

MATERIALES REGIONALES UTILIZADOS EN LATINOAMÉRICA PARA LA PREPARACIÓN DE SUSTRATOS

**Carlos Manuel Acosta-Durán^{1§*}, Claudia Susana Gallardo^{2§},
Atelene Normann Kämpf^{3§}, Fred Carvalho Bezerra^{4§}**

¹Laboratorio de producción agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av Universidad 1001, col Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México.

Correo-e: acosta_duran@yahoo.com.mx

²Laboratorio de Sustratos y Mejoradores de Suelos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos, Entre Ríos, Argentina (<http://www.fca.uner.edu.ar>).

³Consultoria Normann Kämpf. Porto Alegre, RS, Brasil. Correo-e: atelene@gmail.com

⁴Embrapa Agroindustria Tropical, C.P. 3761, R. Dra. Sara Mesquita 2270, 60.511 -110, Fortaleza, CE, Brasil.

§Red Latinoamericana para la Investigación en Sustratos y Compostas (ReLISyC)

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el de analizar las posibilidades de usar materiales alternativos para la preparación de sustratos para plantas en contenedor, bajo el criterio de sustentabilidad y respeto por los recursos naturales. Se analizó la situación de México, Argentina y Brasil, en cuanto a los materiales que se usan actualmente en la preparación de sustratos, las propiedades que se requiere de un material para ser incluido como componente de sustrato y en algunos casos la forma de preparación para el aprovechamiento considerando el compostaje de materiales con potencial a futuro. Se concluyó que en Latinoamérica las necesidades de materiales son muy

similares, que existen materiales que son subproductos de procesos agroindustriales y que tienen un gran potencial para ser usados como componentes de sustratos y que tienen un triple beneficio: en primer lugar el del aprovechamiento de materiales que no tienen una disposición final ventajosa y se convierten en problemas de salud pública; en segundo lugar, por su potencial, pueden satisfacer el mercado de sustratos de una creciente agricultura intensiva en contenedor y; en tercer lugar, permiten la sustitución de materiales como la "tierra de monte" o "mantillo" que es de extracción del bosque con los efectos ecológicos negativos que son de todos conocidos.

Palabras Clave: *sustratos, materiales regionales, Latinoamérica.*

Recibido: 12/09/2008; Aceptado: 24/10/2008.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar as possibilidades de usar materiais alternativos para a preparação de substratos para o cultivo de plantas em recipientes com critério de sustentabilidade e respeito para os recursos naturais. Analisa-se a situação no México, Argentina e Brasil, quanto aos materiais que se usam atualmente na preparação de substratos, as propriedades que precisa ter um material para ser considerado como componente de substrato e em alguns casos a forma de preparação para o aproveitamento, considerando o processo de compostagem de materiais com potencial de uso. Conclui-se que na América Latina as necessidades de materiais são muito similares, que existem materiais que são subprodutos de processos agroindustriais e que têm grande potencial como componentes de substratos. Tal uso apresenta triplo benefício: em primeiro lugar, o aproveitamento de materiais sem descarte apropriado e que, por isso, se tornam problemas de saúde pública; em segundo lugar, o potencial de atendimento à crescente demanda do mercado de substratos de uma agricultura intensiva em recipientes e; em terceiro lugar, incentivo à substituição de materiais como “terra de mato” ou “serapieira” que são de extração de bosques com os conhecidos efeitos ecológicos negativos.

Palavras-chaves: *substratos, materiais regionais, América Latina.*

INTRODUCCIÓN

La agricultura actual tiene características que han sido desarrolladas como respuesta a los diferentes sectores de mercado que se pretende aprovechar. Tradicionalmente la agricultura ha sido la base de la disponibilidad de recursos para la alimentación y algunos utensilios de la vida diaria, consiste en la utilización del suelo como sostén de las plantas con fines productivos para generar riqueza, de esta

forma el suelo tiene necesidades de conservación y de recuperación de sus características para la producción. En años recientes se ha desarrollado una actividad que ha crecido considerablemente, la producción de plantas en contenedor para ser utilizadas en áreas diferentes a sus lugares de producción. Estas áreas de utilización de las plantas generalmente se encuentran a muchos kilómetros de la zona de producción. La característica diferencial de este tipo de agricultura es que en el proceso de comercialización se vende también el suelo en el que se produce la planta, por lo que se genera una gran movilización física del recurso lo que implica la necesidad de restituir el suelo en las áreas productoras en cada ciclo de cultivo. El proceso de investigación ha generado la tecnología para la producción forzada de las plantas, es decir, la producción de grandes volúmenes de piezas en el menor tiempo posible por lo que los recursos utilizados requieren una máxima eficiencia. En el caso del suelo la tecnología ha llegado al punto de prescindir del mismo, generando el concepto de “sustrato” que por definición no corresponde a un suelo propiamente dicho, sino más bien, a un soporte que tiene características específicas adecuadas para la producción de cultivos a gran escala y con alta calidad (Acosta-Durán, 2008).

En la agricultura de sustratos se ha probado una gran cantidad de materiales con el fin de lograr eficiencia en la producción y mantener un abasto constante de buena calidad. De esta manera algunos materiales se han ubicado como los principales dentro de una amplia gama de posibilidades. Al inicio del desarrollo de los cultivos en contenedor no se consideró el impacto que en el futuro podría provocar la extracción continua de ciertos materiales sobre todo de aquellos que constituyen un eslabón de las cadenas tróficas en la naturaleza o de aquellos que se extraen de bancos minerales que lógicamente tienen un límite de extracción.

Por principio se ha cuestionado y en algunos casos se ha demostrado el impacto ambiental negativo que produce la extracción de “turbas” de los grandes yacimientos del mundo. Por otro lado la extracción continua de la “Tierra de Monte” provoca un efecto ambiental negativo porque rompe el ciclo de regeneración del bosque aumentando la erosión de suelos andosoles de las zonas boscosas de varios países (Acosta-Durán, 2008).

El desarrollo de los sustratos hortícolas tiene su origen en el cultivo de plantas en contenedor (Burés, 1997); parece que la propia demanda desde el sector productivo es la que ha obligado a desarrollar materiales adecuados que puedan ser utilizados satisfactoriamente en el cultivo de plantas en contenedor. El cultivo de plantas en sustrato presenta diferencias sustanciales respecto del cultivo de plantas en pleno suelo (Abad, 1993). Al cultivar en contenedor las características de éste resultan decisivas en el correcto crecimiento de la planta, ya que se produce una clara interacción entre las características del contenedor (altura, diámetro, etc.) y el manejo del complejo planta-sustrato.

En el caso del cultivo de plantas en contenedor el volumen de sustrato es limitado y de él las plantas absorberán oxígeno, agua y nutrientes. Por otra parte, hay referencias que indican que en el cultivo intensivo de plantas, en el que las temperaturas y los niveles de nutrientes están controlados, aumenta la transpiración de la planta, debido a que el tiempo de apertura de estomas es superior (Abad, 1993); esto obliga a regar frecuentemente para que en todo momento exista agua fácilmente disponible en el sistema radical, lo que sin duda puede ocasionar problemas por falta de aireación. Por lo anterior, es conveniente emplear sustratos con una elevada porosidad. Esta es la causa fundamental de que un suelo agrícola no pueda ser utilizado para el cultivo en contenedor (Acosta-Durán *et al.*, 2003).

Para lograr el éxito de la producción de plantas en sustrato es indispensable buscar el equilibrio entre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los materiales, conjuntamente con las necesidades fisiológicas de las plantas.

Las características físicas están determinadas por el tamaño, la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Algunas de las más destacadas son: densidad real y aparente, la distribución granulométrica, la porosidad y la aireación, la retención de agua, la permeabilidad, la distribución de tamaños de poros y la estabilidad estructural.

Las características químicas están definidas por la composición elemental de los materiales; éstas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo. Entre las características químicas de los sustratos destacan: capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, pH, capacidad tampón, contenido de nutrientes y relación C/N.

Las características biológicas son las propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no son de síntesis, son inestables termodinámicamente y por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos (Burés, 1999). Entre las características biológicas destacan: Contenido, estado y velocidad de descomposición de la materia orgánica.

No existe un sustrato que pueda ser empleado en todos los casos y en todas las especies. Raramente se utilizan para crecimiento definitivo de las plantas sustratos de un solo material, puesto que es difícil que reúna las características físicas y químicas adecuadas para un cultivo. Más difícil es, que un material solo se pueda usar con diferentes propósitos (Burés, 1997; Acosta-Durán *et al.*, 2004b).

En laboratorio se han determinado las características que debe tener un material que constituyera un sustrato ideal. Como en la naturaleza no existe un sustrato ideal ni se ha fabricado con un solo componente, se han ensayado con una serie de mezclas y algunas de ellas se acercan a las características propuestas. Lo anterior nos lleva a concluir que para cada una de las condiciones y finalidades se requiere determinar el sustrato más apropiado empleando los materiales que se tengan disponibles.

MATERIALES UTILIZADOS PARA LA PREPARACIÓN DE SUSTRATOS EN MÉXICO.

En México existe una amplia diversidad de materiales orgánicos e inorgánicos que pueden ser empleados como sustratos en la producción de plantas ornamentales. Los primeros como elementos activos de la nutrición de las plantas y los segundos para aumentar el volumen de las mezclas empleadas. La disponibilidad de estos materiales es relativa, algunos pueden abundar en una región determinada mientras que en otras pueden estar ausentes. La recomendación es usar los sustratos de mayor disponibilidad en cada región, que por lo general son los de más bajo costo. En el cuadro 1 se mencionan varios de ellos sin que se pretenda limitar la lista.

La caracterización de los materiales con potencial y de los cuales hasta ahora no se tiene suficiente información técnica, es necesaria para poder considerarlos como componentes de sustrato en la producción comercial de calidad (Acosta-Duran *et al.*, 2004a). Las referencias técnicas también darán la posibilidad de cuantificar su disponibilidad, su ubicación y su costo real.

La Tierra de Hoja (Mantillo).

En México el material más utilizado es la "tierra de hoja" o "tierra de monte",

seguido de arenas y atocle o lama de río. El atocle consiste en suelo generalmente de tipo limoso que se acumula en vegas o márgenes de ríos y que en ciertas épocas del año está disponible para su extracción.

Por ser un producto de extracción del bosque y por las consecuencias ecológicas negativas que se sabe se generan por el uso no controlado, 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. Extrayendo para esto 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 de banco porque así se llama al área de extracción y al método de extracción que es en forma escalonada o en bancales (Boyas y Reyes, 1997).

La importancia económica y social del recurso en algunas áreas forestales del país es sobresaliente, siendo una importante fuente de ingresos, para sus dueños y poseedores. En volumen de producción la tierra de monte es el producto de mayor producción en el país. Sin embargo, por su valor representa sólo el 4% del ingreso por productos no maderables en el país. Boyas y Reyes (1997) mencionan que en los últimos 15 años, la extracción de

tierra de monte ha pasado de ser una labor complementaria de las actividades agropecuarias a una labor de aprovechamiento de gran importancia económica, sobre todo en la región central del país. Sin embargo, es necesario resaltar su importancia ecológica, ya que el aprovechamiento irracional de este recurso provoca serios problemas al ecosistema,

por la erosión y pérdida de la productividad del suelo en las áreas donde se ubican los terrenos forestales y de aptitud preferentemente forestal. Eso hace necesario identificar los sitios adecuados para la extracción y proveer a la adopción de las medidas que minimicen los daños a las áreas aprovechadas.

Cuadro 1. Materiales con potencial para usarse como sustratos en la producción de plantas en contenedor en México.

Suelos negros (Vertisoles y Feozems)	Paja de trigo, avena y cebada
Arena y grava de río	Paja de sorgo
Arena y grava de mina	Paja de arroz
Arena y grava de tezontle negro	Cascarilla de arroz
Arena y grava de tezontle rojo	Cáscara de cacahuete
Arena de cenizas volcánicas	Composta de champiñones
Grava de piedra triturada	Rastrojo de caña de azúcar
Piedra pómez o tepojal	Bagazo de caña
Arena de playa	Restos de poda de pasto
Arena de dunas	Rastrojo de maíz
Tepetates	Rastrojo de frijol
Suelos arenosos	Otros rastrojos
Zeolita	Basuras orgánicas
Ladrillo y teja molidos	Residuos orgánicos
Tierra lama o suelos de migajón (fluviosoles)	Compostas orgánicas
Tierra de azolve de presas y canales	Lombricompostas
Tierra de monte (Andosoles)	Lodos y fangos tratados
Tierra de hoja de encino	Fibra y polvillo de coco
Tierra de cáscara de oyamel	Fibras naturales (Algodón y Henequén)
Tierra de hoja de bosque mixto	Estropajo
Corteza de árboles	Peat moss o turba
Tierra de hoja de pino	Vermiculita
Aserrín y viruta	Perlita o Agrolita
Resto de poda de árboles	Lana roca
Troncos en descomposición	Poli estireno (Unicel)
Estiércol de ganado Bovino	Espumas sintéticas
Estiércol de granjas de aves	Residuos de fibras sintéticas
Estiércol de ovinos	Escorias de fundición
Estiércol de equinos	Plásticos triturados
Residuos de pulpa y cascarilla de café y otros.
Composta de lirio acuático y tule	

Modificado de: Acosta-Durán, 2008.

MATERIALES UTILIZADOS PARA LA PREPARACIÓN DE SUSTRATOS EN ARGENTINA.

Argentina es una extensa nación, ubicada entre los paralelos 21°47' y 55° 04' de latitud sur y comprende condiciones agro-ecológicas muy diversas. Tal variabilidad de ambientes se asocia a numerosas posibilidades de producción agrícolas. En cuanto a la multiplicación de plantas en contenedores, en el país se destacan:

- Cultivos en bandejas multiceldas de plantines forestales, tabaco, especies hortícolas y ornamentales, dentro de las más importantes.
- Producción de especies ornamentales de exterior y de interior.
- Propagación de frutales de diversas especies (vid, olivo, cítricos, arándano, etc.).

La magnitud de estas empresas, varía desde emprendimientos productivos de subsistencia hasta grandes compañías. Cabe agregar que, para las economías regionales, el cultivo sin suelo de flores de corte y hortalizas no son relevantes.

La situación descrita evidencia la amplitud del tema que aquí se plantea. Por ello, el presente relato solo pretende informar globalmente a cerca de los componentes utilizados en el país para la preparación de medios de cultivo.

Para Argentina, el inicio de trabajos de investigación, desarrollo y capacitación en sustratos para el cultivo de plantas en contenedores es relativamente reciente. Las primeras informaciones sobre materiales utilizados en las formulaciones de medios de crecimiento se conocieron solo 6 años atrás. Alorda (2002), realizó un estudio para identificar y analizar los componentes de sustratos de viveros forestales, localizados en la región litoral del país. Comprobó que

más del 65% de los viveristas adquieren los materiales y preparan sus propios sustratos. Las cortezas de pino, con diferentes grados de descomposición, son las más utilizadas y se demostró que difieren considerablemente en sus propiedades físicas y químicas, y ello podría deberse al nivel de degradación y a la distribución de tamaños de partículas. Además, identificó el empleo de otros materiales como las turbas subtropicales, suelo y en muy poca cantidad turba de musgo Sphagnum. El autor destacó la fertilización de los sustratos mediante la incorporación a las mezclas de pequeñas proporciones de estiércoles de animales ó lombricompostos, definiendo a esta forma de preparación como "una práctica de manejo muy difundida" entre los productores.

Luego, en el año 2004, se dieron a conocer datos sobre aquellos elementos utilizados para el cultivo de plantas ornamentales de la Provincia de Entre Ríos (Gallardo *et al.*, 2004). Mediante un relevamiento de la zona núcleo de producción de esta región, se detectaron varios componentes utilizados en la preparación de medios de cultivo: suelo, arena, turba subtropical, acículas de pino (pinocha), corteza de pino, estiércol de corral (vacuno), cama de caballeriza (estiércol de caballo con cama de viruta de madera blanda) y cáscara de arroz (con diferentes estados de degradación). De ellos, una parte importante provienen de la zona de producción y, de acuerdo a sus origen, prevalecen los compuestos orgánicos y minerales naturales. También se observó el empleo turba de musgo Sphagnum, perlita y vermiculita, pero en muy pocos establecimientos.

Para la propagación de especies acidófilas y plantas cultivadas en macetas colgantes (azaleas, camelias, gardenias, helechos), los viveristas de Concordia, utilizan mezclas de turba subtropical, acículas de pino (pinocha), corteza de pino con diferentes estados de compostaje y estiércoles o camas de animales. En los

cultivos de plantines florales de estación, trepadoras, arbustos de exterior, palmeras y árboles, formulan sustratos con cuatro elementos básicos: suelo, turba subtropical, pinocha y corteza de pino.

Durante los últimos años, la corteza de pino pasó a ocupar un lugar preponderante en la composición de los sustratos ornamentales de Entre Ríos (datos no publicados) (Gallardo, 2008). Pero el avance del cultivo de arándanos compite fuertemente por este recurso, lo que genera escasez y preocupación en el sector por ser un ingrediente muy valorado por sus cualidades.

En el año 2007, se difundieron estudios sobre los componentes de sustratos utilizado en la Provincia de Salta, destinados a la multiplicación de plantas ornamentales (Valenzuela y Gallardo, 2007). Allí el elemento más importante, y en muchos casos único componente de sustratos, es el mantillo de monte. Es un recurso natural y se extrae de parte superficial de suelo cubierto por bosques. Está formado por restos que caen de la vegetación (hojas, frutos, semillas, tallos), otros organismos vivos como hongos e insectos y suelo. Se caracteriza por la gran variabilidad en sus propiedades y puede contener importantes cantidades de suelo. Se lo utiliza en contenedores de tamaños pequeños (250 cm³) y en recipientes de mayor capacidad (hasta 50 l ó más). Además, este producto es muy demandado en toda la región Noroeste, Centro y Centro Norte del País (datos no publicados) (Gallardo, 2008).

Por último, un trabajo llevado a cabo en el año 2007 en el Área Metropolitana de Buenos Aires, permitió identificar y caracterizar los medios que se utilizan para la siembra de plantines florales en bandejas multiceldas. La investigación puso de manifiesto que en estos sistemas productivos se emplea el mayor nivel tecnológico para la selección y manejo de los sustratos. En general, las empresas

adquieren los insumos en reconocidas empresas dedicadas al rubro. La turba de musgo *Sphagnum* y la perlita ocupan el primer término entre los componentes empleados en las preparaciones, en tercer lugar se ubica la fibra de coco (material importado). En general, las propiedades físicas y químicas se encuentran dentro de los valores de referencia definidos como adecuados, por lo cual vale calificarlos como apropiados para la siembra de especies florales (Gallardo *et al.*, 2007). Dado que estas empresas también cultivan plantines hortícolas, se podría hacer extensiva la conclusión para este grupo de especies.

El costo elevado que insume el transporte de la turba de musgo desde Tierra del Fuego (Argentina) hacia los centros de producción de plantines, encarecen sensiblemente este material. En respuesta a esta limitante, algunos viveros están dedicados a la búsqueda de otros elementos que la sustituyan parcial o totalmente. Es así que se han experimentado con carbón de bagazo de caña, carbón de cáscara de arroz, lombricompostos, entre otros (Informantes calificados). Los resultados alcanzados quedan en el ámbito de la empresa que los generó (Gallardo, 2008).

Hasta el momento, no se dispone de información oficial sobre los componentes de sustratos utilizados en las restantes regiones productivas del país. No obstante ello, las observaciones y entrevistas a productores, realizadas durante visitas técnicas en diferentes puntos del país, permiten opinar que el suelo mineral y los mantillos de monte son los materiales más difundidos en Argentina. Ambos recursos se están tornando cada vez más escasos, con costos crecientes y regular calidad. Además, algunas regiones de la Nación ya poseen restricciones legales para su extracción, transporte y comercialización.

Perspectivas para el futuro.

Se visualiza la necesidad urgente de reemplazar al suelo y al mantillo de monte por materiales de uso sostenible. Desde el punto de vista de los productores, por la dificultad creciente para obtener tandas de buena calidad, de bajo costo y con continuidad. Desde el punto de vista ambiental, por ser recursos naturales. Y, desde el punto de vista de calidad como sustrato, por la marcada variabilidad de sus características físicas y química y por la potencial carga de patógenos, órganos de propagación de malezas e insectos (Gallardo, 2008).

En Argentina abundan residuos generados de la producción agrícola, ganadera, agroindustria, desechos urbanos, limpieza de espacios verdes, entre otros. Están allí para ser estudiados como potenciales componentes de medios de crecimiento de cultivos sin suelo. La generación y transferencia de conocimientos son condiciones ineludibles para que se desarrollen estrategias que permitirían avanzar en la sustitución de los recursos naturales no renovables en la formulación de sustratos. La investigación y desarrollo de tecnologías apropiadas para el uso y manejo de los sustratos es joven aún en este país, no obstante ello cuenta con recursos humanos formados para abordar los nuevos estudios. Corresponde a los sistemas de extensión de las diferentes entidades de investigación, relacionar a los productores y fabricantes de sustratos con sus investigadores para iniciar la búsqueda de soluciones problema. Las actividades de capacitación y asistencia técnica contribuirían a promover un cambio de actitud de los productores, asumiendo la tarea de intensificar los esfuerzos hacia la búsqueda de alternativas viables para reemplazar estos materiales. De este modo, como resultado de la interacción solidaria entre eslabones de la cadena de cultivos en sustratos, se podrían generar cambios en pocos años.

MATERIALES UTILIZADOS PARA LA PREPARACIÓN DE SUSTRATOS EN BRASIL

La producción de plantas y plántulas en contenedores tales como charolas, macetas y bolsa de plástico, entre otros, requieren la utilización de sustratos agrícolas que no utilizan el suelo como componente, ya que sus propiedades físicas y químicas no son adecuadas.

Se están realizando un gran número de investigaciones con el objetivo de obtener un sustrato ideal para la producción de plantas. Los criterios genéricos son relativamente simples: elaborar una mezcla con buena aireación, una alta retención de humedad de modo que las plantas no se sequen con mucha rapidez, que pueda ser utilizada en contenedores de diferentes tamaños, que contenga todos los nutrientes necesarios y que se adapte a una gran variedad de especies (Vilar, 2008).

Obviamente ningún material por si mismo puede satisfacer todos esos requerimientos simultáneamente, de modo que generalmente se mezclan dos o mas materiales para la elaboración de sustratos próximos al ideal.

Esos sustratos son utilizados en grandes volúmenes en la producción de plantas a gran escala, lo que frecuentemente hace que el costo unitario en un factor limitante en la elección de los ingredientes para la mezcla. Una variedad muy grande de materiales esta siendo utilizada en la elaboración de sustratos agrícolas tales como suelo, arena, estiércol de bovinos, cama de aves, cáscara de arroz, corteza de coníferas, compostas orgánicas, vermiculita, perlita, lana de roca, polvo de coco además de varios otros componentes orgánicos y minerales (Vilar, 2008).

Según Vilar (2008) algunas de las características de un componente de sustrato ideal son:

- Económico. Competitivo con otros productos en el mercado.
- Proporcionar un crecimiento consistentemente regular para las plantas.
- Disponibilidad asegurada durante todo el año.
- Uniformidad y consistencia de sus características de lote a lote.
- Disponibilidad adecuada de nutrientes.
- Buena capacidad de retención de agua y aire simultáneamente.
- Baja densidad para bajar los costos del transporte.
- Libre de elementos fitotóxicos.
- Libre de contaminantes, semillas de malezas, plagas, enfermedades y materiales indeseables.
- Que su inclusión en la formulación de un sustrato resulte en una mezcla adecuada.

En el extremo sur del país crece la demanda de sustratos para plántulas, principalmente para la producción de tabaco, importante consumidora de este insumo. El mercado aumenta también en otros segmentos tales como en las áreas de plantas forestales (pino, eucalipto y acacia negra) hortalizas, cítricos y ornamentales. En el presente trabajo son enlistados algunos de los componentes usados en la composición de sustratos y mejoradores de suelo en Rio Grande do Sul (RS) y en Santa Catarina (SC), usados principalmente para la producción de plántulas de plantas ornamentales. Los parámetros considerados en este estudio incluyen aquellos exigidos en la etiqueta de los productos, conforme MAPA IN 14 del 15/12/2004 y en IN 17 del 21/05/2007.

El conocimiento de la calidad de los materiales y sus mezclas es una herramienta fundamental para que los usuarios de sustratos reduzcan el riesgo y mejoren la productividad del cultivo en contenedores. Tal conocimiento esta basado en el análisis y la interpretación de sus propiedades.

Se puede describir un material a través de innumerables propiedades físicas, químicas y biológicas (Kämpf, 2008).

Mientras que algunas de ellas son suficientes para ofrecer ayuda fundamental para la indicación de la calidad y sugerencias del uso y limitaciones de los materiales. Las propiedades consideradas indispensables en la caracterización básica de un material o de una mezcla pueden ser resumidas como:

Densidad de Volumen (masa volumétrica); Porosidad; Espacio de aireación; Capacidad de retención de agua; pH y salinidad (CE).

Con base en las características citadas arriba, fueron mostrados componentes en uso para la elaboración de sustratos en la región de Joinville y sus alrededores. Tierra roja de la superficie, turbas de diferentes tipos, cáscara de arroz natural, quemada y carbonizada, coco verde desfibrado, cáscara de pino semi composteada, cenizas de madera, estiércol de pollo y otras mezclas específicas. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de sustratos de la Fundação Gaúcha de Pesquisa Agropecuária en Porto Alegre RS (FEPAGRO) conforme a los métodos de rutina. En una caracterización de la economía hídrica de los materiales, se determinaron los valores de agua disponible (AD) y agua remanente o residual (A rem). La suma de estos dos valores corresponde a la capacidad de retención de agua o CRA 10, como esta referido en IN 17 de MAPA en RS, ente los materiales y las mezclas usadas en la composición de sustratos o mejoradores de suelos destacan las cáscaras vegetales (cáscara de arroz, de acacia negra) y los residuos agroindustriales (aserrín de diversas maderas, aserrín de cuero, residuos de uva). La composta formada a partir de residuos domiciliarios urbanos de Porto Alegre fue probada y aprobada durante la década de los 90's, sin embargo, por diversos motivos, el producto dejo de ser procesado regularmente.

La distribución de los poros en el residuo de uva (racimo de uvas + semillas, sin los granos) presenta similitud con la vermiculita, pero con densidad mas alta (Kämpf, 2008).

Considerando el volumen anual disponible (80 mil toneladas por año en la región de la Sierra Gaucha, Fronza, 2003), el residuo de la uva se presenta como un material prometedor. La turba sigue siendo el principal componente para bajar el pH de las mezclas, teniendo en cuenta que los demás componentes generalmente presentan valores de pH por arriba de lo recomendado en sustratos orgánicos, que sería alrededor de 5.5 (en agua). El aserrín de cuero, ya en uso por algunos productores, se presenta con potencial para reducir la densidad y la alcalinidad de las mezclas, por tener un pH bajo (3.7). Sin embargo presenta alta salinidad, principalmente por la presencia de cromo y de sodio incorporados durante el proceso industrial, lo que impide su uso irrestricto e inmediato. La cáscara de acacia negra, proveniente de la industria local de extracción de taninos de *Acacia mearnsii*, viene siendo usada hace mas de una década, especialmente en la producción de árboles frutales y plantas ornamentales para jardín. De forma similar se ha observado en Santa Catarina, las muestras de cama de aviarlo de RS presentan buenas características físicas; sin embargo, su uso esta limitado por la alta salinidad presente, explicada por la adición de clorato de sodio en la ración comercial (Kämpf, 2008).

En la página del Laboratório de Biotecnología de la UFRGS (<http://www6.ufrgs.br/agronomia/disciplina/sustrato/produtos.htm>) se encuentran los datos de los análisis de otros materiales, como fibra de coco, ceniza volcánica, perlita de argentina y un sustrato para orquídeas a base de fibras de piaçava (una palmera nativa), musgo Sphagnum y uncel, usado en los alrededores de Porto Alegre.

En relación a los residuos para la preparación de sustratos, en la región sur del estado de Bahía se destacan tres con potencial para su uso. Dos son originados por la cadena productiva de cacao y representados por la cáscara de cacao de los frutos después de la quiebra y por el tegumento de la almendra de cacao que es generado en la industria molinera de la almendra. El tercero es el aserrín de madera que se encuentra en grandes cantidades por toda la región.

Cáscara del fruto del cacaotero.

La cáscara del fruto del cacaotero es un residuo generado en grandes cantidades. Para producir una tonelada de almendras secas de cacao se generan aproximadamente 6 toneladas de cáscara fresca con 90 % de humedad. En el proceso de compostaje para uso como sustrato la cáscara es inicialmente picada en pedazos rectangulares de 1.5 a 2.5 cm de ancho y enseguida colocadas en camas de 15 cm de altura humedeciéndose vigorosamente. La composta se remueve cada 20 días y el composteo es considerado listo después de 150 días (Andrade, 2008).

Debido a la presencia de nutrientes, carbohidratos solubles y microorganismos asociados al fruto de cacao no ha sido necesario usar aditivos o un aporte extra de nitrógeno en la preparación de la composta. Se destaca que durante el composteo de la cáscara ocurre una liberación de un extracto de aspecto vítreo, oscuro e inodoro. En un estudio que buscaba la viabilidad del uso de ese extracto como fertilizante orgánico se encontró que la cantidad de potasio representó el 73 % del total de nutrientes de la fracción mineral, siendo once veces superior que el calcio (Andrade, 2008).

En otro trabajo se comprobó que el uso de la composta de cáscara de cacao, aserrín y suelo mineral mezclados en proporción volumétrica 1:1:1 promovió el incremento del diámetro, la altura, la materia seca de la parte aérea y de las

raíces y el área foliar de plántulas de cacao producidas por estaca (Andrade, 2008).

El tegumento de la almendra del cacao.

El tegumento de la almendra del cacao (TAC) es un subproducto de la industria molinera del cacao y corresponde a la testa de la semilla que se retira en el proceso industrial para la obtención de cocoa (materia prima del chocolate). Una tonelada de almendra con 7 % de humedad puede generar de 80 a 120 kg de TAC después del proceso (Andrade, 2008).

En el estado de Bahía, donde están instaladas cinco industrias molineras, se generan aproximadamente 10 000 ton de TAC por año. Ese residuo se desecha de la industria y se usa para quemar en calderas. Para su uso como sustrato es necesario compostearlo previamente, porque la composición del TAC se encuentra aproximadamente 2.5 % de grasa total y si se usa sin compostear ocurrirá fermentación y elevación de la temperatura en los contenedores de crecimiento de las plantas. En la preparación de composta el TAC es inicialmente pasado en coladera de 6 mm, enseguida es humedecido en capas de 10 cm y colocado en pilas de 2 a 5 m de largo, 1.5 a 2.0 m de ancho y 1,5 m de altura. La hidratación de TAC debe ser realizada lentamente debido al alto grado de repelencia del agua resultado de la presencia de grasas. En el proceso de composteo las pilas se revuelven cada 10 días en las primeras cuatro semanas y una vez cada 15 días en la fase final. Durante el composteo es necesario realizar monitoreo semanal de la temperatura y la humedad deberá ser mantenida cercana al 60 %, muestrándose las pilas quincenalmente. La estabilización final de la composta ocurre después de 16 a 18 semanas y el producto final ha sido denominado composta de tegumento de almendra de cacao (CTAC) (Andrade, 2008).

Trabajos sobre la producción de CTAC comprobaron una intensa actividad

microbiana y elevación de los niveles de CO₂ y de la temperatura que puede alcanzar 65 °C durante las primeras 8 semanas de composteo. En un estudio sobre las características químicas de sustratos usados en la producción de plántulas de cacao, se comprobó que el CTAC liberó grandes cantidades de potasio en solución acuosa y que el contenido de potasio correlacionó positivamente con el aumento de la conductividad eléctrica (CE) de la solución lixiviada. Esta verificación impidió el uso de ese sustrato en forma pura y el trabajo sugiere usarlo en una proporción máxima del 30 % (Andrade, 2008).

Aserrín de madera.

El aserrín de madera esta constituido básicamente de subproductos de aserraderos. En la región sur del estado de Bahía, el aserrín se encuentra en aserraderos activos o en los abandonados, expuesto al tiempo y sin utilidad inmediata. El material se encuentra con partículas de diferentes tamaños, en coloraciones que van del rojo al marrón y con diferentes grados de descomposición. Las cualidades del aserrín para uso como sustrato dependen de la especie maderable procesada, del tiempo y las condiciones de almacenamiento. Otro elemento importante es el contenido de taninos presente que puede reducir el crecimiento de las raíces. Dependiendo del tiempo de almacenamiento, un aserrín puede ser usado sin la necesidad de realizar el composteo. Sin embargo, se debe recordar que el aserrín envejecido y naturalmente composteado puede presentar fermentación ácida y perjudicar el crecimiento de las plantas.

El aserrín puro, usado como sustrato, puede presentar problemas de exceso de humedad, siendo recomendado que se haga mezcla con materiales más gruesos antes del cultivo de las plantas. Se sabe también que el uso de aserrín de granulometría muy fina como sustrato

puede reducir el nivel de oxígeno disponible de las plantas y desencadenar procesos anaeróbicos de fermentación que generan ácidos orgánicos. Las características químicas del aserrín varían según la especie de madera, pero en general el contenido de nutrientes encontrado en los aserrines de la región sur de Bahía es bajo y el pH varía entre 4.0 para aserrín de madera recién procesada y de 6.0 para las más envejecidas. En cuanto a la presencia de sales solubles el aserrín es considerado como sustrato de baja salinidad. En trabajos con medición de CE en soluciones lixiviadas de aserrines se comprobó que los valores estuvieron siempre por debajo de 0.6 dSm^{-1} (Andrade, 2008).

En un trabajo en el que se evaluaron aserrines provenientes de árboles de la selva atlántica se observó que las características variaban según el lugar de la colecta. En ese contexto los resultados obtenidos para las características físicas y la capacidad de retención de agua de el aserrín del municipio de Hamacán (SC) fueron significativamente diferentes de aquellos del municipio de Una (SU). Otro trabajo concluyó que un sustrato preparado con aserrín SU, en las proporciones de aserrín: arena 4:1 y 2:1, incrementó el crecimiento en diámetro y altura de esquejes de plantas de cacao (Andrade, 2008).

Uno de los factores responsables para el éxito de la producción de flores y plantas en general es la utilización de plántulas de calidad, en ese contexto un sustrato desempeña un papel fundamental. En el nordeste brasileño se encuentran varios residuos orgánicos en abundancia con potencial para ser re utilizados en la composición de sustratos, como el bagazo de caña de azúcar, polvo de coco verde, restos de frutas, legumbres y verduras inapropiados para consumo encontrados en empresas de venta de mayoreo de productos hortícolas, basura domiciliar y estiércoles diversos, entre otros. Los residuos ya son utilizados en la preparación

de sustratos agrícolas en mezclas con otros materiales (Backes & Kämpf, 1991). El tamaño del contenedor es también un factor de gran importancia para la producción de plántulas, porque el volumen de sustrato en el contenedor ejerce una marcada influencia en el crecimiento de las raíces y de la parte aérea de la planta (De Freitas *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Actualmente, en Latinoamérica se aprovechan materiales regionales para la preparación de sustratos aunque sin un conocimiento preciso de las propiedades físicas y químicas de los mismos, y se están desarrollando trabajos de investigación que en un futuro facilitaran el aprovechamiento de materiales alternativos.

En México como en otros países de Latinoamérica, en el caso de la tierra de hoja (mantillo) se observa que la tendencia es a la reducción drástica de la disponibilidad debido a que en los últimos años, la reducción del área de bosque ha sido muy rápida por lo que la legislación tiende a limitar la extracción de la tierra de monte de manera importante. En México es urgente desarrollar tecnología basada en otro tipo de materiales para reducir e incluso eliminar el uso de tierra de hoja en la producción comercial de plantas en contenedor.

En Latinoamérica se requiere más investigación para estabilizar las propiedades de materiales de desecho como las basuras de jardín, los estiércoles y las basuras orgánicas, que en cierto momento se han convertido en problemas para su desecho y que tienen potencial para ser aprovechados en la producción de plantas en contenedor.

En Latinoamérica existe diversidad de materiales regionales provenientes de desechos de procesos agroindustriales que tienen excelentes propiedades y que como son subproductos de una agroindustria, se

espera que se mantenga su abasto de manera permanente, además no tienen efectos ecológicos negativos y reducen la dependencia de los materiales que son de importación. Estos materiales usados como componentes de sustratos tienen un triple beneficio: en primer lugar el del aprovechamiento de materiales que no tienen una disposición final ventajosa y se convierten en problemas de salud pública; en segundo lugar, por su potencial pueden satisfacer el mercado de sustratos de una creciente agricultura intensiva en contenedor y; en tercer lugar, permiten la sustitución de materiales como la tierra de monte o mantillo que es de extracción del bosque con los efectos ecológicos negativos que son de todos conocidos.

LITERATURA CITADA

- Abad, M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. pp. 47-62. In: Cultivos sin suelo. F. Cánovas y J.R. Díaz. (ed.). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA.
- Acosta-Durán, C. M. 2008. Los recursos naturales como materia prima para la preparación de sustratos. pp. 48-60. En: Oliver-Guadarrama, R., Taboada-Salgado, M., Granjeno-Colín, A.E. (Compiladores). 2008. Manejo Integrado de Recursos Bióticos. AGT Editor S.A. México. 216 pp.
- Acosta-Durán C.M., Acosta-Peñaloza D., Cazares P.,M, y Martínez V., I.M. 2003. Retención de humedad de materiales para la preparación de sustratos en la producción de plantas en contenedor. En: Acosta-Durán, C.M. y López-Martínez, V. (EDs). Investigación Agropecuaria 1: 18-22
- Acosta-Durán C.M., López-Martínez V. y Alia-Tejacal I. 2004a. Caracterización de materiales para sustrato de plantas en contenedor. Libro de resúmenes de las VII jornadas del grupo de sustratos de la SECH. Madrid, España. p. 40.
- Acosta-Durán C.M., López-Martínez V., Alia-Tejacal I., Acosta-Peñaloza D. y Oliver G., O. 2004b. Evaluación de mejoradores de suelo para producción de plantas ornamentales en contenedor. Memorias del XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo (CD-ROM). 26 de septiembre al 1 de octubre de 2004, Cartagena de Indias, Colombia.
- Alorda, M. 2002. Estudio de los sustratos utilizados en la producción de plantines forestales en el nordeste de Entre Ríos. Trabajo Final de Graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER.
- Andrade S., G. 2008. Resíduos regionais usados como sustratos na região sul da Bahia. Anais do VI Encontro Nacional sobre Sustratos para Plantas (ENSub). Materiais regionais como substrato. 9 a 12 de setembro de 2008, Fortaleza, CE.
- Backes, M.A.; Kämpf, A. N. Sustratos à base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. v.26, n.5. p. 753 – 758. 1991.
- 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. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España
- 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.
- De Freitas S., H.H., F. Carvalho B., R. N. de Assis J., D. Barbosa A., F. Vasconcellos M. F. 2008. Produção de mudas de zinia em sustratos à base de resíduos orgânicos em

diferentes tamanhos de recipientes. Anais do VI Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas (ENSub). Materiais regionais como substrato. 9 a 12 de setembro de 2008, Fortaleza, CE.

Fronza, E. 2003. Alternativas para reutilização de resíduos de uvas (*Vitis labrusca* L.) cv Isabel. Trabalho de conclusão do Curso de Ciências/Biologia, UCS, Bento Gonçalves. 41p.

Gallardo, C.; Valenzuela, O.; Mancuso, W. y M. del C. Gallardo. 2004. Usos y manejo de sustratos en viveros de plantas ornamentales del departamento Concordia, provincia de Entre Ríos. En: II Congreso Nacional de Floricultura y Plantas Ornamentales, VI Jornadas Nacionales de Floricultura y I Encuentro Latinoamericano de Floricultura. 1ª ed. Buenos Aires: INTA. Pag.: 206 – 208.

Gallardo, C.; González, J.; Balcaza, L.; Fernández, H.; Mizuno, M.; Fernández, R.; Barbaro, L.; Karlanian, M.; Morisigue, D.; Valenzuela, O.; Martínez, L. y C. del Pardo. 2007. Calidad de los sustratos de siembra empleados en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) para el cultivo de especies ornamentales en bandejas multiceldas. En: XXX Congreso Argentino de Horticultura. 1er. Simposio Internacional de Cultivos Protegidos. ASAH O. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Gallardo, C.S. 2008. Actualidad y futuro de los materiales utilizados para la formulación de sustratos en Argentina. Anais do VI Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas (ENSub). Materiais regionais como substrato. 9 a 12 de setembro de 2008, Fortaleza, CE.

Kämpf, A.N. 2008. Materiais regionais como componentes de substrato para plantas. Anais do VI Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas (ENSub). Materiais regionais como substrato. 9 a 12 de setembro de 2008, Fortaleza, CE.

Valenzuela, O.; Alorda, M.; García, M.; Gallardo, C. y D. Díaz. 2002. Sustratos para la Producción de Plantas Forestales en Vivero. En: XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Valenzuela, O. y C. Gallardo. 2007. Resultado del estudio de los sustratos y del agua de riego utilizados en los viveros de plantas ornamentales del Valle de Lerma, Provincia de Salta. Conferencia. 9ª Jornadas Nacionales de Floricultura. Salta Capital, Salta, Argentina.

Villar J. 2008. Seleção de materiais locais como componentes de sustratos agrícolas. Anais do VI Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas (ENSub). Materiais regionais como substrato. 9 a 12 de setembro de 2008, Fortaleza, CE.