

## ANÁLISIS Y COMENTARIOS

# MEZCLAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS, TAMAÑO DE PARTÍCULA Y PROPORCIÓN<sup>1</sup>

*Emilio Raymundo Morales-Maldonado<sup>2</sup>, Fernando Casanova-Lugo<sup>3</sup>*

### RESUMEN

**Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción.** El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión acerca de las mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos utilizados en la elaboración de un nuevo material, el tamaño de partícula, la proporción y su respuesta en planta. En México, los desechos agropecuarios son considerados un reservorio de contaminantes; sin embargo, desde otra perspectiva, representan una industria con mucho potencial. Los nutrientes ingeridos por los animales representan nutrimentos disponibles para las plantas cuando son reciclados adecuadamente. Una de las opciones que minimiza el riesgo de contaminación y mejora su calidad, es la elaboración de compostaje y vermicompost. Ambos procesos constituyen una alternativa para la producción orgánica. Un material por sí solo no cumple con las condiciones óptimas. La reducción del volumen de un material orgánico aumenta la compactación y la compresión de las raíces, afectando la eficiencia de riego y la fertilización, por lo que es necesario hacer mezclas con materiales inorgánicos, lo cual se aprovecha en la elaboración de un nuevo material para obtener mejores condiciones de crecimiento para la planta.

**Palabras clave:** reciclaje de nutrimentos, biofertilizantes, abonos orgánicos.

### ABSTRACT

**Mixtures of organic and inorganic substrates, particle size and proportion.** The objective of this paper was to review the mixtures of organic and inorganic materials used in the preparation of a new material, particle size, proportion, and their response in plant. In Mexico, agricultural waste is considered as a pollutant reservoir; however, from another perspective, this represents an industry with great potential. The nutrients ingested by animals represent nutriments available for plants when properly recycled. An option that minimizes the risk of contamination and improves its quality is the production of compost and vermicompost. Both processes are an alternative to organic production. A material by itself does not meet the optimum conditions. Reducing the volume of an organic material increases compaction and compression of roots, affecting the efficiency of irrigation and fertilization, so it is necessary to make mixtures with inorganic materials, that is used in the development of a new material for better growing conditions of the plant.

**Keywords:** nutrient recycling, biofertilizers, organic fertilizers.

<sup>1</sup> Recibido: 26 de agosto, 2014. Aceptado: 11 de febrero, 2015. El presente trabajo formó parte de una investigación posdoctoral del primer autor.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA). Km 15.5 Carretera Mérida– Xmatkuil, Apartado postal 4-116, Colonia: Itzimmá. Mérida, Yucatán, México. [emramoma@hotmail.com](mailto:emramoma@hotmail.com) (autor para correspondencia).

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Carretera Chetumal-Escárcega Km. 21.5, C.P 77965, Chetumal, Quintana Roo, México. [fcasanova@hotmail.com](mailto:fcasanova@hotmail.com)



## INTRODUCCIÓN

Los desechos agropecuarios manejados en forma inadecuada originan problemas de contaminación al ambiente (Méndez et al., 2009). En México, estos constituyen un reservorio de contaminantes en mantos freáticos y en el suelo. Esta realidad puede ser considerada como una industria novedosa, si se toma en cuenta la proporción de nutrientes ingeridos por los animales; los cuales pueden representar una fuente potencial de nutrimentos disponibles para las plantas, cuando son reciclados en forma adecuada (Civeira, 2010).

Los desechos agropecuarios transformados en sustratos orgánicos, mediante técnicas como el compostaje o vermicompost, poseen propiedades físicas, químicas y biológicas que permiten el crecimiento de los cultivos (Durán y Henríquez, 2010; Mendoza et al., 2011). Un material orgánico por si solo es difícil que cumpla con las condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas (Quesada y Méndez, 2005). La reducción del volumen de un sustrato facilita la compactación y la compresión de las raíces, afectando también la eficiencia del riego y la fertilización.

En los materiales orgánicos, las propiedades físicas son difíciles de corregir después de establecer un cultivo, por lo que se deben crear desde el inicio las condiciones más apropiadas para la planta (Baumgarten, 2008; López y López, 2012). Para cumplir con el suministro de agua y aire, los sustratos orgánicos deben poseer una porosidad mayor a 85% y capacidad de retención de agua, aunado a un drenaje rápido y una aireación entre 10 y 30% (Park et al., 2011). Por lo que es necesario realizar mezclas con materiales inorgánicos para obtener mejores condiciones de crecimiento para la planta (Baumgarten, 2008).

Muchos autores aun no están de acuerdo con respecto al tamaño de partícula adecuado y la proporción de materiales orgánicos e inorgánicos a utilizar. Esta información es importante para conocer un sustrato, que asegure un adecuado suministro de agua, nutrimentos y oxígeno para el crecimiento de las plantas. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión acerca de las mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos utilizados en la elaboración de un nuevo material sustrato, el tamaño de partícula, la proporción y su respuesta en planta.

## LOS DESECHOS AGROPECUARIOS

El crecimiento continuo de la población humana a nivel mundial influye en el aumento de la producción de alimentos. El 40% del alimento generado por el sector agrícola es de origen animal (EPA, 2010). Los desechos agropecuarios del sector agrícola, en la mayoría de los casos, afectan el entorno donde son depositados generando mal olor, incremento de insectos transmisores de enfermedades, reservorio de agentes patógenos y constituyen un importante reservorio de contaminantes de mantos freáticos y del suelo al ocasionar un aumento en la concentración de nitratos (N-NO<sub>3</sub>) (Civeira, 2010). Esta biomasa residual no es utilizada ni reincorporada al suelo, lo que conlleva una pérdida de humus (Bernal et al., 2009).

En granjas avícolas los trabajadores pueden presentar asma, pulmonía e irritación ocular cuando la ventilación es deficiente. Otro riesgo de enfermedades para la población humana es el consumo de agua contaminada con excretas, nitratos y hormonas (Massé et al., 2011).

El impacto ambiental como generación de gases y efecto invernadero ocasionado por excretas de ganado, dependerá de la especie pecuaria, del sistema de alimentación y del manejo del estiércol (Chadwick et al., 2011; Massé et al., 2011). Los estudios comparativos de impacto ambiental entre sistemas de producción animal extensivos y tecnificados son escasos. Los sistemas de producción de leche de tipo orgánico impactan menos al agua y al suelo (Thomassen et al., 2008), pero emiten más gases de efecto invernadero, comparados con los sistemas de leche convencionales (Place y Mitloehner, 2010). Sin embargo, los resultados son inciertos porque en su mayoría se basan en el concepto de cantidad y no de eficiencia (EPA, 2010). Los contaminantes de la industria lechera se deben evaluar considerando aquellos provenientes de la producción de cultivos y granos, producción y transporte de leche, procesamiento, empaque, distribución, venta al detalle, consumo y eliminación (Place y Mitloehner, 2010).

Actualmente, el aumento en la demanda de alimentos, ha provocado un uso intensivo de los recursos naturales (Méndez et al., 2009). Los impactos negativos producidos en el ambiente afectan la sostenibilidad de los sistemas productivos. La problemática asociada al manejo de los residuos y la necesidad de reducir la superficie destinada a los

vertederos afectan a la sociedad en general (Méndez et al., 2009; Morales et al., 2009).

Los residuos agropecuarios son considerados fuente de contaminación y no se han valorado como el subproducto de la agricultura susceptible de originar abonos orgánicos de calidad (Méndez et al., 2009). La tendencia global del manejo de los sistemas productivos hacia una producción sustentable de alimentos, demanda conocimientos básicos de los recursos tales como el manejo de los materiales orgánicos y el uso adecuado de los mismos como una alternativa viable, técnica y económica (Gómez et al., 2009; Morales et al., 2009; Civeira, 2010).

La aplicación de estiércol al suelo proporciona un beneficio ecológico, ya que el nitrógeno del este se encuentra como amoníaco y las plantas lo usan como nutrimento (Morales et al., 2009). La valoración del estiércol como fertilizante orgánico, comparada con la de fertilizantes químicos, es mínima. Por sus características orgánicas, el estiércol aumenta la capacidad de retención de agua, el intercambio catiónico y la filtración de agua al subsuelo, y reduce la erosión (Bernal et al., 2009). Sin embargo, se recomienda su procesamiento antes de su utilización en los cultivos. Los dos tipos de tratamiento de estiércol más importantes son el compostaje y el vermicompost (Mendoza et al., 2011).

## EL COMPOSTAJE

El compostaje es un proceso biológico aerobio de oxidación de materia orgánica, realizada por una sucesión dinámica de microorganismos de cuya actividad se genera calor que eleva la temperatura por arriba de los 50 °C durante varios días consecutivos. La temperatura mínima requerida para destruir microorganismos patógenos es de 50 °C (Morales et al., 2009), la *Salmonella typhi*, *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* son destruidos a 55 °C en una hora y los huevos de *Ascaris lumbricoides* a 50 °C también en una hora, estos últimos considerados como uno de los parásitos más resistentes al calor.

La acción de hongos y bacterias degradan moléculas hidrocarbonadas de la materia orgánica para formar materiales húmicos supramoleculares (Evanylo et al., 2008; Mylavaram y Zinati, 2009). Los ácidos húmicos y fúlvicos están estructurados con grupos

hidrofílicos e hidrofóbicos, cuyas interacciones con la parte mineral del suelo originan la aglutinación de las arcillas para formar microagregados limosos, mejoran la aireación y la capacidad de retención de agua y parte del carbono en la biomasa del suelo (Cruz-Crespo et al., 2013). Las variaciones de temperatura durante el proceso de composta destruyen a los patógenos y da origen a un producto estable e inodoro, de color marrón oscuro, inodoro y con olor a humus (Bernal et al., 2009). El compostaje puede utilizarse ya sea como acondicionador de suelos, como componente base para la elaboración de materiales orgánicos especializados o bien para mejorar la calidad del suelo agrícola (Bustamante et al., 2008; Carmona et al., 2012).

Los métodos más utilizados para el compostaje de la fracción orgánica de los residuos son: hileras o pilas con volteo periódico, pilas estáticas aireadas y reactores cerrados, los cuales difieren principalmente en el método utilizado para airear el sistema (Estévez et al., 2009; Mendoza et al., 2011).

## EL VERMICOMPOST

Los efectos benéficos de las lombrices de tierra en la fertilidad del suelo se conocen desde hace tiempo. En los últimos cincuenta años, son numerosos los ejemplos que demuestran sus efectos tanto en poblaciones naturales, como en poblaciones introducidas artificialmente (Mendoza et al., 2011).

El vermicompost transforma los desechos orgánicos en compuestos estables, en donde la lombriz roja Californiana (*Eisenia foetida*) presenta las mejores características de adaptación y producción (Cruz-Crespo et al., 2013). Las lombrices al alimentarse de residuos orgánicos ingieren una amplia variedad de materiales alimenticios y con su movilización desplazan las partículas a lo largo del sustrato, formando micro túneles que permiten la penetración de agua y aire (Mendoza et al., 2011).

La movilización de lombrices favorece el desarrollo y crecimiento de microorganismos aerobios, que conjuntamente degradan la materia orgánica hasta obtener vermicompost (Cruz-Crespo et al., 2013). Sin embargo, las lombrices son susceptibles al pH alcalino y a altas temperaturas, por lo que se recomienda para su alimentación utilizar desechos orgánicos estabilizados, ya sea en forma anaerobia o aerobia

por composteo (Durán y Henríquez, 2010). Una de las funciones de la glándula de Morrenen de la lombriz es secretar carbonato cálcico y producir una digestión alcalina, por lo que es de esperarse un pH ligeramente alcalino en el vermicompost, tal y como lo definieron Durán y Henríquez (2010). La aceleración de la descomposición de la materia orgánica inducida por las lombrices de tierra, especialmente las epigeas, es aprovechada para el tratamiento de residuos orgánicos como los provenientes de los animales, los agrícolas, los urbanos e industriales y su transformación en sustratos orgánicos (Rodríguez et al., 2007). Las lombrices se encargan de fraccionar el sustrato orgánico estimulando la actividad microbiana e incrementando las tasas de mineralización. El residuo orgánico se transforma en un material humificado cuya textura y tamaño de partícula son mucho más finas que los compostajes termofílicos tradicionales (Villa-Briones et al., 2008; Mendoza et al., 2011).

## PROBLEMAS CON EL USO DE SUSTRATOS ORGÁNICOS

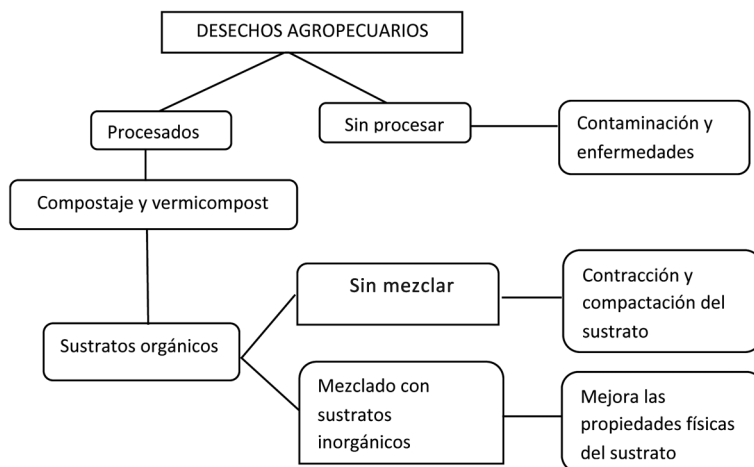
Una desventaja de los materiales orgánicos en relación a los inorgánicos es que son susceptibles de

continuar su descomposición en mayor o menor medida (Mendoza et al., 2011). Por otra parte, si los materiales orgánicos no fueron procesados adecuadamente durante el composteo, los componentes de este secuestrarán el N a medida que el material vegetal continúa la descomposición de celulosa (Veijalainen et al., 2008).

La descomposición del material orgánico dependerá del buen o mal proceso del vermicompost, que puede afectar el volumen del sustrato (Figura 1). Esto es un aspecto importante en el cultivo de plantas, al igual que la reducción de volumen, ya que este último facilita la compactación y la compresión de las raíces, afectando también la eficiencia del riego y la fertilización (Mendoza et al., 2011).

## EFECTO DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUSTRATO

La granulometría de un material orgánico e inorgánico determina el tamaño y distribución de los poros y la proporción agua-aire y en consecuencia el régimen de riego y el desarrollo de las plantas (Prasad y Chualán, 2004). Es por ello, que el análisis



**Figura 1.** Procesamiento de los desechos agropecuarios y la mezcla con materiales inorgánicos para la mejora de sus propiedades físicas. Mérida, Yucatán, México. Agosto, 2009.

**Figure 1.** Processing of agricultural waste and the mix with inorganic materials for improved of physical properties. Merida, Yucatan, Mexico. August, 2009.

granulométrico se considera como una práctica importante en la caracterización de sustratos (Noguera et al., 2004).

El tamaño de partícula menor a 0,5 mm, presenta la máxima influencia en la porosidad de aire y en la retención de agua, dado que la disminuye e incrementa, respectivamente (Prasad y Chualáin, 2004). Así, partículas mayores a 0,5 mm incrementan la porosidad total y disminuyen la retención de agua. Por tanto, el tamaño de partícula se tendrá que modificar o seleccionar adecuadamente para obtener propiedades físicas óptimas.

Según reportes realizados por Noguera et al. (2004) en polvo de coco y en corteza de pino y arena, el tamaño de partícula equivalente a 0,50 mm determina un cambio importante y altamente significativo sobre la relación humedad:aire, ya que presentan una óptima capacidad de retención de humedad (CRH), lo que significa que el agua se encuentra fácilmente disponible a las raíces de las plantas y una capacidad de aireación (CA) entre 70-84% que permite el crecimiento de estas sin daño mecánico por problemas de compactación; además, indicaron que partículas de ese tamaño modificaron en forma significativa la relación agua:aire.

Existe evidencia que si se utilizan diferentes proporciones de partículas menores a 1 mm de diámetro en mezclas de materiales preparados con turba y mezclas de turba, polvo de coco, corteza, composta de desecho de plantas y piedra pómez, el porcentaje de partículas menores a 1 mm tiende a aumentar, mientras que la CA disminuye (Prasad y Chualáin, 2004).

Es de gran importancia suministrar oxígeno y agua a la raíz de los cultivos, con el fin de lograr una adecuada disponibilidad de ambos en esa zona, ya que esto propicia efectos inmediatos sobre la forma y crecimiento de la misma; ello también propicia un incremento en la actividad metabólica y en la absorción de agua y nutrientes (Raviv et al., 2004).

En un estudio se reportaron valores de CA de 70 a 84% para fracciones mayores de 0,5 mm de polvo de coco, mientras que en fracciones menores de 0,5 mm estos valores fueron de 8 a 27%, lo que demuestra el efecto sobre la CA (Noguera et al., 2004). Por otra parte, Sampaio et al. (2008) reportaron valores altos en CRH en fracciones menores a 0,50 mm en polvo de coco.

Los valores de densidad aparente y real aumentan a medida que disminuye el tamaño de partícula. Cuando el diámetro de partícula se reduce por debajo

de 0,50 mm, la capacidad de aireación se reduce significativamente. Los valores de espacio poroso total y porosidad ocluida incrementan al aumentar el tamaño de partícula (Vargas et al., 2008).

Materiales orgánicos como polvo de coco y corteza de pino se han utilizado con un tamaño de partícula de 0,5 mm, el cual proporciona una óptima CA, CRH y agua disponible (Mendoza et al., 2011). Sin embargo, aún se desconoce si el mismo tamaño de partícula sea el ideal para sustratos como los que provienen del compostaje o vermicompost, ya que debido a su alto contenido orgánico su descomposición es más elevada (Cuadro 1).

## **VENTAJAS CON LAS MEZCLAS DE MATERIALES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS**

En ocasiones un material orgánico por sí mismo no cumple o no propicia las condiciones de crecimiento para un adecuado desarrollo en la planta, por lo que hay necesidad de realizar mezclas con materiales inorgánicos (Cruz-Crespo et al., 2010), para obtener mejores condiciones de crecimiento (Baumgarten, 2008).

La mezcla de la mayoría de los materiales inorgánicos con orgánicos, juega un papel importante en la obtención de uno nuevo, dado que la materia orgánica es un componente activo y su incorporación en el sustrato inorgánico mejora el espacio poroso, incrementa la retención de humedad y capacidad de intercambio catiónico (Park et al., 2011). Por otra parte, en los sustratos las propiedades físicas se consideran más relevantes que las químicas, debido a que estas últimas son difíciles de corregir después de establecer el cultivo, por lo que desde el inicio deben ser las más apropiadas (Richmond, 2010).

Para cumplir con el suministro de agua y aire, los sustratos orgánicos deben poseer una porosidad mayor del 85% y capacidad de retención de agua, aunado a un drenaje rápido y una aireación entre 10 y 30% (Park et al., 2011).

Un elemento importante a considerar cuando se utilizan materiales orgánicos es su contenido de materia orgánica, ya que la biodegradabilidad de esta afecta las propiedades del sustrato, principalmente las físicas, dado que constituye la mayor parte de la fase sólida (Picken et al., 2008).

**Cuadro 1.** Influencia del tamaño de la partícula en las propiedades físicas del material. Mérida, Yucatán, México. Agosto, 2009.

**Table 1.** Effect of particle size on physical properties of the material. Merida, Yucatan, Mexico. August, 2009.

Tamaño	Retención humedad	Capacidad aireación	Densidad		Espacio poroso total	Porosidad ocluida
			Aparente	Real		
Mayor a 0,5 mm	disminuye	70-84%	disminuye	disminuye	Aumenta	aumenta
Menor a 0,5 mm	aumenta	8-27%	aumenta	aumenta	disminuye	disminuye

Las características de los materiales orgánicos para el cultivo de plantas son variables con el tiempo, y por lo general las propiedades físicas del mismo tienden a reducirse. Por ello, se tiene que procurar que las características del sustrato sean lo más altas al inicio o estar lo más cercano posible a lo considerado como ideal (Noguera et al., 2004; Estévez et al., 2009).

Al combinar en varias proporciones turba con 10% de CA y perlita con 20% de CA, la CA se incrementó conforme la proporción de perlita fue mayor (Verdonck y Demeyer, 2004).

En mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos, cuando el tamaño de partícula del material inorgánico es mayor a 1 mm de diámetro que el orgánico, la capacidad de aireación se incrementa, lo que facilita el transporte de nutrientes y el desarrollo de las raíces (Civeira, 2010; Durán y Henríquez, 2010).

## TAMAÑO DE PARTÍCULA Y PROPORCIÓN

El programa de optimización con SAS con tezontle (TE) y tres vermicompost (VC1, VC2 y VC3) fue probado por Cruz-Crespo et al. (2010). Todos los materiales fueron tamizados y se empleó un tamaño de partícula entre 2 y 10 mm de diámetro para TE y vermicompost de 0,5 a 5 mm. De estas combinaciones se seleccionaron mezclas con las proporciones 65:35, 75:25 y 85:15 (porcentaje tezontle: vermicompost), vermicompost, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior, la mezcla TE-VC3, 65:35 resultó ser la mejor opción, en función de espacio poroso total (EPT), CA, materia orgánica (MO) y costo.

Dos compostas a partir de matorral compuesto mayoritariamente por tojo y especies herbáceas,

añadiendo en uno de ellos un 5% v/v de gallinaza fue obtenido por López y López (2012). Este compostaje se tamizó a 6 mm; se evaluó el compostaje elaborado como sus mezclas en proporciones 25/75, 50/50 y 75/25% (proporción compostaje y ganillaza). Se realizaron tres ensayos de producción diferentes; con lechuga (*Lactuca sativa* L.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y perejil (*Petroselinum crispum* (Mill) Fuss) para su comercialización en maceta. De los resultados se desprende que para los tres cultivos las mezclas que mejor respondieron son aquellas que contaban con más compostaje que con gallinaza.

En la naturaleza existen materiales orgánicos e inorgánicos alternativos que pueden utilizarse y que aun no han sido explorados en su totalidad. Debe tenerse en cuenta que la selección de materiales varía de una región a otra dependiendo de su disponibilidad, así como sus proporciones dentro de una mezcla. Es evidente que aun hace falta investigar acerca del tamaño de partícula en la mezcla de nuevos sustratos y su proporción.

## LITERATURA CITADA

- Baumgarten, A. 2008. Analytical methods for growing mediachallenges and perspectives. *Acta Hort.* 779:97-104.
- Bernal, M., J. Alburquerque, and R. Moral. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresour. Technol.* 100:5444-5453.
- Bustamante, M.A., C. Paredes, R. Moral, E. Agulló, M.D. Pérez, and M. Abad. 2008. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production. *Resour. Conserv. Recycl.* 52:792-799.

- Carmona, E., M.T. Moreno, M. Avilés, and J. Ordovás. 2012. Use of grape marc compost as substrate for vegetable seedlings. *Sci. Hort.* 137:69-74.
- Chadwick, D., S. Sommer, R. Thorman, D. Figueiro, L. Cardenas, B. Amon, and T. Misselbrook. 2011. Manure management: implications for greenhouse gas emissions. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167: 514-531.
- Civeira, G. 2010. Efecto de la aplicación de compost de residuos sólidos municipales sobre las propiedades de los suelos y el establecimiento de plantas en ambientes peri-urbanos. *Chi. J. Agric. Res.* 70:446-453.
- Cruz-Crespo, E., M. Sandoval-Villa, V. Volke-Haller, V. Ordaz-Chaparro, J.L. Tirado-Torres, y J. Sánchez-Escudero. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. *Terra Lat.* 28:219-229.
- Cruz-Crespo, E., A. Can-Chulim, M. Sandoval-Villa, R. Bugarín-Montoya, A. Robles-Bermúdez, y P. Juárez-López. 2013. Sustratos en la horticultura. *Rev. Biociencias* 2(2):17-26.
- Durán, U.L., y H.C. Henríquez. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agron. Mesoam.* 21:85-93.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2010. Animal feeding operations-laws, regulations, policies and guidance. United States Environment Protection Agency, USA.
- Evanylo, G., C. Sherony, J. Spargo, D. Starner, M. Brosius, and K. Haering. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer- manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agric. Ecosyst. Environ.* 127:50-58.
- Estévez, S.I., S. Seoane, A. Nuñez, and M.M. López. 2009. Characterization and evaluation of compost utilized as ornamental plant substrate. *Compost Sci. Util.* 7:210-219.
- Gómez, J., R. Minhorst, y I.I. Pineiro. 2009. Evaluación de diferentes sistemas de elaboración de sustratos de cultivo obtenidos a partir de tojo (*Ulex euroapeus* L.). *Span. J. Rural Develop.* 1(set):188-204.
- López, L.N., y F.A. López. 2012. Uso de un sustrato alternativo a la turba para la producción viverística de plantas hortícolas y aromáticas. Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural. *Recursos Rurais* 8:31-37.
- Massé, D.I., G. Talbot, and Y. Gilbert. 2011. On farm biogas production: A method to reduce GHG emissions and develop more sustainable livestock operations. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167:436-445.
- Méndez, N.R., B.E. Castillo, B.E. Vázquez, P.O. Briceño, P.V. Coronado, C.R. Pat, y P.G. Vivas. 2009. Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. *Ingeniería* 13:13-21.
- Mendoza, D., De La F. R. García, R.M. Belda, F. Fornes, y M. Abad. 2011. Compostaje y vermicompostaje de residuos hortícolas: evolución de parámetros físicos y químicos durante el proceso. Consecuencias ambientales. *Actas Hort.* 59:22-27.
- Morales, M.E., L.W. Trejo, R.R. Santos, y P.H. Bacab. 2009. Caracterización química de excretas de cerdo secas y maduras provenientes de tres niveles de energía. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 15:567-573.
- Mylavarapu, R.S., and G.M. Zinati. 2009. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Sci. Hortic.* 120:426-430.
- Noguera, P., M. Abad, R. Puchades, A. Maquieira, and V. Noguera. 2004. Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 34:593-605.
- Park, J., D. Lamb, P. Paneerselvam, G. Choppala, N. Bolan, and J. Chung. 2011. Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal (loid) contaminated soils. *J. Hazardous Mat.* 185:549-574.
- Picken, P., O. Reinikainen, and M. Herranen. 2008. Horticultural peat raw material and its chemical and physico-chemical characteristics in Western Finland and Western Estonia. *Acta Hort. (ISHS)* 779:415-422. [http://www.actahort.org/books/779/779\\_52.htm](http://www.actahort.org/books/779/779_52.htm) (accessed 10 aug. 2009).
- Place, S.E., and F.M. Mitloehner. 2010. Contemporary environmental issues: A review of the dairy industry's role in climate change and air quality and the potential of mitigation through improved production efficiency. *J. Dairy Sci.* 93: 3407-3416.
- Prasad, M., and D. Chualáin. 2004. Relationship between particle size and air space of growing media. *Acta Hort.* 648:161-166.
- Quesada, G., y C. Méndez. 2005. Análisis fisicoquímico de materiales y sustratos de uso potencial en almacigos de hortalizas. *Rev. Agric. Trop.* 35:1-13.
- Raviv, M., R. Wallach, and T.J. Blom. 2004. The effect of physical properties of soilless media on plant performance, a review. *Acta Hort. (ISHS)* 644:251-259.

- Richmond, F. 2010. Evaluación de distintas materias primas para la producción de almácigo de tomate. *Agron. Costarricense* 34(1):85-91.
- Rodríguez, D.N., R.P. Cano, Ch.E. Favela, V.U. Figueroa, A.V. Paul, G.A. Palomo, H.C. Márquez, y M.A. Reséndez. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Rev. Chapingo Serie Horticultura* 13:185-192.
- Sampaio, R.A., S.J. Ramos, D.O. Guilherme, C.A. Costa, e L.A. Fernandes. 2008. Produção de mudas de tomateiro em substratos contendo fibra de coco e pó de rocha. *Hortic. Bras.* 26:499-503.
- Thomassen, M.A., K.J. van Calker, M.C.J. Smits, G.L. Lepema, and I.J.M. de Boer. 2008. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agric. Systems* 96(1-3):95-107.
- Vargas, T.P., R.J. Castellanos, R.J. Muñoz, G.P. Sánchez, Ch.L. Tijerina, y R.R. López. 2008. Efecto del tamaño de partículas sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México, *Agric. Téc. Méx.* 34:323-331.
- Veijalainen, A.M., J. Heiskanen, M.I. Juntunen, and A. Lilja. 2008. Tree-seedling compost as a component in *Sphagnum* peat-based growing media for conifer seedling: physical and chemical properties. *Acta Hort. (ISHS)* 779:431-438.
- Verdonck, O., and P. Demeyer. 2004. The influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. *Acta Hort. (ISHS)* 644:99-101.
- Villa-Briones, A., E. Zavaleta-Mejía, M. Vargas-Hernández, O. Gómez-Rodríguez, y S. Ramírez-Alarcón. 2008. Incorporación de vermicomposta para el manejo de *nacobbus aberrans* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* mill.). *Rev. Chapingo Serie Hort.* 14:249-255.