

CARACTERIZACIÓN DE COMPONENTES DE SUSTRATOS LOCALES PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE HORTALIZAS EN EL ESTADO LARA, VENEZUELA

Javier Bracho¹, Francis Pierre¹ y Ana Quiroz¹

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue caracterizar algunas propiedades físicas y químicas de nueve materiales de origen local con uso potencial como componentes de sustratos para plántulas de hortalizas: aserrín de coco (AC), bagacillo de caña de azúcar fresco (BCF), bagacillo de caña de azúcar compostado (BCC), pergamino de café molido (PCM) o sin moler (PC), cernidos con malla (ϕ 3 mm); cascarilla de arroz (CA), aserrín de madera (ASM), pergamino de café (PC) y turba de río (TR), así como productos comerciales: Capriabono, Promix, Sogemix y Biolan. Las propiedades evaluadas fueron: porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de humedad (CRH) y densidad aparente (DA) y de partículas (DPA), conductividad eléctrica (CE) y pH. Los 12 tratamientos se evaluaron en un diseño completamente al azar con 12 tratamientos y 3 repeticiones. La CA, el PC y la TR presentaron limitaciones en dos o más propiedades evaluadas; el BCF y el ASM presentaron limitaciones por pH. El Capriabono presentó limitaciones con relación a la PT, PA y CE. Las turbas comerciales presentaron valores adecuados para todas las características evaluadas, a excepción de Biolan que presentó valores de PA por debajo del rango. Se detectaron correlaciones positivas en PT vs. PA; DA vs. DPA; CE vs. DA, and CE vs. DPA. Así mismo, se detectaron correlaciones negativas en PT vs. DA, PT vs. DPA, PT vs. CE, and PA vs. CRH. Los materiales con mayor potencial de uso como sustrato fueron el BCC y el PCM, por registrar valores dentro de los rangos considerados como adecuadas para las propiedades evaluadas.

Palabras clave adicionales: Medios de crecimiento, propiedades físicas y químicas, propagación de plantas

ABSTRACT

Characterization of local growing media for vegetable plantlet production in Lara State, Venezuela

The objective of the investigation was to evaluate some physical and chemical properties of nine materials of local origin with potential use as substrate component for vegetable plantlet production: coconut sawdust (AC), fresh sugar cane waste pulp (BCF), composted sugar cane waste pulp (BCC), milled or non milled coffee parchment (PCM or PC), rice hulls (CA), wooden sawdust (ASM), river peat moss (TR), and the commercial products Capriabono, Promix, Sogemix, and Biolan. The properties of total porosity (PT), air - filled porosity (PA), water holding capacity (CRH), bulk density (DA), particle density (DPA), electric conductivity (CE) and pH were evaluated under a complete randomized design with 12 treatments and 3 repetitions. The CA, PC and TR showed limitations for two or more properties; BCF and ASM registered limitations in pH. Capriabono registered limitations due to PT, PA and CE. The commercial peat moss registered appropriate values for all the evaluated properties, except for Biolan that showed values of PA under the range. Positive correlations were detected in PT vs. PA; DA vs. DPA; CE vs. DA, and CE vs. DPA. Likewise, negative correlations were detected in PT vs. DA, PT vs. DPA, PT vs. CE, and PA vs. CRH. The best materials with potential use as substrate component were BCC and PCM for presenting values within the range considered as optimum according to the specialized literature.

Additional key words: Horticultural substrates, physical and chemical properties, plant propagation

INTRODUCCIÓN

Existe una tendencia a nivel mundial hacia un control más exhaustivo de las condiciones

ambientales en algunas de las fases del proceso productivo de las plantas. Uno de esos cambios se observa en la sustitución de suelo por el cultivo hidropónico y el sustrato. Frente a la degradación

Recibido: Enero 2, 2008

Aceptado: Diciembre 3, 2008

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Guárico. e-mail: jbracho@inia.gob.ve

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Lara. Apdo. 592. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: fpierre@inia.gob.ve; aquiroz@inia.gob.ve

del suelo por su uso con cultivos intensivos y por la presencia de factores limitantes asociados como salinidad y agentes fitopatógenos, los sustratos representan un referencial tecnológico alternativo. Por otro lado, esta tecnología permite el traslado de las plantas a lugares distintos de donde fueron cultivadas (Pastor, 2000).

Los sustratos o medios de crecimiento tienen como objeto proveer de soporte físico a las plántulas así como proporcionar aire, agua y nutrientes para el apropiado funcionamiento de las raíces (Pire y Pereira, 2003). Los sustratos pueden contribuir a la intensificación de la producción hortícola y de este modo proveer altos rendimientos en la cosecha, incluso en áreas con condiciones cada vez más adversas (Ansorena, 1994). La superioridad teórica de los sustratos con respecto a los suelos está demostrada en la práctica y actualmente la mayor parte de los cultivos hortícolas de invernaderos en los países más tecnificados de Europa se producen sobre sustratos (Van Schie, 1999). En este sentido, García et al. (2001) señalan que la calidad de las plántulas obtenidas dependerá del tipo de sustrato a utilizar y de sus características físico-químicas, ya que el desarrollo y funcionamiento de las raíces están determinadas por las condiciones de aireación y el contenido de agua, además de la influencia que estos factores tienen sobre el suministro de los nutrientes necesarios.

Las principales características físicas que se evalúan en un sustrato son: la densidad real y aparente, la distribución granulométrica, porosidad y aireación, retención de agua, permeabilidad, distribución y tamaño de poros, y estabilidad estructural. Desde el punto de vista químico, las propiedades más importantes son: capacidad de intercambio catiónico, pH, capacidad tampón, contenido de nutrimentos y relación carbono/nitrógeno (Pastor, 2000; Pire y Pereira, 2003). Uno de los materiales más ampliamente utilizado como sustrato es la turba. Este es un material orgánico difícilmente renovable que proviene de la deposición natural de los residuos vegetales que caen sobre el suelo, descomponiéndose lentamente durante cientos de años. La turba provee características óptimas como medio de crecimiento para las plantas, por lo que ha sido explotado en forma comercial principalmente en países de clima templado (Arenas et al., 2002). Sus características

particulares le han permitido ocupar un lugar importante como medio de crecimiento diferente del suelo, convirtiéndose en factor de desarrollo para el sector hortícola durante los últimos años (Abad y Noguera, 2000).

El constante deterioro de los ecosistemas donde se explota este recurso, ha demandado la búsqueda de materiales alternativos. En este sentido, la Sociedad Internacional de Ciencias Hortícolas incluyó dentro de las líneas de investigación sobre sustratos, la búsqueda de fuentes alternativas a la turba (Schwarz, 2001; Gruda y Schnitzler, 2001). Escobar (1997) comparó diferentes componentes de uso común en Venezuela con la turba, recomendando que esta última no se debería utilizar en sustratos por su alto costo, pudiendo ser reemplazada por otros componentes de mayor disponibilidad en la región. Cabe destacar que el uso de turba ha sido, en la mayoría de los casos hasta la actualidad, el único sustrato utilizado para la producción de plántulas de hortalizas en Venezuela, no existiendo actualmente en el mercado nacional, sustitutos de probada calidad que compitan con ésta en volumen y calidad.

En Venezuela, las marcas comerciales Promix, Sogemix y Biolán, son de uso común en muchos productores de plántulas. Particularmente en la depresión de Quíbor, municipio Jiménez, estado Lara, una de las zonas hortícolas más importantes del país, es generalizada la producción comercial de plántulas de tomate y pimentón con turba como sustrato. No obstante, este producto es importado, costoso, y su disponibilidad en el mercado no es regular, viéndose los productores afectados directamente en su actividad económica cuando no la consiguen en el mercado. De allí la necesidad de evaluar materiales locales que sirvan como sustrato sustitutivo de la turba y que contribuyan a disminuir la dependencia del producto importado para la producción de plántulas. Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar y comparar en términos de propiedades físicas y químicas, nueve materiales locales con potencial para ser utilizados como sustrato y las turbas comerciales Promix, Sogemix y Biolán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la sede de los

laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Lara (INIA - Lara). Se seleccionaron los materiales: aserrín de coco (AS), bagacillo de caña de azúcar fresco (BCF), bagacillo de caña de azúcar compostado (BCC) y pergamino de café molido (PCM), todos cernidos con malla de 3 mm, además de cascarilla de arroz (CA), aserrín de madera (ASM), pergamino de café (PC), turba de río (TR), y los productos comerciales: Capriabono (lombricompuesto), Promix, Sogemix y Biolan (turbas de uso común). Para la determinación de las propiedades físicas: porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de humedad (CRH), densidad aparente (DA) y densidad de partículas (DPA), se hizo uso de la propuesta metodológica descrita por Pire y Pereira (2003). Para la determinación de las propiedades químicas: conductividad eléctrica (CE) y pH, se realizó una suspensión agua-sustrato de relación 1:5 en base a volumen. Se tomó una muestra de cada sustrato sin compactar en un volumen de 10 mL y se mezcló con 50 mL de agua destilada en un agitador magnético durante 10 minutos; el filtrado se dejó reposar durante 1 hora para realizar las lecturas de pH con

el potenciómetro y de CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) con el conductímetro.

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. En el análisis estadístico de los datos se verificó la normalidad con las pruebas de Shapiro-Wilks; la homogeneidad de varianzas con el test de Bartlett y en la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey. Para los datos que no cumplieron con el supuesto de normalidad, se utilizaron métodos de análisis No Paramétricos, específicamente la prueba de Kruskal-Wallis y la comparación múltiple para k muestras independientes. Se utilizó el programa de análisis Statistic versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porosidad total (PT): Todos los sustratos presentaron una PT superior al 50 %, siendo el sustrato menos poroso el Capriabono con 55,0 % y el más poroso el pergamino de café con 80,7 % (Cuadro 1). Las turbas tuvieron en promedio un valor de PT de 75,4 % siendo la menos porosa la Sogemix (72,2 %), seguida de Promix (76,1 %) y Biolan (78,0 %). No obstante, fueron detectadas diferencias significativas ($P\leq 0,05$) entre ellas.

Cuadro 1. Características físicas de componentes de sustratos de uso local en el estado Lara, Venezuela

Sustratos	Porosidad total (%)	Porosidad de aireación (%)	Capacidad de retención de humedad (%)	Densidad aparente ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	Densidad de partículas ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
Aserrín de coco	76,26 cd	20,53 d	55,73 cde	0,06 f	0,26 g
Bagacillo de caña fresco	72,59 ef	10,72 fg	61,87 b	0,07 ef	0,25 g
Bagacillo de caña compostado	75,08 de	19,58 d	55,51 cde	0,11 c	0,45 cd
Pergamino de café molido	68,10 g	19,88 d	48,22 f	0,18 b	0,57 b
Pergamino de café sin moler	80,70 a	64,07 b	16,63 g	0,06 f	0,32 fg
Cascarilla de arroz	79,88 ab	69,45 a	10,43 h	0,08 ef	0,39 def
Aserrín de madera	79,31 ab	26,07 c	53,24 e	0,09 de	0,41 cde
Turba de río	74,84d ef	17,61 de	57,23 cd	0,10 cd	0,46 cd
Capriabono	54,99 h	1,36 h	53,63 de	0,61 a	1,35 a
Turba Promix	76,14 cd	12,23 fg	63,91 b	0,09 de	0,36 ef
Turba Sogemix	72,22 f	14,44 ef	57,77 c	0,12 c	0,42 cde
Turba Biolan	77,95 bc	8,66 g	69,29 a	0,11 c	0,48 c

Letras distintas indican diferencias significativas ($P\leq 0,05$) según prueba de medias de Tukey

Los materiales locales más promisorios fueron la cascarilla de arroz y el pergamino de café que tienen valores de PT por encima de las turbas, pero alrededor del 80 %; luego el bagacillo de caña fresco que no difirió de la turba Sogemix; la

turba de río, el bagacillo de caña compostado y el aserrín de coco se comportaron como la turba Promix, y el aserrín de madera se comportó como la turba Biolan; todos estos materiales registraron una PT muy cercana al rango óptimo. El

pergamino de café molido y cernido disminuyó el valor de PT hasta 68 %. El Capriabono tuvo una PT baja en comparación con cualquiera de las turbas y por debajo del 60 %.

Cabrera (1999) señala que la PT y específicamente su distribución en términos de porosidad de aire y retención de humedad son las características físicas más importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas en sustrato. Un nivel ideal de PT sería de 85 % (Baudoin et al., 2002). Pastor (2000) señala que la PT alcanza su valor óptimo cuando supera el 85 %. Valenzuela y Gallardo (2002) señalan que el volumen del contenedor es restringido por lo que las relaciones agua-aire del sustrato cobran gran importancia, reportando que un buen sustrato debe tener más del 85 % de la porosidad total. García et al. (2001) indican como adecuado un rango de PT entre 60 y 80 %. Argo (1998) señala que la degradación del material con el tiempo reduce el tamaño de las partículas, disminuyendo la PT. Ansorena (1994) indica que cuando las partículas pasan a tener un tamaño inferior a 1mm, se verifica un descenso en la PT, pudiéndose inferir que las prácticas de acondicionamiento (compostaje, molido y cernido) de algunos materiales (aserrín de coco, bagacillo de caña de azúcar y pergamino de café), redujeron el tamaño de las partículas y consecuentemente la PT. En el caso del pergamino de café esto resulta más evidente. Con relación a las turbas, otros investigadores citan valores de PT de 59,7 % (Manning et al., 1995); 84,6 % (Fonteno, 1994) y 94 % (Gruda y Schnitzsler, 2004).

Porosidad de aireación (PA): Los materiales variaron notablemente con relación a los valores de PA (Cuadro 1). El Capriabono, turba Biolan y el bagacillo de caña fresco mostraron valores por debajo y/o alrededor del 10 % en PA, cuestión que los limita por la alta retención de agua asociada a esta condición. En contraste, el pergamino de café y la cascarilla de arroz presentaron valores altos de PA (> 60 %), lo que implica poca capacidad para retener agua en estos materiales.

El resto de los materiales presentó valores entre el 12 - 26 % de PA. El tratamiento mecánico del pergamino de café (molido y cernido), mejoró considerablemente a este material con relación a esta característica, colocándolo dentro del rango. Las turbas comerciales Promix y Sogemix

presentaron valores aceptables de PA; no obstante, se registraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre éstas y la turba Biolan. Manning et al. (1995) citan valores de PA para las turbas con perlita de 10,8%; Fonteno (1994) registró valores entre 2,8-17,6%. Ninguno de los materiales evaluados se comportó como estas turbas. Ansorena (1994) indica que la PA es probablemente la propiedad física más importante de los sustratos empleados en la horticultura, especialmente para plántulas que crecen en contenedores pequeños, donde el crecimiento es rápido, las demandas son altas y el espacio disponible es reducido. No existe unanimidad de criterios entre autores con relación a la PA. Algunos sitúan el rango óptimo entre 20 - 30 % (Baudoin et al., 2002; Abad y Noguera, 2000), mientras que otros lo sitúan entre 10- 30 % (García et al., 2001; Pastor, 2000). Ansorena (1994) señala que el rango debería ubicarse entre 10 - 20 %, mientras que Jiménez y Caballero (1990) indican que la PA debe suponer como mínimo el 20 % del volumen total. Bouwman (1990) indica que existe una mayor concentración de dióxido de carbono que de oxígeno en la fase gaseosa del sustrato; en consecuencia, la PA debe garantizar un adecuado intercambio de gases. Deficiencias de oxígeno impiden la respiración adecuada de las plantas, limitando seriamente la absorción de agua y nutrientes.

Capacidad de retención de humedad (CRH):

Los valores de CRH más bajos se presentaron en la cascarilla de arroz y el pergamino de café (<20%); no obstante, el pergamino de café molido y cernido mejoró significativamente la CRH. El resto de los materiales presentó valores aceptables de CRH que variaron entre el 53,24% y el 69,29%. Las turbas comerciales Promix y Biolan presentaron los valores más altos de CRH, mientras que la turba Sogemix presentó valores inferiores. Se determinaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre ellas. Los materiales locales más promisorios fueron la turba de río que no difirió de la turba Sogemix y el bagacillo de caña fresco que se comportó como la turba Promix. Existen diferencias entre los autores con relación al rango de CRH considerado como adecuado. García et al. (2001) lo sitúan entre 40- 60 %, mientras que Baudoin et al. (2002) indican que un rango ideal de CRH se ubicaría entre 26-

40 %. Jiménez y Caballero (1990) señalan que el sustrato debe retener la mayor cantidad de agua posible sin limitar la aireación. Vale la pena señalar que la cantidad total de agua retenida por un sustrato depende de la proporción de poros pequeños y de la altura del contenedor; no obstante, aunque ésta sea elevada, podría ocurrir que una parte de ésta se encuentre adsorbida a las partículas del sustrato con una fuerza superior a la succión o tensión ejercida por la planta, volviéndose por lo tanto no disponible (Ansorena, 1994).

En los sustratos interesa conocer la capacidad de retención de agua fácilmente disponible y no la capacidad de retención total de agua ya que su disponibilidad se manipula con la frecuencia y el volumen de riego, especialmente en contenedores de celda pequeña que están más expuestos a la desecación (Abad y Noguera, 2000). Argo (1998) utilizó el límite de capacidad del contenedor cuando el agua dejaba de drenar libremente sin presión de succión, indicando que el espacio poroso total para un sustrato ideal puede estar ocupado por agua en un 60 – 65 % del volumen total. Entre los factores que contribuyen a que un sustrato presente baja retención de agua fácilmente disponible se pueden señalar: baja porosidad total, poros grandes asociados a grandes pérdidas de agua por gravedad, poros muy pequeños que imposibilitan la extracción de agua por la planta, elevada concentración de sales en la solución acuosa y una combinación de las causas anteriores (Ansorena, 1994; Abad, 1993). En el Cuadro 1 se puede observar el comportamiento de los materiales locales y las turbas en relación a la CRH.

Densidad aparente (DA): El valor más alto de DA lo registró el Capriabono con $0,61 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ seguido del pergamino de café molido y cernido ($0,18 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). El resto de los materiales registró valores de $DA \leq 0,12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, presentando los más bajos el pergamino de café y el aserrín de coco ($0,06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Prasad (1997) cita valores de DA de $0,08 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ para aserrín de coco, muy similares a los obtenidos en esta investigación. El bagacillo de caña compostado se comportó como la turba Biolan para esta característica. Las turbas mostraron valores entre $0,09$ y $0,12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, detectándose diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) entre la turba Promix

(que presentó los valores más bajos de DA) y el resto de las turbas. Ansorena (1994) registró para turbas valores entre $0,03$ y $0,14 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, recalando que la mayoría de estos materiales presentan valores cercanos a $0,10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Los sustratos deben tener una ligera DA para facilitar la manipulación y el transporte, razón por la cual la materia orgánica debe ocupar un gran porcentaje de la mezcla final. La DA puede ser tan baja como $0,15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ en los invernaderos donde el viento no es un factor limitante para que los sustratos brinden soporte a las plantas (Abad y Noguera, 2000). El valor de la DA para los sustratos debe estar entre $0,15$ y $0,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Jiménez y Caballero, 1990), aunque Baudoin et al. (2002) señalan como ideal valores de $0,22 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Valores muy bajos de DA hacen sensible el material al volcamiento al utilizarse en proporciones muy altas en sustratos para maceteros (Pire y Pereira, 2003). La disminución del tamaño de partículas por el compostaje y el molido de materiales contribuye al incremento de la DA (Ansorena, 1994; Konduru et al., 1999). En el Cuadro 1 se puede observar el comportamiento de los materiales locales y las turbas en relación a la DA.

Densidad de partículas (DPA): El valor más alto de DPA lo registró el Capriabono con $1,35 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Cuadro 1), seguido del pergamino de café molido y cernido ($0,57 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Los valores más bajos los presentó el bagacillo de caña fresco y el aserrín de coco con $0,25$ y $0,26 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, respectivamente. Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre la turba Promix, que registró la menor DPA y el resto de las turbas. La DPA de los materiales minerales está en un rango de $2,60$ a $2,70 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, mientras que la de los orgánicos es variable y depende de las fuentes que los forman. Los valores ideales de DPA pueden estar en $0,22 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, con un 10 - 15 % de la fase sólida (Baudoin et al., 2002). En contraste, Ansorena (1994) indica como aceptables para compuestos orgánicos valores de DPA de $1,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. En el Cuadro 1 se puede observar el comportamiento de los materiales locales y las turbas en relación a la DPA.

pH: Los materiales turba de río, aserrín de madera (blanco) y bagacillo de caña fresco presentaron los valores más bajos de pH (Cuadro 2),

considerándose ácidos con relación a esta característica.

Cuadro 2. Características químicas de componentes de sustratos de uso local en el estado Lara, Venezuela

Sustratos	pH	CE
Aserrín de coco	6,60 abcd	0,620 abc
Bagacillo de caña fresco	5,97 e	0,053 abc
Bagacillo de caña compostado	6,56 bcd	0,120 abc
Pergamino de café molido	6,46 d	0,073 abc
Pergamino de café sin moler	6,49 cd	0,033 bc
Cascarilla de arroz	6,87 a	0,310 abc
Aserrín de madera	5,79 e	0,020 c
Turba de río	5,45 f	1,250 ab
Capriabono (lombricompuesto)	6,63 abcd	2,000 a
Turba Promix	6,77 abc	0,043 abc
Turba Sogemix	6,83 ab	0,200 abc
Turba Biolan	6,50 cd	0,170 abc

Diferencias significativas en la prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis

El resto de los materiales presentó valores de pH entre 6,46-6,87. Las turbas tienen pH superior o igual a 6,5 siendo las turbas Promix y Sogemix casi neutras (6,77 y 6,83, respectivamente). Las plantas pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH sin sufrir desórdenes fisiológicos, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable; esta variable ejerce su efecto principal sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Bajo condiciones de cultivo intensivo, se recomienda mantener el nivel dentro de un intervalo reducido. Los materiales orgánicos poseen mayor capacidad tampón que los sustratos minerales. Un valor óptimo se ubicaría entre 5,5-6,8, aunque la mayoría de los nutrientes presentan su máximo nivel de asimilabilidad entre 5,0-6,5 (Abad y Noguera, 2000). Jiménez y Caballero (1990) indican que para la mayoría de las plantas, el pH óptimo se sitúa entre 5,5 y 6,5. Fonteno (1994) señala como adecuado un rango entre 5,4 - 6,0 para mezclas sin suelo y de 6,2 - 6,8 para sustratos mezclados con suelo mineral a porcentajes menores a 20 %. Ozores-Hampton et al. (1998) indicaron que para materiales compostados utilizados como medio de crecimiento en cultivos vegetales, son aceptables

valores entre 5-8. En el Cuadro 1 se puede observar el comportamiento de los materiales locales y las turbas en relación al pH.

Conductividad eléctrica (CE): El Capriabono presentó el valor más alto de CE (Cuadro 2), por lo que la condición de salinidad asociada a este valor representa una limitante muy importante a considerar para el uso de este material como sustrato. Le sigue en orden decreciente, la turba de río y el aserrín de coco con valores de 1,25 y 0,62 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. El resto de los materiales presentó valores por debajo de 0,31 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Las turba Sogemix presentó el valor más alto de salinidad (0,20 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), mientras que la turba Promix presentó el más bajo (0,043 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$); no obstante, las turbas no difirieron estadísticamente entre sí ($P \geq 0,05$). Las sales minerales son provenientes de los fertilizantes, de la fuente de agua y la materia orgánica (Fonteno, 1994). La respuesta de las plantas a la salinidad depende de la edad, la especie, las condiciones ambientales y el manejo del cultivo. Las fases de germinación y crecimiento inicial son más sensibles a las sales que las fases de crecimiento y desarrollo posteriores (Abad y Noguera, 2000). El contenido de sales solubles debe ser bajo para no dañar a las plántulas que crecen en recipientes (Fonteno, 1994). Baudoin et al. (2002) señalan que niveles ideales estarían en aproximadamente 0,2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

Análisis de correlación entre variables: Algunas correlaciones son obvias por estar las variables directa o inversamente relacionadas. En este orden de ideas, vale la pena destacar que se detectaron correlaciones negativas altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre las variables densidad de partículas (DPA) y conductividad eléctrica (CE) (Cuadro 3). En el caso del Capriabono se verifica esta correlación, al observarse que presentó los valores más altos de DPA y CE, respectivamente; así mismo, se observa que las turbas con mayor DPA (Sogemix y Biolan) también registraron valores más altos de salinidad. Los materiales más densos fueron más salinos, independientemente del origen. Se detectó una correlación negativa significativa ($P \leq 0,05$) entre la PA y DPA. Se observa que los materiales de mayor PA son menos densos y por lo tanto presentan menor capacidad para retener humedad. En el pergamino de café, esto se verifica claramente; sin embargo,

la disminución del tamaño de partículas en algunos materiales (compostado, molido y cernido) influyó en el ordenamiento de los materiales con relación a la DPA. Por otro lado, se detectó una correlación positiva altamente significativa ($P \leq 0,01$) entre la PT y la PA. Los materiales con valores bajos o altos de PT tendrán a su vez valores bajos o altos de PA; la consecuente excesiva o poca retención de humedad respectivamente, influirá sobre la disponibilidad del aire y el adecuado intercambio gaseoso a nivel del sustrato. En el Cuadro 3 se pueden observar los valores del coeficiente de correlación de Pearson para cada una de las

variables evaluadas.

Es necesario resaltar que si bien es cierto que la caracterización de los componentes de sustratos es importante porque permite conocer el potencial de muchos materiales, sobre todo en aquellos casos donde estos son de importancia porque se producen localmente, la mezcla de ellos puede resultar en sustratos con características físicas diferentes a las originales, por lo que las limitaciones que ellos puedan presentar al evaluarlos en función de los rangos ideales que reporta la literatura para las variables estudiadas, no constituyen un criterio definitivo como para descartar su uso como componentes de sustratos.

Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables evaluadas

Variabes	PT	PA	CRH	DA	DPA	CE	pH
PT	1,000	0,573**	-0,282	-0,914**	-0,861**	-0,701**	-0,107
PA	0,573**	1,000	-0,948**	-0,396*	-0,363*	-0,314	0,180
CRH	-0,282	-0,948**	1,000	0,108	0,091	0,095	-0,253
DA	-0,914**	-0,396*	0,108	1,000	0,986**	0,796**	0,144
DPA	-0,861**	-0,363*	0,091	0,986**	1,000	0,777**	0,132
CE	-0,701**	-0,314	0,095	0,796**	0,777**	1,000	-0,133
pH	-0,107	0,180	-0,253	0,144	0,132	-0,133	1,000

* La correlación es significativa al nivel 0,05. ** La correlación es significativa al nivel 0,01

CONCLUSIONES

Los materiales con mayor potencial de uso como componentes de sustratos para plántulas de hortalizas son en orden decreciente: el bagacillo de caña compostado y el pergamino de café molido y cernido. Estos materiales poseen condiciones similares a las turbas. La cascarilla de arroz y el pergamino de café presentaron limitaciones en relación a la porosidad de aireación y la capacidad de retención de humedad. El bagacillo de caña fresco, el aserrín de madera (blanco) y la turba de río presentaron limitaciones por pH. El Capriabono presentó limitaciones con relación a la porosidad total, porosidad de aireación y conductividad eléctrica.

LITERATURA CITADA

1. Abad, M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. *In: Cultivos Sin Suelo*. F. Canóvas y J.R. Díaz. (eds.). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA. pp. 47-62.
2. Abad, M. y P. Noguera. 2000. Los sustratos en

los cultivos sin suelo. *In: M. Urrestarazu (ed.). Manual del Cultivo sin Suelo*. Grupo MundiPrensa. Almería, España. pp. 137-184.

3. Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones MundiPrensa. Barcelona. España.
4. Arenas, M., C. Vavrina, J. Cornell, E. Nalón y G. Hochmuth. 2002. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. *HortScience* 37(2): 309-312.
5. Argo, W. 1998. Root medium chemical properties. *HortTechnology* 8(4): 486-494.
6. Baudoin, W., A. Nisen, M. Grafiadellis, H. Verlodt, R. Jiménez, O. De Villele, G. La Malfa, V. Zabeltitz, P. Martínez, J. Garnaud y A. Monteiro. 2002. El cultivo protegido en el clima mediterráneo. *In: Medios y Técnicas de Producción. Suelo y Sustratos*. FAO. Roma. pp. 143-182.
7. Bouwman, A.F. (1990). Soils and the

- Greenhouse Effect. Wiley. NY.
8. Cabrera, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 5-11.
 9. Escobar, M. 1997. Comportamiento de sustratos para el cultivo de plantas ornamentales en vivero. Tesis. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. 97 p.
 10. Fonteno, W. 1994. Growing Media. In: Holcomb E. (ed). Bedding Plants VI. A Manual on the Culture of Bedding Plants as a Greenhouse Crop. Ball Publishing. Batavia, USA. pp. 127-138.
 11. García, O., G. Alcántar, R. Cabrera, F. Gavi y V. Volke. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Terra 19: 249-258.
 12. Gruda, N. y W. Schnitzler. 2001. Physical properties of wood fiber substrates and their effect on growth of lettuce seedlings (*Lactuca sativa* L. var. Capitata L.). Acta Horticulturae 548: 415-420.
 13. Gruda, N. y W. Schnitzler. 2004. Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplant. Physical properties of wood fiber substrates. Scientia Horticulturae 100: 309-322.
 14. Jiménez, R. y M. Caballero. 1990. El Cultivo Industrial de Plantas en Maceta. Ediciones de Horticultura. SL. Barcelona. España. pp. 90-100.
 15. Konduru, S., M. Evans y R. Stamps. 1999. Coconut husk and processing effects on chemical and physical properties of coconut coir dust. HortScience 34(1): 88-90.
 16. Manning, L., R. Tripepi y A. Campbell. 1995. Suitability of composted bluegrass residues as an amendment in container media. HortScience 30(2): 277-280.
 17. Ozores-Hampton, M., T. Obreza y G. Hochmuth. 1998. Using composted wastes on Florida vegetable crops. HortTechnology 8(2): 130-137.
 18. Pastor, J. 2000. Utilización de sustratos en viveros. Terra 17(3): 231-235.
 19. Pire, R. y A. Pereira. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Bioagro 15(1): 55-63.
 20. Prasad, M. 1997. Physical, chemical and biological properties of coir dust. Acta Horticulturae 450: 21-26.
 21. Schwarz, M. 2001. Opening remarks. Acta Horticulturae 554: 23-26.
 22. Valenzuela, O. y C. Gallardo. 2002. Sustratos Hortícolas. Un Insumo Clave en los Sistemas de Producción de Plantines. XXV Congreso Argentino de Horticultura y 1º Encuentro Virtual 2002. <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/horticola/hortalizas03.pdf>
 23. Van Schie, W. 1999. Standardization of substrates. Acta Horticulturae. 481: 71-78.