

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA ALMÁCIGOS DE HORTALIZAS ¹

Gustavo Quesada Roldán², Carlos Méndez Soto³

RESUMEN

Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Se realizó una evaluación agronómica de almácigos de hortalizas (tomate, pepino, lechuga y brócoli) establecidos en diferentes sustratos, en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica, bajo condiciones de invernadero, del 12 de abril al 7 de mayo del 2004. Se utilizaron bandejas plásticas de 128 celdas de forma piramidal invertida. El diseño experimental utilizado fue un irrestricto completamente al azar con cuatro repeticiones. A la edad de trasplante se evaluaron variables de vigor de germinación, desarrollo de planta y calidad de adobe. Los sustratos que permitieron el mejor desarrollo de las plantas en los cultivos de brócoli, pepino y tomate fueron abono orgánico Juan Viñas; lombricompost + abono orgánico Juan Viñas + granza; y abono orgánico Juan Viñas + granza. Los sustratos aserrín de melina madurado + suelo + granza; y *peat moss* + perlita fueron los mejores medios para almácigos de lechuga. Se observó además en los sustratos abono orgánico Juan Viñas + aserrín de melina madurado + granza; bagazo + aserrín de melina madurado + abono orgánico Juan Viñas; y aserrín de melina madurado + fibra de coco + ceniza, una excelente calidad de adobe, aunque un desarrollo de la planta no tan vigoroso. Los sustratos “tierra fermentada”; fibra de coco; sustrato comercial 2; y bagazo + fibra de coco + piedra pómez fueron los que más limitaron el establecimiento de las plantas de almácigo.

Palabras clave: Almácigos, hortalizas, sustratos, evaluación agronómica.

ABSTRACT

Evaluation of growing media for vegetable seedlings. An agronomic evaluation of vegetable seedlings under greenhouse conditions was made at the Fabio Baudrit Moreno Agricultural Research Station, Alajuela, Costa Rica, from April 12th to May 7th. The selected vegetables tomato, cucumber, broccoli and lettuce were established in plastic containers filled with different growing media. When the plants achieved transplant conditions, vigor values, germination, plant development and adobe quality were evaluated. The substrates that allowed the best tomato, cucumber and broccoli plant development were Juan Viñas compost, earthworm castings + Juan Viñas compost + rice hulk, and Juan Viñas compost + rice hulk. Substrates partially composted of Gmelina arborea sawdust + soil + rice hulk, and *peat moss* + perlite, were good substrates for the lettuce. The partially composted Gmelina arborea sawdust + coconut coir + bagasse ashes, Juan Viñas compost + partially composted Gmelina arborea sawdust + rice hulk; and sugar cane bagasse + partially composted Gmelina arborea sawdust + Juan Viñas compost substrates provided excellent adobe quality, although plant development lacked vigour. The substrates fermented soil, coconut coir, commercial substrate 2, and sugar cane bagasse + coconut coir + pumice were the worst growing media, constraining plant growth.

Key words: Seedling, vegetables, substrates, agronomic evaluation.



INTRODUCCIÓN

La necesidad de cumplir con una constancia en oferta y calidad, ha llevado a que la producción de

almácigos de hortalizas se desarrolle de tal forma que actualmente sea una especialidad por sí misma. De un buen almácigo depende todo el cultivo posterior, por lo que las aplicaciones tecnológicas y el conocimiento

¹ Recibido: 31 de marzo, 2005. Aceptado: 30 de agosto, 2005. Este trabajo es parte de la Tesis de Licenciatura del primer autor. Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica (UCR).

² Programa de Hortalizas, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Universidad de Costa Rica.. Correo electrónico: gustavoq@cariari.ucr.ac.cr

³ Autor para correspondencia: cmendez@cariari.ucr.ac.cr

técnico en su elaboración son un requerimiento real (Guzmán 2003 a).

Entre las ventajas del almácigo están la mayor precocidad y homogeneidad del cultivo, un manejo más eficiente de la semilla como insumo y la oportunidad de seleccionar las plantas más aptas para ser sembradas en campo o invernadero. Además, si el almácigo se elabora en un ambiente protegido, se le brinda a la plántula una mayor protección contra el complejo *Bemisia tabaci* – geminivirus, que es perjudicial en los estadios fenológicos iniciales de solanáceas principalmente. Este ha sido uno de los factores que ha hecho que en los últimos años, se haya incrementado el uso de almácigos producidos en ambientes protegidos y con transplante de plántulas en adobe. Debido a que estos almácigos se elaboran en bandejas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que determina en gran parte la calidad de ese almácigo.

No obstante, debido al alto costo de los sustratos importados, surge la necesidad de disponer de un material producido localmente, estable y de probada calidad e inocuidad, valiéndose para ello de subproductos de la agroindustria local. Esto además de ser un importante ahorro de divisas, evitaría los problemas de diseminación de plagas y enfermedades de una región a otra.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de plantas en almácigo de tomate (*Lycopersicon esculentum*), lechuga (*Lactuca sativa*), brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) y pepino (*Cucumis sativus*) establecidas en distintos tipos de sustratos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la evaluación agronómica de almácigos de hortalizas en un invernadero metálico tipo multicapa, en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, situado en la provincia de Alajuela, Costa Rica a 843 m de elevación sobre el nivel del mar, a una latitud norte de 10° 00' 40'' y una longitud oeste de 84° 16' 37'', en el periodo comprendido del 12 de abril al 7 de mayo de 2004.

Se emplearon semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad Hayslip, pepino (*Cucumis sativus*) variedad Pantera, brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) variedad Legacy y lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General.

Los sustratos evaluados y su origen se presentan en el Cuadro 1 y Cuadro 2, respectivamente.

Las propiedades fisicoquímicas de estos sustratos se presentan en los Cuadros 3 y 4. El sustrato requerido se preparó en un área desinfectada, manteniendo la proporción en la distribución de cada materia prima con los sustratos en mezcla. El volteo y homogenización de la mezcla del sustrato se hizo manualmente.

En bandejas plásticas de 128 celdas, en forma de pirámide invertida, con un volumen por celda de 25 ml, se llenaron las 10 columnas centrales con sustrato, dejando los extremos libres. Para la desinfección del sustrato se utilizó Butrol 31,5 EC (TCMTB), un fungicida-bactericida de amplio espectro y con ligera acción

Cuadro 1. Código, material y proporción de los sustratos evaluados en la producción de almácigos de hortalizas bajo condiciones de invernadero. Alajuela, Costa Rica. 2004.

Código	Sustrato	Proporción (v/v)
S1	Aserrín melina madurado + fibra de coco + ceniza	50:40:10
S2	Abono orgánico Juan Viñas + aserrín melina madurado + granza	40:40:20
S3	Lombricompost + abono orgánico Juan Viñas + granza	40:40:20
S4	Bagazo + aserrín melina madurado + abono orgánico Juan Viñas	50:30:20
S5	Bagazo + fibra de coco + piedra pómez	40:40:20
S6	Aserrín melina madurado + suelo + granza	40:40:20
S7	Abono orgánico Juan Viñas + granza	70:30
S8	Abono orgánico Juan Viñas	100
S9	“Tierra fermentada”	100
S10	Fibra de coco	100
S11	Sustrato comercial 2	100
S12	Peat moss + perlita	75:25

Cuadro 2. Descripción de las materias primas utilizadas como sustratos individuales o en mezcla. Alajuela, Costa Rica. 2004.

Material	Preparación	Materias primas
1. Abono orgánico Juan Viñas	En el Ingenio Juan Viñas (Alvarado, Cartago), a partir de un proceso de compostaje	Bagazo de caña de azúcar, ceniza de bagazo y broza de café
2. Lombricompost	Elaborado en el núcleo agrícola “La Chinchilla” del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), Oreamuno, Cartago	Broza de café procesada por la Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)
3. “Tierra fermentada”	Elaborado en el núcleo agrícola “La Chinchilla” del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), Oreamuno, Cartago. Se tarda de 22 a 30 días con un volteo semanal. Humedad inicial 45 - 50%. Temperatura 60 - 65 °C	Suelo, granza, semolina, melaza y bocashi
4. Bagazo de caña de azúcar (<i>Saccharum officinale</i>)	Proveniente del Ingenio CoopeVictoria, Grecia, Alajuela. No se realizó ningún tipo de procesamiento previo a la caracterización	Bagazo, subproducto de la elaboración del azúcar.
5. Ceniza	Proveniente de las calderas del Ingenio CoopeVictoria, Grecia, Alajuela. La ceniza depositada en las chimeneas es llevada hasta una laguna de sedimentación.	Se tomó la ceniza de bagazo en la laguna de tratamiento
6. Fibra de coco (<i>Cocos nucifera</i>)	Proveniente de Siquirres, Limón. El coco fue envejecido un año antes de ser molido	Coco. De su molienda se obtienen partículas finas y fibras medianas
7. Granza de arroz (<i>Oryza sativa</i>)	Obtenido en la Arrocería Costa Rica, en el Barrio San José, Alajuela.	Granza, subproducto de la actividad arrocería
8. Aserrín de melina (<i>Gmelina arborea</i>) madurado	Obtenido en la empresa Envaco; la melina proviene de Guácimo, Limón. Este aserrín fue sometido a un proceso de maduración de tres semanas en la EEAFBM	Aserrín, subproducto de madera de la fabricación de tarimas
9. Suelo	Tomado de la EEAFBM en un lote cultivado con especies frutales	Suelo
10. Sustrato comercial 2	Aportado por una empresa comercial productora de almácigos. Fue desinfectado con vapor previo a la caracterización	32,5% de granza, 32,5% de suelo reutilizado, 25% de abono orgánico y 10% de arena
11. Peat moss + perlita	Material de pacas comerciales “Nutripeat” del grupo Calidad Lameque, Canadá	66,6% peat moss, 33,3% perlita
12. Piedra pómez	Procedente de yacimientos naturales de la provincia de Guanacaste	Piedra pómez

Cuadro 3. Porosidad total, capacidad de retención de agua y densidad de masa de los sustratos empleados en la evaluación agronómica de almácigos de hortalizas. Alajuela, Costa Rica. 2004^{1/}.

Sustrato	Proporción (%)	Porosidad total (%)	Capacidad de retención de agua (%)	Densidad masa (g/ml)
Fibra de coco + aserrín melina madurado + ceniza bagazo	40:50:10	75,92	66,60	0,102
Abono orgánico Juan Viñas + aserrín melina madurado + granza	40:40:20	85,13	59,81	0,193
Abono orgánico Juan Viñas + lombricompost broza + granza	40:40:20	82,88	49,36	0,295
Bagazo + aserrín melina madurado + abono orgánico Juan Viñas	50:30:20	91,27	49,03	0,129
Bagazo + fibra de coco + piedra pómez	40:40:20	79,09	58,15	0,166
Suelo + aserrín melina madurado + granza	40:40:20	79,81	55,34	0,373
Abono orgánico Juan Viñas + granza	70:30	79,32	55,26	0,276
Abono orgánico Juan Viñas	100	64,27	54,36	0,265
“Tierra fermentada”	100	50,87	27,96	0,530
Fibra de coco	100	84,42	61,00	0,053
Sustrato comercial 2	100	61,16	38,00	0,363
Peat moss + perlita	100	81,82	53,80	0,091

^{1/} promedio de seis repeticiones.

Cuadro 4. Concentración de nutrimentos ($N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, Ca, Mg, K, P, Fe, Zn, Cu, Mn, Na), conductividad eléctrica y pH, de los sustratos empleados en la evaluación agronómica de almácigos de hortalizas. Alajuela, Costa Rica. 2004.

Sustratos	Proporción (%)	mg/l								mg/l			Cond. Elect. mS/cm	pH
		$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Cu	Mn	Na		
Fibra de coco + aserrín melina madurado + ceniza bagazo	40:50:10	1,42	3,73	3,10	0,44	6,90	80,90	0,80	0,09	0,02	0,11	2,30	0,42	6,58
Abono orgánico Juan Viñas + aserrín melina madurado + granza	40:40:20	1,26	12,52	8,25	2,79	8,05	7,70	0,20	0,02	0,02	0,04	1,65	1,36	6,96
Lombricompost broza + abono orgánico Juan Viñas + granza	40:40:20	0,88	331,46	8,90	3,70	0,30	8,40	0,30	0,03	trazas	0,04	1,40	4,06	6,70
Bagazo + aserrín melina madurado + abono orgánico Juan Viñas	50:30:20	0,94	7,56	7,25	2,02	7,00	7,55	0,25	0,02	0,01	0,12	1,70	0,88	6,78
Bagazo + fibra de coco + piedra pómez	40:40:20	1,57	2,45	2,05	0,40	3,85	7,60	17,70	0,11	0,04	0,54	1,85	0,27	5,19
Suelo + aserrín melina madurado + granza	40:40:20	1,03	2,26	2,30	0,19	2,70	7,15	9,85	0,04	trazas	0,13	1,55	0,21	6,51
Abono orgánico Juan Viñas + granza	70:30	1,09	400,64	10,05	4,90	8,55	7,35	0,10	0,01	trazas	0,04	1,85	3,18	6,67
Abono orgánico Juan Viñas	100	0,96	1.037,05	10,15	6,45	8,25	7,25	trazas	0,05	0,03	0,06	1,95	7,68	6,30
“Tierra fermentada”	100	21,27	1.247,57	10,05	9,20	80,00	96,00	0,10	0,22	0,18	12,20	2,60	9,26	5,47
Fibra de coco	100	1,55	10,82	2,35	0,37	4,70	7,55	trazas	0,05	trazas	0,06	2,30	0,31	5,69
Sustrato comercial 2	100	37,47	244,02	9,85	4,80	9,00	6,85	0,80	0,05	0,12	2,80	2,65	3,04	7,09
Peat moss + perlita	100	1,57	46,83	3,35	1,88	5,30	76,85	0,85	0,37	0,04	0,10	2,40	0,69	6,17

fumigante (gas), a una concentración de 2,5 cc/l y asperjado en el sustrato directamente sobre la bandeja seis días antes de la siembra.

El diseño experimental utilizado fue un irrestricto al azar con cuatro repeticiones y 12 tratamientos por cultivo. La unidad experimental correspondió a la bandeja plástica de 128 celdas. Para realizar la separación estadística de medias se utilizó la prueba Tukey al 5%; se utilizó el software Mstat versión 2.0.

La siembra se realizó el mismo día para todos los cultivos y en todos los sustratos. Se sembraron dos semillas por celda y se raleó nueve días después de la siembra (dds) en el caso del pepino, 11 dds para el brócoli y 14 dds para el tomate y la lechuga. Las condiciones climáticas promedio dentro del invernadero fueron de 299,98 $\mu M/m^{-2}s^{-1}$ de radiación fotosintéticamente activa, 43,05% de humedad relativa y 30,29 °C de temperatura.

Para adecuar las necesidades hídricas a la capacidad de retención de agua de cada sustrato, se calendarizó un programa de riegos (Cuadro 5). El riego del almácigo se hizo con una bomba de espalda de 16 litros.

La fertilización se aplicó en el agua de riego y se hizo de manera homogénea para todos los tratamientos y cultivos. El programa de fertirriego incluyó aplicaciones de 12-60-0 en una concentración de 2,5 g/l a los cuatro, ocho y 12 dds y aplicaciones de 20-20-20 en

una concentración de 2,5 g/l a los seis, 10, 14, 16, 18, 20 y 22 dds.

De acuerdo a las aplicaciones anteriores, el contenido total de elementos mayores suministrados a todo el largo del periodo del almácigo fue de 4.400 ppm de N, 3.520 ppm de P y 2.900 ppm de K.

Cuadro 5. Distribución de la frecuencia diaria de riegos para cada sustrato. Alajuela, Costa Rica, 2004.

Sustrato	Número de riegos
Fibra de coco + aserrín melina madurado + ceniza	2
Bagazo + fibra de coco + piedra pómez	2
Bagazo + aserrín melina madurado + abono orgánico Juan Viñas	3
Abono orgánico Juan Viñas + aserrín melina madurado + granza	3
Abono orgánico Juan Viñas + granza	4
Suelo + aserrín melina madurado + granza	4
Lombricompost broza + abono orgánico Juan Viñas + granza	4
Fibra de coco	2
Abono orgánico Juan Viñas	4
“Tierra fermentada”	4
Peat moss + perlita	3
Sustrato comercial 2	4

Las variables evaluadas fueron:

- A. *Días a emergencia*: corresponden a los días que tardaron en emerger al menos el 50% de las semillas colocadas en las bandejas.
- B. *Porcentaje de emergencia*.
- C. *Altura de la planta*: medida al punto de inserción en el tallo de la última hoja verdadera. Esta variable no se evaluó en el cultivo de lechuga.
- D. *Grosor del tallo*: medido en la base para las cuatro plantas indicadoras.
- E. *Área foliar*: evaluación realizada en un medidor de área foliar Li – Cor 3100.
- F. *Peso seco de la parte aérea*.
- G. *Peso seco de la raíz*.
- H. *Calidad de adobe* de acuerdo a la siguiente escala visual de evaluación:
 - 1: el 100% del adobe sale íntegro cuando se extrae la planta de la celda.
 - 2: sale el 90% del adobe.
 - 3: sale el 75% del adobe.
 - 4: sale el 50% del adobe.
 - 5: sale menos del 50% del adobe o la raíz desnuda cuando se toma la planta de la celda.
- I. *Distribución de la uniformidad de las raíces en el adobe*.
- J. *Porcentaje de plantas transplantables*: interpretado como la relación entre las plantas que se consideran aptas para el trasplante y el número total de plantas esperadas por bandeja. Se definieron de previo como plantas aptas para el trasplante, aquellas que presentaron un tamaño superior a 60 mm, grosor de tallo superior a 3 mm, área foliar mayor de 200 cm² y libre de enfermedades, excluyendo en esta variable la condición de la raíz y la calidad de adobe.

Las evaluaciones se realizaron de acuerdo al grado de desarrollo del cultivo; en pepino a los 11 dds, en tomate a los 23 dds, en brócoli a los 24 dds y en lechuga a los 25 dds. Los días de evaluación corresponden al momento óptimo de trasplante, referente a cada especie, y por lo general está determinado por la cantidad de hojas verdaderas. Para todos los casos se muestrearon seis plantas por tratamiento.

Se hizo también una prueba de germinación con las semillas empleadas. Para esto se tomaron 100 semillas de cada uno de los cultivos indicadores y se colocaron en platos petri, en donde fueron imbibidas en el líquido resultante de los filtrados de cada uno de los sustratos. Se colocó además un testigo en agua destilada para cada cultivo. En esta prueba se evaluó el porcentaje de germinación, los días a emergencia y el peso de las semillas germinadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunos problemas de germinación y emergencia presentados, principalmente el retraso observado en la emergencia del tomate en todos los sustratos, pueden deberse a la alta temperatura promedio registrada en el invernadero. Aunque Guevara (1999) señaló que las semillas de especies tropicales exigen temperaturas altas para germinar, los valores alcanzados en ciertos momentos del día pudieron resultar excesivos. La radiación y la humedad relativa, a lo largo del experimento, mostraron valores promedio normales que no afectaron el desarrollo de los almácigos.

Para disminuir el efecto de las altas temperaturas, el manejo del riego es crítico en los almácigos; ante tales temperaturas la demanda hídrica fue muy alta, máxime conforme la planta aumentó su biomasa. Los sustratos que incluían suelo o abono orgánico en proporciones de al menos 40%, presentaron mayores problemas de manejo de humedad debido a su menor capacidad de retención de agua (Cuadro 3).

En los Cuadros 6 y 7 se presentan los resultados obtenidos.

VARIABLES AGRONÓMICAS EVALUADAS

1. Días a emergencia

Los resultados de esta variable se presentan en el Cuadro 6. La mayoría de las semillas de pepino, brócoli y lechuga tardaron entre cuatro y seis días en emerger en casi todos los sustratos evaluados. Consistentemente las semillas de pepino fueron las primeras en germinar; esta semilla tiene dos cotiledones grandes, si se compara con otras semillas de hortalizas tales como tomate o lechuga. Esto favorece la germinación, aunque las condiciones no sean siempre las idóneas. El brócoli, aunque de menor tamaño que la semilla de pepino, no presentó retrasos en su germinación. La semilla de lechuga por su naturaleza tiene poca reserva; por esta razón especialmente en los sustratos de mayor densidad, tardó más en germinar.

Según informa Handreck y Black (2002), la porosidad total del sustrato afecta la capacidad de intercambio gaseoso del medio, disminuyendo el contenido de oxígeno que las semillas requieren para germinar. Los materiales abono orgánico Juan Viñas + granza (S7), lombricompost de broza + Juan Viñas + granza (S3), abono orgánico Juan Viñas (S8), “tierra fermentada” (S9) y sustrato comercial 2 (S11) tienen en común un alto porcentaje de suelo o abono orgánico; por su

Cuadro 6. Días a emergencia, porcentaje de germinación, altura de planta, grosor de tallo y área foliar evaluados en almácigos de brócoli, lechuga, pepino y tomate establecidos en diferentes sustratos. Alajuela, Costa Rica. 2004.

Cultivo	Sustrato	Días a emergencia	Porcentaje germinación	Altura planta (mm) ^{1/}	Grosor tallo (mm) ^{1/}	Área foliar (cm ²) ^{1/}
Brócoli^{a/}	S1	5,75 b ^{2/}	57,81 c	18,44 ef	1,82 def	79,82 de
	S2	5,00 bc	82,81 a	32,34 cd	2,07 cde	132,90 cde
	S3	4,75 bc	75,94 ab	63,76 ab	3,01 a	422,00 a
	S4	5,00 bc	81,25 a	23,31 cdef	1,60 ef	69,38 de
	S5	4,75 bc	80,94 a	12,74 ef	1,40 f	55,65 e
	S6	5,50 bc	82,81 a	25,71 cde	1,82 def	174,50 c
	S7	5,75 b	80,94 a	56,33 b	2,72 ab	383,50 a
	S8	3,75 c	92,81 a	71,82 a	3,04 a	374,30 ab
	S9	5,75 b	76,88 ab	20,89 def	2,26 bcd	150,30 cd
	S10	5,00 bc	88,75 a	12,03 f	1,48 f	52,63 e
	S11	8,00 a	61,88 bc	21,49 cdef	1,91 def	179,40 c
	S12	4,75 bc	81,56 a	34,21 c	2,51 abc	288,90 b
Lechuga^{b/}	S1	5,00 d ^{2/}	86,56 a	-	4,38 abc	144,80 cde
	S2	8,75 bc	75,31 ab	-	3,70 bcd	146,30 cde
	S3	-	45,63 bcd	-	4,83 ab	441,00 ab
	S4	5,00 g	88,75 a	-	3,24 cde	105,90 cde
	S5	5,00 d	77,81 ab	-	3,24 cde	65,85 de
	S6	7,50 cd	86,88 a	-	4,52 abc	263,50 bc
	S7	-	38,13 cde	-	4,25 bc	240,90 cd
	S8	-	9,70 e	-	5,79 a	532,50 a
	S9	-	20,94 de	-	2,09 e	13,69 e
	S10	5,00 d	69,06 abc	-	2,31 de	32,38 e
	S11	-	27,81 de	-	2,70 de	43,97 e
	S12	7,00 cd	79,38 ab	-	4,78 ab	249,90 bcd
Pepino^{c/}	S1	4,50 bc ^{2/}	75,31 abc	31,87 bc	2,49 ab	56,43 cd
	S2	4,50 bc	77,81 abc	44,50 bc	2,64 ab	79,72 bc
	S3	4,25 c	77,81 abc	74,88 a	3,09 a	116,20 ab
	S4	4,25 c	83,75 ab	35,38 bc	2,20 abc	62,51 cd
	S5	4,25 c	83,44 ab	14,52 d	1,41 c	25,92 d
	S6	4,75 bc	73,13 abc	26,25 cd	2,15 abc	56,71 cd
	S7	5,25 abc	72,50 bc	63,19 a	3,04 a	112,50 ab
	S8	4,00 c	75,31 abc	75,10 a	3,06 a	127,50 a
	S9	6,25 ab	80,31 abc	28,62 cd	2,18 abc	50,78 cd
	S10	4,00 c	86,25 a	20,28 cd	1,82 bc	33,83 d
	S11	7,00 a	69,58 c	24,62 cd	2,01 abc	48,02 cd
	S12	4,00 c	81,25 abc	26,79 cd	2,08 abc	58,08 cd
Tomate^{d/}	S1	8,00 c ^{2/}	93,13 a	40,56 cd	2,47 bc	58,30 c
	S2	8,25 c	88,75 ab	50,69 c	2,50 bc	79,07 c
	S3	8,25 c	87,50 ab	106,40 a	3,92 a	268,90 a
	S4	8,00 c	86,56 ab	40,22 cd	2,14 bc	38,32 cd
	S5	11,50 a	68,44 c	17,32 e	0,93 d	3,29 d
	S6	8,75 bc	86,88 ab	35,92 d	1,92 c	51,57 cd
	S7	9,00 bc	85,63 ab	97,26 a	2,94 b	254,80 a
	S8	8,50 bc	88,13 ab	73,23 b	2,77 bc	187,00 b
	S9	12,00 a	80,31 abc	40,37 cd	2,20 bc	55,12 c
	S10	8,00 c	88,44 ab	39,60 cd	1,98 c	61,49 c
	S11	12,25 a	73,44 bc	33,60 d	2,01 bc	63,40 c
	S12	9,75 b	82,19 abc	46,15 cd	2,14 bc	156,80 b

^{1/a} Evaluación a los 24 dds, ^{1/b} evaluación a los 25 dds, ^{1/c} evaluación a los 11 dds, ^{1/d} evaluación a los 23 dds.

^{2/} Medias con igual letra, en la misma columna y cultivo, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Cuadro 7. Peso seco de raíz y parte aérea, calidad de adobe y porcentaje de plantas transplantables evaluados en almácigos de brócoli, lechuga, pepino y tomate establecidos en diferentes sustratos. Alajuela, Costa Rica. 2004.

Cultivo	Sustrato	Peso seco (g)		Calidad adobe ^{1/}	Porcentaje plantas transplantables ^{1/}
		parte aérea	raíz		
Brócoli ^{a/}	S1	0,44 cd ^{2/}	0,22 def	1,00 e	8,44 ef
	S2	0,75 bc	0,67 b	1,00 e	24,06 de
	S3	1,83 a	0,58 bc	1,00 e	52,50 bc
	S4	0,37 cd	0,43 bcd	1,00 e	1,56 f
	S5	0,20 d	0,06 ef	5,00 a	0,00 f
	S6	0,69 c	0,34 cde	3,00 b	26,56 de
	S7	1,64 a	1,19 a	1,00 e	49,06 c
	S8	1,54 a	0,29 cdef	2,00 d	69,38 ab
	S9	0,69 c	0,23 def	3,00 c	40,00 cd
	S10	0,27 d	0,04 f	5,00 a	18,75 ef
	S11	0,69 c	0,15 def	5,00 a	15,31 ef
	S12	1,12 b	0,33 cdef	1,00 e	87,50 a
Lechuga ^{b/}	S1	0,45 bcde ^{2/}	0,19 abcd	1,00 e	62,81 abc
	S2	0,47 bcde	0,25 ab	2,00 d	53,44 abc
	S3	1,20 a	0,33 a	1,00 e	30,81 bcd
	S4	0,32 bcde	0,19 abcd	1,00 e	29,38 bcd
	S5	0,19 cde	0,05 cd	4,00 b	13,44 d
	S6	0,63 bcd	0,18 abcd	3,00 c	63,75 ab
	S7	0,69 b	0,22 abc	2,00 d	23,44 cd
	S8	1,27 a	0,13 bcd	5,00 a	11,69 d
	S9	0,08 e	0,01 d	5,00 a	2,50 d
	S10	0,09 e	0,00 d	5,00 a	3,44 d
	S11	0,17 de	0,02 d	5,00 a	6,25 d
	S12	0,64 bc	0,06 bcd	1,00 e	77,50 a
Pepino ^{c/}	S1	0,34 cde ^{2/}	0,16 ab	1,00 c	21,56 cde
	S2	0,45 bc	0,22 a	1,50 c	37,81 abc
	S3	0,64 a	0,14 ab	2,50 bc	58,75 a
	S4	0,41 cd	0,16 ab	1,00 c	20,94 cde
	S5	0,20 e	0,05 cd	5,00 a	2,50 e
	S6	0,33 cde	0,11 bcd	3,40 ab	15,00 de
	S7	0,60 ab	0,13 bc	1,50 c	36,25 bcd
	S8	0,75 a	0,09 bcd	3,75 ab	56,88 ab
	S9	0,30 cde	0,08 bcd	4,00 ab	10,63 e
	S10	0,26 de	0,03 d	5,00 a	5,00 e
	S11	0,32 cde	0,09 bcd	4,75 a	14,58 de
	S12	0,34 cde	0,09 bcd	3,25 b	20,00 cde
Tomate ^{d/}	S1	0,28 cde ^{2/}	0,11 cde	2,00 d	77,19 a
	S2	0,48 bcd	0,16 bcd	2,00 d	69,06 ab
	S3	0,97 a	0,25 a	2,87 c	71,88 ab
	S4	0,23 de	0,08 defg	1,00 e	17,50 cd
	S5	0,02 e	0,02 g	5,00 a	0,00 d
	S6	0,22 de	0,07 efg	4,00 b	16,56 cd
	S7	0,98 a	0,21 ab	1,25 e	68,75 ab
	S8	0,73 ab	0,08 cdef	5,00 a	54,69 b
	S9	0,26 cde	0,05 efg	5,00 a	25,00 c
	S10	0,27 cde	0,03 efg	5,00 a	13,75 cd
	S11	0,27 cde	0,03 fg	5,00 a	14,69 cd
	S12	0,59 bc	0,16 bc	1,00 e	87,08 a

^{1/a} Evaluación a los 24 dds, ^{1/b} Evaluación a los 25 dds, ^{1/c} Evaluación a los 11 dds, ^{1/d} Evaluación a los 23 dds.

^{2/} Medias con igual letra, en la misma columna y cultivo, no difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

densidad tienen menor espacio poroso, especialmente los tres últimos. En ellos la lechuga ni siquiera alcanzó el 50% de semillas germinadas.

Como se ha indicado, la temperatura interna en el invernadero fue alta en los días posteriores a la siembra. Guevara (1999), indicó que conforme se incrementa la temperatura ocurre también un aumento en la intensidad de las reacciones metabólicas, por lo que el consumo de oxígeno en el embrión es mayor; esto aunado a que al elevarse la temperatura del medio se disminuye el oxígeno disponible en solución y se dificulta aún más el intercambio gaseoso requerido por la semilla.

El tomate es otra especie con semilla de tamaño pequeño y bajas reservas, lo que la hace muy sensible a las condiciones propias del medio donde se coloca. Fue la especie en donde la emergencia tardó más en producirse, cerca de ocho días o más en todos los sustratos. En este caso pudo haberse inducido algún tipo de dormancia como mecanismo de defensa de las semillas (Bewley 1997). Una vez que se rompió esta dormancia la germinación fue buena y homogénea en la mayoría de tratamientos. Sin embargo, también es muy probable de esperar algún problema de vigor de semilla como causante del retraso en la emergencia del tomate, aspecto común en semillas viejas o que han sido mal almacenadas. En las pruebas de germinación del Cuadro 8, se presenta un valor bajo de germinación (70%) para tomate en agua destilada, lo que puede comprobar algunos problemas de vigor en la semilla.

No se observaron diferencias significativas entre muchos de los sustratos empleados (Cuadro 6) según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), aunque hay sustratos que retrasaron los días a emergencia; este es el caso de la “tierra fermentada” y el sustrato comercial 2, ambos materiales caracterizados por una alta densidad de masa. Otros retrasaron un poco el proceso de germinación en lechuga (*peat moss* + perlita; suelo + aserrín melina + granza; Juan Viñas + aserrín melina + granza), aunque como se indica la lechuga es particularmente sensible a condiciones externas.

2. Porcentaje de emergencia

El porcentaje de emergencia de las plántulas en los sustratos se presenta en el Cuadro 6, y se complementa la información con los datos de la prueba de germinación realizada con los filtrados resultantes de los sustratos (Cuadro 8).

En general el porcentaje de emergencia manifestó valores próximos al 80%. No obstante, la lechuga

nuevamente en los sustratos S3, S7, S8, S9 y S11 no alcanzó siquiera valores de al menos un 50% de emergencia.

En el brócoli, pepino y tomate, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), se presentó poca variación significativa entre los sustratos. En la prueba de germinación (Cuadro 8) con brócoli, pepino y lechuga, a los cuatro días de inducida, mayoritariamente se encontró una germinación aceptable, superior al 80% para la mayoría de los casos. Con el tomate no hubo una germinación tan buena a diferencia de la observada en las bandejas en el invernadero; quizás eran necesarios más de ocho días para realizar la evaluación, en cuyo caso la semilla de tomate presentaba algún tipo de dormancia o problemas de vigor.

En los sustratos fibra de coco + aserrín de melina + ceniza (S1) y sustrato comercial 2 (S11), fue más notoria una diferencia en la emergencia de las distintas especies. En el primero de ellos la emergencia del brócoli fue particularmente baja (menor al 60%), aunque es poco probable algún efecto de la fibra de coco o el aserrín de melina, puesto que en otras mezclas con estas materias primas no se presentaron problemas de germinación. La ceniza de bagazo podría causar algún efecto en la emergencia del brócoli, aunque este componente fue añadido a la mezcla solo en un 10%. En este mismo sustrato el tomate obtuvo la mejor emergencia con un valor superior al 90%.

En el sustrato comercial 2, la emergencia de las especies fue baja y osciló entre el 60 y 70% (con el extremo en lechuga en donde incluso no alcanzó ni el 30%). De nuevo la densidad de masa del material podría ser la razón de la disminución en el porcentaje de emergencia, puesto que la prueba de germinación (Cuadro 8), incluyendo el tratamiento testigo, no presentó ningún problema con el extracto de este sustrato.

La semilla de lechuga, en la prueba de germinación con extractos (Cuadro 8) tuvo una germinación superior al 84% a los cuatro días de evaluación, con excepción del tratamiento abono orgánico Juan Viñas (S8). Así entonces, la lenta emergencia presentada en algunos sustratos podría atribuirse a condiciones propias del medio, en especial la baja porosidad. En el caso del abono orgánico Juan Viñas (S8), la composición del sustrato afectó a la semilla de lechuga, donde la germinación observada en el plato petri fue de apenas un 51%, lo que ratificó el bajo porcentaje de emergencia ocurrido en el experimento de invernadero. Este material mostró una conductividad eléctrica ligeramente alta, superior a los valores máximos recomendados por Warncke y Krauskopf (1983), por lo que una semilla tan sensible como la de lechuga pudo perderse por alta salinidad. Las mezclas de este mismo abono orgánico con cualquier otra materia prima, no presentaron problemas de germinación ni en las pruebas, ni en la fase de invernadero.

Cuadro 8. Porcentaje de germinación para 100 semillas de brócoli, lechuga, pepino y tomate colocadas en extractos de los filtrados de los distintos sustratos y peso fresco de las plántulas. Alajuela, Costa Rica. 2004.

Sustrato	Brócoli			Lechuga			Pepino			Tomate		
	% Germinación		Peso ^{3/}	% Germinación		Peso	% Germinación		Peso	% Germinación		Peso
	2 ddc ^{1/}	4 ddc	(g)	2 ddc	4 ddc	(g)	3 ddc	4 ddc	(g)	5 ddc	8 ddc	(g)
S1	85	88	2,147	87	89	1,322	78	90	6,876	45	71	1,538
S2	69	91	2,157	74	92	1,507	73	93	5,713	50	83	1,918
S3	77	87	2,307	76	92	1,928	71	83	5,946	56	74	1,889
S4	70	75	1,827	75	92	1,123	75	83	5,652	33	80	1,357
S5	84	96	2,821	77	88	1,083	83	90	6,941	44	75	1,512
S6	77	89	1,703	88	92	1,444	72	89	7,851	48	75	1,316
S7	72	86	2,179	69	93	0,983	73	88	5,652	43	59	0,787
S8	75	83	2,493	14	51	0,304	71	78	5,862	33	38	0,677
S9	88	96	2,689	72	94	1,747	61	78	6,237	42	62	1,057
S10	68	88	1,781	70	93	1,279	71	87	6,003	41	64	1,024
S11	77	84	1,791	15	87	0,875	60	88	5,787	31	54	0,725
S12	82	89	2,116	13	84	0,799	56	68	5,359	38	79	1,282
Testigo ^{2/}	90	98	2,216	82	92	0,919	93	96	5,433	43	70	1,172

^{1/} ddc: días después de colocadas.

^{2/} En agua destilada.

^{3/} Pesos de las semillas germinadas a la segunda evaluación para cada cultivo.

3. Altura de planta

Los resultados para la altura de planta se muestran en el Cuadro 6. Esta variable no se consideró en la lechuga por tener un tipo crecimiento en roseta.

Los almácigos son dependientes del aporte de agua, nutrimentos, energía y aire que un medio pueda aportarle. Estas condiciones a su vez están relacionadas con factores físicos y químicos como el pH, contenido nutricional, capacidad de intercambio gaseoso, agua disponible y temperatura, entre otros (Singh 1998).

Las plantas de mayor altura en los tres cultivos indicadores evaluados se dieron en los sustratos abono orgánico Juan Viñas + granza (S7), lombricompost de broza + abono orgánico Juan Viñas + granza (S3) y abono orgánico Juan Viñas (S8). Son las condiciones físicoquímicas de cada sustrato las que definen el comportamiento de esta y las restantes variables agronómicas (Schnelle y Henderson 1991). Así estos sustratos ofrecieron buenas condiciones para el desarrollo de las plantas tales como un buen contenido nutricional (especialmente N-NO₃⁻), pH óptimo (entre 6,3 y 6,7) y adecuadas condiciones de aireación. Handreck y Black (2002) indican que al lombricompost se le reconoce una mejor estructura que a los abonos orgánicos de origen similar, pero para efectos prácticos la diferencia entre ellos es poco relevante toda vez que ambos permiten un buen desarrollo de almácigo.

En el Cuadro 6 resaltan también los sustratos bagazo + fibra de coco + piedra pómez (S5) y la fibra de coco (S10). El sustrato S5 tuvo un pobre comportamiento; aunque presentó buenas propiedades físicas, el aporte nutricional fue malo y su pH fue bajo (5,2). Lo mismo sucedió con la fibra de coco, aunque tuvo buenas propiedades físicas e incluso un buen pH, su aporte nutricional fue muy limitado. Se presentó además en el sustrato S5 niveles altos de Fe, alrededor de 17 mg/l de un máximo recomendado estimado en 3,0 mg/l (Warncke y Krauskopf 1983), por lo que pudo presentarse problemas de fitotoxicidad por este elemento.

En los sustratos S5 y S10 se observó que muchas de las semillas al germinar emitían su radícula pero no profundizaban en el sustrato; más bien al cabo de pocos días eran impulsadas hacia la superficie de la celda donde la plántula se desecaba por efecto del sol. En ocasiones se encontraron en los sustratos fibras muy gruesas y agregadas, que por su dureza resultaban muy difíciles de penetrar por la radícula.

La deficiente preparación comercial de los materiales se constituyó en una limitante física. La poca

exploración de la raíz en el medio se debió a problemas en el procesamiento e industrialización de la fibra de coco y el bagazo como sustratos. Ambos materiales son adecuados para una fase de producción, sin embargo para propagación en recipientes de volumen limitado, como lo son las celdas de las bandejas, es necesario un grado más fino de molienda o bien pasar el material por cribas.

El resto de sustratos mostraron un comportamiento intermedio que difiere según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), aunque sus valores sean próximos.

4. Grosor de tallo

El grosor de tallo es un indicador del estado vigoroso de una plántula. En el Cuadro 6 se presentan los resultados obtenidos en la medición de esta variable. Nuevamente destacaron los sustratos lombricompost de broza + abono orgánico Juan Viñas + granza (S3), abono orgánico Juan Viñas + granza (S7) y abono orgánico Juan Viñas (S8) que son los que favorecieron un mayor desarrollo de tallo en los cuatro cultivos. En lechuga, además de los anteriores sustratos, sobresalen la mezcla suelo + aserrín melina + granza (S6) y el *peat moss* + perlita (S12); ambos materiales registraron un alto valor que no difirió de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). El aporte nutricional que brindaron estos sustratos y sus adecuadas propiedades físicas, de nuevo ofrecieron las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas.

La lechuga al ser una planta de follaje presenta un tallo corto y engrosado, producto de un crecimiento en roseta, por lo que en todos los sustratos fue el cultivo con los mayores valores de grosor de tallo.

Estadísticamente no hubo diferencias entre el resto de sustratos, los cuales presentaron un comportamiento similar. Sólo el sustrato bagazo + fibra de coco + piedra pómez (S5) registró mediciones de grosor más bajas en los cultivos evaluados; esto fue producto del pobre desarrollo de las plantas debido a la poca exploración que las raíces hacen del medio y consecuencia de las limitaciones de orden físico que este sustrato impuso.

El mal procesamiento industrial de la fibra de coco (S10) dificultó la penetración de la radícula en el sustrato; esta restricción física incidió en que la lechuga tuviera un bajo grosor de tallo debido a su poco desarrollo. Otros sustratos desfavorables para la lechuga fueron la "tierra fermentada" (S9) y el comercial 2 (S11), los cuales debido a la densidad y a la poca aireación que ofrecieron por su baja porosidad, limitaron el desarrollo de este cultivo.

5. Área foliar

Los valores de área foliar de cada cultivo, en todos los sustratos evaluados, se presentan en el Cuadro 6. Aquellas plantas de mayor desarrollo (más altura y grosor de tallo), mantuvieron la misma tendencia en las mediciones de área foliar. Por eso fueron de nuevo los sustratos S3, S7 y S8, materiales con mejores propiedades fisicoquímicas, los que generaron los valores más altos de área foliar y sin diferencia estadística significativa, según la prueba de Tukey a una $P \leq 0,05$.

Los sustratos suelo + aserrín melina + granza (S6) y *peat moss* + perlita (S12) mostraron valores intermedios en esta variable. En el caso del S6, el aporte nutricional del suelo y la corrección física dada tanto por el aserrín como por la granza, hicieron de este sustrato un buen medio, en especial para los cultivos de lechuga y brócoli. No obstante, hubo presencia de malezas, por lo que debe prestarse atención en la calidad de las materias primas y su desinfección.

En el caso del *peat moss*, pese a ser uno de los sustratos más empleados por productores de almácigos, en esta evaluación no obtuvo valores altos de área foliar. El *peat moss* ha presentado problemas de estabilidad y acidez en experiencias con trabajos preliminares en la Estación Experimental Fabio Baudrit. Por el valor de pH que se indica en el Cuadro 4, este no pareciera ser el caso de este material en particular, pero sí se observaron daños en el sistema radical que afectaron el desarrollo de la planta. Se presentaron raíces de color cobre sobre todo en la periferia del adobe. Por convección, la transmisión de calor por efecto del agua en la interfase plástico-sustrato, puede provocar algún grado de quema de raíces, aunque esta observación no fue consistente con otros sustratos que también retuvieron mucha humedad.

Los sustratos S5 y S10 en conjunto al S9 y S11 (exceptuando para el brócoli en estos dos últimos medios) mostraron otra vez los menores valores de área foliar, lo que era de esperarse debido al pobre desarrollo de los almácigos establecidos en estos sustratos. No hubo diferencias significativas entre ellos, Tukey $P \leq 0,05$.

En los sustratos S1, S2 y S4 las plantas no lograron desarrollar todo su potencial; en ellos el común denominador fue el aserrín de melina madurado. En estos medios los contenidos nutricionales, en especial de los dos primeros sustratos, no fueron tan altos (Cuadro 3). Por su parte el pH tendió hacia valores neutros, por lo que correcciones con compuestos azufrados o con el mismo *peat moss* son recomendadas (Gariglio *et al.* 2001). Dadas las buenas propiedades físicas que estas

mezclas ofrecieron (Cuadro 3), con ajustes nutricionales a través del fertirriego, se puede suplir un mayor contenido de nutrientes y favorecer el establecimiento de almácigos en estos sustratos. El potencial comercial de estos medios es alto, si se considera la tendencia hacia materiales físicamente aptos, pero de escaso aporte nutricional (Guzmán 2003 b⁴).

6. Peso seco de la parte aérea

Los valores de peso seco de la parte aérea de los cultivos indicadores establecidos en los diversos sustratos manifestaron la misma tendencia que el área foliar, Cuadro 7.

Los valores más altos de peso seco de la parte aérea correspondieron a los sustratos S3, S7, S8 y S12, sustratos con altos valores de área foliar. El brócoli fue la especie con mayores valores de peso seco aéreo y se debió a que de todos los cultivos, fue el de tejido menos suculento y por lo tanto el que al secarse presentó mayor biomasa.

Los sustratos S5, S9, S10 y en menor medida S11 fueron los que mostraron menor peso seco de la parte aérea. Entre ellos no hubo diferencias significativas (Tukey $P \leq 0,05$). El bajo peso seco de la parte aérea respondió al pobre desarrollo alcanzado por la planta, según las condiciones en la que se estableció. Como se mencionó anteriormente, estos sustratos muestran algún tipo de carencia de orden física o química que afecta el desarrollo de las plantas.

7. Peso seco de la raíz

Al analizar los datos del Cuadro 7, no se observó una correlación entre los pesos secos aéreo y radical. Sustratos en los que se establecieron plantas con buen desarrollo foliar, no necesariamente manifestaron igual respuesta en el peso seco de raíz. Esta observación está ligada a las propiedades físicas que determinaron la calidad del adobe de la planta, principalmente la porosidad total y la densidad de masa. Los sustratos más pesados (principalmente S7, S8 y en menor medida S3), ofrecieron mayor resistencia a la extracción de raíces, dificultándose la recuperación de las mismas para su evaluación. Además al ser estos sustratos más densos limitaron la proliferación de las raíces. El comportamiento de estos tres sustratos no difiere estadísticamente de lo presentado en otros medios de comportamiento intermedio tales como el S1, S2, S4, S6, y S12.

⁴ GUZMÁN, J. M. 2003 b. Comunicación personal. Universidad de Almería, España, noviembre del 2003. San José, Costa Rica. sp.

El brócoli fue la planta con valores de peso seco de raíz más altos en la mayoría de los sustratos. Al igual que con el peso seco aéreo, esta variable puede explicarse en la succulencia del tejido y en la mayor densidad de raíces. Se observó para el brócoli del sustrato S7 un valor muy alto y estadísticamente diferente al resto de los sustratos, debido a que la buena calidad de adobe en este caso permitió la casi total recuperación en la obtención de las raíces.

Los sustratos S5, S9, S10 y S11 mostraron valores muy bajos de peso seco radical, consistentemente con lo que ya se ha mencionado para otras variables agronómicas. Entre ellos no se presentaron diferencias de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). De estos sustratos ni el S5 ni el S9 ofrecieron las condiciones de aporte nutricional requerido, mientras que los sustratos S10 y S11 presentaron limitaciones de orden físico dificultándose en estos materiales el establecimiento adecuado de los almácigos.

8. Calidad de adobe

Gran parte del éxito en la producción de un almácigo recae en la calidad de adobe que se obtenga. Por adobe se entiende el agregado que forma las raíces de la planta con el sustrato, y para que sea considerado como apropiado debe permitir un buen desarrollo radical y además mantener la integridad de las raíces y su fácil extracción de la celda, sin dañar la plántula, al tirar de la base del tallo. Otra consideración que también comprueba la calidad del adobe, es si adopta fácilmente la forma y tamaño del recipiente donde se establece.

Los valores de calidad de adobe se presentan en el Cuadro 7. Los sustratos que tuvieron adobes de alta calidad (valores uno o dos en la escala visual) fueron las mezclas de fibra de coco + aserrín de melina + ceniza (S1), bagazo + aserrín de melina + Juan Viñas (S4), Juan Viñas + aserrín de melina + granza (S2) y el *peat moss* + perlita (S12). Todos estos sustratos son livianos. El sustrato bagazo + fibra de coco + piedra pómez (S5) también es un medio liviano, pero sin ningún componente que haga la función de agregación del adobe. El aserrín de melina, entre los materiales livianos, fue el que presentó mayor densidad, brindándole cuerpo al adobe. Del *peat moss* hay abundantes experiencias en su utilización y es reconocida su capacidad por sus propiedades fisicoquímicas y buen adobe (Nelson 1991; Sawan *et al.* 1999; Sirin y Sevçican 1999).

No obstante que las mezclas S1 y S4 ofrecieron una excelente calidad de adobe para un trasplante exitoso, el desarrollo de las plantas en estos dos sustratos no fue tan bueno debido al pobre aporte nutricional de

los materiales. El medio SM6 no tiene una materia prima nutricionalmente fuerte y el SM12 aunque posee abono orgánico Juan Viñas, la baja proporción en la que se utilizó en la mezcla (20%), hizo que la planta retardara su crecimiento y desarrollo. Por lo tanto, un aporte nutrimental haría de estos sustratos materiales un producto con alto valor comercial.

De los sustratos que en otras variables mostraron buenos resultados, abono orgánico Juan Viñas + granza (S7), lombricompost de broza + Juan Viñas + granza (S3) y abono orgánico Juan Viñas (S8), sólo el primero de ellos presentó un adobe de reconocida calidad para todos los cultivos; al menos una recuperación del 90% del adobe. Los otros dos materiales (excepto en lechuga para el S3 y brócoli para el S8) mostraron algún problema (valores cuatro o cinco en la escala visual), perdiéndose por completo el adobe en el caso del abono orgánico Juan Viñas en los cultivos de lechuga y tomate. Esto es una limitante seria para tales sustratos, pues todo el buen porte y la calidad de planta conseguida al momento, se pierde por efecto de un adobe deficiente.

Otros sustratos con baja calidad de adobe en todos los cultivos, sin diferencia estadística, fueron S5, S6, S9, S10 y S11. El sustrato S5 tiene muy poca densidad. El caso de la fibra de coco (S10) es particular; como no ocurrió exploración radical del medio, por los problemas de preparación comercial disponible en el país, no pudo presentarse un amarre del adobe. Si la fibra de coco fuera correctamente procesada e industrializada, se podría esperar además de buenas plantas, una calidad óptima de adobe dadas sus propiedades físicas. Esto lo informaron Arenas *et al.* (2002), quienes resultaron su gran potencial como sustituto del *peat moss* en almácigos de tomate. Los materiales S6, S9 y S11, especialmente los dos últimos, presentaron limitaciones debidas a su densidad y poco espacio poroso, por lo que las raíces no profundizaron ni exploraron el medio, lo que hizo que el adobe no tuviera suficiente amarre y resultara deficiente.

9. Distribución de las raíces en el adobe

La manera como se distribuyen las raíces alrededor del sustrato en el adobe es un indicador de la uniformidad y homogenización del medio. También es una característica asociada a la buena calidad de adobe. Los resultados para este particular se exponen en el Cuadro 9.

Los sustratos S1, S2, S3, S4 y S7, en los cuatro cultivos indicadores, consistentemente permitieron una buena exploración del medio por parte de las raíces. Los sustratos S6 y S12 no alcanzaron una buena uniformidad en la distribución de raíces para el cultivo de pepino, ni el S6 en el tomate.

Cuadro 9. Distribución de las raíces en el adobe en cultivos de brócoli, lechuga, tomate y pepino en distintos sustratos hortícolas. Alajuela, Costa Rica. 2004.

Cultivo	Sustrato											
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Brócoli	U	U	U	U	D	U	U	U	U	D	D	U
Lechuga	U	U	U	U	D	U	U	D	D	D	D	U
Pepino	U	U	U	U	D	D	U	M	D	D	D	M
Tomate	U	U	U	U	D	M	U	D	D	D	D	U

U: uniforme

D: desuniforme

M: medianamente uniforme

El abono orgánico Juan Viñas (S8) fue un caso especial donde la distribución de raíces clasificó como desuniforme para tomate, lechuga y en menor grado pepino. La uniformidad de raíces no puede observarse si la integridad del adobe se pierde como ocurrió para el S8 en los cultivos citados.

Los sustratos S5, S9, S10 y S11 presentaron la mayor desuniformidad de distribución de las raíces; estos sustratos presentaron características fisicoquímicas que restringieron el normal desarrollo de las plantas en todos los cultivos. Estas restricciones también tuvieron repercusión en la uniformidad presentada por las raíces.

El cultivo de brócoli es el que presentó mayor uniformidad en la distribución radical en la mayoría de los sustratos. Este resultado coincidió con los obtenidos en la variable de peso seco de raíz; la mayor formación de raíces en el brócoli hace que las mismas exploraran todo el medio disponible en la celda de la bandeja.

10. Porcentaje de plantas transplantables

El porcentaje de plantas transplantables se presenta en el Cuadro 7. Esta variable es un indicador visual del estado de las plantas al trasplante, y considera el vigor y apariencia general, dejando por fuera la calidad del adobe.

El *peat moss* + perlita (S12) fue el sustrato con mayor cantidad de plantas transplantables en todos los cultivos excepto para el pepino, lo que explica su preferencia entre los productores nacionales en la elaboración de almácigos. El S3 y el S8 tuvieron más del 50% de plantas de calidad transplantable en los cultivos de brócoli, pepino y tomate, pero en lechuga este rendimiento cayó notablemente. Los sustratos S1 y S2 en

lechuga y tomate y el S7 en tomate presentaron valores superiores al 50% para esta variable. Las plantas establecidas en los sustratos más ventajosos son las que más se favorecieron. Aquí el aporte nutricional del medio es determinante en la calidad de la planta; la mayoría de sustratos mencionados tuvieron esta particularidad. Aunque este no fue el caso del *peat moss*, si se reconocidas sus bondades físicas.

Los sustratos S5, S6 (excepto en lechuga en S6 donde más del 60% resultó transplantable), S9, S10 y S11 mostraron los números más bajos de plantas transplantables; esto fue una constante en estos sustratos (exceptuando el S6), donde las restricciones físicas y químicas que presentaron, limitaron el desarrollo de la planta (Quesada y Méndez 2005). En el sustrato S4 se marcaron valores muy bajos de plantas transplantables, debido a que este sustrato por ser pobre nutricionalmente, no ofreció las mejores condiciones para el desarrollo y crecimiento del almácigo.

En los sustratos livianos, la lechuga y el tomate fueron los cultivos con mayor número de plantas transplantables, mientras que cuando el sustrato era más denso, predominaron las plantas de brócoli como transplantables. Esta aseveración se cumplió para todos los sustratos salvo en la fibra de coco. Esto puede explicarse en que las raíces del brócoli son más profundas y fuertes para explorar medios pesados, mientras que las plantas de lechuga y tomate son más sensibles a condiciones limitantes de sustrato.

CONCLUSIONES

Las mezclas abono orgánico Juan Viñas + granza; lombricompost + abono orgánico Juan Viñas + granza y abono orgánico Juan Viñas, produjeron los mejores

almácigos de brócoli, pepino y tomate. Sin embargo para aplicaciones comerciales es imprescindible mejorar la calidad de adobe que brindan estos medios.

Los mejores almácigos de lechuga se presentaron en los sustratos *peat moss* + perlita y suelo + aserrín melina madurado + granza. El primero de estos sustratos brinda excelente adobe, mientras que la mezcla de suelo + aserrín de melina madurado + granza da un adobe de calidad intermedia.

Debido a que presentaron propiedades físicas inadecuadas, los sustratos con el comportamiento agronómico más deficiente, en brócoli, pepino, lechuga y tomate, fueron la mezcla bagazo + fibra de coco + piedra pómez y las materias primas fibra de coco, "tierra fermentada" y sustrato comercial 2.

Sustratos en mezcla como la fibra de coco + aserrín de melina madurado + ceniza; abono orgánico Juan Viñas + aserrín melina madurado + granza; y bagazo + aserrín melina madurado + abono orgánico Juan Viñas presentan adobes de buena calidad, pero con un bajo aporte nutricional que limita el desarrollo de las plantas en todo su potencial; es necesario por lo tanto un complemento nutricional en sustratos de bajo aporte.

LITERATURA CITADA

- ARENAS, M.; VAVRINA, C. S.; CORNELL, J. A.; HANLON, E. A.; HOCHMUTH, G. J. 2002. Coir as an alternative to *peat* in media for tomato transplant production. *HortScience* 37 (2): 309-312.
- BEWLEY, J. D. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* 9: 1055-1066.
- GARIGLIO, N. F.; ALSINA, D. A.; NESCIER, I.; CASTELLARO, F. J. 2001. Corrección del pH en sustratos a base de serrín de Salicáceas. *Invest. Agr.: Prod. Veg.* 16 (2): 203-211.
- GUEVARA, E. 1999. Germinación. Curso de principios y aplicaciones de la fisiología vegetal. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. Material mimeografiado. 13 p.
- GUZMÁN, J. M. 2003 a. Sustratos y tecnología de almácigo. *In: Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos.* UCR-CYTED. San José, Costa Rica. 25 p.
- HANDRECK, K. BLACK, N. 2002. *Growing media for ornamental plants and turf.* 3 ed. UNSW Press. Australia. 542 p.
- LESKOVAR, D. I. 2001. Producción y ecofisiología del transplante hortícola. Curso dado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Consultado 22 dic. 2004. Disponible en: www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Curso.pdf
- NELSON, P. V. 1991. *Greenhouse operation and management.* 4 ed. Prentice-Hall. Estados Unidos de América. 612 p.
- QUESADA, G. MÉNDEZ, C. 2005. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en la elaboración de almácigos de hortalizas. *Revista de Agricultura Tropical* 35. En prensa.
- SAWAN, O. M.; EISSA, A. M.; ABOU-HADID, A. F. 1999. The effect of different growing media on cucumber seedling production, fruit yield and quality under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae, Proc. Intl. Sym. on Greenhouse Management for Better Yield and Quality in Mild Winter Climates* 486: 369-378.
- SCHNELLE, M. A.; HENDERSON, J.C. 1991. Containers and media for the nursery. Oklahoma cooperative extension service. Extension facts. Oklahoma State University. 4 p.
- SINGH, B. P.; SAINJU, U. M. 1998. Soil physical and morphological properties and root growth. *Hort Science* 33 (6): 966-971.
- SIRIN, U.; SEVGICAN A. 1999. The effect of pot size and growing media on growth of tomato soilless culture. *Acta Horticulturae, Proc. Intl. Sym. on Greenhouse Management for Better Yield and Quality in Mild Winter Climates* 486: 343-347.
- WARNCKE, D. D.; KRAUSKOPF, D. M. 1983. *Greenhouse growth media: testing & nutrition guidelines.* Cooperative Extension Service. Extension Bulletin E-1736. Michigan State University. 6 p.