

# PROPIEDADES FÍSICAS DE COMPONENTES DE SUSTRATOS DE USO COMÚN EN LA HORTICULTURA DEL ESTADO LARA, VENEZUELA. PROPUESTA METODOLÓGICA

Reinaldo Pire<sup>1</sup> y Aracelys Pereira<sup>1</sup>

## RESUMEN

Para evaluar las características de seis componentes de sustratos hortícolas de uso común en el estado Lara se construyó un conjunto de porómetros siguiendo especificaciones de la Universidad de Florida y la Sociedad Internacional de Ciencias Hortícolas. El objetivo fue el de aportar información sobre las propiedades físicas de dichos componentes a la vez de evaluar la precisión de trabajo de los mencionados instrumentos. Los componentes evaluados fueron fibra de coco, aserrín de coco, cáscara de arroz, bagazo de caña, arena fina de río y suelo mineral. Los materiales de origen orgánico presentaron altos valores de porosidad total y bajos de densidad real y aparente. Lo contrario ocurrió con el suelo y la arena. El aserrín de coco presentó el valor más alto de retención de humedad, pero también uno de los más bajos de porosidad de aireación, lo que sugiere que su uso en mezclas requeriría de la inclusión de algún componente de poros grandes. Por otra parte, el uso de los porómetros probó ser un método confiable y práctico de utilizar debido a su precisión y sencillez.

**Palabras clave adicionales:** Porómetro, componente de sustrato hortícola, retención de humedad, porosidad, densidad aparente

## ABSTRACT

### Physical characteristics of horticultural substrate components commonly used in Lara State, Venezuela. Practical procedure

Physical characteristics of six horticultural substrate components that are commonly used in Lara State, Venezuela, were evaluated using a set of porometers built following specifications of the University of Florida and the International Society for Horticultural Science. The components were coir fiber, coir dust, rice hulls, sugarcane waste pulp, fine sand and mineral soil. The organic components showed high total porosity and low bulk and particle density while the opposite occurred with the soil and sand. Coir dust showed the highest moisture retention but very low air capacity, what suggests that it would require mixing with highly porous materials when used as a substrate component. On the other hand, the use of porometers proved to be a precise, reliable and practical procedure for this kind of determinations.

**Additional key words:** Porometer, substrate component, water holding capacity, porosity, bulk density

## INTRODUCCIÓN

La producción de plantas en recipientes bajo condiciones de vivero ha aumentado notoriamente en los últimos años, especialmente, en las explotaciones de flores de corte y plantas de follaje y paisajismo (Burés, 1999). En Venezuela, esta industria posee un alto potencial de desarrollo, particularmente en regiones como las del estado Lara debido a sus condiciones climáticas y ubicación geográfica.

Las raíces de las plantas en recipientes están

más expuestas a las fluctuaciones de las condiciones de la fitósfera ya que la relación entre el área y el volumen de estos recipientes es considerablemente grande por lo que tienen poca capacidad amortiguadora contra las variaciones de las condiciones del medio. De esta forma, los medios de crecimiento o sustratos usados en la producción de plantas en recipientes tienen la función de proveer soporte físico a la vez de proporcionar aire, agua y nutrientes para el apropiado funcionamiento de las raíces. El equilibrio entre el agua retenida y la aireación en el medio de crecimiento es un

---

Recibido: Julio 26, 2002

Acceptado: Enero 30, 2003

<sup>1</sup> Posgrado de Horticultura, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: rjpire@reacciun.ve

aspecto esencial. Deben existir suficientes poros pequeños para retener el agua que va a absorber la planta y suficientes poros grandes para permitir el intercambio de aire con el medio externo y mantener las concentraciones de oxígeno por encima de los niveles críticos. Por otra parte, el sustrato debe ser lo suficientemente pesado (suficiente densidad aparente) para mantener a la planta en posición vertical, evitando el volcamiento, y al mismo tiempo sin excesos de peso que dificulte el manejo de las plantas e incremente los costos de transporte (Jiménez y Caballero, 1990).

Las propiedades físicas que usualmente se determinan en los sustratos son el espacio poroso total, la capacidad de retención de agua y de aire, la densidad aparente y densidad de las partículas (Pastor, 2000). El espacio poroso o porosidad total es la porción no sólida del volumen del sustrato. Representa el volumen de aire del material, seco en estufa, expresado como un porcentaje del volumen total. La capacidad de retención de agua de un medio es el volumen de agua que se retiene después del riego y el drenaje. La cantidad de agua retenida por un medio particular es dependiente en la distribución del tamaño de las partículas y la altura del recipiente. Cuando un medio determinado se ha saturado con agua y se ha permitido drenar libremente, se dice que el medio está a la "capacidad del recipiente." El volumen del medio ocupado por el aire a este nivel de humedad es la denominada porosidad de aireación o espacio drenable de poros (Ingram et al., 1993). La densidad aparente representa el peso seco del medio con relación al volumen total que ocupa mientras que la densidad de partículas está representada por el mismo peso con relación al volumen del material sólido.

Las mezclas usadas en recipientes están sometidas a tensiones de humedad diferentes al de un suelo en campo abierto debido a las condiciones físicas impuestas por el contenedor (Poole et al., 1981). En este sentido, es importante que la mezcla o sustrato reúna características tales que pueda proporcionar adecuada aireación, capacidad de retención de humedad y soporte a la planta a la vez de poseer peso liviano y estar constituida por componentes de fácil obtención e

incorporación (Bell, 1992).

Para evaluar las características de retención de humedad y capacidad de aireación de los sustratos hortícolas, De Boodt et al. (1974) introdujeron el uso de la curva característica de retención de humedad de los medios muy porosos. Esta curva tiene una forma particular para cada sustrato y refleja con precisión la distribución del tamaño de los poros de acuerdo potenciales hídricos de 10, 50 y 100 cm. En años posteriores diferentes variantes al método han sido propuestas (Gabriels et al., 1991; Wever, 1995; Armstrong y Mc Intyre, 2000). Sin embargo, todas las propuestas requieren de un equipo especial de tensión de humedad, el cual no está disponible en muchos laboratorios.

Se han desarrollado metodologías más sencillas basadas en el hecho que usualmente no es necesario conocer todo el rango de distribución de los poros del sustrato sino fundamentalmente los puntos básicos que reflejan su capacidad de retención de agua y de aireación. En este sentido, Gabriels et al. (1993), Fonteno (1993) y Ansorena (1994) propusieron el uso de porómetros para realizar dichas determinaciones. Estos instrumentos están representados por cilindros de volumen conocido que permiten calcular la capacidad de retención de agua y de aireación después de dejar drenar por determinado tiempo cualquier medio poroso colocado en su interior. Adicionalmente, se puede determinar la porosidad total junto a la densidad aparente y real del medio

En esta investigación se construyó un conjunto de porómetros siguiendo algunas especificaciones propuestas por la Universidad de Florida (Dilger, 1998) y la Sociedad Internacional de Ciencias Hortícolas (Gabriels et al., 1991) y se utilizaron para evaluar las características de seis componentes de sustratos hortícolas de uso común y alta disponibilidad en el estado Lara. El objetivo fue el de aportar información sobre las propiedades físicas de dichos componentes a la vez de evaluar la precisión de trabajo de los porómetros, cuyo uso pudiera ser de utilidad para caracterizar diferentes materiales porosos y servir de referencia para futuros trabajos de investigación en este campo de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se condujo en los laboratorios del Posgrado de Agronomía de la Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado, en Cabudare, estado Lara. Para esto, se preparó un conjunto de diez porómetros (Dilger, 1998) consistentes cada uno en cilindros o secciones de tubo de plástico de 7,62 cm de diámetro (3 pulgadas) y 15 cm de longitud, de los utilizados para el agua de drenaje doméstico. En uno de los extremos se fijó con pegamento una tapa plástica en la cual se perforaron cuatro orificios de 5 mm de diámetro en forma equidistante a lo largo de su borde perimetral. En el otro extremo del tubo se colocó un conector o anillo plástico, sin fijar. Para operar, este dispositivo era colocado en forma vertical con la tapa perforada hacia el fondo.

Posteriormente, se seleccionaron los siguientes seis componentes de sustratos hortícolas de uso común y de fácil obtención en la zona: fibra de coco (incluyendo polvo y fibra), aserrín de coco (el mismo material anterior pero tamizado para eliminar la fibra), cáscara de arroz, bagazo de caña descompuesto, arena fina de río con predominancia de partículas pequeñas (de 50 a 1000 micras) y suelo mineral (tierra negra). Estos materiales fueron dejados expuestos al ambiente, pero protegidos de la radiación directa, durante varios días para permitir su secado al aire. Los valores de humedad inicial de cada uno de los materiales aparecen en el Cuadro 1.

Las muestras fueron colocadas dentro del porómetro hasta su máxima capacidad y se permitió su asentamiento después de dejarlo caer en dos oportunidades desde 7,5 cm de altura sobre una mesa de madera. En cada oportunidad, se rellenaba el cilindro con muestra adicional hasta su borde superior.

Los cilindros con las muestras eran colocados en un recipiente con agua cuyo nivel alcanzaba justo debajo del borde superior de forma de forzar el humedecimiento de la muestra desde los orificios del fondo, permitiendo a su vez la salida libre del aire por la cara superior. Dependiendo del tipo de muestra, la saturación aparente se alcanzaba luego de algunas horas; sin embargo, para

uniformizar el proceso todas las muestras fueron dejadas en el agua hasta el día siguiente. Este humedecimiento producía un asentamiento adicional en el sustrato por lo que al extraer los cilindros del agua se procedía a remover cuidadosamente el anillo de la parte superior del porómetro y se eliminaba el exceso de muestra enrasándola con el borde del tubo con la ayuda de una espátula. Posteriormente, se sujetaba un pedazo de tela porosa (liencillo) con una banda de goma para cubrir el extremo expuesto de la muestra.

Cada cilindro era colocado de nuevo en agua, esta vez sumergiéndolo por completo, y extraído luego de algunos minutos, repitiendo la operación un par de veces para permitir la saturación total de la muestra. Luego de 30 minutos se colocaban tapones en cada uno de los orificios del fondo y la muestra se extraía definitivamente del agua. Posteriormente, eran colocados verticalmente sobre un recipiente, se removían los tapones y se medía el volumen de agua ( $V_a$ ) que drenaba en un período de 10 minutos. La muestra húmeda era extraída de los tubos y tomado su peso (PH); luego era colocada en estufa a 105 °C para obtener el peso seco (PS). El procesamiento de cada muestra fue repetido diez veces utilizando simultáneamente los diez porómetros.

Se realizaron los siguientes cálculos para las determinaciones de las propiedades físicas de la muestra:

$$\text{Porosidad total(\%)} = \frac{V_a + \frac{PH - PS}{P_a}}{V_c} \times 100$$

$$\text{Porosidad de aireación(\%)} = \frac{V_a}{V_c} \times 100$$

$$\text{Capacidad de retención de agua (\%)} = \frac{PH - PS}{V_c} \times 100$$

$$\text{Densidad aparente(Mg/m}^3\text{)} = \frac{PS}{V_c}$$

$$\text{Densidad de partículas (Mg/m}^3\text{)} = \frac{D_a}{1 - \frac{PT}{100}}$$

donde:

$V_a$  = volumen drenado (cm<sup>3</sup>)

PH = peso húmedo de la muestra (g)

PS = peso seco de la muestra (g)  
 Pa = peso específico del agua (1 g/cm<sup>3</sup>)  
 Vc = volumen del tubo o cilindro (cm<sup>3</sup>)

Los resultados de cada variable fueron analizados mediante estadística descriptiva

utilizando el coeficiente de variación (C.V.) para estimar la precisión del método y la variabilidad entre muestras. Adicionalmente, para cada variable se extrajo el rango de variación representado por sus valores extremos.

**Cuadro 1.** Contenido inicial de humedad de los materiales utilizados en este estudio

Humedad (%) *					
Suelo	Fibra de coco	Aserrín de coco	Cáscara de arroz	Bagazo de caña	Arena fina
8,9	21,5	22,5	13,0	8,9	1,6

\* En base húmeda a excepción del suelo y la arena, los cuales se expresan sobre base seca

## RESULTADOS

La porosidad total constituyó un parámetro cuya determinación se obtuvo en forma muy precisa, lo cual se deduce de los bajos coeficientes de variación (C.V.) encontrados entre las muestras de cada uno de los materiales

evaluados (Cuadro 2). El máximo C.V. hallado fue de 2,5 %, para el aserrín de coco, mientras que el valor mínimo fue de 0,9 % en el caso de la cáscara de arroz. El C.V. se mantuvo bajo independientemente del valor de porosidad de cada material, la cual varió desde sólo 37,3 % para la arena hasta 89,4 % en el bagazo de caña.

**Cuadro 2.** Valor promedio, rango de variación y variabilidad de la determinación (C.V.) de la porosidad total en cada material evaluado

Porosidad total (%)						
	Suelo	Fibra de coco	Aserrín de coco	Cáscara de arroz	Bagazo de caña	Arena Fina
Promedio	54,4	81,8	78,7	84,8	89,4	37,3
Máximo	55,2	84,2	82,2	85,7	92,7	38,2
Mínimo	53,1	80,1	76,1	83,7	87,7	36,3
C.V.	1,1	1,8	2,5	0,9	1,7	1,8

Por otra parte, la precisión obtenida al determinar la porosidad de aireación fue bastante variable dependiendo del tipo de material evaluado (Cuadro 3). En el caso de la cáscara de arroz y el bagazo de caña se encontraron valores bajos del C.V., mientras que en el resto de los materiales el C.V.

presentó valores moderados que variaron desde 12,9 hasta 16,8 %. Se observa que la precisión de la determinación estuvo en alguna forma asociada con el tipo de material evaluado ya que los menores valores de C.V. correspondieron a los materiales con mayores valores de porosidad de aireación.

**Cuadro 3.** Valor promedio, rango de variación y variabilidad de la determinación (C.V.) de la porosidad de aireación en cada material evaluado

Porosidad de aireación (%)						
	Suelo	Fibra de Coco	Aserrín de coco	Cáscara de arroz	Bagazo de caña	Arena Fina
Promedio	2,2	16,3	8,6	68,2	47,0	4,7
Máximo	2,8	22,0	11,7	70,0	51,7	5,8
Mínimo	1,7	12,5	6,5	65,8	43,3	3,8
C.V.	16,8	12,9	15,9	1,6	5,5	16,0

La variabilidad entre los resultados del resto

de las propiedades físicas evaluadas fue

bastante baja lo cual ratifica la alta precisión de la determinación. Por ejemplo, el C.V. varió de 1,2 a 5,6 % para la retención de humedad (Cuadro 4), de 1,1 a 6,2 % para la densidad aparente (Cuadro 5) y de 1,6 a 8,0 % para la

densidad de partículas (Cuadro 6).

El mayor valor de retención de humedad correspondió al aserrín de coco con 70,1 % y el menor a la cáscara de arroz con sólo 16,6 % (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Valor promedio, rango de variación y variabilidad de la determinación (C.V.) de la retención de humedad en cada material evaluado

	Retención de humedad (%)					
	Suelo	Fibra de Coco	Aserrín de coco	Cáscara de arroz	Bagazo de caña	Arena Fina
Promedio	52,2	65,5	70,1	16,6	42,4	32,6
Máximo	53,1	68,4	73,0	17,8	45,1	33,9
Mínimo	51,4	62,2	66,1	14,9	38,5	30,8
C.V.	1,2	2,9	2,8	5,6	5,4	3,3

Los mayores promedios de densidad aparente correspondieron a los materiales de origen mineral, es decir, la arena y el suelo, con valores de 1,458 y 1,019 Mg/m<sup>3</sup>, respectivamente. El menor valor lo presentó el

bagazo de caña con sólo 0,065 Mg/m<sup>3</sup> (Cuadro 5). Así mismo, los mayores promedios de densidad de partículas se encontraron en la arena y el suelo, mientras que el menor correspondió a la fibra de coco (Cuadro 6)

**Cuadro 5.** Valor promedio, rango de variación y variabilidad de la determinación (CV.) de la densidad aparente en cada material evaluado

	Densidad aparente (Mg/m <sup>3</sup> )					
	Suelo	Fibra de Coco	Aserrín de coco	Cáscara de arroz	Bagazo de caña	Arena Fina
Promedio	1,019	0,077	0,097	0,099	0,065	1,458
Máximo	1,047	0,081	0,117	0,104	0,071	1,493
Mínimo	0,997	0,072	0,080	0,096	0,059	1,436
C.V.	1,6	3,8	6,1	2,5	6,2	1,1

**Cuadro 6.** Valor promedio, rango de variación y variabilidad de la determinación (C.V. de la densidad de partículas en cada material evaluado

	Densidad de partículas (Mg/m <sup>3</sup> )					
	Suelo	Fibra de Coco	Aserrín de coco	Cáscara de arroz	Bagazo de caña	Arena Fina
Promedio	2,235	0,424	0,455	0,652	0,623	2,327
Máximo	2,296	0,467	0,519	0,712	0,824	2,376
Mínimo	2,171	0,386	0,401	0,601	0,481	2,275
C.V.	1,7	7,0	8,0	5,7	7,9	1,6

## DISCUSIÓN

La precisión de los resultados obtenidos con el uso de los porómetros fue bastante alta en casi todas las determinaciones realizadas. La porosidad total fue el parámetro que produjo mejores resultados ya que el máximo C.V. encontrado fue de sólo 2,5 %. Esto indica que el proceso de saturación de la muestra se logró

en forma muy homogénea el cual es no de los pasos fundamentales para alcanzar resultados confiables en este tipo de determinación (Terés et al., 1997; Wever, 1997). Es conocida la dificultad que existe en lograr una saturación completa de muchos medios porosos debido a la presencia en ellos de poros finos en los cuales pueden quedar algunos volúmenes de aire atrapado independientemente de que el

humedecimiento sea aplicado en sentido ascendente. Sin embargo, puede aceptarse como adecuada una saturación aparente en la cual sean reducidos al mínimo estos espacios con aire.

En este punto es conveniente señalar que la porosidad total es función del grado de compactación de la muestra. En este estudio se utilizó material seco al aire que fue forzado a un proceso de asentamiento o compactación al dejarlo caer dentro del porómetro desde determinada altura en dos ocasiones. En pruebas preliminares (datos no publicados) se comprobó que el mismo material con mayores grados de humedad (muestras con mayor peso) presentaba asentamientos mayores y como tal, resultaba en porosidades relativamente menores. Por tal razón, es importante utilizar materiales con similar contenido de humedad cuando se trate de hacer comparaciones entre sus propiedades físicas.

La precisión de la medición puede conocerse a partir de la variabilidad de los valores obtenidos para distintas muestras. La variabilidad de los valores obtenidos depende de la precisión del método y de la variabilidad natural del material analizado. Sin embargo, en el presente trabajo no fue factible separar cada una de dichas componentes.

Si se fija en forma arbitraria un C.V. del 10% como el límite para considerar si una determinada medición fue o no precisa, se puede concluir que, además de la porosidad total, los resultados de retención de humedad, densidad aparente y densidad de partículas son aceptables ya que el máximo C.V. encontrado para estos parámetros en todos los materiales evaluados fue del 8 %.

Aplicando el criterio anterior, se deduce que habría existido cierta falta de precisión al determinar la capacidad de almacenamiento de aire o porosidad de aireación, ya que de los seis materiales evaluados, cuatro presentaron un C.V. superior al 10% (Cuadro 3). En este sentido, Ingram et al. (1993) señalan que el valor exacto del volumen de aireación es difícil de conocer, particularmente porque dependerá de la altura del sustrato en el contenedor. Se destaca, sin embargo, que los mayores valores correspondieron al suelo (16,8%), arena (16,0%) y aserrín de coco (15,9%) los cuales, a

su vez, fueron los materiales con menores promedios de porosidad de aireación. Puesto que este parámetro depende directamente de la cantidad de agua drenada por las muestras, se podría suponer que la relativamente alta variabilidad entre las repeticiones es atribuible a una baja precisión al momento de medir los pequeños volúmenes de drenaje colectados. Esta presunción toma mayor soporte al observar que la cáscara de arroz y el bagazo de caña, con altos valores de porosidad de aireación, presentaron valores de C.V. muy bajos, mientras que la fibra de coco, con un valor medio presentó un C.V. intermedio. Se sugiere entonces, como medida de precaución, realizar con especial atención la medida del volumen de agua colectada, particularmente en muestras con abundancia de poros pequeños de las cuales se obtienen sólo pequeños volúmenes de drenaje.

Otro punto a destacar, cuando se trabaja con materiales muy heterogéneos en cuanto al tamaño de sus partículas, como es el caso de la fibra de coco, es la conveniencia de llenar todos los porómetros de forma simultánea, agregando cada vez sólo porciones de la muestra en cada uno de ellos. Al usar este método en pruebas preliminares (datos no reportados) se encontró una mejora importante en la precisión de los resultados atribuible a una mayor uniformidad de la muestra entre los diferentes porómetros.

Varias de las propiedades físicas encontradas en los materiales evaluados se ajustan a los valores señalados en la literatura (Armstrong y McIntyre, 2000; Schmilewski, 2001; García et al., 2001). Sin embargo, como era de suponerse, estos materiales no cumplen por sí solos con determinadas exigencias mínimas para ser utilizados aisladamente como sustratos de propagación hortícola. Por ejemplo, la porosidad total de la arena y el suelo es muy inferior a la señalada como apropiada por Chweya et al. (1978) quienes indican valores de aproximadamente 70 al 80%, o a los valores del 80 al 90 % reportados para un sustrato ideal en contenedores (Aguila, 1988; Jiménez y Caballero, 1990).

De igual manera, con respecto a la porosidad de aireación, es decir, el espacio poroso que facilita el drenaje (constituido por

los poros muy grandes), la cáscara de arroz y el bagazo de caña poseen valores muy superiores al límite del 30 % propuesto por Poole et al. (1981) e Insausti (1993). Aunque un alto volumen de aireación es una característica que favorece el libre drenaje, disminuye al mismo tiempo la capacidad de retención de agua lo cual acarrea problemas de manejo del cultivo ya que éste requeriría riegos excesivamente frecuentes (Raviv et al., 1993).

En el otro extremo, se observa que el suelo posee sólo 2,2 % de porosidad de aireación, lo que ratifica la imposibilidad de cultivar plantas en pots sólo con este tipo de sustrato debido a que constituiría un medio con ausencia casi total de oxígeno para las raíces destacando así la estricta necesidad de mezclarlo con materiales de poros grandes (Spomer, 1980). Igualmente, la arena fina y el aserrín de coco presentaron valores bastante bajos, por lo que habría que tener consideraciones similares al momento de utilizarlos en mezclas para sustratos.

Con respecto a la capacidad de retención de humedad, el aserrín de coco presentó el valor más alto (70,1 %), lo cual junto a otras características ventajosas le ha llevado a ser considerado como un probable sustituto de la turba en las condiciones del trópico (Schmilewski, 2001). Sin embargo, de acuerdo a lo ya señalado, es fundamental que sea utilizado en conjunto con un material que aporte suficiente porosidad de aireación (poros grandes). En este sentido, Bunt (1988) señala que para mejorar significativamente la aireación de un sustrato con alta capacidad de retención de humedad se deben agregar grandes proporciones de arena.

Otro aspecto a considerar con relación al aserrín de coco es su contenido de sales cuando el material proviene de zonas costeras (Evans et al., 1996).

Al considerar la densidad aparente de los materiales evaluados, se observa que la fibra de coco, el aserrín de coco, la cáscara de arroz y el bagazo de caña tienen valores inferiores a 0,1 Mg/m<sup>3</sup> lo que los hace altamente sensibles al volcamiento al utilizarse en proporciones muy altas en sustratos para maceteros (Poole et al., 1981; Jiménez y Caballero, 1990).

La mayor densidad de partículas o densidad real se encontró en la arena con un valor medio

de 2,327 Mg/m<sup>3</sup>. Es conocido que, normalmente, la densidad de la arena silíceas se aproxima a la densidad del cuarzo (2,65 Mg/m<sup>3</sup>) que representa su principal material parental (Hillel, 1980). Sin embargo, en este caso se obtuvo un valor ligeramente inferior lo cual se atribuye a la naturaleza calcárea de las arenas que provienen de diferentes zonas del estado Lara.

Finalmente, es importante resaltar que aunque el conocimiento de las propiedades físicas particulares de los materiales usados como componentes de sustratos hortícolas reviste especial importancia como punto de partida para su selección, la mezcla de los mismos puede producir sustratos con características físicas muy diferentes a las originales, particularmente cuando existen grandes contrastes en el tamaño de sus partículas ya que puede ocurrir un proceso de mezclado, donde las muy pequeñas llenan los intersticios o poros entre las partículas mayores reduciendo la fracción de volumen de poros totales (Burés, 1997) y originando sustratos con características muy diferentes en sus capacidades de aireación y de retención de humedad.

Así mismo, es de destacar que el uso de los porómetros para determinar las propiedades físicas de materiales porosos resultó ser bastante preciso si se considera que existió poca variabilidad entre las diferentes repeticiones realizadas a cada muestra. Con relación a la exactitud de las mediciones, puede señalarse que la misma fue bastante alta al confrontar los resultados con los parámetros de referencia existentes en la literatura, lo que permitiría determinar con buena confiabilidad las características del material evaluado.

## CONCLUSIONES

La fibra de coco, el aserrín de coco, la cáscara de arroz y el bagazo de caña presentaron altos valores de porosidad total y bajos de densidad aparente y de partículas. Lo contrario ocurrió con el suelo y la arena fina.

El aserrín de coco presentó el valor más alto de retención de humedad, pero también uno de los más bajos de porosidad de aireación.

El porómetro utilizado probó ser una

herramienta sencilla y confiable para ser empleado en evaluaciones de las propiedades físicas de materiales porosos.

### LITERATURA CITADA

1. Aguila, S. J. 1988. The present status of the substrate as an ecosystem component and its function and important in crop productivity. *Acta Horticulturae* 221: 53-74.
2. Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Mundi-Prensa. Madrid.
3. Armstrong, H. y J. McIntyre (eds.). 2000. International Substrate Manual. Elsevier International. Doetinchem, The Netherlands. pp. 10-12.
4. Bell, P. R. 1992. Green Plants their Origin and Diversity. Dioscorides Press. Portland, Oregon.
5. Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas. Madrid.
6. Burés, S. 1999. Introducción a los sustratos: aspectos generales *In*: J.N. Pastor S. (ed.) Tecnología de Sustratos: Aplicación a la Producción Viverística Ornamental, Hortícola y Forestal. Universidad de Lleida. España. pp. 19-46.
7. Chweya, J., A. Gurnah y N. Fisher. 1978. Preliminary studies on some local materials for propagation media. 1. Physical and chemical properties. *Afr. Agric. For. J.* 43:328-334.
8. De Boodt, M., O. Verdonck e I. Cappaert. 1974, Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37: 2054-2062.
9. Dilger, D. 1998. Container substrate and irrigation. *The Woody Ornamentalist* 23(1): 1-2.
10. Evans, M. R., S. Konduru y R. H. Stamps. 1996. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. *HortScience* 31(6): 965-967.
11. Fonteno, W. 1993. Growing media: Types and physical/chemical properties. *In*: D.W. Reed (ed.). *A Grower's Guide to Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops*. Batavia, Illinois. pp. 93-122.
12. Gabriels, R., W. Van Keirsbulck y O. Verdonck. 1991. Reference method for physical and chemical characterization of growing media: An international comparative study. *Acta Hort.* 294:147-160.
13. Gabriels, R., W. Keirsbulck y H. Engels. 1993. A rapid method for the determination of physical properties of growing media. *Acta Hort.* 342:243-248.
14. 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(3): 249-258.
15. Hillel, D. 1980. *Fundamental of Soil Physics*. Academic Press. New York.
16. Ingram, D., R. Henley y T. Yeager. 1993. Growth media for container grown ornamental plants. Florida Coop. Extension Service, IFAS. University of Florida. Bulletin 241. 26 p.
17. Insausti, J. 1993. El sustrato ideal. *Flor, Cultivo y Comercio* 6(2): 15-16.
18. Jiménez, R. y M. Caballero. 1990. *El Cultivo Industrial de Plantas en Maceta*. Ediciones de Horticultura. Reus, España.
19. Pastor, J. 2000. Utilización de sustratos en viveros. *Terra* 17(3): 231-235.
20. Poole, R., C. Conover y J. Joiner. 1981. Soil and potting mixture *In*: *Foliage Plant Production*. Joiner J. N. (ed.). Prentice Hall, Virginia. New Jersey. pp. 179-202.
21. Raviv, M., S. Medina, Y Shamir y Z. Ben Ner. 1993. Very low medium moisture

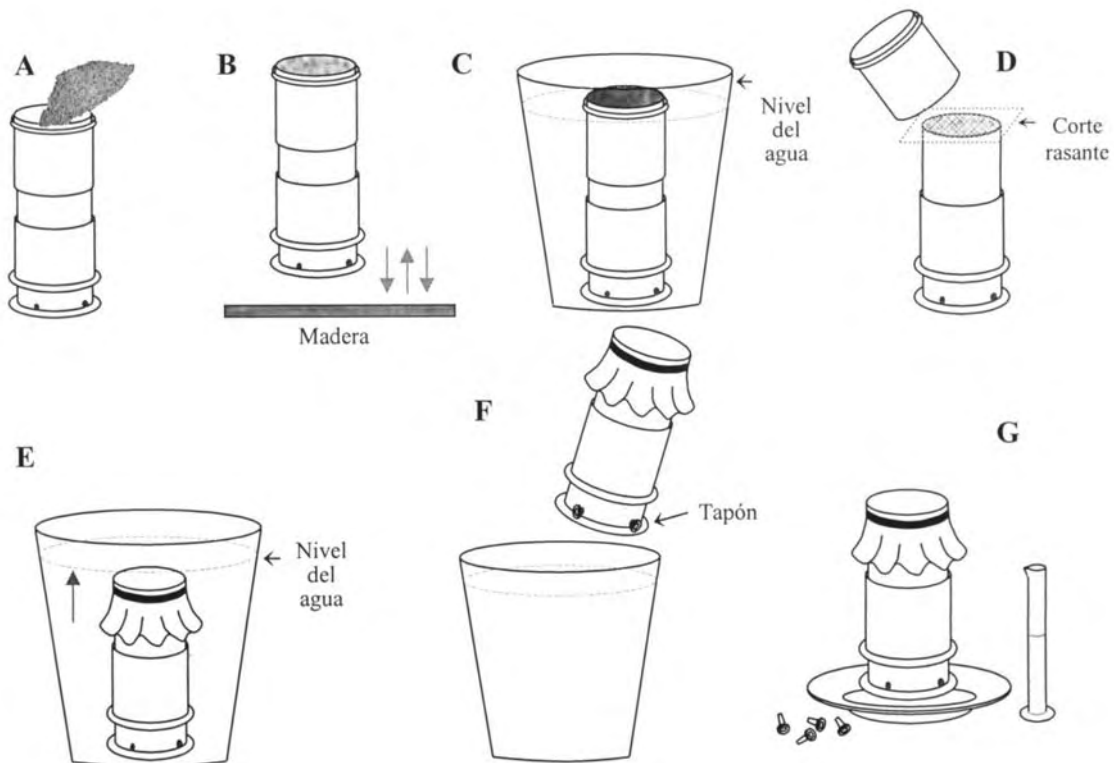


- tension. A feasible criterion for irrigation control of container-grown plants. *Acta Horticulturae* 342: 111-119.
22. Schmilewski, G. 2001. Limitations of additional organic material in growing media. *FlowerTech* 4(2): 20-23.
23. Spomer, L. 1980. Prediction and control of porosity and water retention in sand-soil mixtures for drained turf sites. *Agron. J.* 72: 361-362.
24. Terés, y., A.I. Beunza y A. Artetxe. 1997. Substrate saturation by vacuum application. *Acta Horticulturae* 450: 381-388.
25. Wever, G. 1995. Physical analysis of peat and peat-based growing media. *Acta Hort.* 401: 561-567.
26. Wever, G. 1997. Saturation rate and hysteresis of substrates. *Acta Hort.* 450: 287-295.

En el artículo titulado **Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica**, publicado en **Bioagro 15(1): 55-63** se omitió involuntariamente el siguiente anexo.



**Anexo 1a.** Vista fotográfica de uno de los porómetros utilizado en este experimento listo para ser llenado con la muestra



**Anexo 1b.** Secuencia del proceso de análisis de muestras. A. Llenado del porómetro. B. Asentamiento de la muestra al golpear el porómetro sobre una base de madera. C. Saturación lenta con agua desde los orificios del fondo. D. Eliminación y enrase del tercio superior de la muestra. E. Colocación del liencillo e inmersión repetida del porómetro en agua. F. Extracción del porómetro del agua previo taponado de los orificios de llenado. G. Colecta y medición del volumen drenado