

Efecto de diferentes sustratos sobre la emergencia y desarrollo de plantas de lechosa en vivero

Dugnia Betancourt¹, Carmen Basso¹, Marta Barrios^{1*} y Jorge Parés²

¹Instituto de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua, Venezuela

²Decanato de Agronomía. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Apdo. 400. Barquisimeto, Lara, Venezuela

RESUMEN

Debido a la importancia de seleccionar un sustrato adecuado para el logro de plantas vigorosas, se realizó un experimento para evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre la emergencia y desarrollo de plantas de lechosa durante la fase de vivero. Los sustratos consistieron de suelo y su mezcla con cuatro materiales (humus de lombriz, arena, cascarilla de arroz cruda y estiércol vacuno) en dos proporciones (2:1 y 3:1) y a cada mezcla se le determinaron las características físicas y químicas iniciales. El diseño de experimentos utilizado fue de bloques al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones y se evaluó la emergencia de plántulas a los 21 d después de la siembra, la altura de la planta, número de hojas, diámetro del tallo y peso seco de la planta a las 13 sem después de la siembra. Igualmente, se determinaron tres índices morfológicos (relación masa aérea/masa radical, coeficiente de esbeltez e índice de calidad de Dickson) y el estado nutricional. Los resultados indicaron que un mayor espacio poroso del sustrato favoreció la emergencia, mientras que una mayor capacidad de retención de humedad permitió lograr plantas de mejor desarrollo. Las plantas de mejor calidad, de acuerdo al índice de Dickson, se obtuvieron en los sustratos constituidos por suelo solo de textura franco-arenosa y sus combinaciones con humus de lombriz y estiércol vacuno en proporción 3:1. La cascarilla de arroz cruda en las mezclas permitió lograr un alto porcentaje de emergencia de plántulas; sin embargo, afectó negativamente a las plantas durante el desarrollo en el vivero.

Palabras clave: *Carica papaya*, medio de crecimiento, plántulas, nutrición mineral

Effect of different substrates on emergency and development of papaya plants in nursery

ABSTRACT

Due to the importance of selecting an appropriate substrate for vigorous plants, an experiment was carried out to evaluate the effect of different substrates on the emergency and development of papaya plants in nursery conditions. The substrates used consisted of a mixture of soil with four materials (worm humus, sand, raw rice husk, and decomposed livestock manure) at two ratios (2:1 and 3:1) and there were determined the physical and chemical characteristics of each mixture. The experimental design was a randomized block with 9 treatments and 4 replications. It was evaluated seedlings emergency at 21 d after sowing, as well as height, leaves number, stem diameter, and dry weight at 13 w after sowing. Also, three morphological index (top/root relationship, slenderness coefficient and quality index of Dickson) and plant mineral nutrition were evaluated. Results indicated that a bigger air space improved the emergency while a bigger water-holding capacity allowed better developed plants. Plants of higher quality according to Dickson index were obtained in sandy-loam soil texture substrates and their combinations

*Autor de correspondencia: Marta Barrios

E-mail: martabarrios3@gmail.com;

with worm humus and decomposed livestock manure at ratio 3:1. Raw rice husk in the mixture allowed a high percentage of seedlings emergency, however, it caused severe damages in plants during its development in nursery.

Key words: *Carica papaya*, growing medium, seedlings, mineral nutrition.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de las técnicas de manejo del cultivo de la lechosa, utilizando variedades con características agronómicas adecuadas, es la alternativa más viable para obtener una buena floración y fructificación. Dentro de las prácticas de manejo, las relativas a la fase de vivero son fundamentales a fin de llevar al campo plantas vigorosas, siendo necesario, en primer lugar, seleccionar un sustrato que permita una buena emergencia y adecuado desarrollo de las plantas.

Las propiedades que presenta un sustrato son importantes, ya que de ellas dependerá el desarrollo de las diferentes plantas. Los sustratos minerales se suelen añadir a otros materiales para producir y mantener un sistema estructural de macroporos que proporcione aireación y drenaje. La mayoría de ellos presentan muy baja capacidad de intercambio catiónico y proporcionan una base químicamente inerte para el medio en el cual se desarrollará la planta (Rubira y Bueno, 2000). Por otra parte, la materia orgánica incorporada al suelo permite cambios sobre las propiedades físicas y biológicas de los suelos debido a la actividad de los organismos presentes en esta (Castro *et al.*, 2009).

En el cultivo de frutales y de lechosa en particular, existe muy poca información sobre este tema. En líneas generales, Morales-Payan y Stall (2003) indicaron que el sustrato a utilizar para lechosa debe estar constituido por una mezcla de tierra arenosa y estiércol bien descompuesto o de otro material rico en materia orgánica, en proporción 3:1, teniendo cuidado de ofrecer una aireación suficiente para evitar la ocurrencia de enfermedades por hongos del suelo. Por su parte, Kiyoshi *et al.* (2004) señalaron que para la siembra en envases debe utilizarse tierra de buena calidad o una mezcla de arena, materia orgánica y tierra en proporción 1:1:1, la cual debe ser desinfectada.

Gil y Miranda (2007) estudiaron los efectos de diferentes sustratos sobre la germinación y desarrollo de la planta de lechosa, utilizando mezclas de suelo arcilloso y franco-arcilloso con musgo, vermiculita y arena, concluyendo que es importante utilizar suelo en las mezclas y conviene agregar arena cuando se utilicen suelos arcillosos, usando una proporción 1:1; igualmente, indican que los suelos franco-arcillosos no

requieren enmiendas. Por otra parte, Cordeiro *et al.* (1998) evaluaron diferentes proporciones de sustratos constituidos por arena lavada de río, tierra vegetal y estiércol de ganado vacuno, no encontrando efectos sobre la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas de lechosa.

A nivel de vivero, la incorporación de abonos orgánicos (estiércol de ganado vacuno y humus de lombriz californiana) y enmiendas (cal agrícola) a un suelo de textura arenosa y pH 4,1, incrementó de manera significativa la capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica y pH, además de los niveles de P, K, Ca y Mg disponibles. Igualmente se observó un aumento en la productividad del suelo, evaluado mediante el análisis de plantas de *Citrus volkameriana* (Rodríguez, 1998). En café 'Caturra', el uso de arena como sustrato causó efectos favorables sobre la germinación y el desarrollo de las plántulas; un 50% de humedad en el sustrato contribuyó a la adherencia de las plantas al mismo, mejorando el desarrollo del sistema radical y permitiendo una adecuada absorción de agua y nutrimentos, lo que condujo a un mayor crecimiento (Guevara *et al.*, 1997). Pire y Pereira (2003) evaluando las características de seis componentes de sustratos de uso común en horticultura, encontraron que la cascarilla de arroz presenta altos valores de porosidad total y bajos de densidad real y aparente por lo que permite una mejor aireación y circulación del agua.

Por la importancia que reviste llevar a campo plantas vigorosas para su mejor establecimiento, es pertinente ofrecer alternativas de manejo en vivero y para ello se evaluaron los efectos de diferentes sustratos sobre la emergencia y desarrollo de plantas de lechosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en condiciones protegidas (casa de vidrio) en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, en Maracay (estado Aragua, Venezuela), utilizándose un diseño de bloque al azar para evitar la variabilidad debida a la luminosidad, con 4 repeticiones y 9 tratamientos, los cuales se describen en el Cuadro 1. La unidad experimental estuvo constituida por cinco bolsas de polietileno negro con capacidad de 1 kg, con tres plantas cada uno, para realizar el sexado en campo.

Cuadro 1. Identificación y descripción de los sustratos evaluados.

Tratamiento	Descripción del sustrato
S	Solo suelo
2S1H	2 partes de suelo: 1 parte de humus de lombriz
3S1H	3 partes de suelo: 1 parte de humus de lombriz
2S1A	2 partes de suelo: 1 parte de arena de río
3S1A	3 partes de suelo: 1 parte de arena de río
2S1C	2 partes de suelo: 1 parte de cascarilla de arroz cruda
3S1C	3 partes de suelo: 1 parte de cascarilla de arroz cruda
2S1E	2 partes de suelo: 1 parte de estiércol descompuesto de vacuno
3S1E	3 partes de suelo: 1 parte de estiércol descompuesto de vacuno

A cada sustrato se le determinó la textura (método de Bouyoucos), contenido de materia orgánica (método de Walkley-Black), nitrógeno total (método de Kjeldhal modificado), pH (medido en suspensión suelo: agua 1:1), conductividad eléctrica (medición de la resistencia eléctrica entre dos electrodos paralelos sumergidos en una suspensión suelo:agua), capacidad de intercambio catiónico efectiva (método del acetato de amonio 1N a pH 7,0) y el contenido de P (método colorimétrico usando el complejo Vanado-molibdo-fosfórico en un sistema acidificado con solución Carolina del Norte), K, Ca, y Mg (lectura directa en espectrofotómetro de absorción atómica a partir del extracto de suelo obtenido con la solución extractora Carolina del Norte) (Facultad de Agronomía, 1993). El carbono se estimó a partir de los valores de materia orgánica mediante la fórmula: $C = MO/1,73$, donde C representa el contenido de carbono, MO, el de materia orgánica y 1,73 es una constante (Casanova, 1994); seguidamente, se calculó la relación carbono/nitrógeno. Igualmente en los sustratos se determinaron el espacio poroso y la capacidad de retención de humedad, de acuerdo a la metodología de Ingram *et al.* (1990).

La siembra se realizó en bolsas que contenían los diferentes sustratos, previamente desinfectados con vapor de agua por 1 h; para ello se usó un tambor de 200 L cerrado, con una hornilla a gas en la base y sobre la cual había un envase de metal con agua y tapa hueca, en donde se colocó el sustrato a evaluar. Se utilizaron semillas recién cosechadas secas y sin sarcotesta provenientes de frutos maduros de lechosa 'Cartagena Amarilla' y se sembraron 10 semillas por bolsa a fin de evaluar la emergencia de las plántulas a los 21 d después de la siembra, momento en el cual se efectuó un raleo dejando tres plantas por bolsa y seleccionando las de mayor desarrollo.

El riego se realizó 1-2 veces por día durante las primeras tres semanas y luego a intervalos diarios hasta la culminación del ensayo, a fin de satisfacer las necesidades hídricas de las plantas en vivero; las cantidades de agua aplicadas fueron las mismas en cada bolsa. En la semana siete después de la siembra

se realizó una fertilización foliar, la cual consistió en la aplicación de 120 mL por planta de Hidro Foliar (18-18-18) en dosis de 10 g/L agua. El control de malezas se realizó en forma manual.

Además de la emergencia, evaluada en cada bolsa (5 por unidad experimental), también se evaluaron las características morfológicas: altura, diámetro del tallo, peso seco (total, parte aérea, parte radical) de la planta y los índices morfológicos: relación parte aérea/parte radical, coeficiente de esbeltez e índice de calidad de Dickson, según Birchler *et al.* (1998); estas variables fueron evaluadas en todas la plantas, a las 13 sem después de la siembra, momento en que estuvieron aptas para el trasplante a campo. También se determinaron, en tejido foliar, las concentraciones de N (método colorimétrico usando el reactivo de Nessler), P (método colorimétrico usando el complejo Vanadato-Molibdato), K, Ca y Mg (lectura directa en espectrofotómetro de absorción atómica) (Facultad de Agronomía, 1993).

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación múltiple de medias de acuerdo a Waller-Duncan ($P \leq 0,05$) utilizándose los paquetes estadísticos Statistix (Statistix, 2003) y SAS (SAS, 2001). Para evaluar la relación entre las características iniciales del sustrato y las variables de la planta se realizaron análisis de correlación de Pearson ($P \leq 0,05$), excluyéndose la relación C/N y los índices morfológicos por ser variables adimensionales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de los sustratos

En el Cuadro 2 se presentan los valores obtenidos en la evaluación de los sustratos. Como se observa, los sustratos presentaron textura franco arenosa, excepto 2S1A y 3S1A que se clasificaron en areno francosa, debido a la adición de arena. Los mayores porcentajes de espacio poroso fueron observados en los sustratos con cascarilla de arroz, seguidos por los que contenían arena; en ambos casos los tratamientos con proporción 3:1 mostraron la tendencia a un mayor espacio poroso.

Cuadro 2. Características físicas y químicas de los sustratos evaluados para plantas de lechosa durante la etapa de vivero.

Variable ²	Tratamiento ¹								
	S	2S1H	3S1H	2S1A	3S1A	2S1C	3S1C	2S1E	3S1E
Textura ³	Fa	Fa	Fa	aF	aF	Fa	Fa	Fa	Fa
a (%)	70	72	72	80	78	72	72	72	70
A (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
L (%)	26	24	24	16	18	24	24	24	26
EP (%)	19,20	2,23	12,50	19,66	22,01	23,64	26,52	3,45	13,07
CRH (%)	23,52	32,27	28,98	16,55	19,40	22,01	22,65	34,78	29,55
MO (g/kg)	13,0	37,0	31,6	6,0	10,5	13,8	13,2	38,1	28,9
C (g/kg)	7,5	21,4	18,3	3,5	6,1	8,0	7,6	22,0	16,7
NT (g/kg)	0,39	2,26	2,03	0,33	0,74	0,65	0,72	2,04	1,80
C/NT	19,26	9,46	9,0	10,61	8,20	12,28	10,60	10,79	9,28
pH (1:1)	7,14	7,01	7,12	7,39	7,30	7,40	7,35	6,88	7,12
CE (dS/m)	0,55	1,56	1,97	0,38	0,49	0,32	0,39	2,77	1,74
CICE (cmolc/kg)	9,82	18,01	15,76	7,62	8,01	8,62	8,96	18,06	15,69
P (mg/kg)	103	106	117	100	104	110	115	111	113
K (mg/kg)	50	296	184	37	50	132	95	680	368
Ca (mg/kg)	1890	3568	3512	1426	1764	2368	2167	2052	2390
Mg (mg/kg)	77	232	185	54	71	130	173	252	237
Na (mg/kg)	12	30	38	14	13	8	16	119	71

¹ S: Suelo; H: humus de lombriz; A: arena de río; C: cascarilla de arroz cruda; E: Estiércol descompuesto de vacuno.

² a: arena, A: arcilla, L: limo; EP: espacio poroso, CRH: capacidad de retención de humedad, MO: materia orgánica, C: carbono, NT: nitrógeno total, C/NT: relación carbono/nitrógeno total, CE: conductividad eléctrica, CICE: capacidad de intercambio catiónico efectiva.

³ Fa: franco arenosa; aF: areno francosa

El tratamiento con suelo solamente presentó valores de espacio poroso muy similares al que contenía arena en proporción 2:1; por el contrario, los sustratos con humus de lombriz y estiércol de ganado vacuno presentaron los valores más bajos, disminuyendo fuertemente en las proporciones 2:1. Los sustratos con cascarilla de arroz presentaron el mayor porcentaje de espacio poroso. Al respecto, Casanova (1994) señala que la circulación del aire en el suelo está determinada por su estructura y textura, condiciones que pueden modificarse por la adición de materiales orgánicos al suelo, sin obviar que la misma mejora la capacidad de retención de agua. Por su parte, Ingram *et al.* (1990) señalan que los requerimientos de aire adecuados para plantas cultivadas en recipientes deben estar en un rango de 10 a 20%, por lo que se puede señalar que la mayoría de los sustratos evaluados presentaron una adecuada aireación, ya que se determinaron valores entre 10 y 25%, excepto en los tratamientos con humus y estiércol en proporción 2:1.

En cuanto a la capacidad de retención de humedad, el mayor valor fue observado en los sustratos con adición de humus de lombriz y estiércol, siendo más altos los valores cuando se utilizó la proporción 2:1. En este sentido, Rivero (1999) indicó que las sustancias orgánicas tienen la capacidad de incrementar la retención de agua del suelo debido a su carácter

hidrofílico. Por otra parte, los tratamientos 2S1A y 3S1A presentaron los valores más bajos de retención de humedad, atribuible a la presencia de arena, material que mejora el drenaje evitando la acumulación de humedad; la capacidad de retención fue menor en la proporción 2:1. Los tratamientos que contenían cascarilla de arroz cruda presentaron porcentajes ligeramente más altos que los sustratos con arena añadida y éstos a su vez fueron similares a los del sustrato con tierra solamente, indicando que la adición de este material no mejoró la capacidad de retención de humedad a pesar de ser considerado un sustrato orgánico. Al respecto, Spittlehouse y Stathers (1990) y Pire y Pereira (2003) señalan que los materiales orgánicos no descompuestos, caso de la cascarilla utilizada, presentan grandes poros por lo que su capacidad para almacenar agua es baja y por tanto no mejoran retención de humedad del medio. En este trabajo, el uso de diferentes mezclas en sus diferentes proporciones implicó variaciones en diversas propiedades, lo cual significó mayor o menor aireación y capacidad de retención de agua, de acuerdo al tratamiento considerado.

El mayor contenido de materia orgánica y carbono fue encontrado en aquellos tratamientos que contenían en sus mezclas humus de lombriz y estiércol de ganado, con valores considerados de medios a altos. Los altos contenidos de materiales orgánicos constituyen una

fueron fuente directa de macro y micronutrientes vía proceso de mineralización, además de tener participación importante en los procesos que mejoran la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Rivero, 1999; Abad y Noguera, 2000). Debido a la disminución de la cantidad de materia orgánica contenida en la tierra por adición de la arena, en los tratamientos 2S1A y 3S1A se observaron los niveles más bajos. Por otra parte, los tratamientos 2S1C y 3S1C presentaron valores similares a S, indicando que la adición de cascarilla de arroz cruda no incrementó el contenido de materia orgánica, a pesar de su alto contenido de materiales ricos en carbono; esto pudo ser debido al hecho de que el método utilizado consiste en una oxidación parcial del carbono orgánico y la cascarilla de arroz es de baja degradabilidad por su alto contenido de silicio (Prada y Cortés, 2010; Arrieche *et al.*, 2011). En los sustratos con arena, cascarilla y tierra sola, los valores se consideran bajos (Palmaven, 1992).

El nitrógeno se relaciona directamente con el contenido de materia orgánica presente en el medio (Rivero, 1999; Abad y Noguera, 2000). Los sustratos que presentaron mayor contenido de nitrógeno fueron los que contenían humus y estiércol; estos valores son considerados altos de acuerdo a Palmaven (1992), a excepción de lo observado en el tratamiento 3S1E que es considerado medio. Como puede observarse, la tendencia fue hacia un mayor contenido de N en los sustratos con materia orgánica descompuesta, principalmente en la proporción 2:1; el resto de los tratamientos presentaron bajos niveles de nitrógeno (inferiores a 1,0 g/kg).

La relación carbono-nitrógeno de un material es un parámetro definido por la acción de los microorganismos degradadores. Una relación C/N mayor de 30 es indicativa de una baja disponibilidad de nitrógeno (Rojas, 2004). En los diferentes sustratos evaluados, los valores de C/N estuvieron por debajo de 30, encontrándose la mayor relación en el caso del tratamiento S y para el resto de los tratamientos valores entre 8,20 y 12,28. Esto indica predominio de la mineralización del N por lo cual los sustratos presentaron este elemento de forma disponible para su absorción por parte de las plantas (Pierzynski *et al.*, 2005).

La mayoría de los tratamientos mostraron valores de pH ligeramente alcalinos; en el caso de 2S1H y 2S1E, los valores resultaron neutros, lo cual se puede asociar con la presencia de materia orgánica descompuesta en mayor proporción (2:1). Es importante destacar que los sustratos orgánicos tienen mayor capacidad tampón que los sustratos minerales (en un intervalo de pH), lo que contribuye a una mayor asimilación de los elementos nutritivos del suelo (Casanova, 1994; Abad y Noguera, 2000).

Todos los sustratos con adición de materia orgánica descompuesta (humus y estiércol) presentaron los valores más altos de conductividad eléctrica (CE), destacando el nivel obtenido en el sustrato con adición de estiércol en proporción 2:1. Esto se asoció con la presencia de mayor contenido de sales minerales en este sustrato, tal como lo demuestran los análisis de macroelementos presentes, los cuales se discutirán posteriormente. Los sustratos con arena y cascarilla de arroz cruda presentaron valores inferiores a 0,5, considerados inocuos a las plantas, pero no deseables desde el punto de vista nutricional si el sustrato es pobre en materia orgánica (Abad y Noguera, 2000).

Los valores más altos de capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) fueron determinados en los sustratos con materia orgánica descompuesta, particularmente en aquellos de proporción 2:1; en estos casos los valores estuvieron en niveles medios. Al respecto, Casanova (1994), Nuez (1995) y Rivero (1999) indican que la presencia de grupos funcionales cargados negativamente hace que la materia orgánica sea de alta reactividad, ocasionada por la superficie específica; ésta es la razón por la que estos grupos constituyen una fuente de cargas variables, de gran influencia sobre la capacidad de intercambio catiónico. Los mismos autores citan la conveniencia de un suelo con alta CIC, debido a que esta condición le dará una mayor estabilidad en lo que a fertilidad se refiere, es decir, los cationes adsorbidos estarán menos expuestos a perderse por lavado. En cuanto al resto de los tratamientos, la CICE resultó baja, con valores que oscilaron entre 7,62 hasta 9,92, encontrándose los niveles más bajos en los sustratos con arena añadida. Una elevada capacidad de intercambio catiónico indica una reserva de nutrimentos, mientras que una baja capacidad, como la de los sustratos minerales, supone, por lo tanto, la aplicación frecuente de fertilizantes (Abad y Noguera, 2000).

Con respecto a los niveles de nutrientes, en todos los casos, los valores de fósforo resultaron muy altos, alcanzando niveles superiores a 100 mg/kg. En el caso del potasio, los tratamientos con humus de lombriz, estiércol y cascarilla de arroz presentaron alto contenido; entre ellos destaca el sustrato con estiércol en proporción 2:1, ya que presentó un valor relativamente elevado contribuyendo a incrementar la CE, tal como se señaló anteriormente. Los sustratos con adición de arena presentaron niveles de medio a bajo. En cuanto al calcio, todos los sustratos presentaron altos niveles de este elemento, siendo notablemente superiores los valores observados en los sustratos con adición de humus de lombriz. El magnesio estuvo en cantidades muy altas en los tratamientos con humus de lombriz y estiércol, particularmente en la proporción 2:1. De igual

manera, la adición de cascarilla incrementó los niveles de magnesio, pero en menor proporción; por otra parte, en el tratamiento con tierra y en aquellos con adición de arena se determinaron bajos niveles de este elemento. El contenido de sodio en la mayoría de los casos estuvo en niveles bajos, excepto en el caso de los sustratos con estiércol, que presentaron valores intermedios; éstos fueron más altos cuando se usó la proporción 2:1.

Emergencia y desarrollo de las plantas

El análisis para la emergencia resultó en diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Los valores obtenidos para cada tratamiento se presentan en el Cuadro 3. En el tratamiento 2S1C se observó el mayor porcentaje de emergencia seguido por 2S1A, 3S1A y 3S1C, los cuales se caracterizaron por presentar cascarilla de arroz cruda y arena, obteniendo la mayor emergencia en la proporción 2:1. Este comportamiento fue contrario al obtenido por Vethencourt (1999), quien encontró que el porcentaje de emergencia de semillas de tomate incrementó a medida que la proporción de cáscara de arroz en las mezclas fue menor. En el caso de los sustratos con materia orgánica descompuesta, la emergencia fue menor. Al respecto, el autor antes citado encontró el mayor porcentaje de emergencia en aquellas mezclas que contenían materiales orgánicos (humus de lombriz y aserrín de coco), sin indicar causas de ello; cuando se usó suelo solamente, la emergencia fue la más baja.

Al fin de dar explicación a la respuesta aquí encontrada, en el Cuadro 3 se muestran los resultados del análisis de correlación de la emergencia con las características de los sustratos. Como puede observarse, los mayores porcentajes de emergencia se asociaron con una mayor porosidad y una menor capacidad de retención de humedad, características que presentaron

los sustratos que contenían cascarilla de arroz cruda y arena. Igualmente un mayor porcentaje de emergencia estuvo asociado con bajos niveles de materia orgánica, de conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico. Es importante señalar, que los materiales orgánicos retienen mayor cantidad de agua, lo cual se asoció con menores porcentajes de emergencia. Finalmente, se determinó que la emergencia estuvo correlacionada en forma positiva con los valores de pH; aquí es importante destacar que estos valores fueron mayores en los sustratos con arena y cascarilla de arroz, los cuales presentaron mayor espacio poroso. Por el contrario, los menores valores de emergencia se asociaron con un menor pH, lo cual ocurrió en los sustratos con mayor contenido de materia orgánica, caracterizados por su mayor capacidad de retención de humedad.

Con relación a las variables de desarrollo evaluadas (Cuadro 4), los análisis estadísticos detectaron diferencias significativas entre los tratamientos. Las plantas que crecieron en los sustratos que contenían cascarilla de arroz cruda, incrementaron poco en altura, indicando el efecto negativo de este material; los valores alcanzados fueron muy inferiores a los obtenidos por el resto de las plantas que crecieron en los otros sustratos, además de presentar una coloración amarillenta en sus hojas. Al respecto se ha señalado que cuando se utiliza cascarilla sin descomponer, durante el humedecimiento inicial, los residuos de granos de arroz partidos que pueden quedar del proceso de cosecha, reaccionan con el agua y sucede la hidrólisis de los almidones convirtiéndolos en glucosa. Esta se fermenta produciendo alcohol y ácido carbónico que causan fitotoxicidad (vía radical) promoviendo síntomas similares a los de una clorosis por deficiencia de hierro (Hernández y Ortega, 2009).

Las plantas más altas fueron las de los tratamientos

Cuadro 3. Efecto de diferentes sustratos sobre la emergencia y algunas características morfológicas de lechosa creciendo en condiciones de vivero.

Sustrato ¹	Emergencia (%)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Peso seco (g/planta)		
				Total	Parte aérea	Parte radical
S	31,5d ²	23,08a	7,5a	2,01a	1,47a	0,54a
2S1H	43,5cb	21,70a	5,8bcd	1,72a	1,28a	0,43bc
3S1H	43,0cd	23,44a	6,9ab	1,91a	1,44a	0,47abc
2S1A	66,0ab	18,66b	4,5d	1,29bc	0,84b	0,45abc
3S1A	61,0bc	24,36a	5,9bcd	1,67ab	1,18a	0,49ab
2S1C	83,0a	8,55c	1,9e	0,12d	0,08c	0,04e
3S1C	57,5bc	11,24c	2,9e	0,39d	0,23c	0,16d
2S1E	48,0bcd	16,49b	5,3cd	1,04c	0,67b	0,38c
3S1E	59,5bc	21,92a	6,6abc	1,86a	1,34a	0,52ab

¹ S: Suelo; H: humus de lombriz; A: arena de río; C: cascarilla de arroz cruda; E: estiércol descompuesto de vacuno.

² Medias con letras diferentes indica diferencia significativa ($P < 0,05$) entre ellas.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre las características del sustrato y la emergencia y variables morfológicas de plantas de lechosa creciendo en condiciones de vivero.

Variable ¹	Emergencia	Altura	Diámetro	Peso seco		
				Total	Parte aérea	Parte radical
EP	0,37* ²	-0,36*	-0,41*	-0,49*	-0,49*	-0,45**
CRH	-0,37*	0,10	0,30	0,32*	0,35*	0,23
MO	-0,33*	0,21	0,32	0,26	0,28	0,20
NT	-0,28	0,27	0,32	0,30	0,32	0,23
pH	0,52**	-0,38*	-0,52**	-0,44**	-0,43**	-0,43**
CE	-0,33*	0,26	0,38*	0,30	0,29	0,31
CICE	-0,37*	0,27	0,38*	0,34*	0,35*	0,29
P	-0,003	-0,26	-0,11	-0,21	-0,17	-0,32
K	-0,14	-0,03	0,12	0,01	-0,01	0,07
Ca	-0,24	0,16	0,18	0,21	0,27	0,01
Mg	-0,16	-0,07	0,07	-0,003	0,01	-0,05
Na	-0,17	0,07	0,22	0,11	0,07	0,20

¹ EP: espacio poroso, CRH: capacidad de retención de humedad, MO: materia orgánica, NT: nitrógeno total, CE: conductividad eléctrica, CICE: capacidad de intercambio catiónico efectiva. ² * Significativo a $P \leq 0,05$, ** Significativo a $P \leq 0,01$

3S1A, 3S1H, S, 3S1E y 2S1H. Investigaciones realizadas anteriormente por Vethencourt (1999) y García *et al.* (2001) corroboran y coinciden en señalar que el uso de materiales orgánicos en mezclas para la producción de plantas en invernadero favorece el crecimiento en altura. Por otro lado, los sustratos 2S1A y 2S1H no permitieron un buen crecimiento en altura de las plantas. En el caso del tratamiento 2S1A, probablemente la menor altura esté asociada con un mayor contenido de arena (proporción 2:1) y por ende con su menor capacidad de retención de humedad y en el caso de 2S1H, podría relacionarse con el alto contenido de sales en el medio. En este sentido, se ha señalado que el crecimiento de plántulas de lechosa se ve afectado por niveles de salinidad superiores a 2 dS/m (Hernández, 2007) y la mezcla 2S1H presentó una conductividad de 2,77 dS/m (Cuadro 2).

En cuanto al diámetro, los valores más bajos los presentaron las plantas cultivadas en los sustratos con cascarilla de arroz (Cuadro 3), mientras que el mayor diámetro se observó en aquellas creciendo en tierra solamente y en las mezclas con materia orgánica descompuesta en proporción 3:1. Cabe destacar que Vethencourt (1999) encontró un mayor diámetro en plantas de tomate en aquellos sustratos que contenían humus de lombriz y aserrín de coco en diferentes proporciones. Las plantas de lechosa en el resto de los sustratos tuvieron diámetros similares, siendo un poco menor cuando crecieron en el medio con arena en proporción 2:1. Estos resultados coinciden con los reportados por Bonilla (2001), quien reportó un menor desarrollo del diámetro en plantas de *Pinus tropicalis*, cuando empleó arena en diferentes mezclas evaluadas.

Como se observa en el Cuadro 3, el mayor peso seco total fue encontrado en las plantas de los tratamientos S, 3S1H, 3S1E y 2S1H, seguido de aquellas cultivadas en el sustrato 3S1A con un peso seco ligeramente menor y disminuyendo en forma marcada cuando se incrementó la cantidad de arena añadida (proporción 2:1). De igual manera, las plantas cultivadas en el sustrato 2S1E alcanzaron el menor peso seco total. Como se indicó anteriormente esto pudo deberse al efecto de una menor capacidad de retención de humedad en el sustrato con mayor contenido de arena (proporción 2:1) y al contenido de sales en el sustrato con mayor proporción de estiércol de ganado vacuno (2:1). Por otra parte, los sustratos con cascarilla de arroz cruda ocasionaron efectos negativos observándose los menores valores de peso seco. Similares efectos han sido reseñados por García *et al.* (2001) con cascarilla de arroz compostada en las especies ornamentales *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii*, asociándolo con la baja capacidad para retener humedad de este material. Estos autores indican que aún cuando los valores de C/N no dieron indicios de mal compostaje, el poco desarrollo de las plantas es comúnmente citado como causa principal de su uso limitado como componente en sustratos comerciales. Al igual que lo señalado por estos autores, los análisis de la relación C/N no indicaron problemas de inmovilización de nitrógeno; sin embargo, debe recordarse el hecho ya citado de que el método utilizado para la determinación de materia orgánica oxida parcialmente el carbono orgánico y la cascarilla no es un compuesto de fácil degradación (Prada y Cortés, 2010; Arrieche *et al.*, 2011) y posiblemente eso ocasionó que la relación C/N

obtenido haya sido baja. En el Cuadro 3 también se presentan los resultados del peso seco correspondiente a la parte aérea de la planta, cuya respuesta fue similar a la anterior. Por otra parte, el mayor peso seco de la parte radical se observó en el tratamiento S, seguido de los tratamientos 3S1E y 3S1A. En este punto destacan el peso mucho menor en el sustrato con mayor proporción de estiércol descompuesto de vacuno (2S1E) y de nuevo, los efectos negativos de la cascarilla de arroz al evidenciarse un pobre desarrollo radical, bien marcado en 2S1C.

Con relación a los índices morfológicos evaluados, los análisis de varianza realizados arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores correspondientes a la relación masa aérea/masa radical fueron superiores a 1 (Cuadro 5) indicando que la parte aérea, en todos los sustratos, se desarrolló más que las raíces, lo que podría atribuirse a características propias de la especie. Esta relación no fue indicativa de vigor, ya que plantas con un desarrollo reducido, como el caso de aquellas creciendo en el sustrato 2S1C, presentaron una relación cercana a la obtenida para las plantas del sustrato 3S1E con buen desarrollo. Al respecto, Bonilla (2001) señaló que no hubo diferencias en la relación parte aérea/parte radical cuando se evaluaron tanto sustratos orgánicos como minerales, en plantas de *Pinus tropicalis*.

Respecto al coeficiente de esbeltez es un indicador de la densidad de un cultivo y es de gran importancia cuando se desarrollan plantas en envases (Birchler *et al.*, 1998). Dado que este coeficiente está determinado por la relación entre la altura y el diámetro, plantas más vigorosas presentarán un menor coeficiente de esbeltez.

Cuadro 5. Efecto de diferentes sustratos sobre los índices morfológicos de las plantas de lechosa creciendo en condiciones de vivero.

Sustrato ¹	Relación masa aérea/masa radical	Coficiente de esbeltez	Índice de calidad
S	2,68ab ²	3,17d	0,344a
2S1H	2,95a	3,75bcd	0,256bc
3S1H	3,05a	3,40cd	0,295ab
2S1A	1,87bc	4,13b	0,215c
3S1A	2,46ab	4,1 b	0,254bc
2S1C	2,31abc	4,78a	0,019d
3S1C	1,46c	3,92bc	0,072d
2S1E	1,79bc	3,22d	0,214c
3S1E	2,59ab	3,44cd	0,312ab

¹ S: Suelo; H: humus de lombriz; A: arena de río; C: cascarilla de arroz cruda; E: estiércol descompuesto de vacuno.

² Medias con letras diferentes indica diferencia significativa (P>0,05) entre ellas.

Las plantas con mayor coeficiente correspondieron a aquellas cultivadas en el sustrato 2S1C, seguidas por las del sustrato 2S1A, 3S1A y 3S1C; como se observa la proporción 3:1 se asoció con un vigor ligeramente mayor. Por otro lado, las plantas más robustas (menor coeficiente) resultaron ser las cultivadas en tierra sola o en las mezclas con materia orgánica descompuesta, lo que indica mejor plantas para su establecimiento en condiciones de campo abierto.

El índice calidad de Dickson es muy utilizado para predecir el comportamiento en campo de varias especies de coníferas (Birchler *et al.*, 1998). Al analizar los resultados del índice de calidad (Cuadro 5) se encontró que las plantas que crecieron en las mezclas con cascarilla de arroz tuvieron valores muy bajos, indicando muy mala calidad en comparación con el resto de las plantas creciendo en otros sustratos. En un siguiente nivel de calidad se ubicaron las que se desarrollaron en los sustratos 2S1H y 3S1A, seguidas por las cultivadas en 2S1E y 2S1A, pero el mayor valor fue alcanzado por las plantas en el sustrato con suelo únicamente (S), con valores muy cercanos en aquellas que crecieron en los sustratos 3S1E y 3S1H. En lechosa, este índice ha sido utilizado por Hernández (2007) para evaluar los efectos de la salinidad y fuentes de N en plantas a nivel de vivero; sin embargo, sus valores resultaron muy por debajo de los aquí determinados lo cual puede tener su explicación en el tamaño de envase utilizado y el tiempo de duración del experimento. El autor indica haber utilizado bandejas de 25 celdas con turba durante 6 sem y es esta investigación se utilizaron bolsas de 1 kg y la fase de vivero tuvo una duración de 13 sem.

Al estudiar el grado de asociación de las variables de desarrollo de las plantas con las características del sustrato (Cuadro 4) se encontró que en general, el crecimiento fue favorecido por una mayor capacidad de retención de humedad del sustrato y afectado en forma negativa por un mayor espacio poroso, contrario a lo observado para la emergencia. También se evidenció un efecto significativo del pH, al observarse un mayor crecimiento a menores valores de pH, en este caso referidos a niveles cercanos a la neutralidad, de acuerdo a los análisis de los sustratos (Cuadro 2); esto podría estar relacionado a la disponibilidad de nutrientes para las plantas a estos niveles de pH. Al respecto, Nakasone y Paull (1998) señalan que la lechosa se adapta a suelos con pH entre 5 y 7. Por otra parte, la materia orgánica y sus variables asociadas, tales como contenido de nitrógeno total, CE y CICE, también se relacionaron en forma positiva con el desarrollo, principalmente con el peso fresco indicando su efecto sobre la acumulación de agua en las plantas. En cuanto a los contenidos de nutrientes en el sustrato, no se detectaron relaciones con

las variables de la planta, indicando que las variables no fueron determinantes en el desarrollo de las plantas en los sustratos evaluados.

Nutrición mineral de la planta

La literatura existente sobre nutrición mineral en lechosa no reporta valores de referencia para plantas en etapa de vivero, por lo que se tomarán como patrones de comparación los contenidos de N, P, K, Ca y Mg determinados por Cibes y Gaztmabide (1978) en plantas de 6 meses de edad, cultivadas en arena bajo condiciones controladas de invernadero y fertilizadas con una solución nutritiva completa y adecuada para esta especie; los niveles de macroelementos obtenidos en plantas sanas, sin síntomas visuales de deficiencias fueron 2,25% N, 0,82% P, 1,58% K, 3,61% Ca y 1,21% Mg. En esta investigación, los resultados de los análisis de la varianza indicaron diferencias significativas entre los tratamientos para los elementos nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio; no así para el potasio. En el caso del nitrógeno (Cuadro 6), las hojas alcanzaron valores superiores al nivel antes referido, a excepción del obtenido en las plantas que crecieron en el sustrato 3S1C. A pesar de la importancia que tiene el nitrógeno para un buen crecimiento, estos valores no reflejan una condición adecuada de la planta; es el caso de las plantas débiles desarrolladas en el sustrato con cascarilla en proporción 2:1, cuyo contenido de N fue muy similar al de las plantas con mejor índice de calidad.

Con relación al fósforo, en general los contenidos en las hojas estuvieron por debajo del valor referencial, a excepción de las plantas del tratamiento 2S1C; los valores más bajos de encontraron en las plantas de los

sustratos 2S1H, 3S1A, S, 2S1A, 3S1H y 3S1C. Para el potasio no se detectaron diferencias significativas y los contenidos determinados en las hojas estuvieron muy por encima del utilizado como referencia. Por el contrario, el calcio estuvo en niveles inferiores al valor referencial en todos los casos; los valores más altos se reportaron para las plantas de los sustratos con arena y cascarilla de arroz. Los valores más bajos fueron determinados en los tratamientos con humus de lombriz y en el tratamiento con estiércol de ganado en proporción 3:1, lo cual puede ser interpretado como un reflejo de la dilución de este elemento en los tejidos de las plantas, debido al efecto promotor del crecimiento de las mismas por el mejoramiento de las condiciones físicas del sustrato. En cuanto al magnesio, en general el contenido en las hojas estuvo por debajo del nivel de referencia, con excepción del observado en las plantas del sustrato 2S1C y las plantas creciendo en las mejores condiciones presentaron los niveles más bajos.

Relación entre la nutrición mineral de la planta y las características del sustrato.

Al estudiar la relación entre la concentración de nutrientes de las plantas y las características de los sustratos se detectó correlación significativa para los elementos nitrógeno, potasio y calcio, no así para fósforo y magnesio (Cuadro 7).

Como se observa, el contenido de nitrógeno en la planta fue mayor cuando los sustratos presentaron valores más altos de nitrógeno total, mayor conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico efectiva, indicando que estas características, se asocian con una

Cuadro 6. Efecto de diferentes sustratos sobre los contenidos de macronutrientes en hojas de plantas de lechosa creciendo en condiciones de vivero.

Tratamiento ¹	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
S	3,04abc ²	0,47bcd	2,34	1,99ab	0,77cd
2S1H	2,79bcd	0,36d	2,37	1,13b	0,51d
3S1H	3,96a	0,55bcd	2,20	1,28b	0,60d
2S1A	2,95abcd	0,46cd	2,31	2,06ab	0,92bc
3S1A	2,70bcd	0,37d	2,77	2,04ab	0,52d
2S1C	2,33cd	0,96a	2,87	2,77a	1,55a
3S1C	1,92d	0,47bcd	2,74	2,05ab	1,02bc
2S1E	2,81bcd	0,61bc	3,90	1,81ab	1,17b
3S1E	3,57ab	0,65b	3,01	1,61b	0,77cd

¹ S: Suelo; H: humus de lombriz; A: arena de río; C: cascarilla de arroz cruda; E: estiércol descompuesto de vacuno.

² Medias con letras diferentes indica diferencia significativa ($P \leq 0,05$) entre ellas.

Cuadro 7. Coeficiente de correlación de Pearson (r) entre las características de los sustratos y los contenidos de macronutrientes en hojas de plantas de lechosa creciendo en condiciones de vivero.

Variable ¹	N	P	K	Ca	Mg
EP	-0,31	0,15	-0,13	0,46**	0,25
CRH	0,24	0,05	0,21	-0,40**	-0,10
MO	0,30	0,02	0,17	-0,45**	-0,17
NT	0,33*	-0,04	0,13	-0,48**	-0,26
pH	-0,30	0,15	-0,19	0,42**	0,24
CE	0,38*	0,02	0,23	-0,40*	-0,13
CICE	0,34*	-0,03	0,15	-0,48**	-0,22
P	0,11	0,32	0,12	-0,13	0,14
K	0,13	0,17	0,37*	-0,22	0,14
Ca	0,26	0,004	-0,13	-0,42*	-0,27
Mg	0,13	0,14	0,23	-0,34*	0,009
Na	0,22	0,12	0,37*	-0,22	0,08

¹ EP: espacio poroso, CRH: capacidad de retención de humedad, MO: materia orgánica, NT: nitrógeno total, CE: conductividad eléctrica, CICE: capacidad de intercambio catiónico efectiva.

² * Significativo a $P \leq 0,05$. ** Significativo a $P \leq 0,01$.

mejor disponibilidad de este elemento para las plantas. Igualmente, la absorción del potasio se vio favorecida a medida que se incrementó su disponibilidad en el suelo. En el caso del calcio, su concentración en las hojas de las plantas de lechosa se incrementó cuando el espacio poroso y el pH fueron mayor; por el contrario, la concentración disminuyó a medida que se incrementó la materia orgánica y sus variables asociadas, como son carbono, nitrógeno total, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y la capacidad de retención de humedad; como se explicó anteriormente, esto pudo deberse a efectos de dilución.

Relación entre la nutrición mineral de la planta y sus variables morfológicas

En el Cuadro 8 se presenta la correlación entre los contenidos de N, P, K, Ca y Mg de las hojas y las características de la planta. Los niveles de N se relacionaron con un desarrollo favorable de la planta, mientras que las concentraciones de P, Ca y Mg se asociaron con un menor desarrollo, al observar una correlación negativa con las diferentes variables morfológicas evaluadas. Esto último podría explicarse por la elevada acumulación de estos nutrientes (con relación al peso seco) en las hojas de las plantas con un pobre desarrollo.

Cuadro 8. Coeficiente de correlación de Pearson (r) entre los contenidos de macronutrientes en hojas y las características morfológicas de plantas de lechosa creciendo en condiciones de vivero.

Variable	N	P	K	Ca	Mg
Altura de planta	0,56** ¹	-0,50**	-0,09	-0,39*	-0,71**
Número de hojas	0,53**	-0,43**	-0,04	-0,35*	-0,58**
Diámetro del tallo	0,55**	-0,41*	-0,09	-0,35*	-0,55**
Peso fresco total	0,58**	-0,37*	-0,11	-0,43**	-0,65**
Peso fresco de parte aérea	0,52**	-0,43**	-0,09	-0,40*	-0,61**
Peso fresco de parte radical	0,59**	-0,34**	-0,12	-0,44**	-0,65**
Peso seco total	0,54**	-0,43**	-0,14	-0,41*	-0,68**
Peso seco parte aérea	0,48**	-0,49**	-0,11	-0,37*	-0,63**
Peso seco parte radical	0,54**	-0,40*	-0,15	-0,41*	-0,68**

¹ * Significativo a $P \leq 0,05$. ** Significativo a $P \leq 0,01$.

CONCLUSIONES

Los sustratos con un mayor espacio poroso favorecieron la emergencia de las plántulas de lechosa, mientras que una mayor capacidad de retención de humedad favoreció el desarrollo de las plantas, por lo que es necesario un balance adecuado entre aireación y retención de humedad en el medio que beneficie ambos procesos.

El uso de arena y de cascarilla de arroz no descompuesta en las mezclas con suelo favoreció la emergencia de las plántulas de lechosa por ofrecer una adecuada aireación; sin embargo, la cascarilla afectó negativamente el posterior desarrollo de las plantas.

El uso de suelo de textura franco arenosa y mediana fertilidad ofreció excelentes resultados al ser utilizado como sustrato para producir plantas de lechosa en vivero. Asimismo, la mezcla de suelo y arena en proporción 3:1 permitió una buena emergencia y un desarrollo aceptable de las plantas.

La materia orgánica descompuesta, como componente de los medios de crecimiento para plantas de lechosa afectó negativamente la emergencia, por su mayor retención de humedad; por otro lado, su utilización en mezclas con suelo de textura franco arenosa y mediana fertilidad, no mejoró el desarrollo y calidad de las plantas.

El uso de estiércol descompuesto de ganado vacuno en una proporción de 33% en mezcla con tierra, afectó negativamente el desarrollo de las plantas pero en mucho menor grado que las mezclas con cascarilla de arroz cruda; esto podría estar asociado a su alto contenido de sales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abad, B.; M.P. Noguera. 2000. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. *In*: Cadahia L. C. (Coord.) Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. 2^{da} ed. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. España. pp. 289-342.
- Arrieche, I.; M. Ruíz; C.E. Carrillo de Cori; M. León; L.M. Aular; R. Mora; L. Castillo; M.R. Tovar; A. Martínez; H. Baptista; T. Díaz; C. Silva; J. Cruz; A.M. Reverón; N. Alfonzo. 2011. Comparación de dos métodos de análisis en la determinación de materia orgánica de los suelos. XIX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Resúmenes ampliados. Calabozo. Venezuela. 6p.
- Birchler, T.; R.W. Rose; A. Royo; M. Pardos. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Invest. Agr. Sist. Recur. For.* 7(1-2): 109-121.
- Bonilla, V. M. 2001. Características de las semillas de *Pinus tropicalis* Morelet. Actas III Congreso Forestal Español. Granada. España. 4p. Disponible en <http://www.congresoforestal.es/fichero.php?t=41725&i=1779&m=2185> [Consultado: 15/10/2014].
- Casanova, E. 1994. Introducción a la Ciencia del Suelo. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, UCV. Caracas, Venezuela. 365 p.
- Castro, A.; C. Henríquez; F. Bertsch. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(1): 31-43.
- Cibes, H.R.; S. Gaztmabide. 1978. Mineral - deficiency symptoms displayed by papaya plants grown under controlled conditions. *J. Agric. Pto. Rico.* 62(4): 413-424.
- Cordeiro, J.C.; L.F. Cavalcante; R de L.A. Bruno; G.B. Bruno. 1998. Comportamiento de plantas de papaya cv. Hawai regadas con agua salina en distintos sustratos. XLIV Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Barquisimeto, Venezuela. Resúmenes. p. 37.
- Facultad de Agronomía. 1993. Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el Laboratorio General del Instituto de Edafología, Cuadernos de Agronomía. Facultad de Agronomía. Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 89 p.
- García C.; O.G. Alcántar; R.I. Cabrera; F. Gai; V. Volke. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra* 19(3): 249-258.
- Gil, I.; D. Miranda. 2007. Efecto de cinco sustratos sobre índices de crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) bajo invernadero. *Rev. Col. Cien. Hort.* 1(2): 142-153.
- Guevara, E.; J. Herrera; R. Alizaga. 1997. Efecto del sustrato y su condición hídrica sobre la germinación de semilla de café Caturra. *Agron. Costar.* 21(2): 207-216.
- Hernández, L.; M. Ortega. 2009. Aprovechamiento de subproductos agropecuarios. Univ. Nac. Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería. Sogamoso, Colombia. Disponible en http://datateca.unad.edu.co/contenidos/103001/103001_M.pdf [Consulta: 17/12/2014].

- Hernández, L. 2007. Efecto de la salinidad y diferentes fuentes de nitrógeno sobre el desarrollo de plantas de lechosa en etapa de vivero. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 72 p.
- Ingram, D.L.; R.W. Henley; T.H. Yeager. 1990. Diagnostic and monitoring procedures for nursery crops. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. Bulletin 556. Gainesville, EUA. 11 p. Disponible en <http://ufdc.ufl.edu/UF00027961/00001> [Consulta: 10/10/2014].
- Kiyoshi, Y.; G. Rodrigues; J. Machado; G. De Vincenzo. 2004. Efeito de diferentes substratos e duas formas de adubação na produção de mudas de mamoeiro. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 26(2): 276-279.
- Morales-Payan, J.P.; W. Stall. 2003. Effect of sustrates, boron and humic acid on the growth of papaya transplants. Proc. Fla. State Hort. Soc. 116: 28-30.
- Nakasono, H.Y.; R.E. Paull. 1998. Tropical Fruits. Crop Production Science in Horticulture. 7. CAB International. New York, EUA. 445 p.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. 2^{da} ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 793 p.
- Palmaven. 1992. Análisis de suelo y su interpretación. Serie Técnica Aprenda Fácil. Ediciones Palmaven. Caracas, Venezuela. 12 p.
- Pierzynski, G.M.; J.T. Sims; G.F. Vance. 2005. Soils and Environmental Quality. CRC Press. Boca Raton. EUA. 573 p.
- Pire, R.; A. Pereira. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Bioagro 15(1): 55-64.
- Prada, A.; C.E. Cortés. 2010. La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Orinoquia 14 sup (1): 155-170.
- Rivero, C. 1999. Materia orgánica del suelo. Revista Alcance de la Facultad de Agronomía, UCV. No 57. Maracay, Venezuela. 207 p.
- Rodríguez, S.H. 1998. Efecto de la incorporación de abonos orgánicos y cal agrícola sobre algunas propiedades físico-químicas de un suelo utilizado como sustrato para vivero. XLIV Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Barquisimeto, Venezuela. Resúmenes. p. 38.
- Rojas P., L. 2004. Preparación y utilización de compost en hortalizas. INIA Intihuasi. Gobierno de Chile. Informativo 19. 4p.
- Rubira, J.; L. Bueno. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedores. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 190 p.
- SAS. 2001. User's guide statistics. V.8. SAS Institute Inc. Cary, EUA.
- Spittlehouse, D.L.; R.J. Stathers. 1990. Seedling microclimate. Land Management. Report Number 65, Ministry of Forests. Victoria, Canadá. 28 p. Disponible en <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/mr/Lmr/Lmr65.pdf> [Consulta: 10/10/2014].
- Statistix. 2003. Statistix. V.8. Analytical Software. Tallahassee, EUA.
- Vethencourt, A. 1999. Evaluación de sustratos para la germinación de semillas de hortalizas: caso tomate (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Kaster). Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela 198 p.