

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín

Growth media characterization based on pine bark and sawdust

Tito Sánchez-Córdova¹, Arnulfo Aldrete^{2*},
Víctor M. Cetina-Alcalá² y Javier López-Upton²

RESUMEN

En México, la producción de plantas forestales en contenedores rígidos se realiza utilizando principalmente como medio de crecimiento la turba, la vermiculita y la agrolita (6:3:1, mezcla estándar). El aserrín y la corteza de pino son desechos de la industria forestal que pueden ser usados como sustratos. Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar cinco mezclas de sustratos, compuestos de corteza, aserrín, turba, vermiculita y agrolita. La evaluación de las mezclas incluyó la caracterización física (densidad aparente, porosidad y curva de retención de humedad) y química (pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico). La densidad aparente de las mezclas compuestas de corteza y aserrín varió de 0,31 a 0,51 g cm⁻³ y la estándar fue de 0,15 g cm⁻³. La porosidad total de 77% a 91% y la estándar fue de 84%. La porosidad de aireación varió de 8% a 20% y la estándar fue de 8%. El agua fácilmente disponible varió de 4,8% a 9,9% y la estándar presentó un valor más elevado (17,7%). El pH de las mezclas compuestas de corteza y aserrín varió de 4,52 a 7,70 y la estándar fue de 3,87. La conductividad eléctrica de 1,84 a 2,69 ds m⁻¹ y la estándar 1,13 ds m⁻¹. La capacidad de intercambio catiónico de 43,6 a 89,4 meq/100 g y la estándar 60,4 meq/100 g. La mezcla 4 (20% de corteza + 80% de aserrín) es semejante a la mezcla estándar por sus características físicas, pero no en sus propiedades químicas. Esta mezcla es un sustrato prometedor en la producción de plantas forestales.

PALABRAS CLAVES:

Aserrín, corteza, propiedades físicas, propiedades químicas, sustratos, turba.

ABSTRACT

Forest nursery production in containers in México mainly uses peat moss, vermiculite and agrolite (standard mixture). Sawdust and pine bark are subproducts of the forest industry which can be used as substrates. The objective of this work was the characterization of five mixtures using pine bark, sawdust, peat moss, vermiculite. Evaluation included physical (bulk density, total porosity, air porosity and easily available water) and chemical (pH, electrical conductivity and cation exchange capacity) characterization. Bulk density varied from 0,31 to 0,51 g m⁻³ while the standard mixture was 0,15 g m⁻³. Total porosity varied from 77 to 91% compared to the standard mixture with 84%. Air porosity varied from 8 to 20% compared to the standard mixture with 8%. Easily available water varied from 4,8 to 9,9% compared to the standard mixture with 17,7%. pH of the mixtures with bark and sawdust varied from 4,52 to 7,70 while the standard mixture was 3,87. Electrical conductivity varied from 1,84 to 2,69 ds m⁻¹ while the standard mixture was 1,13 ds m⁻¹. Cation exchange capacity varied from 43,6 to 89,4 meq/100 g while the standard mixture was 60,4 meq/100 g. Physical properties of mixture 4 (20% of bark + 80% of sawdust) are similar to standard mixture, but not the chemical properties. This mixture is a promising substrate for forest nursery production.

KEY WORDS:

Bark, chemical properties, peat moss, physical properties, sawdust, substrates.

1 Estudiante del Posgrado Forestal

2 Profesor-Investigador. Posgrado Forestal, Colegio de Posgraduados. Km. 36,5 Carr. México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. C.P. 56230. correo: vicmac@colpos.mx; uptonj@colpos.mx

2* Autor para correspondencia. correo: aaldrte@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

La calidad de las plantas que se producen en vivero depende, entre otros factores, de la adecuada selección de los sustratos para la preparación de medios de crecimiento. Una mezcla adecuada debe tener propiedades físicas y químicas que permitan la disponibilidad oportuna de los nutrientes y el agua (Burés, 1997). El medio de crecimiento es uno de los factores que influye directamente en la calidad y costo de producción de las plantas en vivero, por ello se deben buscar opciones que reduzcan esos costos y garanticen la calidad de la planta (Arteaga *et al.*, 2003).

Actualmente en México se usa como sustrato principal, en la producción en contenedores rígidos, una mezcla de turba, agrolita y vermiculita (principalmente en proporciones de 60:30:10). Estos materiales son importados a altos costos, a pesar de que existen otros materiales que pueden ser útiles como sustratos y entre los que se encuentran el aserrín y la corteza de pino. El aserrín y la corteza son residuos del proceso de aserrío y pueden llegar a ser un problema en la industria de la madera, debido a que ocupan mucho espacio en la línea de producción después del aserrío (Juárez *et al.*, 2001). Estos materiales son más baratos (hasta 70% menos) que la turba, vermiculita y agrolita, y también tienen características apropiadas para reducir la actividad de hongos fitopatógenos y mejorar la porosidad (Landis *et al.*, 1990). La corteza aumenta su capacidad de intercambio catiónico cuando está composteada. El aserrín de pino puede presentar algunos problemas de fitotoxicidad cuando se usa crudo, pero el problema se corrige con el lavado del mismo o con el proceso de descomposición (Boodley, 1998).

Cada mezcla utilizada en la producción de planta forestal tiene propiedades

de densidad, porosidad, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y pH que le proporcionan características distintas de desarrollo y crecimiento a la planta (Burés, 1997). Algunos autores sugieren que el pH del medio de crecimiento de las especies coníferas debe estar entre 5,5 y 6,5, un pH por abajo o por arriba de estos rangos puede causar problemas en la germinación y en el crecimiento de la planta (Peñuelas y Ocaña, 1996).

El presente trabajo tuvo como objetivo la caracterización de cuatro mezclas de sustrato compuestas de corteza y aserrín, con base en las propiedades físicas y químicas, y compararlas con la mezcla estándar utilizada en la producción en contenedores, en muchos viveros forestales tecnificados de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La preparación de las mezclas se realizó en el vivero de Posgrado Forestal en las instalaciones del Colegio de Posgraduados en Montecillo, Estado de México. Éste se localiza en las coordenadas 19° 29' LN y 98° 54' LO, a una altitud de 2240 m (Reyes, 2005). Los materiales usados para las mezclas fueron: corteza de pino composteada, aserrín de pino, turba, agrolita y vermiculita (Tabla 1). La corteza utilizada fue de *Pinus douglasiana* y se obtuvo de la región sur del estado de Jalisco, donde es composteada y se vende en forma comercial. El aserrín fue de *Pinus patula* Schl. et Cham., recolectado crudo directamente del aserradero del ejido Pueblo Nuevo, en el municipio de Zacatlán, Puebla, en donde se ha utilizado para la producción de especies forestales en vivero. La turba, la agrolita y la vermiculita son materiales importados de Canadá y se venden comercialmente en México.

Tabla 1. Proporción de los componentes en las mezclas evaluadas.

Mezcla	Corteza de pino composteada	Aserrín (%)	Turba (%)	Agrolita (%)	Vermiculita (%)
1	100				
2	80	20			
3	60	40			
4	20	80			
5*			60	30	10

* = Mezcla testigo

El análisis de las propiedades físicas y químicas se realizó en 2006 en el Laboratorio de Física de Suelos del Colegio de Posgraduados. Para la determinación de las propiedades físicas de los sustratos se utilizaron cuatro muestras (repeticiones) de cada uno de ellos, tomadas al azar, con un volumen promedio de 137 cm³, equivalente al volumen de un contenedor para la producción de planta. La densidad aparente se calculó con base en la fórmula $D_a = \text{peso del sustrato seco (g)} / \text{volumen total (cm}^3\text{)}$. El peso del sustrato se obtuvo con una balanza analítica después de secarlo en estufa durante 72 horas. La porosidad de retención de agua (PRH), porosidad de aireación (PA) y porosidad total (PT), se calcularon con el procedimiento descrito por Landis *et al.* (1990).

De una muestra de cinco litros de cada sustrato, se llenaron cuatro contenedores con un volumen de 137 cm³; posteriormente, a los contenedores se les agregó agua hasta saturarlos y luego se colocó un envase en la parte inferior para colectar el agua drenada. Con estos

datos se calculó la porosidad. Las propiedades químicas que se analizaron se basaron en el manual de laboratorio propuesto por Palmer y Troeh (1989) y van Reeuwijk (1999); se analizó el pH por el método del potenciómetro, la conductividad eléctrica (CE) por el método del conductímetro y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) por el método de acetato de amonio.

Con base en la curva de retención de humedad, se determinó la curva de liberación de agua para cada mezcla, usando el método de batería de embudos (De Boodt *et al.*, 1974). La curva está compuesta de agua difícilmente disponible (ADD), agua fácilmente disponible (AFD), agua de retención (AR), capacidad de aire (CA), espacio poroso total (EPT) y materia sólida (MS).

Los datos de las propiedades físicas y químicas de las mezclas de sustrato (excepto los de la curva de retención de humedad) se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías de clasificación, más la interacción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades químicas de las mezclas

Existe variación en las propiedades químicas de las cinco mezclas, dependiendo de los componentes en las mismas (Tabla 2). El pH de todas las mezclas está debajo de un valor de 5. La mezcla testigo fue la más ácida con un valor promedio de 3,87. En las mezclas que contienen corteza y aserrín, el pH es también ácido y varía de 4,25 en la mezcla 2 hasta 4,70 en la mezcla 4. Landis *et al.* (1990) reportan que con un pH menor a 4,0 se pueden manifestar problemas de enfermedades de raíz. Con valores de pH entre 5,5 a 6,5 el problema de fungosis se reduce y con pH mayores a la neutralidad pueden presentarse problemas por *Fusarium*. En el medio de crecimiento puede haber variaciones en el pH al final de la producción, debido a las prácticas de cultivo (fertilización y riego), en la producción de plantas forestales puede haber un incremento de 0,5 a 1,0 unidades de pH (Landis *et al.*, 1990) por lo cual incluso la mezcla testigo podría alcanzar niveles adecuados de pH al momento de la producción.

La conductividad eléctrica (CE) de la mezcla testigo es la más baja con un valor promedio de 1,13 ds m⁻¹ y los valores más altos pertenecen a las mezclas 1 y 3 con 2,69 y 2,68 ds m⁻¹, respectivamente. De acuerdo con Moreno (1970), no se detectan efectos detrimetiales en el crecimiento y rendimientos de las plantas con una CE menor a 2,0 ds m⁻¹, pero de 2,0 a 4,0 ds m⁻¹ se restringen los rendimientos de algunas plantas sensibles. Bunt (1988) indica que en sustratos ricos en materia orgánica la CE debe ser de 0,75 a 1,99 ds m⁻¹ y que de 2,00 a 3,49 ds m⁻¹ las plantas crecen satisfactoriamente, pero si son sensibles a CE por arriba de 2,0 ds m⁻¹ reducirán su crecimiento. También señala que en una CE de 3,5 a 5,0 ds m⁻¹ la salinidad es muy elevada para la mayoría de las plantas, y que sólo plantas vigorosas resisten esta condición.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de las mezclas 1 y 5 (testigo) son semejantes con 61,2 y 60,4 meq/100g. Al respecto, Peñuelas y Ocaña (1996) indican que la corteza de pino tiene una CIC de 52,6 meq/100g. Estos autores también mencionan que la CIC aumenta cuando incrementa el pH y que

Tabla 2. Propiedades químicas de las mezclas evaluadas en el laboratorio.

Mezclas	Porcentaje de componentes de las mezclas	Propiedades químicas		
		pH relación 1:2	CE (ds m ⁻¹)	CIC (meq/100g)
1	Corteza 100%	4,69	2,69	61,2
2	Corteza 80% + Aserrín 20%	4,52	1,84	89,4
3	Corteza 60% + Aserrín 40%	4,63	2,68	87,6
4	Corteza 20% + Aserrín 80%	4,70	2,58	43,6
5*	Turba 60% + Agrolita 30% + Vermiculita 10%	3,87	1,13	60,4

*= mezcla testigo, CE= conductividad eléctrica y CIC= capacidad de intercambio catiónico.

ambos aumentan cuando incrementa el contenido de materia orgánica, además amortigua los efectos de pH y la salinidad. En el caso de las mezclas analizadas no se incrementó la CIC cuando aumentó el pH. Landis *et al.* (1990) indican que la turba y la vermiculita tienen valores de CIC con 180 meq/100g y 82 meq/100g, respectivamente, mientras que la perlita (agrolita) tiene un valor promedio de sólo 3,5 meq/100g. La mezcla de 80% de corteza + 20% de aserrín y la mezcla de 60% de corteza + 40% de aserrín tienen valores similares en CIC. A mayores proporciones de corteza y menores de aserrín, aumentó la CIC. La mezcla 4 con porcentaje de aserrín del 80% tiene la CIC más baja (43,6), lo que puede ser debido a que el aserrín crudo no tiene los suficientes microorganismos que descompongan la materia orgánica y por tanto su CIC es menor.

Landis *et al.* (1990) señalan que los materiales orgánicos no composteados, como el aserrín o la corteza, limitan la disponibilidad de nitrógeno, ya que los organismos que descomponen la materia orgánica utilizan este nutriente, y por tanto su

CIC se reduce. Entre mayor sea la CIC es mejor para una buena acumulación de cationes disponibles para las plantas, y si la mezcla tiene una CIC reducida hay deficiencias de nutrientes (Landis *et al.*, 1990).

Propiedades físicas de las mezclas

En cuanto a las características físicas de las mezclas, las densidades reales en seco (DRS) oscilan entre 1,09 y 1,51 g cm⁻³ donde la mezcla 1 (100%) de corteza es la más alta y la mezcla testigo es la de menor valor (Tabla 3). Las densidades reales en húmedo (DRH) están entre 1,03 y 1,15 g cm⁻³. La mezcla 1 fue nuevamente la más alta y la mezcla testigo la más baja. Burés (1997) menciona que la densidad real para la corteza de pino triturada es de 1,84 g cm⁻³. Landis *et al.* (1990) señalan que las densidades de los minerales son de 2,6 g cm⁻³ y de la materia orgánica es de 1,55 g cm⁻³. Sin embargo, las densidades de las mezclas pueden variar por el grado de compresibilidad y del arreglo de las partículas. La densidad disminuyó conforme se reduce la proporción de corteza.

Tabla 3. Propiedades físicas de las mezclas evaluadas en el laboratorio.

Mezcla	Propiedades físicas						
	DRS g cm ⁻³	DRH g cm ⁻³	DAS g cm ⁻³	DAH g cm ⁻³	PT %	PA %	PRH %
1	1,51	1,15	0,51	1,04	70	8	62
2	1,48	1,14	0,43	1,01	77	9	68
3	1,39	1,14	0,40	1,01	78	9	69
4	1,40	1,10	0,31	0,94	91	20	71
5*	1,09	1,03	0,15	0,82	84	8	76

* = Mezcla testigo, DRS= densidad real en seco, DRH= densidad real en húmedo, DAS= densidad aparente en seco, DAH= densidad aparente en húmedo, PT= porosidad total, PA= porosidad de aireación y PRH= porosidad de retención de humedad.

Mezcla 1 (corteza al 100%), mezcla 2 (corteza 80% y aserrín 20%), mezcla 3 (corteza 60% y aserrín 40%), mezcla 4 (corteza 20% y aserrín 80%) y mezcla 5 (turba 60%, agrolita 30% y vermiculita 10%).

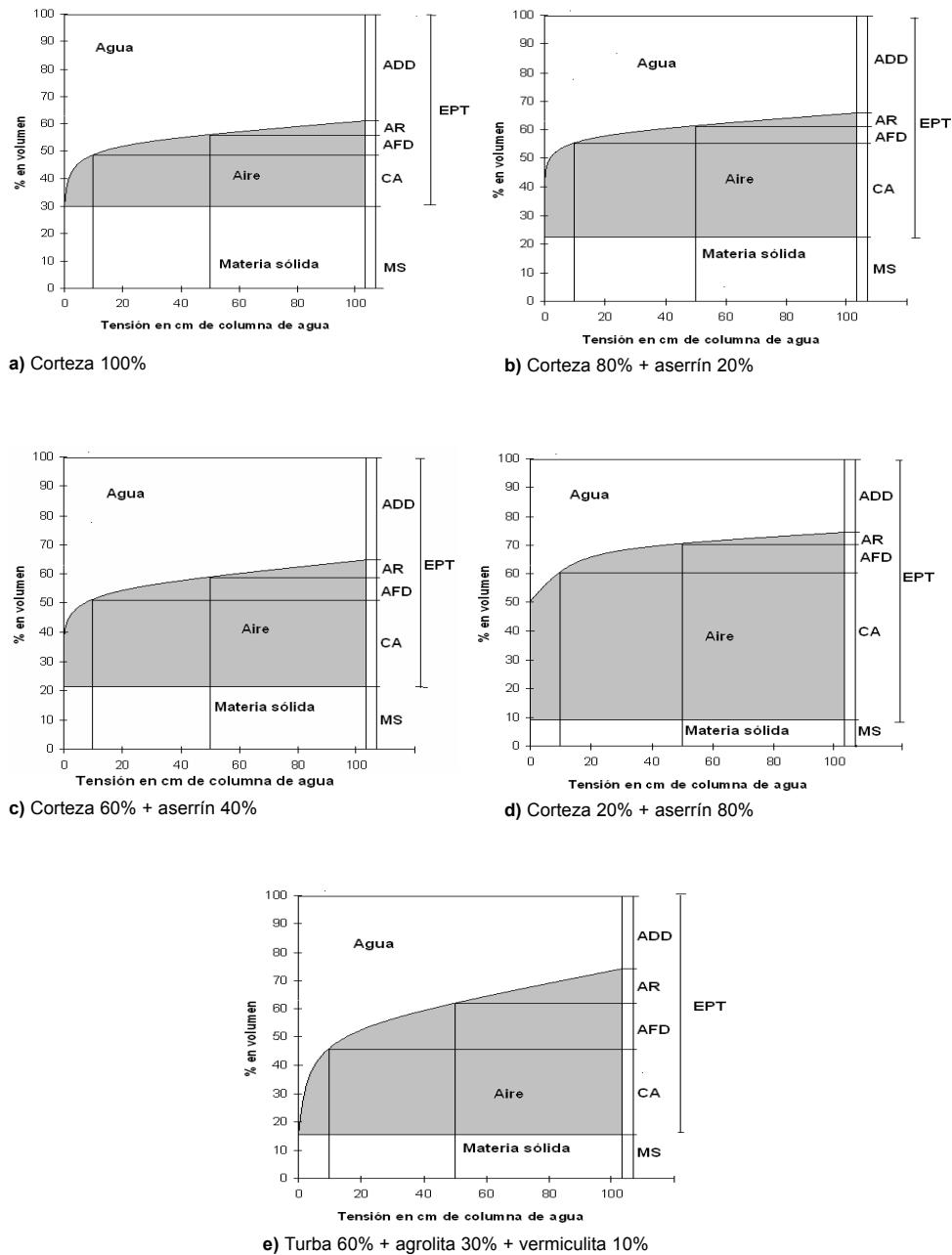


Figura 1. Curvas de liberación de agua de las cinco mezclas analizadas en el estudio.

ADD = agua difícilmente disponible, AR = agua de reserva, AFD = agua fácilmente disponible, CA= capacidad de aireación, MS = materia sólida y EPT = espacio poroso total.

También se aprecia que las densidades aparentes en seco (DAS) de las mezclas oscilan entre 0,15 y 0,51 g cm⁻³, donde la mezcla 1 es la más alta y la mezcla 5 la más baja (Tabla 3). En el caso de la densidad aparente en húmedo (DAH) los valores están entre 0,82 y 1,04 g cm⁻³ y corresponden a la mezcla 1 que es la más alta y la mezcla 5 la más baja (Tabla 3). La DAH es importante para el manejo de los contenedores en vivero o para el traslado de las plantas al campo. Mezclas con bajas DAH permiten manejar mayor número de contenedores porque tienen menor peso y llevar más carga de plantas. La DAS aumentó con respecto a la DAH en las mezclas con mayor proporción de corteza. Por otra parte, casi en todas las mezclas el valor de la DAH es semejante, ya que la máxima diferencia entre el valor más alto y el más bajo es de 0,2 g cm⁻³. El incremento de la DAS a DAH en todas las mezclas fue mayor de 0,5 g cm⁻³, es decir, aumentan por lo menos en 100% de peso de seco a peso húmedo. Esta diferencia indica que habrá alta capacidad de retención de humedad en todas las mezclas.

La porosidad total (PT) en la mezcla 4 es la más alta con sólo 9% de material sólido, mientras que la mezcla 1 presenta la menor PT y 30% de material sólido (Tabla 3). La PT en las mezclas 2 y 3 son similares, con material sólido de 23% y 22%, respectivamente. La PT en la mezcla testigo es de 84% y 16% de material sólido. Landis *et al.* (1990) señalan que muchos autores recomiendan de 60 a 80% de porosidad total. De acuerdo con esto, tres de las mezclas probadas están dentro de esos márgenes. Con respecto a la porosidad de aireación (PA), todas las mezclas están entre 8% y 20% (Tabla 3); la mezcla 4 es la que presenta una mayor PA con relación a las otras. Con respecto a la porosidad de aireación, Havis y Hamilton (1976) recomiendan que la PA debe ser de 20% a 25%; Whitcomb

(1988) de 25% a 35% y Puustjarvi y Robertson (1975) de 45% a 50%. Los valores de PA presentes en la mayoría de las mezclas indican que existen pocos macroporos y que las raíces de las plantas tienen poca aireación. Lo que supone que el tamaño de las partículas es fino, hay microporos y la retención de humedad es alta. Lo que puede indicar posibles problemas de pudrición de raíces por falta de oxígeno. Una razón de los bajos porcentajes de poros de aireación es la variabilidad de la granulometría de los sustratos usados, ya que las partículas menores de los sustratos entran a los macroporos y disminuye la PA. Lo anterior se corrobora con la porosidad de retención de humedad, ya que todas las mezclas están entre 60% y 80%, aproximadamente (Tabla 3). Esto significa que hay muchos microporos llenos de agua que no estarían disponibles a las raíces de la planta.

En el medio de crecimiento, el agua tiene un comportamiento que está en función de los sustratos usados para preparar las mezclas, así la disponibilidad del agua determinará si la mezcla será adecuada para un determinado cultivo. Las mezclas indican variaciones en los diferentes componentes que integran la curva de liberación de agua (Tabla 4).

En la figura 1 se muestran las diferentes proporciones de los componentes de las curvas de liberación de agua para las cinco mezclas analizadas. El agua fácilmente disponible (ADD) en la mezcla de 100% de corteza es la más alta y disminuye al aumentar los porcentajes de aserrín y al bajar los porcentajes de corteza, lo que indica que mayores porcentajes de corteza en una mezcla tienden a retener el agua. Por tanto, el agua fácilmente disponible (AFD) en las mezclas que contienen corteza es de las más bajas, con mayor materia sólida (MS) y que disminuye conforme se reducen los

Tabla 4. Componentes de la curva de liberación de agua en seis mezclas a base de corteza y aserrín, turba, agrolita y vermiculita.

Mezcla	Porcentaje de componentes de las mezclas	Componentes de la curva (%)					
		ADD	AR	AFD	CA	EPT	MS
1	Corteza 100%	38,8	5,6	6,8	18,8	70	30
2	Corteza 80% + Aserrín 20%	34,1	5,1	4,8	33,0	77	23
3	Corteza 60% + Aserrín 40%	35,9	6,1	7,3	28,7	78	22
4	Corteza 20% + Aserrín 80%	25,7	4,2	9,9	51,2	91	9
5*	Turba 60% + Agrolita 30% + Vermiculita 10%	26,0	10,3	17,7	30,0	84	16

*= Mezcla testigo, ADD= Agua difícilmente disponible, AR= Agua de reserva, AFD= Agua fácilmente disponible, CA= Capacidad de aire, EPT= Espacio poroso total y MS= material sólido.

porcentajes de corteza. El AFD en todas las mezclas está por debajo de 20%, que es lo mínimo que sugieren Abad *et al.* (1993) para mantener una buena proporción de agua en el sustrato. El agua de reserva (AR) está entre 4% y 10%, que es lo que sugieren Abad *et al.* (1993). Sumando el AFD y el AR de la mezcla testigo, se llega a obtener 28% de agua total disponible. Esto es, un tercio del volumen del espacio poroso total (EPT), más de un tercio es de capacidad de aire (CA) y un tercio aproximadamente es de ADD.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las propiedades químicas, la mezcla dos (80% de corteza + 20% de aserrín) es la que más se acerca a la mezcla estándar (60% de turba + 30% de agrolita + 10% de vermiculita) en su pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico. Sin embargo, la mezcla cuatro (20% de corteza + 80% de aserrín) presenta propiedades físicas como porosidad total, porosidad de aireación, porosidad de retención de humedad y agua fácilmente

disponible, características semejantes a la mezcla testigo. La mezcla cuatro presenta características prometedoras para ser utilizada en la producción de plantas forestales en contenedores rígidos (137 cm³) en vivero.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), a través del proyecto de investigación “Tecnologías para la producción de plantas en vivero y su establecimiento en campo para el estado de Hidalgo”, clave: 5772/A1.

LITERATURA CITADA

- Abad M., P., F. Martínez, M. D. Martínez y J. Martínez. 1993. Evaluación agro-nómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura* 11:1141-1154.
- Arteaga M., B., S. León y C. Amador. 2003. Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de

- Pinus durangensis* Mtz. en vivero. *Forestal Veracruzana* 5(2):9-15.
- Boodley, W.J. 1998. The Commercial greenhouse. 2a. ed. Del Mar Publishers. Washington, EUA. pp: 146-148.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Aero-técnicas, Madrid, España. 342 p.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, Londres. 25 p.
- De Boodt, M., O. Verdonck y I. Cappaert. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae* 37: 2054-2062.
- Havis, J.R. y W.W. Hamilton. 1976. Physical properties of containers media. *Journal of Arboriculture* 2(7):139-140.
- Juárez T., P., H. Rubio A., R. Narváez F. y J. Jiménez C. 2001. Comparación de ocho tratamientos para la elaboración de compost a base de aserrín y estiércol. In: Memorias del V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Universidad de Guadalajara, CUCBA. SOMEREOF. Guadalajara, Jalisco. Pp.395-396.
- Landis, T.D., R.W. Tinus, S.E. McDonald y J.P. Barnett. 1990. Containers and growing media. Vol. 2. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook 674. USDA. Forest Service. Washington, DC. EUA. 88 p.
- Moreno D., R. 1970. Clasificación tentativa del pH del suelo y de aguas agrícolas. INIA. México. 5 p.
- Palmer, R.G. y F.R. Troeh. 1989. Introductory soil science-Laboratory Manual. Ed. AGT. Iowa. Trad. por Fidel Márquez Sánchez. Colegio de Posgrados. Montecillo, México. 158 p.
- Peñuelas R., J.L. y B.L. Ocaña. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2a. ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 190 p.
- Puustjärvi, V. y R.A. Robertson. 1975. Physical and chemical properties. In: Peat in Horticulture. Academic Press, Londres. 170 p.
- Reyes R., J. 2005. Prácticas culturales para mejorar la calidad de plántulas de *Pinus patula* y *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* en vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Posgrados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 95 p.
- Van Reeuwijk, L.P. 1999. Procedimiento para análisis de suelos. Manual Versión 1995. Trad. por Ma. del Carmen Gutiérrez y C. A. Ortiz Solorio. Especialidad de Edafología. Colegio de Posgrados. Montecillo, México. 145 p.
- Whitcomb, C.E. 1988. Plant production in containers. Lacebark Publications. Stillwater. OK, EUA. 633 p.

Manuscrito recibido el 15 de noviembre del 2006
Aceptado el 17 de septiembre del 2007

Este documento se debe citar como:

Sánchez-Córdova, T., A. Aldrete, V. M. Cetina-Alcalá y J. López-Upton. 2008. Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. *Madera y Bosques* 14(2):41-49.