampliamente que las plantas no identifican los materiales en los que crecen más bien identifican las propiedades físico químicas de los sustratos, lo que permite la fácil sustitución de materiales recomendados por la literatura, por materiales disponibles en la región de producción.

El concepto de granulometría

Las características físicas de un sustrato son las más importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas en contenedor, porque no se pueden cambiar en ninguna fase del ciclo de cultivo, por lo que deben estar en su forma óptima desde el inicio. En contraste las características químicas del sustrato pueden irse cambiando durante las diferentes etapas de cultivo. El tamaño de partícula es el factor que tiene la mayor influencia en las características físicas de un sustrato, sobre todo en las relaciones agua – aire. Muchos materiales o sus mezclas presentan características diferentes en cuanto a retención de humedad y porosidad de acuerdo al tamaño de partícula que predomina. Por lo que deben considerarse clases de sustratos de acuerdo al tamaño de partícula de los materiales que los componen.

ALGUNOS MATERIALES PARA AUMENTAR EL VOLUMEN Y MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS.

MATERIALES INORGÁNICOS	MATERIALES ORGÁNICOS
Arena y grava de río	Fibra y polvillo de coco
Arena y grava de mina	Fibras naturales (Algodón y Henequén)
Arena y grava de tezontle negro	Estropajo
Arena y grava de tezontle rojo	Turba
Arena de cenizas volcánicas	MATERIALES INDUSTRIALES
Grava de piedra triturada	Vermiculita
Piedra pómez o tepojal	Perlita o Agrolita
Arena de playa	Lana de roca
Arena de dunas	Poliestireno (Unicel)
Tepetates	Espumas sintéticas
Suelos arenosos	Residuos de fibras sintéticas
Zeolita	Escorias de fundición
Ladrillo y teja molidos	Plásticos triturados

Debido a la alta tecnología de las estructuras de producción, ha aumentado la atención en las propiedades físicas de los sustratos, con la finalidad de obtener mezclas con propiedades físicas más constantes. Cuando las propiedades físicas son estables es más fácil para los productores manejar programas de riego y fertilización entre otras prácticas de producción.

Las plantas no identifican los materiales del sustrato

Las plantas identifican las propiedades físico químicas del sustrato



COMPONENTES

Para preparar una mezcla primeramente hay que seleccionar cuidadosamente los materiales que se van a utilizar. La selección debe ser considerando la disponibilidad y la función que va a tener cada material en la mezcla final. La función del material depende

de la proporción en que se encuentre en la mezcla y cualquier material puede desempeñar cualquier función.

De acuerdo a las proporciones de los materiales se consideran tres componentes:

MATERIALES BÁSICOS (50 - 60 %)

COMPLEMENTOS (30-40 %)

ADITIVOS (< 10 %)

MATERIALES BÁSICOS

Se considera como materiales básicos aquellos que constituyen la mayor proporción en la mezcla final (50 – 60 %). Son los que dan la estructura al sustrato y aportan el efecto predominante de las características físicas y químicas a la mezcla. Pueden ser de dos tipos:

Tradicionales: son aquellos que se han consolidado en el mercado, que su disponibilidad es abundante y de amplia distribución regional (Tierra de monte, turba, perlita, vermiculita, y otros)

Alternativos: son aquellos materiales en los que, los productores han identificado potencial y su distribución geográfica es limitada a ciertas zonas de producción (cáscara de arroz, bagazo de caña, fibra de henequén, fibra de agave, y otros).



COMPLEMENTOS

Aquellos materiales que se utilizan para mejorar alguna característica específica del material básico, como podría ser mejorar la aireación, el drenaje o la retención de humedad. El criterio para seleccionar estos materiales debe ser su caracterización física y

química en laboratorio previa a la mezcla. Los complementos constituyen entre el 30 y 40 % del volumen final de la mezcla.

ADITIVOS

Son materiales generalmente opcionales que se utilizan en pequeñas proporciones (no más del 10 %) para mejorar características muy definidas de las mezclas. Ejemplos de aditivos pueden ser: Fertilizantes de liberación lenta o para complementar algún elemento como Ca; aceleradores de crecimiento en algunas fases del cultivo; humectantes para aumentar la capacidad de retención de humedad; o bio controladores como organismos vivos (*Rhizobium*, *Azospirillum*) para favorecer las condiciones de crecimiento.

5

LA CALIDAD DEL SUSTRATO

Determinar la calidad del sustrato asegura que no se tendrán problemas durante el desarrollo del cultivo. Antes de iniciar el cultivo, es muy importante conocer las características físicas como la relación de sólidos y poros, el porcentaje de retención de humedad (RH), el porcentaje de Porosidad (P), y la Densidad (D); las químicas como el pH y la conductividad eléctrica (CE) y las biológicas como la toxicidad (TX), la presencia de semillas de malezas (SM) y de fitopatógenos (FP).

a) Volumen de sólidos y poros

Esta característica es importante porque de ella depende el intercambio gaseoso entre el suelo y la raíz, la disponibilidad de agua para la raíz y la acumulación e intercambio de nutrientes, todos ellos determinantes para el buen desarrollo de la planta en el contenedor.

Es necesario calcular la cantidad aproximada en porcentaje del espacio ocupado por sólidos y por poros, en una unidad de volumen.

Procedimiento:

Primeramente prepare la muestra colocándola en una charola, extiéndala y déjela secar por 24 horas a la sombra.

Pase el sustrato por la malla retirando todas las partículas de tamaño mayor.

Llene el contenedor graduado con un litro exacto de la muestra.

Coloque en la probeta un litro exacto de agua (V_i).

Vacíe el agua lentamente en el contenedor con la muestra hasta que se observe un espejo de agua en la superficie.

Calcule el volumen de agua utilizado (V_f) restando del volumen inicial, el volumen restante en la probeta (V_r).

$$V_f = (1000 \text{ ml} - V_r)$$

Cálculo del porcentaje de poros

$$P = V_f \times 100 / V_i$$

Cálculo del porcentaje de sólidos

$$S = 100 - P$$

Ejemplo:

Muestra 1	Muestra 2
Porcentaje de porosidad $V_f = 1000 \text{ ml} - 345 \text{ ml} =$ 655 ml	Porcentaje de porosidad $v_f = 1000 \text{ ml} - 767 \text{ ml} =$ 233 ml
$P = 655 \text{ ml} \times 100 \% / 1000 \text{ ml}$	$P = 233 \text{ ml} \times 100 \% / 1000 \text{ ml}$
P = 65.5 %	P = 23.3 %

Porcentaje de solidos $S = 100 \% - 65.5 \% = 34.5$ %	Porcentaje de solidos $S = 100 \% - 23.3 \% = 76.7$ %
Relación PS = 1.89	Relación PS=0.30

Interpretación del resultado

Se considera que la proporción ideal entre poros (P) y sólidos (S) para un suelo es de partes iguales, o sea 50 y 50 % por lo que la relación sería

$$P/S = 1.$$

Las partículas minerales generalmente presentan valores de $P/S < 1$ en cambio los materiales orgánicos presentan valores de $P/S > 1$.

En la preparación de sustratos para cultivo en contenedor se recomiendan valores de P/S por arriba de 1.5.

En el ejemplo, La muestra 1 ($PS=1.89$) es adecuada para cultivo de plantas en contenedor mientras que la muestra 2

(PS=0.3) tendría que acondicionarse con algún material para aumentar la porosidad.

b) Capacidad de Retención de Humedad y Espacio Poroso

Cualquier sustrato debe tener la capacidad de proveer a las raíces de las plantas de suficiente aire y agua para su crecimiento. Los poros, que normalmente se encuentran en diferentes tamaños representan el medio para proporcionar aire y agua al mismo tiempo.

Cuando las plantas se riegan la mayoría de los poros se llenan de agua y al finalizar el riego, el agua de los poros de mayor tamaño (macroporos, >30 micras) es liberada por la fuerza de la gravedad, saliendo por la parte baja del contenedor y los poros más grandes, nuevamente se llenan de aire. En cambio los poros de tamaño pequeño (microporos, <30 micras) retienen el agua. La cantidad de agua que es retenida después de regar y drenar el contenedor se conoce como "Capacidad de Contenedor" (CC).

El agua que se mantiene en los microporos después del drenado se subdivide en dos tipos: agua disponible y agua no disponible.

El agua disponible es la que se encuentra retenida por las partículas del sustrato con muy poca presión por lo que puede ser absorbida fácilmente por las raíces de las plantas.

El agua no disponible establece una fuerte unión con las partículas del sustrato a una presión mayor de la que pueden romper las raíces por lo que no puede ser absorbida. La planta puede llegar al "Punto de Marchitez Permanente" (PMP) cuando absorbe la totalidad del agua disponible.

La POROSIDAD LIBRE se define como el porcentaje del volumen de sustrato que contiene aire después de haberlo saturado con un riego y posteriormente dejarlo drenar libremente. Es la característica que más influye en la posibilidad de aireación de las raíces de las plantas. Aunque se estima que el óptimo puede ser entre 10 y 30 %, este porcentaje puede variar dependiendo de la especie cultivada. Algunos sustratos tienden a

compactarse con el paso del tiempo, lo que puede reducir los porcentajes de porosidad libre y provocar un comportamiento indeseable en el crecimiento de las plantas.

PROCEDIMIENTO

Primeramente se coloca la muestra en una charola, extendiéndola y dejándola secar por 24 horas a la sombra.

Pasar el sustrato por la malla retirando todas las partículas de tamaño mayor.

Llenar con un litro exacto de la muestra, un embudo (con un tapón en la salida) o un contenedor con salidas inferiores (puede ser una maceta con los orificios de salida tapados con cinta).

Coloque en la probeta un litro exacto de agua (V1).

Vacíe el agua lentamente en el contenedor con la muestra, hasta que se observe un espejo de agua en la superficie.

Calcule el volumen de agua utilizado (V2) restando del volumen inicial, el volumen restante en la probeta (V3)

Destape la salida del contenedor y deje drenar el agua capturándola en un vaso graduado. Anote el volumen drenado (V4).

Tenga mucho cuidado en anotar los datos de cada volumen (V1, V2, V3, V4).

CÁLCULOS

$$\text{Porosidad } P = (V1 - V3)$$

Capacidad de Retención de Humedad (%)

$$RH = (V1 - V3 - V4) \times 100 / V1$$

Ejemplo:

Muestra 1

Porcentaje de porosidad

$$V_f = 1000 \text{ ml} - 345 \text{ ml} = 655 \text{ ml}$$

$$P = 655 \text{ ml} \times 100 \% / 1000 \text{ ml}$$

$$\text{Porosidad } P = 65.5 \%$$

Porcentaje de Retención de humedad RH

$$RH = (V1 - V2 - V3) \times 100 / V1$$

$$RH = (1000 \text{ ml} - 345 \text{ ml} - 200 \text{ ml}) \times 100 \% / 1000 \text{ ml} \\ = 45.5 \%$$

$$\text{Retención de humedad } RH = 45.5 \%$$

Muestra 2

Porcentaje de porosidad

$$v_f = 1000 \text{ ml} - 767 \text{ ml} = 233 \text{ ml}$$

$$P = 233 \text{ ml} \times 100 \% / 1000 \text{ ml}$$

$$\text{Porosidad } P = 23.3 \%$$

Porcentaje de Retención de humedad RH

$$RH = (V_1 - V_2 - V_3) \times 100 / V_1$$

$$RH = (1000\text{ml} - 767\text{ml} - 110\text{ml}) \times 100\%/1000\text{ml} \\ = 12.3 \%$$

$$\text{Retención de humedad } RH = 12.3 \%$$

Interpretación del resultado

La porosidad y la retención de humedad de un sustrato están íntimamente ligadas aunque ambas características dependen directamente del tamaño y proporción de los poros e indirectamente del tamaño y del tipo de partícula.

Según varios investigadores la porosidad para plantas en contenedor varía

de acuerdo a la especie a cultivar, pero un rango razonable para la mayoría de las especies es de 50 a 70 %.

Una situación similar se observa en cuanto a la capacidad de retención de humedad porque hay especies que crecen bien con poca disponibilidad de humedad y hay otras que requieren de aportaciones constantes de agua.

Un rango razonable para la capacidad de RETENCION DE HUMEDAD es de 40 a 60 %, manteniendo constante por lo menos el 15 % de agua fácilmente disponible.

c) Densidad

La densidad es la relación que existe entre la masa (peso seco) y el volumen de un sustrato seco, se expresa en Kg/m^3 o en g/L . Por ejemplo, la arena, el tezontle y el tepojal tiene alta densidad cuando están secos comparados con el aserrín, la turba, la

agrolita, la fibra de coco o la tierra de hoja, en cambio cuando están mojados, algunos materiales como la turba y la fibra de coco tienden a ser muy pesados por la alta capacidad de retención de humedad que tienen.

La mayoría de los cultivos en contenedor crecen bien cuando la densidad del sustrato esta entre 200 y 900 g/L

La mayoría de los cultivos en contenedor pueden crecer perfectamente cuando la densidad del sustrato varía entre 100 y 900 g/L, además de facilitar el manejo y bajar los costos de transporte.

En caso de cultivo en macetas colgantes o canastas, se debe considerar una densidad lo más baja posible (100 a 250 g/L) sin disminuir la retención de humedad.

Por otro lado cuando las plantas son de porte alto como muchos follajes y algunas plantas de flor en contenedor (lirios,

poinsettias, plantas madre) se requiere un sustrato de alta densidad (hasta de 900 g/L), lo que evitará las caídas continuas de las plantas como producto de los vientos fuertes, del manejo durante el proceso productivo o durante la comercialización.

CÁLCULOS

Para preparar la mezcla, se utilizan 1.5 L de muestra que se extienden en una charola y se dejan secar durante 24 horas a la sombra.

Pase el sustrato por la malla retirando todas las partículas de tamaño mayor.

Posteriormente se coloca en un vaso graduado un litro exacto de la muestra golpeándola ligeramente para que se acomode y se pesa.

El resultado es la **DENSIDAD** expresada en **gr/L**

a) El Potencial Hidrógeno o pH

El potencial hidrógeno (pH) representa la medida de la concentración de iones hidrógeno en agua y tiene una fuerte influencia en la disponibilidad de nutrientes por las raíces de las plantas. Está representado en una escala del 1 al 14 en la que el 7 representa las condiciones de neutralidad, valores hacia arriba de este número se consideran como alcalinidad y valores inferiores representan la acidez. En el mercado se puede disponer de Potenciómetros de diferentes marcas modelos y grados de precisión con los que es relativamente fácil tomar las lecturas.

En cultivos sin suelo se considera que un pH entre 5.2 y 6.0 es adecuado y en cultivos en sustrato base suelo (es decir con un mínimo de $\frac{1}{4}$ de suelo como componente) el pH puede variar entre 6.2 y 6.8.

Las necesidades de pH pueden variar según la especie por cultivar, pero en general se puede considerar que un pH entre 5.5 y 7 es adecuado para la gran mayoría de las especies de cultivo en contenedor.

El pH del sustrato varía con el tiempo como respuesta al manejo del cultivo principalmente a la alcalinidad del agua de riego, a la aplicación de fertilizantes químicos y al pH inicial del sustrato.

Si se inicia con un pH ideal para el cultivo, puede ser que al paso del tiempo se vuelva ácido, en caso de que el agua de riego presente alta acidez o que se utilicen fertilizantes fuertemente ácidos, por lo que es muy recomendable el monitoreo constante del sustrato para evitar problemas, principalmente de nutrición del cultivo.

b) La Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica (CE) es una medida que se usa frecuentemente para determinar el nivel de salinidad del sustrato. Cuando ese valor es muy alto provoca pérdida de humedad por las raíces pudiendo ocasionar manchas o quemaduras visibles en las hojas. Cuando la medida es muy baja se reduce considerablemente la absorción de nutrientes de la solución nutritiva por lo que las plantas reducen su crecimiento y calidad.

En el mercado existen Conductivímetros de diferentes marcas y modelos para medirla, con diferentes grados de exactitud. Se mide en Siemens por unidad de longitud, por lo que las unidades son: mS/m, dS/m, mS/cm o dS/cm.

La conductividad eléctrica es una medida equivalente a la Capacidad de Intercambio Catiónico. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) indica la capacidad del sustrato para retener iones de carga positiva que se encuentran en la solución nutritiva. Se mide en meq/100 cm³.

Valores de conductividad eléctrica
entre 0.76 y 1.25 dS/m
son aceptables para la mayoría
de los cultivos en contenedor

En algunos componentes de los sustratos, las partículas tienen cargas negativas (Tuba, corteza, vermiculita, vermicomposta, tierra de monte, humus, composta) lo que ocasiona que atraigan partículas positivas de los iones que se encuentran en la solución nutritiva.

La mayoría de los nutrientes de las plantas son iones de carga positiva (cationes): NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} y Fe^{2+} .

Los aniones son iones de carga negativa como: H_2PO_4^- , NO_3^- , SO_4^- y Cl^- . Materiales que tienen alta CIC son suelo mineral, fibra de coco, humus, vermicomposta, turba y vermiculita, y materiales con baja CIC son tezontle, perlita y arena.

PROCEDIMIENTO

Primeramente se prepara la muestra colocándola en una charola, extendiéndola y dejándola secar por 24 horas a la sombra.

La muestra debe pasarse por una criba de 0.5 cm, retirando todas las partículas de tamaño mayor.

En un vaso de precipitados de 500 ml, se colocan 100 ml de la muestra y 200 ml de agua destilada.

La mezcla se agita hasta que esté completamente uniforme y se deja reposar durante 30 minutos.

La mezcla se filtra para separar la muestra del lixiviado y se mide el pH y la conductividad eléctrica en el lixiviado.

Interpretación del resultado

Se ha detectado que las plantas tienen diferentes sensibilidades a la cantidad de sales presentes en la solución del sustrato. Algunos

investigadores las han clasificado como de alta sensibilidad (Azalea, orquídea), de sensibilidad media (Anturio, gerbera) o de baja sensibilidad (Crisantemo, geranio). Pero es muy importante verificar los niveles de las lecturas porque la información publicada varía considerablemente dependiendo del método utilizado para la determinación.

Con el método del ejemplo las lecturas esperadas deben estar entre 0.76 y 1.25 dS/m, lo que se considera un nivel normal donde pueden crecer exitosamente la mayoría de las plantas en contenedor.

Cuando las lecturas están por abajo o por arriba de este nivel, es recomendable enviar la muestra de sustrato a un laboratorio especializado para realizar una lectura más precisa y establecer medidas de corrección del sustrato.

PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Muchos materiales sobre todo los orgánicos o los reciclados, pueden estar contaminados con organismos indeseables

para la producción comercial de plantas en contenedor como pueden ser semillas o partes vegetativas de malezas, o como microorganismos como hongos y bacterias patógenas para muchas especies de importancia económica. También algunos materiales, dependiendo de su origen, pueden presentar ciertos niveles de toxicidad según la especie a cultivar, por lo que es recomendable realizar algunas pruebas antes de usarlos en volúmenes grandes.

a) Prueba de germinación

En esta prueba resulta muy fácil determinar si existe toxicidad del sustrato ya que las plántulas son mucho más sensibles que las plantas adultas.

La prueba consiste simplemente en colocar cuatro muestras del sustrato en charolas multiceldas y sembrar en cada una, 50 semillas de jitomate o de lechuga, que son altamente sensibles a sustancias tóxicas que pudieran estar presentes en el sustrato. Colocar las charolas en un lugar sombreado y mantener riego constante para después de 7

días observar en las plántulas emergidas, las normales (sin deformaciones) y las sanas (sin síntomas aparentes de enfermedades o necrosis).

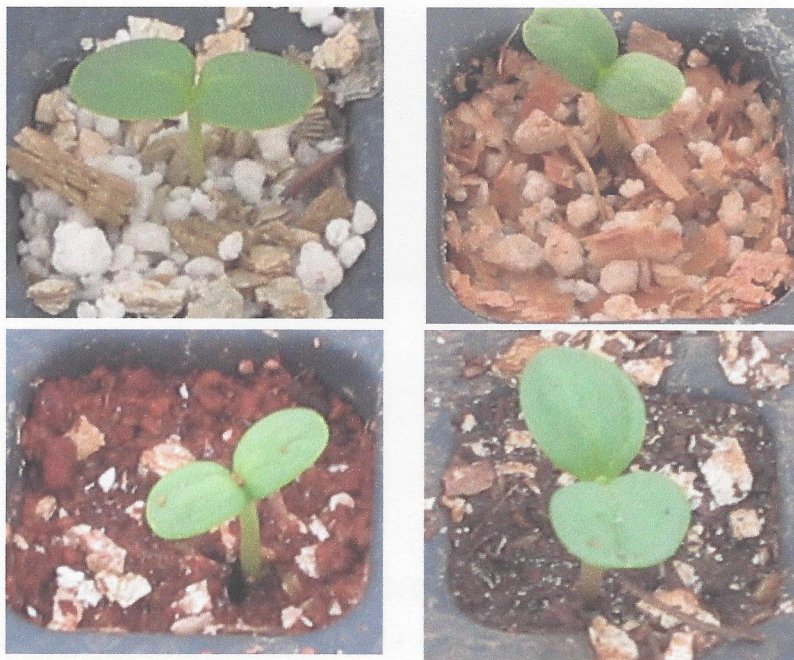


Contar el número de plántulas normales y el de plántulas sanas en cada lote hacer el promedio de los cuatro lotes y calcular el porcentaje con relación al número de plantas emergidas.

Si el resultado es de menos del 95 % de plantas sanas se deberá considerar la pasteurización del sustrato.

Si el resultado es de menos del 80 % de plantas normales habrá que considerar un

análisis más profundo de sustancias tóxicas en un laboratorio especializado.



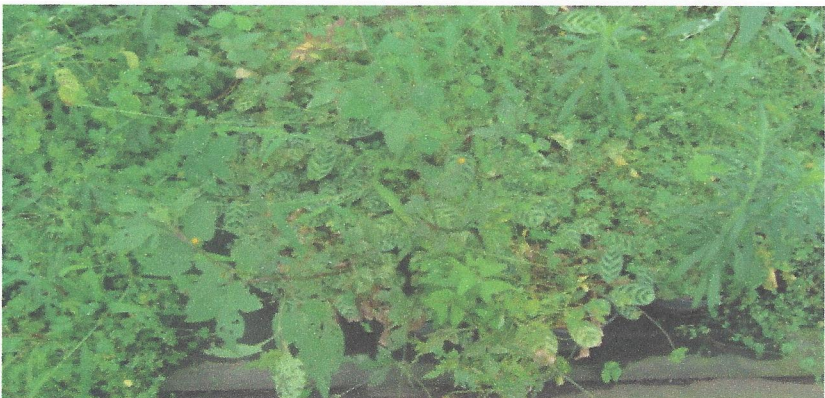
Para asegurar la ausencia de patógenos se pueden mantener las plántulas de las charolas durante 20 ó 25 días y observar el crecimiento de la raíz. Al extraer las plántulas debe observarse la raíz con buen crecimiento y de color claro.



b) Malezas

Se considera como malezas a cualquier planta que crece en el contenedor, aparte de la especie cultivada y su presencia en el sustrato representa un riesgo potencial de pérdida económica. Más que competir por nutrientes o espacios, las malezas retrasan el crecimiento de las especies cultivadas, además generan mayor inversión en el pago de mano de obra para reiterarlas, por lo que se recomienda mantener limpio el cultivo desde el inicio, pero lo más recomendable es utilizar sustratos libres de malezas.

Generalmente las malezas tienen tasas de crecimientos mayores que las plantas cultivadas y si consideramos que el contenedor tiene óptimas condiciones de crecimiento, entonces su desarrollo puede ser sumamente rápido.



La contaminación del sustrato puede venir de dos fuentes: del origen mismo como en el caso de la tierra de monte o de los atocles; y del mal manejo en vivero que puede ser que las malezas se dejen crecer al grado de producir semillas en el contenedor o por deficiencias en el almacenaje de los sustratos.



c) Pasteurización de mezclas

La pasteurización es una práctica recomendada cuando se desconfía de la calidad fitosanitaria del sustrato por la presencia de organismos patógenos o semilla de malezas.

Existen varios métodos por lo que se puede elegir el que más convenga las condiciones particulares de cada empresa.

Métodos físicos

Son los menos agresivos con el ambiente además de ser de mayor facilidad de manejo. Se basan en el principio de eliminar organismos con altas temperaturas.

Temperatura necesaria para control	
Larvas de insectos	65 °C
nematodos	70 °C
Semillas de malezas	80 °C

Vapor de agua: Consiste en el calentamiento mediante vapor de agua. El método es muy eficiente pero requiere de una caldera para generar el vapor. El sustrato se extiende en camas, se cubre con una lona evitando las fugas y se aplica el vapor mediante inyectores durante 30 minutos. Posteriormente se descubre y se deja enfriar.

Solarización: consiste en el calentamiento del sustrato por medio de la energía solar, para lo cual se extiende el sustrato en camas de no más de 30 cm de altura, se humedece y se cubre con polietileno transparente durante un tiempo determinado (puede ser entre 20 y 40 días). El tiempo debe determinarse para cada región y para cada época del año, ya que estos parámetros varían considerablemente.

Métodos Químicos

Los métodos químicos requieren de cuidados especiales y de equipo de protección para el operador que de no usarse puede causar daños severos a la salud. Afortunadamente se han retirado del mercado productos altamente contaminantes que se usaban con mucha frecuencia como el Bromuro de Metilo. Actualmente existen productos menos agresivos, que para adquirirlos y conocer las recomendaciones específicas deberá consultar con su proveedor local



BIBLIOGRAFIA

- Abad, M. y Noguera, P. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In*: M. Urrestarazu (ed.). Manual del Cultivo sin Suelo. Grupo MundiPrensa. Almería, España. pp. 137-184.
- Acevedo, I. C. y Piré. R. 2004. Effects of vermicompost as substrate amendment on the growth of papaya (*Carica papaya* L.). *Interciencia*. 29(5): 274-279.
- Acosta-Durán, C.M., D. Acosta-Peñaloza. 2012. La investigación en sustratos en América Latina. *Investigación Agropecuaria* 9(2): 77-86. ISSN: 2007-1353.

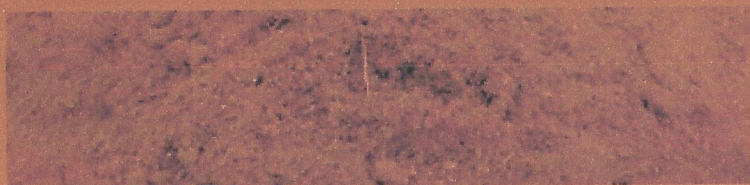
- Acosta-Durán, C.M., M. Avelar-Zúñiga, D. Acosta-Peñaloza, N. Vázquez-Benítez. 2012. Niveles de inclusión de composta en el sustrato para el cultivo de *Crosandra* (*Crossandra infundibuliformis*) en contenedor. *Investigación Agropecuaria* 9(2): 112-124. ISSN: 2007-1353.
- Acosta-Durán, C.M., N. Vázquez-Benítez, D. Acosta-Peñaloza. 2011. Evaluación de sustratos para la germinación de semillas de *Zinia* (*Zinnia* spp) en contenedor. *Investigación Agropecuaria* 8(1): 43-50. ISSN: 2007-1353.
- Acosta-Durán, C.M., O.G. Villegas-Torres, V. López-Martínez, J.N. Lerma-Molina, A. Rocha-Estrada, D. Guillén-Sánchez. 2010. El aserrín de madera como componente de sustrato en el cultivo de petunia (*Petunia hybrida*) en contenedor. *Investigación Agropecuaria* 7(2): 157-168. ISSN: 2007-1353.
- Acosta-Durán C. M., O. G. Villegas-Torres, I. Alia-Tejagal, A.D. Hernández-Fuentes, M.A. Damián-Huato, M. Andrade-Rodríguez. 2010. Sustratos y frecuencias de riego en el cultivo de coleo (*Coleus blumei*) en contenedor. *Investigación Agropecuaria* 7(1): 55-66. ISSN: 2007-1353.

- Acosta-Durán C. M., M. Jiménez-Galindo, L.M. Nava-Gómez, O. Villegas-Torres, I. Alía-Tejacal. 2009. Sustratos y fertilización en el cultivo de *Impatiens* sp en contenedor. Investigación Agropecuaria 6(2): 241-248. ISSN: 2007-1353.
- Acosta-Durán C.M., J.J. Uribe-Canales. 2009. Sustratos para producción de plántulas de encino (*Quercus* sp.) Investigación Agropecuaria 6(2): 232-240. ISSN: 2007-1353
- Acosta-Durán, C. M., X. Martínez-Ríos, L. M. Nava-Gómez, O. G. Villegas-Torres. 2008. Sustratos para cultivo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) y su efecto en características comerciales. Investigación Agropecuaria (5)1: 53-60. ISSN: 2007-1353.
- Acosta-Durán C. M., D. Acosta-Peñaloza, L. M. Nava-Gómez, M. Andrade-Rodriguez, I. Alía-Tejacal, O. G. Villegas-Torres. 2007. Efecto del tipo de sustrato en el crecimiento inicial de plantas ornamentales en contenedor. Investigación Agropecuaria Vol. 4: 1-8. ISSN: 2007-1353.
- Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones MundiPrensa. Barcelona, España. 172 pp.
- Arancon, Norman Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D., Lee, S. y Welch, C. 2002. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. Pedobiologia 47, 731-735, 2002.

- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S. y Metzger, J.D., 2001. Pig manure as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physiochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78, 11–20.
- Boyas, D. J y Reyes, C. R. 1997. Instructivo técnico para regular los aprovechamientos de tierra de monte y de hoja, en suelos forestales de la región central de México. Boletín técnico No. 119.
- Burés, S. 1999. Introducción a los sustratos: aspectos generales. Pp.19-46. In: *Tecnología de Sustratos: Aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal*. J.N. Pastor S. (ed.) Universidad de Lleida. España
- Burés, S. 1997. *Sustratos*. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España.
- Cervantes-Adame Y. F., C. M. Acosta-Durán. 2011. Sustratos para cultivo de *Bacopa monnieri* en contenedor y bajo invernadero. *Investigación Agropecuaria* 8(2): 171-182. ISSN: 2007-1353.
- Cervantes-Adame, Y.F., C.M. Acosta-Durán, O.G. Villegas-Torres. 2011. Sustratos para la propagación por esqueje de *Bacopa monnieri*. *Investigación Agropecuaria* 8(1): 51-61. ISSN: 2007-1353.

- Hernández-Hernández E., C. M. Acosta-Durán, F. Martínez. 2008. Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de petunia (*Petunia grandiflora* Falcon mezcla) en condiciones de invernadero. Investigación Agropecuaria (5)1: 66-74. ISSN: 2007-1353.
- Kampf, A.N., Fermino, M.H. 2000. Sustratos para plantas: a base de produção vegetal em recipientes. Gênese, Porto Alegre: 139-145
- Kämpf, A. N., R. J. Takane, P. T. V. Siqueira. 2006. Floricultura – Técnicas de preparo de sustratos. Brasília: LK, 132p.
- Maya-Vargas, A., C.M. Acosta-Durán, I. Alia-Tejacal, O.G. Villegas-Torres, V. López-Martínez. 2006. Evaluación de sustratos para la producción de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) cv "Sandra" en contenedor, bajo condiciones de invernadero. Investigación Agropecuaria Vol 3: 1-9.
- Ocampo B., D., C. M. Acosta-Durán, F. Romero-Torres e I. Delgado-Escobar. 2006. Evaluación del sulfato de calcio y un biosólido como componentes del sustrato en la producción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) en condiciones de invernadero. Investigación Agropecuaria Vol 3: 33-43.

- Ocampo-Ocampo A., C. M. Acosta-Durán. 2011. Propagación vegetativa de clavo verde (*Phittosporum tobira*) en condiciones de invernadero. Investigación Agropecuaria 8(2): 183-200. ISSN: 2007-1353.
- Pastor-Sáez, J.N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. TERRA Latinoamericana 17(3): 231-235.
- Quesada-Roldán, G., C. Méndez-Soto. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Agronomía Mesoamericana 16(2): 171-183. 2005.
- Verdonck O., P. Demeyer. 2004. The influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. Proc. IS on growing media. Acta Hort 644: 99-101.



En años recientes, la producción de plantas en maceta ha crecido considerablemente y por consecuencia se requiere mayor tecnología. Este libro es la mejor herramienta para la selección de materiales, manejo y preparación de sustratos para que el cultivo de plantas en contenedor sea un éxito

