

ANÁLISIS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN INVERNADERO EN COSTA RICA

ANALYSIS OF ALTERNATIVE ORGANIC SUBSTRATES FOR VEGETABLES GREENHOUSE PRODUCTION IN COSTA RICA

Cintha Meneses-Fernández¹ y Gustavo Quesada-Roldán^{2*}

¹Ingeniera Agrónoma. Correo-e: cinmefdez@gmail.com.

² Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Correo-e: gustavo.quesada@ucr.ac.cr

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

Se realizó la caracterización física, química y microbiológica de diferentes sustratos orgánicos buscando identificar materiales alternativos que puedan ser empleados para producir hortalizas en invernadero. Las materias primas seleccionadas fueron fibra de coco, fibra de hoja de palma, abono orgánico y aserrín de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) y a partir de ellas se elaboraron mezclas diversas de sustratos en diferentes proporciones. Se encontró que la fibra de hoja de palma tiene un tamaño grande de partícula, de ahí que retenga poca agua. La fibra de coco tiene una alta retención de humedad y buena aireación. Mezclas conteniendo fibra de coco y abono orgánico presentaron la mayor retención de agua y porosidad. El abono orgánico por su parte presentó las mayores concentraciones de K, Ca, Mg y S, mientras que para el P la mayor concentración se obtuvo con fibra de hoja de palma. Los niveles de pH se reportaron adecuados y solo en sustratos conteniendo abono orgánico y fibra de hoja de palma la conductividad eléctrica fue mayor a lo

recomendado. En la caracterización microbiológica en la fibra de coco se reportó la presencia de *Fusarium* sp y *Aspergillus* sp, lo que eventualmente puede afectar la sanidad del sustrato.

Palabras clave: sustratos, propiedades, agricultura protegida.

ABSTRACT

It was made, a physical, chemical and microbiological characterization of different organic substrates to identify alternative materials that could be used in vegetables greenhouse production. The raw materials selected were coconut fiber, oil palm leaf fiber, organic compost and melina sawdust (*Gmelina arborea* Roxb). With them, mixed substrates of different proportions were made. It found that oil palm leaf fiber has a big particle size that difficult water retention. Coconut fiber has high water retention and good aeration. Mixed substrates containing coconut fiber and organic compost had the

higher water retention and porosity. The highest concentration of K, Ca, Mg and S, was detected in organic compost, while for the P the highest level was found in the oil palm leaf fiber substrate. The pH levels were on a suitable range and only substrates containing organic compost and oil palm leaf fiber reported electrical conductivity higher than recommended. In the microbiological characterization was founded *Fusarium* sp and *Aspergillus* spp in the coconut fiber; eventually it could affect the substrate health.

Key words: *substrates, properties, protected agriculture.*

INTRODUCCIÓN

En apego a tendencias mundiales, la producción de hortalizas en invernadero en Costa Rica viene incrementándose de forma importante. La presión de plagas y enfermedades, la contaminación de los suelos, las variaciones e inestabilidad climática presentes en la actualidad y la necesidad de una producción rentable y de calidad han impulsado al sector hortícola de agricultura protegida a desarrollar nuevas tecnologías productivas que permitan el máximo aprovechamiento de la infraestructura productiva.

Los sustratos son una de esas tecnologías que han crecido de la mano con la agricultura protegida. Se definen como aquellos medios generalmente de buena porosidad que son utilizados para cultivar plantas sin emplear y más bien sustituir el recurso suelo (Takane *et al.*, 2013). Debido a sus excelentes propiedades como alto contenido de materia orgánica, pH bajo, baja disponibilidad de nutrientes, alto poder buffer, buena aireación y alta capacidad de retención de agua, la turba (*Sphagnum* sp) es ampliamente utilizada como punto de referencia y modelo de comparación para nuevos materiales de sustrato que van surgiendo (Fermio, 2014).

El aprovechamiento de subproductos agrícolas permite la valorización de

materiales de origen orgánico que comúnmente serían desecho y transformarlos en sustratos con potencial para ser empleados en la agroindustria hortícola protegida, sustituyendo eventualmente a las turbas. Una de las ventajas que representa el uso de los sustratos regionales es la disponibilidad y menor costo, valorizándose más aún los de origen orgánico que aprovechan algún residuo agrícola, dada la tendencia al manejo de sistemas de producción con enfoque sustentable (Porter-Humpert, 2000).

Dentro de los principales criterios para la selección de sustratos se encuentran propiedades físicas, químicas y biológicas dentro de rangos favorables para el crecimiento de las plantas, disponibilidad en la región, objetivo de uso, compatibilidad, facilidad de manejo y relación beneficio/costo (Cruz *et al.*, 2010; Jiménez, 2009).

En la escogencia de materiales orgánicos, deben preferirse materiales ricos en celulosas más resistentes y compuestos de ligninas (maderas y fibras vegetales) por sobre aquellos con altos contenidos de proteínas, aminoácidos y otros componentes nitrogenados (estiércoles). Las formas resistentes de materia orgánica persisten en el sustrato por periodos largos de tiempo ayudando a mantener condiciones bien drenadas y aireadas (Alvarado y Solano, 2002).

En Costa Rica existe la disponibilidad de residuos de cáscara de coco, hojas de palma aceitera, restos de corteza a partir del serrado de la madera empleada en la fabricación de tarimas para exportación y diversos tipos de compostaje que pueden llegar a constituirse en opciones interesantes de sustratos alternativos reduciendo la dependencia de materiales importados.

Así se planteó el presente trabajo que tiene por objetivo la caracterización física, química y microbiológica de sustratos orgánicos alternativos con potencial para ser

empleados en la producción de hortalizas bajo ambiente protegido en Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se definieron los sustratos enlistados en el Cuadro 1 confeccionados a partir de los materiales fibra de coco (FC), fibra de hoja de palma aceitera (FP), abono orgánico comercial (ABO) y aserrín de melina (AS). Estas materias primas se seleccionaron por su potencial y disponibilidad, para preparar y caracterizar física, química y microbiológicamente sustratos en mezcla para ser empleados en la producción de hortalizas en invernadero. Se procuró abarcar las posibles combinaciones, ya fuera usando dos, tres o cuatro de las materias primas.

La caracterización física se realizó en el Laboratorio de Ambiente Protegidos (LAP) de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (EEFBM) de la Universidad de Costa Rica, en donde se determinó la granulometría que corresponde a la separación de partículas por su tamaño. Esto se hace a través de una criba mecánica la cual consiste en frascos con diferentes mallas de tamiz colocados verticalmente uno sobre otro. Esta criba permite separar las partículas en tamaños mayores a 2 mm, de 1 a 2 mm, de 1 a 0.5 mm, de 0.5 a 0.25 mm y menores de 0.25 mm. Se debe llenar el frasco superior con el material seco evitando dejar espacios vacíos, luego se agita manualmente la criba durante dos minutos. Posteriormente se pesa el material contenido en cada frasco y se determina el porcentaje correspondiente a cada división. Se determinaron también en el LAP otras propiedades físicas como porosidad, capacidad de retención de agua y densidad de masa siguiendo la metodología propuesta por Cabrera (1995) y Fonteno (1996).

La caracterización química de los sustratos consistió en la determinación del pH y la conductividad eléctrica (ambos efectuados en el LAP) y se realizó siguiendo

la metodología de extracto de pasta saturada propuesta por Warnecke y Krauskopf (1983). También fue analizado el contenido de nutrientes presentes en los sustratos. Esto se realizó en el Laboratorio de Suelos y Foliare del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), de la Universidad de Costa Rica.

Cuadro 1. Sustratos seleccionados para la caracterización física, química y microbiológica (el porcentaje refleja la proporción de la materia prima utilizada para conformar el sustrato).

Identificación	Sustrato
M1	Fibra de coco en tabletas (comercial)
M2	Fibra de coco molida (FC)
M3	Fibra hoja de palma (FP)
M4	ABO
M5	FC50% + ABO50%
M6	FC40% + FP40% + ABO20%
M7	FC50% + FP50%
M8	FC25% + FP25% + ABO25% + AS25%
M9	FC40% + FP40% + AS20%
M10	FC70% + ABO30%
M11	FP70% + ABO30%
M12	FP50% + ABO50%
M13	FC70% + AS30%
M14	FP70% + AS30%
M15	ABO70% + AS30%

M=mezcla; ABO=Abono Orgánico Comercial; AS=aserrín de melina.

Referente a la caracterización microbiológica, básicamente se limitó a identificar la presencia de hongos dominantes en la muestra de sustrato. Se tomó una muestra de 500 g de cada una de las materias primas (fibra de coco, fibra de hoja de palma, aserrín de melina y abono orgánico comercial) y se llevó al Laboratorio de Microbiología Agrícola del CIA, para realizar la identificación de hongos predominantes. Esto con el fin de considerar la población de microorganismos presentes en la muestra y determinar posibles patógenos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas

La granulometría permite identificar la distribución del tamaño de las partículas (Fermino, 2014) dando una idea general de la calidad física del sustrato, pues por lo general granulometrías menores a 0,5 mm aumentan la retención de agua y disminuyen la aireación, contrario a lo observado con granulometrías superiores a 1 mm donde la aireación es mayor pero disminuye la retención de agua.

En las materias primas analizadas en esta investigación (Cuadro 2) se puede observar una granulometría muy diversa, como el caso de la fibra de hoja de palma (M3) donde un 82.41% de partículas presentó un tamaño mayor a 2 mm mientras que en el abono orgánico (M4) solo un 28.86% tuvo ese diámetro de partículas; en el caso de las partículas menores a 0.5 mm, en la fibra de hoja de palma un 3.7% fue registrado en ese rango, contrario al abono orgánico donde se observó un 38.47%; un alto contenido de partículas tan pequeñas

puede provocar problemas como un mal drenaje y poca aireación en las raíces debido a que la mayoría de poros están ocupados por agua y no aire.

En una mezcla de sustrato lo ideal es que la mayoría de partículas para componentes orgánicos e inorgánicos se encuentren en un tamaño entre 0.5 y 4.0 mm, y con menos de 20% presente en partículas más finas que 0.5 mm (Cabrera, 1995). Con el tratamiento M6 se logró una mejor distribución del tamaño de las partículas donde un 64.75% fueron partículas mayores a 2 mm y 5.74% menores a 0.25 mm. El tratamiento M10 tuvo una buena distribución de las partículas de acuerdo a su tamaño. Por otro lado en el caso de M14 un 71% de partículas fueron mayores a 2 mm y sólo un 2.88% fueron menores a 0.5 mm, lo que significa una buena aireación en el sustrato.

Los resultados sobre porosidad total, capacidad de retención de agua y densidad de masa se muestran en el Cuadro 3. Se destaca que las mezclas que contenían fibra de coco (independiente de la proporción de la misma) presentaron la mayor porosidad total en un rango de 86 a 67%.

Cuadro 2. Rangos de porcentaje promedio de la granulometría en los sustratos evaluados en el Laboratorio de Ambientes Protegidos de la EEFBM.

Identificación	Sustrato	% Promedio				
		> 2 mm	1 a 2 mm	0,5 a 1 mm	0,25 a 0,5 mm	< 0,25 mm
M1	Fibra de coco en tabletas (comercial)	62.31	15.14	11.45	8.22	2.88
M2	Fibra coco molida (FC)	53.85	12.09	15.38	13.19	4.40
M3	Fibra hoja de palma (FP)	82.41	7.41	6.48	3.70	0.00
M4	Abono Orgánico Comercial (ABO)	28.86	14.77	16.78	26.17	12.30
M5	FC 50% + ABO 50%	43.48	12.61	13.91	16.96	12.17
M6	FC 40% + FP 40% + ABO 20%	64.75	11.48	9.84	8.20	5.74
M7	FC 50% + FP 50%	75.36	11.59	7.25	2.90	0.72
M8	FC 25% + FP 25% + ABO 25% + AS 25%	44.44	16.37	15.20	12.87	11.70
M9	FC 40% + FP 40% + AS 20%	70.20	11.92	9.27	5.30	1.99
M10	FC 70% + ABO 30%	47.95	14.38	14.38	15.07	9.59
M11	FP 70% + ABO 30%	57.99	12.43	8.88	8.88	11.83
M12	FP 50% + ABO 50%	43.40	11.49	12.77	14.47	16.60
M13	FC 70% + AS 30%	56.12	13.27	14.29	10.20	4.08
M14	FP 70% + AS 30%	71.63	12.50	9.62	2.88	0.00
M15	ABO 70% + AS 30%	26.37	16.72	17.04	21.54	17.04

M=mezcla; ABO=Abono Orgánico Comercial; AS=aserrín de melina.

Cuadro 3. Porosidad total, capacidad de retención de agua y densidad de masa de los sustratos evaluados en el Laboratorio de Ambientes Protegidos de la EEFBM.

Identificación	Sustrato	Porosidad total (%)	Capacidad retención de agua (%)	Densidad de masa (g/ml)
M1	Fibra de coco en tabletas (comercial)	76.31	55.80	0.15
M2	Fibra coco molida (FC)	80.84	55.84	0.14
M3	Fibra hoja de palma (FP)	53.04	22.24	0.13
M4	Abono Orgánico (ABO)	62.72	55.52	0.33
M5	FC 50% + ABO 50%	67.04	55.44	0.25
M6	FC 40% + FP 40% + ABO 20%	74.72	49.12	0.19
M7	FC 50% + FP 50%	78.40	49.20	0.15
M8	FC 25% + FP 25% + ABO 25% + AS 25%	75.20	58.40	0.21
M9	FC 40% + FP 40% + AS 20%	77.12	56.32	0.15
M10	FC 70% + ABO 30%	75.16	53.36	0.20
M11	FP 70% + ABO 30%	46.88	39.28	0.23
M12	FP 50% + ABO 50%	58.52	45.92	0.27
M13	FC 70% + AS 30%	86.08	57.28	0.15
M14	FP 70% + AS 30%	56.72	31.52	0.14
M15	ABO 70% + AS 30%	63.92	53.12	0.29

M=mezcla; ABO=Abono Orgánico Comercial; AS=aserrín de melina.

Lo contrario fue observado en las mezclas conteniendo fibra de hoja de palma, caso de las mezclas M11, M12 y M14, donde se obtuvieron los valores más bajos de porosidad total (en un rango de 46% a 58%). La porosidad total no especifica el tamaño de los poros (los microporos permanecen con agua y los macroporos están ocupados por aire), por lo que para saber si un sustrato presenta alta retención de agua o buen intercambio gaseoso esas propiedades deben ser consideradas individualmente.

La capacidad de retención de agua se comportó similar a la porosidad total; aquellas mezclas de sustratos que contenían abono orgánico y fibra de coco presentaron mayor capacidad de retener agua. Así el material M5 tuvo un 55% de retención igual que el M1 y las mezclas M10 y M15 presentaron 53% de retención de agua. Quesada y Méndez (2005), reportan que

mezclas conteniendo fibra de coco consistentemente presentan mayor retención de agua. En el caso de la fibra de hoja de palma y las mezclas que la contenían en una mayor proporción, se presentó una menor capacidad de retención de agua. Este fue el caso de las mezclas M11, M12 y M14 con valores de 39%, 45% y 32% respectivamente.

Respecto a la densidad de masa, algunos de los materiales tuvieron valores dentro de un rango por encima del óptimo estimado (menor a 0.2 g/ml) según Abad *et al.* 1999, citado por Guzmán (2003). Las densidades más altas fueron encontradas con la presencia de abono orgánico en el medio. Densidades altas no implican muchas limitantes propiamente en la relación sustrato/planta, pero sí en aspectos de logística, pues hacen los materiales más pesados y difíciles de manipular.

Propiedades químicas

A diferencia de las propiedades físicas, las propiedades químicas pueden ser fáciles de alterar a lo largo de un ciclo de producción, en particular, cuando se recurre a programas intensivos de nutrición y uso de fertilizantes de lenta liberación (Ortega, 2010; Quesada y Méndez, 2005). La ausencia de arcillas y complejos coloidales en los sustratos, que sí están presentes en los suelos y por lo general les brindan estabilidad química y poder de amortiguación (Fermino, 2014), hace que sea imprescindible un buen balance catión/anión, pH y conductividad eléctrica apropiados para un óptimo desarrollo y crecimiento de las plantas cultivadas en sustratos. El Cuadro 4 resume las propiedades químicas analizadas en este experimento.

En varias situaciones se prefieren sustratos inertes, sin embargo esto es difícil de alcanzar trabajando con sustratos orgánicos; en todo caso, el aporte nutricional

que hacen ayuda al balance catiónico de las mezclas disminuyendo los efectos de desbalances nutricionales por formulaciones mal constituidas o mal aplicadas. De la información del Cuadro 4, comparando las materias primas por sí solas, el abono orgánico obtuvo las concentraciones más altas de calcio, magnesio, potasio y azufre; seguido por la fibra de coco para los mismos elementos con excepción del potasio, donde el segundo lugar en concentración lo ocupó la fibra de hoja de palma. La mayor concentración de fósforo en las materias primas la obtuvo la fibra de hoja de palma con un 68.1 mg/kg, mientras que para este elemento el abono orgánico fue la materia prima con menor concentración, sólo 19 mg/kg. En los sustratos en mezcla, el aporte nutricional de las materias primas predominó; así por ejemplo para potasio mezclas conteniendo abono orgánico y fibra de hoja de palma como FP 70% + ABO 30% y FP50% + ABO50% obtuvieron concentraciones mayores con 1279.3 y 1033.5 mg/kg respectivamente.

Cuadro 4. Contenido nutricional, pH y conductividad eléctrica de los sustratos analizados.

Identificación	Sustrato	mg/kg						pH	CE mS/cm
		N	P	Ca	Mg	K	S		
M2	Fibra coco molida (FC)	ND	28.0	120.9	39.7	563.8	43.6	6.0	3.0
M3	Fibra hoja de palma (FP)	ND	68.1	38.6	11.0	784.3	29.5	6.6	3.0
M4	Abono Orgánico (ABO)	ND	19.0	256.7	93.8	978.8	89.7	6.0	5.4
M5	FC 50% + ABO 50%	ND	45.3	27.7	8.0	182.7	11.0	5.5	1.0
M6	FC 40% + FP 40% + ABO 20%	ND	66.7	83.9	29.7	701.9	34.9	6.3	3.2
M7	FC 50% + FP 50%	ND	85.1	43.3	13.3	486.1	18.7	6.5	2.1
M8	FC 25% + FP 25% + ABO 25% + AS 25%	ND	27.6	71.9	24.6	541.5	33.7	6.3	2.5
M9	FC 40% + FP 40% + AS 20%	ND	54.2	34.2	12.0	402.3	17.8	6.5	1.7
M10	FC 70% + ABO 30%	ND	24.0	103.0	36.4	548.2	43.4	5.7	3.0
M11	FP 70% + ABO 30%	ND	28.5	143.0	50.9	1279.3	71.7	6.4	5.4
M12	FP 50% + ABO 50%	ND	19.3	169.1	59.0	1033.5	69.3	6.1	4.8
M13	FC 70% + AS 30%	ND	21.0	19.4	6.9	181.7	10.8	5.9	0.9
M14	FP 70% + AS 30%	ND	71.4	55.6	16.6	832.2	30.5	5.8	3.1
M15	ABO 70% + AS 30%	ND	ND	117.0	42.0	572.0	48.0	7.0	3.0

M=mezcla; ABO=Abono Orgánico Comercial; AS=aserrín de melina.

El pH y la conductividad eléctrica (CE) son propiedades que afectan directamente la rizósfera de una planta por lo que el monitoreo constante de estas propiedades es muy importante. En relación al pH, los sustratos se mantuvieron en un rango de 5.5 el menor (FC 50% + ABO 50%) a un máximo de 7.0 (ABO 70% + AS 30%), por lo que no hubo valores extremos de pH. Un valor de pH óptimo para sustratos de base orgánica puede oscilar entre 5.0 y 5.8 (Kampf, 2005), por lo que en este aspecto la mayoría de los sustratos evaluados no presentan mayores inconvenientes.

Sobre la conductividad eléctrica, Warnecke y Krauskopf (1983) recomiendan que no exceda de 3 mS/cm para evitar problemas en el cultivo. Ambos, el abono orgánico comercial y la mezcla FP 70% + ABO 30% presentaron un valor de CE de 5.4 mS/cm. A su vez la mezcla de FP 50% + ABO 50% alcanzó una CE equivalente a 4.8 mS/cm. La conductividad de estos tres materiales es excesiva y compromete mucho su selección como un sustrato apto para cultivar hortalizas. Algunas de las mezclas restantes tienen valores próximos o ligeramente superiores a 3.0 mS/cm, por lo que de trabajarse con esos sustratos, la conductividad debe ser estrictamente controlada; entre tanto las mezclas M5, M9 y M13 ofrecen una baja conductividad lo que facilita su manejo.

Propiedades microbiológicas

En cuanto a las propiedades microbiológicas se realizó un análisis que determinó la presencia de algunos hongos en las cuatro materias primas evaluadas (Cuadro 5). En fibra de coco y fibra de hoja de palma se detectó la presencia de *Trichoderma* sp, lo cual no representa ningún peligro en su empleo. En el abono orgánico y el aserrín de melina se identificaron los hongos *Penicillium* sp y *Mucor* sp que tampoco son una amenaza fitopatológica que puedan comprometer la calidad del sustrato. Sin embargo otros hongos

potencialmente más dañinos desde el punto de vista fitopatológico como *Fusarium* sp y *Aspergillus* sp se presentaron en la fibra de coco aunque sin llegar a determinarse el número de unidades formadoras de colonias, para conocer si podían representar un problema real. Dado el frecuente empleo de la fibra de coco como sustrato, es interesante considerar que es un medio hospedero de esos hongos, por lo que no se puede desatender la sanidad de ese medio.

Cuadro 5. Presencia de hongos dominantes en los cuatro materiales utilizados como materias primas para la elaboración de sustratos

Sustrato	Género dominante
Fibra de coco	<i>Trichoderma</i> sp. <i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus</i> sp. <i>Fusarium</i> sp.
Abono orgánico comercial	<i>Penicillium</i> sp. <i>Mucor</i> sp.
Aserrín de melina	<i>Penicillium</i> sp. <i>Mucor</i> sp.
Fibra de hoja de palma	<i>Trichoderma</i> sp.

CONCLUSIONES

Por su granulometría más fina, la fibra de coco presenta alta capacidad de retención de agua y porosidad, al contrario de la fibra de hoja de palma con granulometría más gruesa. La tendencia encontrada fue que esas propiedades predominaron al momento de elaborar y analizar las mezclas de sustratos conteniendo esos materiales.

De las materias primas individuales, el abono orgánico presenta la mayor concentración de Ca, Mg, K y S, mientras que la fibra de hoja de palma la mayor concentración de P. Los sustratos evaluados se ubicaron en un rango adecuado de pH y

se encontró una tendencia hacia valores más altos de conductividad eléctrica en medios conteniendo mayores proporciones de abono orgánico.

En la fibra de coco se detectó la presencia de *Fusarium* sp y *Aspergillus* sp, sin que se determinará si estaba en un número de unidades formadoras de colonias elevado que comprometiera la calidad fitosanitaria del sustrato.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero para realizar este trabajo, a la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica (FITACORI) y al Programa de Hortalizas de la EEFBM. Además el apoyo logístico del Programa Nacional de Agricultura bajo Ambientes Protegidos (ProNAP) del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, M., J. Solano. 2002. Producción de sustratos para viveros. VIFINEX-OIRSA. Costa Rica, 50 pp.
- Cabrera, R. 1995. Fundamentals of container media management, part 1: Physical properties. Rutgers Cooperative Extension. New Jersey Agricultural Experiment Station. The State University of New Jersey. 4 pp.
- Cruz, E., M. Sandoval, V. Volke, V. Ordaz, J.L. Tirado, J. Sánchez. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. Terra Latinoamericana 28: 219-229.
- Fermino, M. H. 2014. Substratos: Composição, caracterização e métodos de análise. Agrolivros. Brasil, 111 pp.
- Fonteno, W. 1996. Sustratos: tipos y propiedades físicas y químicas. Pp: 93-123. *In*: Reed, D. (Ed.) Guía del productor: Agua, sustratos y nutrición en los cultivos de flores bajo invernadero. Ball publishing-HortiTecnica Ltda. Colombia. 230 pp.
- Guzmán, J. M. 2003. Sustratos y tecnología de almácigo. *In*: Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos. UCR-CYTED. San José, Costa Rica. sp.
- Jiménez, J. 2009. Cultivos sin suelo. pp 188-205. *In*: Jiménez, J. (Ed.). Manejo de hortalizas en ambientes protegidos. Horticultura Protegida. México.
- Kampf, A. 2005. Substrato. pp 45-88. *In*: Kampf, A (Ed.). Produção comercial de plantas ornamentais. Agrolivros. Brasil, 254 pp.
- Ortega, L. 2010. Efecto de los sustratos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis para obtener el grado de Máster en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México.
- Porter-Humpert, C. 2000. New trends in sustainable farming build compost use. ByoCycle 41: 30-35.
- Quesada, G; Méndez, C. 2005. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. Revista de Agricultura Tropical. 35: 01-13.
- Takane, R., S. Yanagisawa, E. Góis. 2013. Técnicas em sustratos para a floricultura. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora. Brasil, 148 pp.
- Warnecke, D., D. Krauskopf. 1983. Greenhouse growth media: Testing and nutrition guidelines, Extension Bulletin E-1736. Cooperative Extension Service, Michigan State University.