

SUSTRATOS PARA PRODUCCIÓN DE FLORES

SUBSTRATES FOR GROWING FLOWERS

Salomé Gayosso-Rodríguez¹, Lizette Borges-Gómez¹, Eduardo Villanueva-Couoh¹,
M. Antonio Estrada -Botello², René Garruña-Hernández¹

¹Instituto Tecnológico de Conkal, km 16.3, antigua carretera Mérida-Motul. 9345. (lizette_borges@hotmail.com). ²División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Km 25, carretera Villahermosa-Teapa.

RESUMEN

La actividad ornamental es un sector importante en la economía de México. La producción de flores en contenedor depende en parte del sustrato usado para su cultivo. Las características físicas, químicas y biológicas del sustrato, el sistema de producción, el manejo del cultivo y tipo de contenedor deben ser apropiadas para cada especie. En México es común usar tierra de monte para producir plantas de ornato, la extracción de este sustrato causa erosión en los sitios de donde se obtiene. También se usan tezontle, tepojal, perlita, turbas, fibra de coco y vermiculita. La demanda de sustratos genera investigaciones cuyos objetivos son caracterizarlos física y químicamente para evaluar su uso potencial y conocer la respuesta de las plantas a las mezclas de estos materiales. El objetivo de este ensayo fue conocer la información relacionada con el uso de sustratos y sus características en la producción de plantas de ornato en México.

Palabras clave: Producción de plantas sin suelo, producción en contenedor, ornamentales.

INTRODUCCIÓN

La floricultura es una práctica ancestral que ha desarrollado sistemas diferentes de producción. La producción comercial de flores data de las décadas de 1940 y 1950, cuando exiliados de Japón y Alemania iniciaron en México la producción de flores de corte, como crisantemo y clavel (Zamudio, 2008)³. En México, la producción de flores data de tiempos prehispánicos, con los jardines flotantes

³Zamudio G, B. 2008. Avances de la nutrición de ornamentales en México. *In: XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo*. Quito Ecuador. pp: 1-22.

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: octubre, 2015. Aprobado: febrero, 2016.

Publicado como ENSAYO en *Agrociencia* 50: 617-631. 2016.

ABSTRACT

The ornamental activity is an important sector for the Mexican economy. The production of flowers in containers depends partly on the substrate used for its planting. The physical, chemical, and biological characteristics of the substrate, the production system, the crop management, and the type of container must be appropriate for each species. In Mexico, it is common to use soil from hillsides to produce ornamental plants, and the extraction of this substrate causes erosion in the sites from which it is obtained. Tezontle, tepojal, perlite, peat, coir, and vermiculite, are also used. The demand for substrates generates investigations that aim at the physical and chemical characterizations in order to evaluate their potential and know the responses of plants to the mixtures of these materials. The aim of this essay was to know the information related to the use of substrates and their characteristics in the production of ornamental plants in Mexico.

Key words: Production of plants without soil, production in containers, ornamental.

INTRODUCTION

Flower farming is an ancient practice that, has developed different production systems. The commercial production of flowers dates back to the 1940's and 1950, when exiles from Japan and Germany began producing cut flowers such as the chrysanthemums and carnations (Zamudio, 2008)³. In Mexico, the production of flowers dates back to

en chinampas, los jardines de Netzahualcōyotl y el cultivo de la nochebuena (cuetlaxochitl) por los aztecas (Quintero *et al.*, 2011). El hombre busca integrar la naturaleza al entorno urbano a través de la arquitectura del paisaje y cultivo de plantas sin suelo (Urrestarazu y Burés, 2009).

La diversidad de climas en el mundo, permite el desarrollo de una variedad de plantas de ornato y disponibilidad durante todo el año. La evolución de los sistemas de producción ofrece alternativas en ambiente natural y protegido, como invernaderos, casas sombra, macrotúneles y microtúneles. Los sectores más intensivos de la agricultura ornamental impulsaron la producción de flores en contenedores y materiales diversos, conocidos como sustratos, y desplazaron la producción tradicional del cultivo en suelo. Un sustrato es el material sólido natural, de síntesis o residual, orgánico o mineral, puro o mezclado que en un contenedor permite el anclaje del sistema radical, da soporte a la planta e interviene o no en su nutrición. Los sustratos se clasifican en inertes, si sólo proporcionan soporte a la planta, y activos, si proporcionan además nutrimentos (Pastor, 2000; Abad *et al.*, 2005). Los estudios de sustratos señalaban que la obtención de plantas y flores con calidad alta dependía en gran parte de las características físicas y químicas del sustrato (Ansorena, 1994; Cabrera, 1999). Ahora, estas propiedades se consideran las más importantes para la producción de cualquier cultivo producido sin suelo (Urrestarazu, 2015). Los sustratos más usados en la producción de flores en México se importan de otros países, por lo cual los costos de inversión son altos, y algunos pueden no estar disponibles en cierto momento (Abad *et al.*, 2004).

México ocupa cerca de 500 000 m³ de sustrato para la producción de plantas ornamentales en contenedor, para lo cual se usa tierra de monte como sustrato principal (García *et al.*, 2001). La extracción irracional de este recurso causa movilización física costosa, erosión y pérdida de la productividad del suelo en áreas donde se ubican terrenos forestales (Acosta *et al.*, 2008). Los costos elevados de los sustratos, la preocupación creciente por el deterioro de los ecosistemas y la sobreexplotación de los recursos naturales propician la búsqueda constante de sustratos alternativos, que cumplan con las funciones de sostén y de nutrición, y que sean materiales disponibles, económicos y no dañen el ambiente.

prehispanic times, with floating gardens in *chinampas*, Netzahualcōyotl's Gardens, and the plantation of poinsettia (cuetlaxochitl) by the Aztecs (Quintero *et al.*, 2011). Humans seek an integration of nature with the urban landscape through landscape architecture and planting without the use of soil (Urrestarazu and Burés, 2009).

The diversity of climates in the world helps develop a variety of ornamental plants, and their availability year round. The evolution of production systems offers alternatives in natural and protected environments, such as greenhouses, arbors, macrotunnels, and microtunnels. The most intensive sectors of ornamental agriculture favoured the production of flowers in containers and diverse materials, known as substrates, and displaced the traditional production of the crop in soil. A substrate is the natural solid material, from synthesis or residual, organic or mineral, pure or mixed, that helps anchor the root system in a container, giving the plant support, and participating or not in its nutrition. Substrates are classified in inert only if they provide the plant with support, and active if they also provide nutrients (Pastor, 2000; Abad *et al.*, 2005). Studies on substrates pointed out that obtaining high-quality plants and flowers depended largely on the physical and chemical characteristics of the substrate (Ansorena, 1994; Cabrera, 1999). These properties are considered the most important for the production of any crop produced without soil (Urrestarazu, 2015). The substrates most commonly used in the production of flowers in Mexico are imported from other countries; therefore, the costs of investment are high, and some may not be available at any given time (Abad *et al.*, 2004).

Mexico uses about 500 000 m³ of substrate for the production of ornamental plants in containers, and for this purpose, the main substrate used is soil from hillsides (García *et al.*, 2001). The irrational extraction of this resource causes costly physical mobilization, erosion, and a loss of soil productivity in areas where forest grounds are located (Acosta *et al.*, 2008). The high costs of the substrates, the increasing concern for the deterioration of ecosystems, and the overexploitation of natural resources lead to a constant search for alternative substrates that may fulfill the functions of both support and nourishment, and which may also be available and inexpensive materials that do not harm the environment.

El objetivo de este ensayo fue identificar las características físicas y químicas que deben cumplir los sustratos y materiales alternativos para la producción de plantas de flor en contenedor.

Producción de flores en contenedor

Ansorena (1994) indicó que el término contenedor aplica a cualquier tipo de recipiente que aloja un sustrato y en el cual se desarrolle una planta. En la horticultura ornamental el contenedor puede usarse para producir: 1) flor de corte, como: agapando, gladiola, liliium, nardo, ave del paraíso, rosa, girasol, *Lissianthus*, alcatraz y estaticé; 2) follajes, como: *Ficus*, helechos, araucarias, teléfonos, hiedras, coleos, cedros, *Cissus* y *Phylodendrum*; 3) planta en maceta con flores, como: impatiens, petunias, kalanchoes, nochebuenas, anturios, crisantemos (*Chrysanthemum morifolium* Ramat), zempasúchil, pensamientos, begonias, vincas, alcatraz, *Spathiphyllum*, *Lilium*, bromelias, orquídeas, hortensias, *Gerberas* y *Cyclamen*. La superficie cultivada en contenedor es variable y en 2004 para la producción en contenedor de flor de corte y maceta se uso: Europa 54 104 ha, África 5 697, Asia 224 418 ha y América 45 980 ha; en México, 21 129 ha para el cultivo de flor de corte y maceta (SAGARPA, 2006). Pero, México en 2009 ocupó el cuarto lugar por superficie cultivada de ornamentales (23 417 ha) en el mundo, de las que 75 % se cultivaron en áreas abiertas e incluyeron gladiola, clavel, girasol y nube; el otro 25 % se cultivó en invernaderos y viveros, para producir rosas, gerberas y plantas en maceta (SAGARPA, 2011). El Estado de México contribuye 60 % del valor de la producción total; y el resto lo aportan Puebla, Morelos, Distrito Federal, Baja California, Chiapas, Jalisco, Colima, Veracruz, Yucatán, Michoacán y Guerrero (SAGARPA, 2013).

México tiene un valor de consumo interno mayor a 1000 millones de dólares anuales en flor de corte y follaje; en ocasiones, se exportan anualmente ornamentales con un valor de 30 millones de dólares. El 95 % de la producción se vende en el país, y 3 a 7 % de la producción se exporta. México también exporta bulbos de tulipán y de gladiola, orquídeas, rosas, claveles, crisantemos, *Gypsophilia*, staticé, gerbera, margarita, anturio, ave de paraíso, follajes y hojas. Del total se exporta 90 % a EE.UU. y 10 % Canadá, Holanda, Bélgica, Alemania, Ucrania, Sudáfrica (SAGARPA, 2009). Además, México importó

The aim of this essay was to identify the physical and chemical characteristics in that substrates for the production of flowering plants in containers.

Production of flowers in containers

Ansorena (1994) indicated that the term container applies to any type of vessel that can contain a substrate, and in which a plant may develop. In ornamental flowers farming, containers can be used to produce: 1) flowers for cutting, such as agapanthus, gladiolus, liliium (azucenas), nardo (*Polianthes tuberosa*), bird of paradise, roses, sunflowers, *Lissianthus*, calla lily, estaticé (*Limonium sinuatum*); 2) foliages, such as *Ficus*, ferns, araucarias, teléfonos (*Epipremnum aureum*), hydras (spp), coleos (*Coleus blumei*), cedars, *Cissus*, *Phylodendrum*; 3) plants with flowers in pots, such as impatiens, petunias, kalanchoes, poinsettias, anturios (*Anthurium scherzerianum*), chrysanthemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat), zempasúchil (*Tagetes erecta*), viola tricolor, begonias, vincas (*Catharanthus roseus*), calla lily, *Spathiphyllum*, *Lilium*, bromelias, orchids, hortensias, *Gerberas*, *Cyclamen*. The surface planted in containers is variable and in 2004 for the production of flowers for cutting in containers and pots: Europe 54 104 ha, Africa 5697 ha; Asia 224 418 ha, and America 45 980 ha; Mexico allocated 21 129 ha for the production of flowers for cutting and pots (SAGARPA, 2006). However, in 2009, México was fourth in terms of surface allocated for the production of ornamental plants (23 417 ha) worldwide, out of which 75 % were cultivated in open areas, and included gladiolus, carnations, and gysophila; the remaining 25 % was grown in greenhouses, where roses, gerberas and potted plants were grown (SAGARPA, 2011). Estado de México contributes 60 % of the value of the total production, and the rest is provided by Puebla, Morelos, Mexico City, Baja California, Chiapas, Jalisco, Colima, Veracruz, Yucatán, Michoacán, and Guerrero (SAGARPA, 2013).

Mexico has an annual internal consumption value of over one billion dollars in cut flowers and foliage; occasionally, ornamental plants are exported with a value of 30 million dollars. Out of the total production, 95 % is sold domestically, and 3 to 7 % of the production is exported. Mexico also exports tulip and gladiolus bulbs, orchids, carnations, chrysanthemums, *Gypsophilia*, staticé (*Limonium*

ornamentales, principalmente rosas de Ecuador y plantas vivas, esquejes sin enraizar e injertos con valor de un millón de dólares en el 2009, de Costa Rica, Alemania y Guatemala (AGEXPORT, 2010).

El éxito del cultivo en contenedor depende del sustrato adecuados (Mascarini *et al.*, 2012; Urrestarazu, 2015). Las plantas cultivadas en contenedor presentan tasas altas de transpiración, demandan agua abundante, y probabilidad de salinización por la pérdida acelerada de humedad. Por esto es necesaria la caracterización física, química y biológica de sustratos diversos y determinar si son adecuados, solos o mezclados (Valenzuela *et al.*, 2004)⁴.

Las características físicas deben determinarse antes de establecer el cultivo, ya que después es difícil corregirlas (Ansorena, 1994; Baixauli y Aguilar, 2002; Castellanos, 2003). Las características químicas pueden modificarse después del establecer el cultivo mediante la aplicación de elementos nutritivos (Abad *et al.*, 2005). Las características biológicas se determinan sólo en sustratos orgánicos o activos, pues son inestables termodinámicamente porque la materia orgánica se degrada por la acción de microorganismos y por reacciones químicas de hidrólisis (Burés, 1997; Cruz *et al.*, 2013).

Características físicas y químicas del sustrato

Los estudios con sustratos no convencionales para floricultura y plantas ornamentales en América Latina se basan en las características de las plantas y menos en la calidad de los sustratos (Valenzuela y Gallardo, 2006)⁵. Es conveniente caracterizar los materiales nuevos, antes de proponerlos como una opción (Masaguer, 2013)⁶. Las características físicas que deben considerarse para seleccionar un sustrato, son: densidad aparente, granulometría, porosidad, retención de humedad (Ansorena, 1994; Urrestarazu, 2015), tipo de empaque y permeabilidad (Burés, 1997). La densidad aparente es la masa seca contenida

(*sinuatum*), gerbera (*Gerbera jamesonii*), daisies, anturio (*Anthurium andreanum*), bird of paradise, foliage, and leaves. Of the total 90 % is exported to the United States, and 10 %, to Canada, the Netherlands, Belgium, Germany, Ukraine, South Africa (SAGARPA, 2009). Also, Mexico imported ornamental plants, mainly roses from Ecuador, and live plants, rootless cuttings and grafts worth one million dollars in 2009, from Costa Rica, Germany, and Guatemala (AGEXPORT, 2010).

The success of the crop depends on using the adequate container and substrates (Mascarini *et al.*, 2012; Urrestarazu, 2015). Plants grown in containers present high transpiration rates, they require plenty of water, and the probability of salinization due to the high rates of water loss. For these reasons, the physical, chemical, and biological characteristics of diverse substrates are necessary, along with the determination of whether they are adequate, on their own, or mixed (Valenzuela *et al.*, 2004)⁴.

The physical characteristics must be determined before establishing the crop, since they will be difficult to correct afterwards (Ansorena, 1994; Baixauli and Aguilar, 2002; Castellanos, 2003). Chemical characteristics can be modified after the crop has been established by applying nutritional elements (Abad *et al.*, 2005). The biological characteristics may be determined only in organic or active substrates, since they are thermodynamically unstable because organic matter is degraded by the action of microorganisms and chemical hydrolysis reactions (Burés, 1997; Cruz *et al.*, 2013).

Physical and chemical characteristics of the substrate

Studies with unconventional substrates for ornamental plants and flowers in Latin America are based on the characteristics of plants, and less on the quality of the substrates (Valenzuela and

⁴Valenzuela O., R., C. S. Gallardo, y M. Rode I. 2004. Caracterización de algunos materiales clásicos utilizados en la formulación de sustratos. *In: II Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales*. INTA. Buenos Aires, Argentina. pp: 200-202.

⁵Valenzuela, O. R. y C. S. Gallardo. 2006. Investigación en América Latina sobre los sustratos usados en floricultura y plantas ornamentales: Aspectos metodológicos y experimentales. *In: Congreso Argentino de Floricultura. 3ª Jornadas Nacionales de Floricultura*. Buenos Aires, Argentina.

⁶Masaguer A., V. Gómez M., J. Cámara, H. Zárate B., L. Guzmán D., y V. González V. 2013. Transformación de subproductos forestales en medios de cultivo en Oaxaca (México). *In: VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas*. Madrid, España. 22 p.

en 1 cm³ de medio de cultivo y de ésta dependerá del volumen del contenedor (Cruz *et al.*, 2013). El recomendado para el cultivo de plantas en contenedor en invernaderos por Abad y Noguera (2000) es 0.15 g cm⁻³, Baudoin *et al.* (2002) menciona 0.22 g cm⁻³ y Quintero *et al.* (2011) 0.50 a 0.75 g cm⁻³. De la densidad del sustrato depende la porosidad y esta característica afecta directamente la velocidad de filtración del agua y retención de humedad, y sería la característica física más significativa para la horticultura ornamental en contenedor (Cabrera, 1999; Mascarini *et al.*, 2012). La porosidad la determina el porcentaje de volumen que no está ocupado por la fase sólida (Ansorena, 1994; Burés, 1997); y se recomienda que la porosidad total sea más de 85 % del volumen (Morales y Casanova, 2015). La distribución del tamaño de las partículas en un material define la granulometría la cual, a su vez, determina el tamaño de los poros; partículas de 0.25 a 1 mm son esenciales en la relación agua-aire, la disminución del tamaño de partícula reduce la porosidad total y como consecuencia la capacidad para retener agua (Vargas *et al.*, 2008; Anicua *et al.*, 2009). Es importante que no todos los poros estén cubiertos por agua, para permitir la oxigenación de las raíces y el intercambio de gases entre la atmósfera y sustrato; para lo cual se sugiere 10 a 30 % del volumen del sustrato con aire (Morales y Casanova, 2015).

Esta característica se denomina capacidad de aireación y es la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después de haberse saturado con agua y permitido drenarse (Abad *et al.*, 2004). La distribución de partículas del sustrato de 0.25 a 2.5 mm es adecuada para cultivos hortícolas (Quintero *et al.*, 2011). La mezcla de materiales orgánicos con inorgánicos, con partículas mayores a 1 mm respecto al orgánico, favorecen la formación de poros con empaquetadura compleja que, favorecen la retención de humedad (Gutiérrez *et al.*, 2011; Morales y Casanova, 2015).

Las barreras físicas y el espacio limitado que genera el contenedor reducen el volumen de las raíces y la capacidad amortiguadora de pH, aumentan el requerimiento de agua y nutrientes, y la sensibilidad a factores que afectan el sistema radical, como aire, agua, nutrientes, pH y conductividad eléctrica (CE) (Terés, 2000). El agua retenida por el sustrato no es uniforme a lo largo del contenedor (Ansorena, 1994; Mascarini, 2012); por lo tanto, el sustrato deberá tener capacidad adecuada de retención de

Gallardo, 2006)⁵. It is convenient to characterize the new materials before proposing them as an option (Masaguer, 2013)⁶. The physical characteristics that must be considered to select a substrate are apparent density, granulometry, porosity, moisture retention (Ansorena, 1994; Urrestarazu, 2015), type of packaging, and permeability (Burés, 1997). The apparent density is defined as the dry mass contained in a 1 cm³ of the culture media, and volume of the container is dependent upon this density (Cruz *et al.*, 2013). For plants in containers in greenhouses, Abad and Noguera (2000) recommend 0.15 g cm⁻³, whereas Baudoin *et al.* (2002) mention 0.22 g cm⁻³, and Quintero *et al.* (2011) 0.50 to 0.75 g cm⁻³. Porosity is dependent upon the density of the substrate, and this characteristic directly affects the speed of filtration of water and retention of moisture; and it would be the most significant physical characteristic for ornamental horticulture in containers (Cabrera, 1999; Mascarini *et al.*, 2012). Porosity is determined by the percentage of volume that is not occupied by the solid phase (Ansorena, 1994; Burés, 1997); the total porosity is recommended to be over 85 % of the volume (Morales and Casanova, 2015).

The distribution of the particle size in a material defines the granulometry which, in turn, determines the size of the pores; particles from 0.25 to 1 mm are essential in the relation water-air, the reduction of the particle size reduces the total porosity and consequently, the capacity for retaining water (Vargas *et al.*, 2008; Anicua *et al.*, 2009). It is important for not all pores to be covered in water, in order to allow the oxygenating of roots and the gas exchange between the atmosphere and the substrate; therefore, between 10 and 30 % of the volume of substrate with air is recommended (Morales and Casanova, 2015). This characteristic is known as the capacity of ventilation and is the proportion of the volume of substrate that contains air after being saturated with water and allowed to drain (Abad *et al.*, 2004). The distribution of substrate particles between 0.25 and 2.5 mm is adequate for vegetable crops (Quintero *et al.*, 2011). The mixture of organic and inorganic materials with particles greater than 1 mm favors the formation of pores with complex packing, which, in turn, favor the retention of humidity (Gutiérrez *et al.*, 2011; Morales and Casanova, 2015).

The physical barriers and the limited space imposed by the container reduce the volume of the roots and the pH buffering capacity, increase

humedad, que se relaciona directamente con la porosidad, y ambas dependen de la distribución, composición, estructura interna, forma y tamaño de las partículas, que además influyen en la relación agua-aire del sustrato (Anicua *et al.*, 2009). La humedad aprovechable es la diferencia entre la cantidad de agua que retiene el sustrato después de mojado y drenado, y el agua retenida por el sustrato que la planta no puede extraer; el valor óptimo es 20 a 30 % del volumen del sustrato, pero hay variaciones según las necesidades y tolerancia cada especie (Abad *et al.*, 2004; Cruz, 2013).

Entre las características químicas de los sustratos debe considerarse contenido de nutrimentos, capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, CE, relación C/N y contenido de elementos fitotóxicos (Ansorena, 1994; Burés, 1997; Puerta *et al.*, 2012). La CIC es la capacidad de un sustrato de adsorber e intercambiar iones entre los coloides cargados negativa y positivamente en el medio y se relaciona con el pH y la disponibilidad de nutrimentos (Burés, 1997). Su valor óptimo dependerá de la frecuencia de la fertirrigación; si es permanente el valor de CIC no tiene efecto; si es intermitente el valor debiera ser medio o alto ($>20 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$) (Abad *et al.*, 2004). La CE se determina por la cantidad de iones en la solución; una concentración alta ocasionará potencial hídrico bajo el cual puede causar pérdida de agua por la planta, por esto el sustrato debe tener contenido bajo de sales ($\leq 2 \text{ dS m}^{-1}$) (Boudin *et al.*, 2002).

La relación C/N se utiliza como un indicador del origen, el grado de madurez y la estabilidad de la materia orgánica (Burés, 1997; Domeño *et al.*, 2011). Los sustratos con valor inferior a 40 se consideran maduros y estables (Abad *et al.*, 2004). En materiales crudos (aserrín de pino y fibra de coco) como sustratos la relación C/N mayor dará estabilidad mayor a través del tiempo y su relación C/N recomendada es 30 a 300. Los materiales con relación C/N elevada son más estables y evitan las pérdidas de N por fijación, la fitotoxicidad por la presencia de compuestos orgánicos producidos en el proceso de degradación, cambios en la CIC o incrementos de la salinidad (Domeño *et al.*, 2011).

Sustratos utilizados en el mundo

Los sustratos se usan por la necesidad de transportar las plantas de un lugar a otro, el agotamiento de

the requirement of water and nutrients, and the sensitivity to factors that affect the root system, such as air, water, nutrients, pH and electrical conductivity (EC) (Terés, 2000). The water retained by the substrate is not uniform throughout the container (Ansorena, 1994; Mascarini, 2012); therefore, the substrate must have an adequate moisture retaining capacity, which is directly related to porosity, and both depend on the distribution, composition, internal structure, shape and size of the particles, which also influence the relation water-air of the substrate (Anicua *et al.*, 2009). Usable moisture is the difference between the amount of water retained by the substrate after wetting and drained, and the water retained by the substrate which the plant cannot extract; the optimum value is between 20 and 30 % of the volume of the substrate, although there are variations, depending on the needs and tolerance of each species (Abad *et al.*, 2004; Cruz, 2013).

A few of the chemical characteristics of the substrates that must be considered are the content of nutrients, cationic exchange capacity (CEC), pH, EC, C/N ratio and content of phytotoxic elements (Ansorena, 1994; Burés, 1997; Puerta *et al.*, 2012). CEC is the capability of a substrate to adsorb and exchange ions between the negatively and positively charged colloids in the middle, and is related to pH and nutrient availability (Burés, 1997). The optimum value will depend on the frequency of fertilization/irrigation; if it is permanent, the value of CEC will have no effect, but if it is intermittent, the value should be medium or high ($>20 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$) (Abad *et al.*, 2004). CEC is determined by the amount of ions in the solution. A high concentration will cause a low water potential, which may cause the plant to lose water, which is why the substrate must have a low salt content ($\leq 2 \text{ dS m}^{-1}$) (Boudin *et al.*, 2002).

The C/N ratio is used as an indicator of the origin, the degree of maturity and the stability of the organic matter (Burés, 1997; Domeño *et al.*, 2011). The composted substrates with a value below 40 are considered mature and stable (Abad *et al.*, 2004). In raw materials for substrates (pine sawdust and coconut fiber), the highest ratio C/N will mean greater stability, and the recommended C/N ratio is between 30 and 300. The materials with a high C/N ratio are more stable and they avoid N losses due to fixation, phytotoxicity due to the presence of organic compounds produced in the degradation process,

suelos agrícolas, la salinidad y el riesgo de enfermedades (Pastor, 2000; Cruz *et al.*, 2013). La producción de sustratos inició en los años sesenta en los Países Bajos, con sustratos como turba, arena, arcilla, perlita y vermiculita; en los años ochenta se diversificaron los sustratos y emergieron residuos y subproductos, como la fibra de coco (Petit y Villegas, 2004; Urrestarazu, 2013).

En el norte de Europa la turba es el sustrato principal y le siguen la fibra de coco (que superó a la lana de roca en las últimas dos décadas), corteza y perlita. En el sur usan mezclas de turba con cortezas, arena, productos de madera, productos volcánicos, compost con residuos de origen vegetal y estiércoles (López *et al.*, 2007; Blok y Urrestarazu, 2010; Alonso *et al.*, 2012). En España se usa lana de roca, perlita y fibra de coco; y la aplicación y comercialización de roca volcánica, para el cultivo de hortalizas y plantas de ornato, por su disponibilidad en yacimientos de la península ibérica ha despertado interés (Urrestarazu, 2013; Pozo *et al.*, 2014). En Argentina usan las cortezas de pino, suelo, arena, turba, acículas, estiércol vacuno, estiércol de caballo, viruta de madera blanda, y cáscara de arroz (*Oryza sativa*); pocos productores utilizan la perlita y vermiculita (Acosta *et al.*, 2008; Barbaro *et al.*, 2011; Barbaro *et al.*, 2014). En República Dominicana usan carboncillo de arroz y fibra de coco (Pérez *et al.*, 2010)⁷; similar a Venezuela donde además se usa bagazo de caña (Cásares y Maciel, 2009). En Brasil se usa suelo, arena, estiércol de bovinos, cama de aves, cáscara de arroz, corteza de coníferas, compost orgánicas, vermiculita, perlita, lana de roca y polvo de coco (Acosta *et al.*, 2008). En Colombia la cascarilla de arroz, parcialmente quemada o tostada, es el sustrato principal y se usa con lana de roca, perlita, fibra de coco y escoria de carbón (Quintero *et al.*, 2011).

En México se usa principalmente tierra de monte, turba (peat moss), productos de madera (corteza, aserrín, virutas), compost de materia orgánica o desechos de jardinería, polvo de coco, lodos de depuradora, fango, estiércol, paja, cascarilla de arroz y de cacahuate, y materiales inertes, como tepojal, tezontle, basalto, perlita, arena, vermiculita, arcilla calcinada

changes in the CEC or increases in salinity (Domeño *et al.*, 2011).

Substrates used worldwide

The use of substrates is due to the need to transport plants from one place to another, agricultural soil depletion, salinity, and the risk of diseases (Pastor, 2000; Cruz *et al.*, 2013). Substrate production began in the 1960's in the Netherlands, with substrates such as peat moss, sand, clay, perlite and vermiculite; in the 1980's substrates became diversified and residues and subproducts appeared, such as coconut fiber (Petit and Villegas, 2004; Urrestarazu, 2013).

In Northern Europe, the peat moss is the main substrate, followed by coconut fiber (which surpassed mineral wool in the past two decades), bark and perlite. In the south, they use mixtures of peat moss with barks, sand, wood products, volcanic products, compost with plant residues, and manures (López *et al.*, 2007; Blok and Urrestarazu, 2010; Alonso *et al.*, 2012). In Spain, mineral wool, perlite, and coconut fiber are used; and the application and commercialization of volcanic rocks, due to their availability in deposits of the Iberian Peninsula is a source of interest (Urrestarazu, 2013; Pozo *et al.*, 2014). In Argentina pine bark, soil, sand, peat moss, pine needles, cow manure, horse manure, soft wood shavings, and rice husk are used (*Oryza sativa*); few producers use perlite and vermiculite (Acosta *et al.*, 2008; Barbaro *et al.*, 2011; Barbaro *et al.*, 2014). In the Dominican Republic, they use rice charcoal and coconut fiber (Pérez *et al.*, 2010)⁷, similar to Venezuela, where they also use sugarcane pulp (Cásares and Maciel, 2009). In Brazil soil, sand, bovine manure, poultry litter, rice husk, conifer bark, organic composts, vermiculite, perlite, mineral wool and coconut powder are utilized (Acosta *et al.*, 2008). In Colombia the rice cascarilla, partially burned or toasted, is the main substrate, and it is used with mineral wool, perlite, coconut fiber, and coal waste (Quintero *et al.*, 2011).

In Mexico, the most commonly used substrate is hillside soil, peat moss, wood products (bark,

⁷Pérez, A., I. Almonte, E. Avilés Q., C. Martínez P., G. López, y P. Núñez. 2010. Caracterización de sustratos utilizados en la producción de vegetales en invernaderos. In: Proceedings of the Caribbean Food Crops Society. 46th Annual Meeting. Lugo, W. I. y Colón W. (ed.). Boca Chica, Dominican Republic 46: 67-72.

y piedra pómez (Iskander, 2002⁸; Zamudio, 2008; Ojodeagua *et al.*, 2008). Pero, la búsqueda de materiales locales es permanente para reciclarlos, con énfasis en los de costo bajo y sin impacto ambiental (Bracho *et al.*, 2009; Avilés *et al.*, 2010⁹; Urresterazu, 2013; Valenzuela *et al.*, 2014; Cruz *et al.* 2016).

En los estados productores de ornamentales (Estado de México, Puebla, Distrito Federal, Morelos y Michoacán, seguidos de Baja California, Guerrero, Jalisco, Querétaro y Oaxaca) se usan sustratos inertes mezclados con tierra de monte y turba (peat moss) (García *et al.*, 2001). En Veracruz, Benítez *et al.* (2002) reportaron que en viveros gubernamentales para coníferas usan tierra de monte combinada con arena, tierra de hoja o tepezil, en relación 1:1. La mezcla de cascarilla de arroz con tierra de hoja (1:1) se usa para especies tropicales. Los productores de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) en Morelos usan tierra de hoja de encino (*Quercus resinosa*, *Q. insicnis*, *Q. crassipes* y *Q. mexicana*), ocochal obtenido del ocote (*Pinus montezumae*), mezclas de tierra de hoja-compost-aserrín (50:30:20 v/v) y tierra de hoja-ocochal (50:50 v/v) (Galindo *et al.*, 2012). Los viveros comerciales de plantas de ornato en contenedor en Tabasco usan la cáscara de cacao mezclada con suelo de la región. En Yucatán se usa el bagazo de henequén (*Agave fourcyoides* Lem.), gallinaza, cerdaza, Tsi'tsilche (*Gimnopodium floribundum*) y suelo para el cultivo de hortalizas en contenedor (Borges, 1998). Los materiales orgánicos se usan mezclados, y los inorgánicos son más usados individualmente en cultivos hidropónicos.

Beneficios de los sustratos en la producción de plantas de ornato

Las aportaciones de los residuos orgánicos como sustratos para producir plantas de ornato son diversas, como presencia de nutrientes de absorción fácil por la planta, reguladores de crecimiento vegetal, microorganismos que facilitan la absorción de nutrientes, y son medio para el crecimiento de organismos controladores de patógenos para las plantas

sawdust, shavings), compost made from organic matter or gardening waste, coconut powder, sewage mud, sludge, manure, hay, rice and peanut husk, and inert materials such as tepojal, tezontle, basalt, perlite, sand, vermiculite, charred clay, and pumice stone (Iskander, 2002⁸; Zamudio, 2008; Ojodeagua *et al.*, 2008). However, the search for local materials is permanent for recycling them, with an emphasis on those with the lowest cost, and without an environmental impact (Bracho *et al.*, 2009; Avilés *et al.*, 2010⁹; Urresterazu, 2013; Valenzuela *et al.*, 2014; Cruz *et al.* 2016).

The states that produce ornamental plants (Estado de México, Puebla, Distrito Federal, Morelos, and Michoacán, followed by Baja California, Guerrero, Jalisco, Querétaro, and Oaxaca) use inert substrates mixed with hillside soil and peat moss (García *et al.*, 2001). In Veracruz, Benítez *et al.* (2002) reported that in government-owned conifer greenhouses, hillside soil is used in combination with sand, leaf soil or tepezil, in a proportion of 1:1. The mixture of rice husk with leaf soil (1:1) is used for tropical species. The producers of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) from Morelos use leaf soil from oak (*Quercus resinosa*, *Q. insicnis*, *Q. crassipes*, and *Q. mexicana*), "ocochal" obtained from ocote (*Pinus montezumae*), mixtures of leaf soil-compost-sawdust (50:30:20 v/v) and leaf soil-ocochal (pine ocochal leaves) (50:50 v/v) (Galindo *et al.*, 2012). The commercial greenhouses for ornamental plants in containers in Tabasco use the cocoa husk mixed with soil taken from the area. In Yucatán, agave pulp (*Agave fourcyoides* Lem.), chicken droppings, pig manure, Tsi'tsilche (*Gimnopodium floribundum*) and soil are used to grow vegetables in containers (Borges, 1998). Organic materials are generally used in mixtures, and inorganic materials are more used individually in hydroponic crops⁸.

Benefits of substrates on the production of ornamental plants

The contributions of organic residues as substrates to produce ornamental plants are diverse, such as the

⁸Iskander C. R. 2002. Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. *In*: 2º Simposio Nacional de Horticultura. Memorias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 9 p.

⁹Avilés Q., E., A. Pérez, I. Almonte, G. López, C. Martínez, y P. Núñez. 2010. Caracterización de materiales alternativos en la elaboración de sustratos para la producción en invernaderos. *In*: Proceedings of the Caribbean Food Crops Society. 46th Annual Meeting. Lugo, W. I. y Colón W. (ed.). Boca Chica, Dominican Republic pp: 73-80.

(Puertas e Hidalgo, 2009; Puerta *et al.*, 2012). Ayala y Valdez (2008) usaron sustrato a base de fibra de coco para evaluar la primera etapa de crecimiento de especies ornamentales de flor, como *Dianthus chinensis* (clavelina), *Gazania rigens* (gazania), *Tagetes erecta* (marigold), *Viola wittrockiana* (pensamiento), *Antirrhinum majus* (dragón) y *Petunia x hybrida* (petunia). Los resultados mostraron que las plantas cultivadas en polvo de coco retardaron su crecimiento, y los autores señalaron esto como ventaja, porque las plantas altas ocasionan volcamiento del contenedor (García *et al.*, 2010) y la calidad de la flor no se afectó.

Flores *et al.* (2008) usaron polvo de coco para producir *Cyclamen persicum* Mill. y no observaron diferencias en área foliar o materia seca respecto a las plantas cultivadas en un sustrato comercial a base de turba. Jaramillo *et al.* (2004) usaron fibra de coco mezclada con tierra de hoja y perlita para cultivar malvón (*Pelargonium* sp.), la mezcla aumentó el crecimiento de la planta (radicular, biomasa y número de hojas) y mejoró la retención de humedad el crecimiento comparada con los mismos sustratos individuales. La fibra de coco también se evaluó mezclada con cáscara de arroz para producir *Anthurium x Cultorum* cv. Arizona (Cásares y Maciel, 2009); los resultados mostraron estabilidad física mayor del sustrato (ausencia de contracción), lo cual favoreció el crecimiento y número de inflorescencias comparada con la combinación de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar. La vermicompost aumentó crecimiento, floración, y desarrollo de raíz en *Ageratum houstonianum* y *Petunia hybrida*. La cachaza en forma de lodo, derivado del proceso de clarificación del jugo de caña durante la fabricación de azúcar, mezclada con peat-moss, y tezontle se usó para producir estacas apicales de *Kalanchoe blossfeldiana* (Poelln.) 'Sensation'; la mezcla aumentó el número de raíces, exploración de raíz, diámetro de tallo y absorción de K (Villanueva *et al.*, 1998). Mezclas de bagazo de henequén, cerdaza y dzilziché (*Gimnopodium floribundum*) combinadas con proporciones diferentes de suelo se usaron para producir crisantemos; de ellas, la combinación suelo:bagazo de henequén (70:30) propició plantas con la calidad mayor de inflorescencia (Villanueva *et al.*, 2010). Alonso *et al.* (2012) evaluaron mezclas de pollinaza con paja o serrín, más turba negra y rubia, en crisantemo cv. Albanor amarillo en contenedores; la aplicación de pollinaza a la turba negra aumentó significativamente la cantidad de flores, pero hubo muerte de la plantas con el aumento de pollinaza.

presence of nutrients easily absorbed by the plant, plant growth regulators, microorganisms that help in nutrient absorption, and are an aide for the growth of organisms which help control plant pathogens (Puertas and Hidalgo, 2009; Puerta *et al.*, 2012). Ayala and Valdez (2008) used coconut fiber-based substrate to evaluate the first stage of growth of ornamental flower species, such as *Dianthus chinensis* (China pink), *Gazania rigens* (gazania), *Tagetes erecta* (marigold), *Viola wittrockiana* (viola tricolor), *Antirrhinum majus* (snapdragon), and *Petunia x hybrida* (petunia). Results showed that plants grown in coconut powder delayed their growth, and the authors pointed this out as an advantage, since tall plants cause the containers to tip over (García *et al.*, 2010) and flower quality was not affected.

Flores *et al.* (2008) used coconut powder to produce *Cyclamen persicum* Mill. and no differences were observed in the foliar area or dry matter with regard to plants grown in a commercial peat moss based substrate. Jaramillo *et al.* (2004) used coconut fiber mixed with leaf soil and perlite to grow malvón (*Pelargonium* sp.); the mixture enhanced plant growth (radicle, biomass, and number of leaves) and moisture retention improved in comparison to when using the same individual substrates. Coconut fiber was also evaluated in a mixture with rice husk to produce *Anthurium x Cultorum* cv. Arizona (Cásares and Maciel, 2009); results showed a greater physical stability of the substrate (no contraction), which favored growth and the number of inflorescences in comparison to the combination of rice husk and sugarcane pulp. Vermicompost enhanced growth, flowering, and root development in *Ageratum houstonianum* and *Petunia hybrida*. The cachaza in the form of mud, derived from the process of clarification of sugarcane juice during the manufacturing of sugar, mixed with peat-moss and tezontle was used to produce apical stakes of *Kalanchoe blossfeldiana* (Poelln.) Sensation; results showed that the mixture increased the number of roots, root exploration, diameter of stem, and K absorption (Villanueva *et al.*, 1998). Mixtures of agave pulp, pig manure, and dzilziché (*Gimnopodium floribundum*), combined with different proportions of soil were used to produce chrysantemums. Out of these, the combination soil:agave pulp (70:30) produced plants with a higher inflorescence quality (Villanueva *et al.*, 2010). Alonso *et al.* (2012) evaluated mixtures of chicken droppings with hay or sawdust, plus black

Los residuos orgánicos son inestables y se deben ampliar los estudios relacionados con las proporciones a utilizar. El uso de residuos orgánicos para la producción hortícola generó investigaciones; además, los materiales inorgánicos, como el tezontle, son de interés como sustrato agrícola (Ojodeagua *et al.*, 2008; Vargas *et al.*, 2008; Anicua *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2013; Trejo *et al.*, 2013).

Los estudios del uso de sustratos también han mostrado resultados desfavorables. Así, hubo supresión de la producción de semillas en petunias (*Petunia x hybrida* Hort), reducción del crecimiento en pensamiento (*Viola x wittrockiana* subsp. Delta) y primula (*Primula acaulis* subsp. Oriental) (García *et al.*, 2010; Lazcano y Domínguez, 2010; Acosta *et al.*, 2014).

Sustratos alternativos para el cultivo de ornamentales

Las investigaciones para encontrar opciones, y reemplazar el uso de la tierra de hoja como sustrato en el cultivo de plantas ornamentales han sido diversas. La zeolita es un material inerte, de origen sedimentario, del grupo de los aluminosilicatos, que se usa con esos fines. En México en al menos 13 estados hay yacimientos (Urbina *et al.*, 2011). Las características físicas de zeolita fueron evaluadas por Anicua *et al.* (2009) y comparadas con las de tezontle. Los resultados mostraron que el potencial hídrico y osmótico cambian con el tamaño de las partículas de la zeolita; los autores concluyeron que la zeolita se podría usar como alternativa, con resultados similares a los obtenidos con tezontle, porque no hay efectos ni interacción con la granulometría.

La corteza de pino (abundante en el estado de Oaxaca) se caracterizó fisicoquímicamente y se evaluó compostada y mezclada con estiércol bovino, turba, arcilla, vermiculita, bagazo de maguey, aserrín crudo y sustrato comercial. La mezcla con turba, vermiculita y bagazo de maguey mostró características físicas en los intervalos adecuados para el cultivo de las plantas (Masaguer *et al.*, 2013)¹⁰. El bagazo de café (*Coffea arabica* L.) y el residuo de palma de sombrero (*Brahea dulcis*) (Sustaita, 2009) también se

and blonde peat moss, in yellow chrysanthemums cv. Albanor in containers. The application of chicken droppings to black peat moss increased the amount of flowers significantly, but some plants died with the increase of chicken droppings.

Organic residues are unstable, studies related to the necessary proportions should be increased. The use of organic residues for vegetable production led to several investigations; besides, inorganic materials such as tezontle, are of interest as an agricultural substrate (Ojodeagua *et al.*, 2008; Vargas *et al.*, 2008; Anicua *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2013; Trejo *et al.*, 2013).

Studies on the use of substrates have also shown unfavorable results. Such is the case of the suppression of seed production in petunias (*Petunia x hybrida* Hort), growth reduction in viola tricolor (*Viola x wittrockiana* subsp. Delta) and primrose (*Primula acaulis* subsp. Oriental) (García *et al.*, 2010; Lazcano y Domínguez, 2010; Acosta *et al.*, 2014).

Alternative substrates for the production of ornamental plants

Investigations to find options and replace the use of leaf soil as a substrate in ornamental plants have been diverse. Zeolite is an inert material, of sedimentary origin, of the group of the aluminosilicates, which is used with this purpose. In Mexico, there are deposits in at least 13 states (Urbina *et al.*, 2011). The physical characteristics of zeolite were evaluated by Anicua *et al.* (2009) and compared with those of tezontle. Results showed that the hydric and osmotic potentials change with the size of the zeolite particles. The authors concluded that zeolite could be used as an alternative, with results similar to those obtained with tezontle, since there are no effects or interaction with the granulometry.

Pine bark (abundant in the state of Oaxaca) was physically and chemically characterized and evaluated, composted and mixed with bovine manure and peat moss, clay, vermiculite, maguey pulp, raw sawdust, and commercial substrate. The mixture with peat moss, vermiculite and maguey pulp showed physical characteristics in the adequate intervals for plant production (Masaguer *et al.*,

¹⁰Masaguer A., V. Gómez M., J. Cámara, H. Zárate B., L. Guzmán D., y V. González V. 2013. Transformación de subproductos forestales en medios de cultivo en Oaxaca (México). In: VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. Madrid, España. 22 p.

caracterizaron, y ambos tienen características físico-químicas apropiadas. El bagazo de agave tequilero (*Agave tequilana* Weber) en vermicompost y compost mezclada con estiércol de ovino (4:1; v/v) es un sustrato potencial para la agricultura (Rodríguez *et al.*, 2010).

Padrón *et al.* (2004) incorporaron cáscara de cacao a espuma de poliuretano, y observaron que las características fisicomecánicas de resistencia a la deformación por compresión mejoraron, aumentó la degradabilidad y la capacidad de absorción de agua por lo tanto, se puede usar como sustrato para zonas semidesérticas. García *et al.* (2010) documentaron la mitigación del efecto negativo de la salinidad (contenidos de sodio y cloro, principalmente) de las compostas en el crecimiento de las plantas.

Retos de la producción de sustratos

A pesar de los avances en la composición y caracterización de algunos sustratos, sus usos enfrentan diversos retos, como el impacto ambiental, los costos, la disponibilidad y la estandarización (Burés, 1997; Abad *et al.*, 2004). Respecto al impacto ambiental, la explotación de recursos naturales no renovables como material para sustratos, falta resolver problemas referentes al aprovechamiento irracional de la tierra de monte, pues causaría serios problemas al ecosistema por erosión y pérdida de productividad del suelo (Diario Oficial de la Federación, 1996). Además, las reservas de turbas son limitadas (Fernández *et al.*, 2006), el costo alto y la explotación no sostienen la producción del peat-moss y puede impactar al ambiente (Abad *et al.*, 2004; Block y Urrestarazu, 2010). El uso de sustratos inertes también causa problemas, como el drenaje de disoluciones nutritivas que contaminan el suelo y manto freático, Block y Urrestarazu (2010) indicaron algunos inconvenientes en la producción de sustratos, como la dificultad para producir el tamaño de partícula (8 mm) en perlita y la pérdida de volumen por reorientación de las partículas de tablas de cultivo de fibra de madera.

Los precios altos, el impacto ambiental y la disponibilidad futura cuestionable de los materiales usados ahora como sustratos resaltan el uso de materiales orgánicos autóctonos y con disponibilidad local. El uso de materiales de origen animal y vegetal en la agricultura orgánica, como abonos verdes, mulch, compost, estiércoles u otros, es una alternativa para fertilizar,

2013)¹⁰. Coffee (*Coffea arabica* L.) pulp and the residue from soyate (*Brahea dulcis*) (Sustaita, 2009) were also characterized, and both have appropriate physical and chemical characteristics. Tequila agave (*Agave tequilana* Weber) pulp in vermicompost and compost mixed with sheep manure (4:1; V/V) is a potential substrate for agriculture (Rodríguez *et al.*, 2010).

Padrón *et al.* (2004) incorporated cocoa husk to polyurethane foam and observed that the physical and mechanical characteristics of resistance to deformation by compression improved, and there was as increments of degradability as well as water absorption; therefore, it can be used as a substrate for semi-deserted areas. García *et al.* (2010) documented the mitigation of the negative effect of salinity (sodium and chlorine contents, mainly) of the composts in plant growth.

Challenges to the production of substrates

Despite the progress in the composition and characterization of some substrates, their uses still face challenges such as the environmental impact, costs, availability, and standardization (Burés, 1997; Abad *et al.*, 2004). Regarding the environmental impact, the exploitation of natural non-renewable resources as material for substrates, there are still some problems to be solved regarding the irrational use of hillside soil, since it would cause serious erosion and losses of soil productivity (Diario Oficial de la Federación, 1996). Likewise, the peat moss reserves are limited (Fernández *et al.*, 2006), and the high cost and exploitation do not sustain the production of peat-moss and may impact the environment (Abad *et al.*, 2004; Block and Urrestarazu, 2010). The use of inert substrates also causes problems, such as the drainage of nutrient dissolutions that pollute the soil and water tables, Block and Urrestarazu (2010) indicated some of the issues in the production of substrates, such as the difficulty to produce the particle size (8 mm) in perlite and the loss of volume due to the reorientation of the particles of wood fiber planting boards.

High prices, the environmental impact, and the questionable future availability of the materials currently used as substrates highlight the importance of the use of autochthonous organic and locally available materials. The use of materials of plant and

mejorar el suelo y cubrir la necesidad de cultivar plantas con fines sustentables (FIRA, 2003)¹¹. También, los residuos orgánicos locales, tienen inconvenientes, como el suministro inestable en el tiempo y la heterogeneidad del material (Abad *et al.*, 2004). Pineda *et al.* (2012) evaluaron la variación de las características físicas del sustrato a base de aserrín de pino (*Pinus* sp.) mezclado con tezontle, en cinco ciclos de cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* L.), y observaron cambios significativos en las características físicas de porosidad, retención de humedad y capacidad de aireación. Por lo tanto, es necesario estudiar la estabilización de los materiales antes de considerarlos como sustratos.

Block y Urrestarazu (2010) señalan aspectos que deben considerarse en la producción de sustratos, como el consumo de energía, la liberación de CO₂, el transporte y consumo de agua para la producción sostenible, inocua y sustentable económicamente. Pastor (2000) y Abad *et al.* (2004) indican que respecto a la fabricación los retos son: eficiencia en el proceso de compostaje y elaboración de mezclas, mecanizar los procedimientos y caracterizar las mezclas finales. También deben ser materiales fáciles de manejar, asequibles, económicos, estables, rehidratables y fáciles de mezclar.

CONCLUSIONES

El uso de sustratos en décadas recientes fue favorecido porque disminuye la utilización de fertilizantes y agroquímicos, y mitiga el impacto ambiental. El aumento del cultivo en contenedores es posible que continúe por la demanda de productos agrícolas de la población urbana en crecimiento constante. En el mundo hay interés constante por integrar residuos orgánicos en los sistemas intensivos de producción de hortalizas y ornamentales, a través de su reutilización, reciclaje y valorización como sustratos o componentes de sustratos, económicos, ecológicos y disponibles localmente. Las propuestas nuevas de materiales como sustratos deben estar sustentadas en la caracterización física, química y biológica, determinación de tamaños de partículas, grado de madurez de compostas, procedimientos mecanizados y mezclas, que

animal origin in organic agriculture, such as green fertilizers, mulch, compost, manures, and others, is an alternative to fertilize, improve the soil and satisfy the need to grow plants with sustainable purposes (FIRA, 2003)¹¹. Also, locally available organic residues also have drawbacks, such as the unstable supply through time and the heterogeneity of the material (Abad *et al.*, 2004). Pineda *et al.* (2012) evaluated the variation of the physical characteristics of the substrate based on pine sawdust (*Pinus* sp.) mixed with tezontle, in five plantation cycles for tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and they observed significant changes in the physical characteristics of porosity, retention of moisture, and capacity of ventilation. Therefore, the stabilization of the materials should be studied before they can be considered as substrates.

Block and Urrestarazu (2010) point out aspects that must be taken into account in the production of substrates, such as energy consumption, CO₂ release, water use and transportation for a sustainable, innocuous, and economically sustainable production. Pastor (2000) and Abad *et al.* (2004) state that, regarding the manufacture, challenges are the efficiency in the process of composting and the production of mixtures, mechanizing procedures and characterization of final mixtures. The materials must also be easy to handle, obtainable, inexpensive, stable, rehydratable, and easy to mix.

CONCLUSIONS

The use of substrates in the past decades was favored due to the fact that utilization of fertilizers and agrochemicals has decreased, reducing their environmental impact. Plantations in containers may continue to increase due to the demand of agricultural products by the constantly growing urban population. The global interest for the integration of organic residues in intensive vegetable and ornamental plant production systems is constant, through their reuse, recycling, and valuation as affordable, ecologic, and locally available substrates or substrate components. The new proposals of materials for substrates must be founded on the physical, chemical, and biological characterizations, determination of particle size, the

¹¹FIRA. (Fideicomisos Instituidos En Relación Con La Agricultura) 2003. Agricultura Orgánica. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agroalimentario mexicano. Boletín Informativo. No. 322. Vol. XXXV. 124 p.

permitan optimizar la homogeneidad de resultados, disminuir los lixiviados como fuentes de contaminación, uso eficiente del agua y reincorporación inocua de residuos al ambiente.

LITERATURA CITADA

- Abad B., M., P. Noguera M., y C. B. Carrión. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In: Urrestarazu, M. G. (ed.) Tratado de Cultivo sin Suelo.* Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 113-158.
- Abad B., M., P. Noguera M., y C. B. Carrión. 2005. Sustratos en los cultivos sin suelo y fertirrigación. *In: Cadahía, C. L. (ed.) Fertirrigación: Cultivos Hortícolas y Ornamentales.* Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 299-352.
- Abad, M., y P. Noguera. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In: Urrestarazu, M. G. (ed.) Manual del Cultivo sin Suelo.* Mundi-Prensa. Almería, España. pp: 137-184.
- Acosta D., C. M., N. Vázquez B., O. Villegas T., B. Vence L., y D. Acosta P. 2014. Vermicomposta como componente de sustrato en el cultivo de *Ageratum houstonianum* Mill. y *Petunia hybrida* E. Vilm en contenedor. *Bioagro* 26: 107-114.
- Acosta D., C. M., S. Gallardo C., N. Kämpf, y F. Carvallo B. 2008. Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. *Inv. Agrop.* 5: 93-106.
- AGEXPORT (Asociación Guatemalteca de Exportadores). 2010. Guía sectorial de exportación a México: flores y plantas ornamentales. Guatemala. 102 p. export.com.gt/portal/mesoamerica/GUIA%20SECTORIAL%20DE%20EXPORTACION%20DE%20ALIMENTOS%20PROCESADOS.pdf (Consulta: Abril 2015).
- Alonso, F., R. Miralles De I., J. V. Martín, C. Rodríguez, y M. M. Delgado. 2012. Response of chrysanthemum plant to addition of broiler manure as a substitute for commercial substrate. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 28: 259-263.
- Anicua, S., M. C. Gutiérrez C., P. Sánchez G., C. Ortiz S., V. H. Volke H., y J. E. Rubiños P. 2009. Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agric. Téc. Méx.* 35: 147-156.
- Ansorena M., J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España. 170 p.
- Ayala S., A., y L. A. Valdez. 2008. El polvo de coco como sustrato alternativo para la obtención de plantas ornamentales para trasplante. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 14: 161-167.
- Baixauli S., C., y J. M. Aguilar O. 2002. Cultivo de Hortalizas, Aspectos Prácticos y Experiencias. Generalitat Valenciana. Valencia, España. 110 p. www.ivia.es/sdta/pdf/libros/n53.pdf (Consulta: Enero 2015).
- Barbaro L., A., A. Karlanian M., E. Morisigue1 D., F. Rizzo P., I. Riera N., D. Torre V., y E. Crespo D. 2011. Compost de ave de corral como componente de sustratos. *Cien. Suelo (Arg.)* 29: 83-90.
- Barbaro L., A., D. C. Imhoff S., y E. Morisigue D. 2014. Evaluación de sustratos formulados con corteza de pino, pinocha y turba subtropical. *Cien. Suelo (Arg.)* 32: 149-158.
- Baudoin, W., A. Nisen, M. Grafiadellis, H. Verlodt, R. Jiménez, O. De Villele, y A. Monteiro, 2002. El cultivo protegido en el clima mediterráneo. Medios y Técnicas de Producción. Suelo y Sustratos. FAO. Roma. pp: 143-182.
- Benítez, G., M. Equihua, y M. T. Pulido S. 2002. Diagnóstico de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar programas de reforestación y restauración. *Rev. Chapingo Cien. For. Amb.* 8: 5-12.
- Blok, C., y M. Urrestarazu G. 2010. El uso de los sustratos en Europa es cada vez mayor. *Hort. Global* 289: 50-55.
- Borges G., L. 1998. Usos de sustratos regionales en la agricultura yucateca. *Rev. Acad. Mexicana Cien.* 49: 21-26.
- Bracho, J., F. Pierre, y A. I. Quiroz. 2009. Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado de Lara, Venezuela. *Bioagro* 21: 117-124.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Agrotécnicas S. L. Madrid, España. 340 p.
- Cabrera R., I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en macetas. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 5: 5-11.
- Cásares, M. C. y N. Maciel. 2009. Estabilidad del medio de crecimiento y comportamiento del anturio (*Anthurium x Cultorum* cv. Arizona) en sustratos de disponibilidad local. *Bioagro* 21: 99-104.
- Castellanos R., J. Z. 2003. Manejo de la fertirrigación en suelo. *In: Castellanos R., J. Z., y J. J. Muñoz, (eds) Manual de Producción Hortícola en Invernadero.* 2ª Edición. Ed. Intagri INCAPA. Guanajuato, México. pp: 103-123.
- Cruz C., E., A. Can C., M. Sandoval V., R. Bugarín M., A. Robles B., y P. Juárez L. 2013. Sustratos en la horticultura. *Rev. BioCiencias* 2: 17-26.
- Cruz C., J. M., J. M. Álvarez S., M. D. J. Soria F., y C. Martínez B. 2016. Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados. *Rev. Cien. Téc. Agroprec.* 25: 44-49.
- Diario Oficial de la Federación. 1996. NOM-003-RECNAT. Norma Oficial Mexicana que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte. www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4887401&fecha=05/06/1996. (Consulta: Agosto 2014).
- Domeño, I., I. Irigoyen, y J. Muro. 2011. Comparison of traditional and improved methods for estimating the stability of organic growing media. *Sci. Hort.* 130: 335-340.
- Fernández B., C., N. Urdaneta, W. Silva, H. Poliszuk, y M. Marín. 2006. Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv 'Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. *Rev. Fac. Agron. Univ. Zulia* 23: 188-195.

—End of the English version—



- Flores A., R., M. Livera M., M. T. Colinas L., E. A. Gaytán A., y A. Muratalla L. 2008. Producción de plántulas de ciclamen (*Cyclamen persicum* Mill.) en sustratos basados en polvo de bonote de coco. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 14: 309-318.
- Galindo G., D. V., I. Alía T., M. Andrade R., M. T. Colinas L., J. Canul K., y M. D. J. Sainz A. 2012. Producción de nochebuena de sol en Morelos, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3: 751-763.
- García A., J. C., L. I. Trejo T., M. A. Velásquez H., A. Ruíz B., y F. C. Gómez M. 2010. Crecimiento de petunia en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 16: 107-113.
- García C., O., G. Alcántar G., R. I. Cabrera, R. F. Gavi, y V. Volke H. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Terra Latinoam. 19: 249-258.
- Gutiérrez C., M., D. Carmen, J. Hernández E., C. A. Ortiz S., R. Anicua S., y M. Hernández L. 2011. Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 17: 183-196.
- Jaramillo R., M. A., C. M. Acosta D., V. López M., I. Alía T., y D. Acosta P. 2004. La fibra de coco como componente del sustrato para la producción de malvón (*Pelargonium spp*) en contenedor. Invest. Agrop. 2: 65-73.
- Lazcano, C., and J. Domínguez. 2010. Effects of vermicompost as a potting amendment of two commercially-grown ornamental plant species. Span. J. Agric. Res. 8: 1260-1270.
- López C., M. C., J. Ruiz F., y A. Masaguer. 2007. Respuesta del cultivo *Dianthus caryophyllus* en diferentes sustratos eco-compatibles procedentes de subproductos orgánicos de distintos sectores de producción. Actas Horti. 47: 151-156.
- Mascarini, L., G. Lorenzo, H. Svartz, S. Pesenti, y S. Amado. 2012. Tamaño de contenedor y tipo de sustrato afectan la eficiencia en el uso del agua en *Gerbera jamesonii* para flor cortada. Rev. Bras. Hort. Orn. 18: 71-77.
- Morales M., E. R., y F. Casanova L. 2015. Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. Agron. Mesoam. 26: 365-372.
- Ojodeagua A., J. L., J. Z. Castellanos R., J. J. Muñoz R., G. Alcántar G., L. Tijerina C., P. Vargas T., y S. Enríquez R. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. Rev. Fitotec. Mex. 31: 367-374.
- Padrón G., G., E. M. Arias M., J. Romero G., A. Benavides M., J. Zamora R., y S. P. García R. 2004. Efecto de la cáscara de cacao en la obtención de espumas de poliuretano para uso hortícola. Propiedades físicas y de biodegradabilidad. Rev. Soc. Quím. Méx. 48: 156-164.
- Pastor S., J. N. 2000. Utilización de sustratos en viveros. Terra Latinoam. 17: 231-235.
- Petit E., F., y J. Villegas M. 2004. Cultivo de fibra de coco. In: Urresterazu, M. G. (ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 637-657.
- Pineda P., J., F. Sánchez D. C., A. Ramírez A., A. M. Castillo G., L. A. Valdés A., y E. D. C. Moreno P. 2012. Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 18: 95-111.
- Pozo, J., J. E. Álvaro, I. Morales, J. Requena, T. La Malfa, P. C. Mazuela, y M. Urresterazu G. 2014. A new local sustainable inorganic material for soilless culture in Spain: Granulated volcanic rock. HortScience 49: 1537-1541.
- Puerta A., C. E., T. Russián L., y C. A. Ruíz S. 2012. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. Rev. Cient. UDO Agríc. 12: 298-306.
- Puertas, A., y L. Hidalgo D. 2009. Efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el establecimiento de *Pochonia chlamydosporia* var. *Catenulata* en el sustrato y la rizosfera de plantas de tomate. Rev. Protec. Veg. 24: 162-165.
- Quintero C., M. F., C. A. González M., y J. M. Guzmán P. 2011. Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. In: Flórez R., V. J. (ed). Sustratos, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de Cultivo sin Suelo. Universidad Nacional de Bogotá. Colombia. pp: 79-108.
- Rodríguez D., E., E. Salcedo P., R. Rodríguez M., D. R. González E., y S. Mena M. 2013. Tezontle reuse: effect on physical properties and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) Production. Terra Latinoam. 31: 275-284.
- Rodríguez M., R., E. G. Alcantar G., G. Iñiguez C., F. Zamora N., P. M. García L., M. A. Ruíz L., y E. Salcedo P. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo tequilero. Interciencia 35: 515-520.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2006. La Floricultura mexicana, el gigante que está despertando. Claridades Agropecuarias 154: 2-38. www.infoaserca.gob.mx/claridades/marcos.asp?numero=154. (Consulta: Febrero 2015).
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2009. La infraestructura y sistemas requeridos para el desarrollo de clústeres de horticultura ornamental orientados a la exportación de productos de valor agregado a los Estados Unidos y Canadá. www.sagarpa.gob.mx/agro-negocios/Documents/Estudios_promercado/ORNAMEN-TAL.pdf. (Consulta: Abril 2015).
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2011. Comunicado de prensa 238/11. Coordinación General de Comunicación Social. México D. F. http://sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2011/mayo/Documents/2011B238.pdf (Consulta: Abril, 2015).
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2013. El valor de la producción de ornamentales en México fue de más de cinco mil millones de pesos en 2011. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, D. F. Boletín 5/13. www.siap.gob.mx/produccion-ornamental-mexico/. (Consulta: Abril 2015).
- Sustaita R., F. 2009. Utilización de residuos de palma de sombrero (*Brahea dulcis*) como sustrato de cultivo. www.utm.mx/~mtello/Extensos/Agosto.html. (Consulta: Agosto 2014).
- Terés, V. 2000. Riego en sustratos de cultivo. Horticultura 147: 16-30.
- Trejo T., L. I., M. Ramírez M., F. C. Gómez M., J. C. García A., G. A. Baca C., y O. Tejeda S. 2013. Physical and chemical evaluation of volcanic rocks and its use for tulip production. Rev. Mex. Cien. Agríc. 4: 863-876.
- Urbina S., E., G. A. Baca C., R. Núñez E., M. T. Colinas L., L. Tijerina C., y J. L. Tirado T. 2011. Zeolita como sustrato en el cultivo hidropónico de Gerbera. Terra Latinoam. 29: 387-394.

- Urrestarazu, M. 2013. State of the art and new trends of soilless culture in Spain and in emerging countries. *Acta Horticulturae* 1013: 305-312.
- Urrestarazu, M. 2015. *Manual Práctico del Cultivo sin Suelo e Hidroponía*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 278 p.
- Urrestarazu, M., y S. Burés. 2009. Aplicación de cultivos sin suelo en la agricultura. *Hort. Inter.* 70: 10-15.
- Valenzuela, O. R., C. S. Gallardo, M. S. Carponi, M. E. Aranguren, H. R. Tabares, y M. C. Barrera. 2014. Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. *Cien. Docen. Tec.* 4: 1-19.
- Vargas T., P., J. Z. Castellanos R., J. J. Muñoz R., P. Sánchez G., L. Tijerina C., R. M. López R., C. Martínez S., y J. L. Ojodeagua A. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agr. Téc. Méx.* 34: 323-331.
- Villanueva C., E., G. Alcántar G., P. Sánchez G., M. Soria F., y A. Larqué S. 2010. Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio para la producción de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. con sustratos regionales en Yucatán, México. *Terra Latinoam.* 28: 43-52.
- Villanueva R., E., P. Sánchez G., N. Rodríguez M., E. Villanueva N., E. Ortiz M., y J. A. Gutiérrez E. 1998. Efecto de reguladores del crecimiento y tipo de sustrato en el enraizamiento de *Kalanchoe*. *Terra Latinoam.* 16: 33-41.