

Mezclas de fibra de coco, composta y mantillo de bosque en la producción de *Phlox drummondii* en el sistema chinampero

Verónica Nava Rodríguez,¹ Fernando de León González, Sergio Palacios Mayorga, David Montiel Salero y Eduardo Celada Tornel

Resumen. *En Xochimilco existe una intensa actividad de producción de plantas de ornato, la cual requiere de sustratos, destacando el uso de mantillo de bosque obtenido de zonas forestales del centro de México. Se requiere encontrar alternativas que disminuyan la fuerte presión sobre este recurso forestal. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad física, química y microbiológica de siete sustratos orgánicos (composta, fibra de coco, mantillo de bosque y cuatro mezclas) y su efecto sobre el crecimiento de plantas de *Phlox drummondii* Hook en Xochimilco (México). Las propiedades químicas mostraron una variabilidad consistente con la naturaleza orgánica de cada sustrato. Los resultados indicaron que las mezclas de composta y fibra de coco con mantillo de bosque son una alternativa para producir plantas sanas de *Phlox drummondii*, y de esta manera reducir los volúmenes de mantillo de bosque utilizados en la producción florícola de la zona.*

Palabras Clave: *sustratos orgánicos, composta, fibra de coco, mantillo de bosque, producción ornamental.*

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Departamento de Producción Agrícola y Animal, e-mail: narv2011@correo.xoc.uam.mx.

Abstract. *In Xochimilco exists an intense production of ornamental plants which requires substrates as the forest litter obtained from forested areas of Central Mexico. Alternatives to substitute forest litter are needed in order to diminish the heavy pressure on the organic matter of forest soils. The purpose of this study was to evaluate (1) the physical, chemical and microbiological quality of seven organic substrates (compost, coir peat, mulch and four mixtures), (2) their effect on the growth of plants of *Phlox drummondii* in Xochimilco (Mexico). The chemical properties showed a variability consistent with the organic nature of each substrate. The results indicated that mixtures of compost and forest litter + coir peat are alternatives to produce *Phlox drummondii* and reducing in this way the volume of forest litter used for flower production in the area.*

Key Words: *organic substrates, compost, coir peat, forest litter, ornamental production.*

Résumé. *Il existe à Xochimilco une intense activité de production de plantes décoratives, qui exige du substrat. Celui-ci provient de l'utilisation de terreau de forêt obtenu des zones forestières du centre du Mexique. Des alternatives doivent être trouvées pour diminuer la pression exercée sur cette ressource forestière. L'objectif de ce travail a été d'évaluer la qualité physique, chimique et microbiologique de sept substrats organiques (compost, fibre de coco, terreau de forêt et quatre mélanges), ainsi que leur effet sur la croissance des plantes de *Phlox drummondii* Hook, à Xochimilco (Mexique). Les propriétés chimiques ont montré une variabilité consistante avec la nature organique de chaque substrat. Les résultats indiquent que les mélanges de compost et fibre de coco avec le terreau de forêt constituent une alternative pour produire des plantes de *Phlox drummondii* saines et, de cette manière, réduire les volumes de terreau de forêt utilisés pour la floriculture de la zone.*

Mots-clés: *substrats organiques, compost, fibre de coco, terreau de forêt, production de plantes décoratives.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente Xochimilco es un área importante de producción de plantas ornamentales debido a los buenos rendimientos y a que la superficie agrícola y opciones de cultivos se han reducido (Canabal, 1990). La compra de mantillo de bosque representa uno de mayores gastos para los floricultores en sus costos de producción (Canabal *et al.*, 1992). El mantillo de bosque presenta características físicas y químicas favorables para la producción de plantas en viverismo: densidad aparente (0.30 g cm^{-3}), espacio poroso (82%), agua fácilmente disponible (17%) y alto contenido de materia orgánica (63%) (Ansorena, 1994). Sin embargo, la extracción del mantillo del bosque representa un deterioro ambiental dados los altos volúmenes requeridos por la producción en los viveros de Xochimilco y otras áreas productoras. La composta de residuos vegetales y la fibra de coco pueden servir como materiales orgánicos alternativos en la producción de plantas de ornato, con costos comparables al del mantillo de bosque (Mishra *et al.*, 1991; Chen *et al.*, 1991; Forster *et al.*, 1993; Tomati *et al.*, 1993; Cambell *et al.*, 1994). La composta se produce mediante un proceso controlado de riego y aireación para acelerar los procesos de degradación de la materia orgánica; la fibra de coco es un material compuesto por celulosa y lignina disponible en México, posee baja conductividad al calor, alta resistencia a las bacterias, alta microporosidad (Vargas *et al.*, 2008) y alta retención de agua (Labey, 1991; Meerow, 1994). No se ha observado la presencia del hongo *Fusarium* que puede actuar como un hongo fitopatógeno (Evans *et al.*, 1996). Existe poca información sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos (Cambell *et al.*, 1994). La composta es adecuada para usos agrícolas, siempre que sea transformada en sustancias húmicas. Su contenido de ácidos húmicos, fúlvicos y huminas permite conocer el grado de estabilización de la materia orgánica en su composición química; la relación AH/AF también es un indicador del estado de degradación y madurez de una composta (Forster *et al.*, 1993). Otro

indicador de madurez consiste en cuantificar los nutrimentos solubles en agua (Chanyasak *et al.*, 1982; Forster *et al.*, 1987; Saviozzi *et al.*, 1987). Finalmente, las pruebas de fitotoxicidad son necesarias para evaluar la calidad de las compostas y en general de los sustratos orgánicos (Foster *et al.*, 1987).

Los objetivos del presente estudio fueron: 1) determinar las propiedades físicas y químicas del mantillo de bosque (sustrato tradicional); de una composta de residuos vegetales y de la fibra de coco (sustratos alternativos); 2) comparar el crecimiento de *Phlox drummondii* (especie ornamental de rápido crecimiento) cultivada en los tres sustratos y cuatro mezclas; 3) identificar y cuantificar la diversidad de géneros de hongos en los sustratos y 4) evaluar la toxicidad de los lixiviados de los tres sustratos sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en San Luis Tlaxiátemalco dentro de la zona chinampera de Xochimilco (19° 88 09' y 19° 19' latitud Norte, 99°00' y 99°09' longitud Oeste, 2,240 m de altitud). El clima es C (W1) templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 16 °C y precipitación anual de 700.1 mm (INEGI, 2001).

La composta de seis meses fue elaborada por un agricultor cooperante (Jacinto Coaxospa), utilizando pasto *Cynodon dactylon* L. y otras arvenses (50%), estiércol de bovino (30%), plantas acuáticas (*Lemna gibba* L. y *Wolffia* spp) (2%) y suelo del lugar (18%; v/v). El mantillo de bosque fue extraído del bosque de Villa del Carbón (Estado de México) y la fibra de coco molida (secciones < 5 mm de largo) provino del estado de Colima (sin denominación comercial). Se probaron siete sustratos: 1) composta (C); 2) fibra de coco molida (F); 3) mantillo de bosque de encino (1:1 v/v) (MB); y las mezclas de estos sustratos: 4) composta + fibra de coco

(C+F; 1:1, v/v); 5) composta + mantillo de bosque (C+MB; 1:1, v/v); 6) fibra de coco + mantillo de bosque (F+MB; 1:1, v/v) y 7) composta + fibra de coco + mantillo de bosque (C+F+MB; 1:1:1; v/v).

Densidad aparente y propiedades químicas de los sustratos

Una muestra compuesta (100 g) de cada uno de los siete sustratos se secaron a temperatura ambiente y se tamizaron (malla de 15 mm). Se realizaron las siguientes determinaciones: densidad aparente (Blake y Hartge, 1986), pH (medidor de Corning modelo 10, relación 1:5 de sustrato y agua) y conductividad eléctrica (CE; puente estándar de Wheatstone). El nitrógeno total (N_{total}) se obtuvo por el método de Kjeldhal (Bremner, 1965); el fósforo disponible ($P_{\text{disponible}}$) se midió mediante el método Bray I; los cationes solubles Ca^{2+} y Mg^{2+} se cuantificaron con el método del versenato-EDTA mediante absorción atómica; el sodio (Na^+) y el potasio (K^+) se determinaron por flamometría (Corning, modelo 400); la materia orgánica (MO) se midió por el método de Walkey y Black (Nelson y Sommers, 1982); el porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos se realizó de acuerdo al método de Kononova (1961) y también se determinó la cantidad de sales y sodio en el agua de riego del canal de la chinampa del productor (APHA-AWWA-WPCF, 1980)

Crecimiento de *Phlox drummondii* en los sustratos

Se diseñó un experimento en macetas para evaluar el crecimiento vegetal de *Phlox drummondii* Hook en los siete sustratos analizados, bajo condiciones de campo y con una duración de cuatro meses (enero-mayo). Las semillas se sembraron en chapines (sustrato de lodo orgánico) y se transplantaron en bolsas de plástico. En cada bolsa se colocaron dos plantas y se les regó cada tercer día con agua del canal. No se aplica-

ron materiales fertilizantes. El diseño experimental consistió en bloques completos al azar, con siete tratamientos y doce repeticiones. Al final del experimento se obtuvo el peso seco de raíces, tallos, botones y flores. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias (Tukey, $P < 0.05\%$) y se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 5.

Identificación de géneros de hongos en los sustratos

Los géneros de hongos presentes en los sustratos se identificaron mediante la técnica de siembra directa del sustrato en cuatro puntos equidistantes de placas de agar (SSSA, 1994). Se utilizaron dos medios de cultivo: 1) agar-malta y 2) agar-rosa de Bengala. Los siete tratamientos en dos medios de cultivo generaron 14 tratamientos con tres repeticiones. Las placas se incubaron a 28 °C en oscuridad durante 72 h y se cuantificaron e identificaron las colonias de hongos presentes (Barnett y Hunter, 1972).

Toxicidad de extractos acuosos de los sustratos sobre hongos fitopatógenos

Las especies de hongos fitopatógenos probados para detectar el potencial tóxico de los extractos acuosos de los sustratos fueron: *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* y *Helminthosporium longirostratum*. Se probó el extracto acuoso de cada sustrato a saturación. El extracto se filtró a través de filtro milipore y se adicionaron 10 ml del extracto a 10 ml de medio de cultivo PDA esterilizado. Al grupo testigo se le adicionó agua destilada estéril. Se utilizó como inóculo un círculo de 0.5 cm de diámetro de una colonia de hongos de 8 días de crecimiento, y se realizaron dos mediciones del crecimiento radial de la colonia (a los 3 y 8 días de sembrados, respectivamente). Las cajas se distribuyeron en un diseño completamente al azar en una estufa a 28°C en oscuridad y se realizó el ANOVA; y

cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas se realizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS

Densidad aparente y propiedades químicas de los sustratos

Densidad aparente (Da)

En el Cuadro 1 se muestran los resultados de Da y las propiedades químicas. La Da de los sustratos varió entre 0.11 y 0.58 g cm⁻³; la fibra de coco presentó el valor más bajo, lo cual coincide con lo reportado por otros autores (Evans *et al.*, 1996; Meerow, 1994). El valor más alto de Da lo presentó la composta (Cuadro 1), con un valor similar a lo reportado por Saralidze y Bakhtadze (1989).

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas de los sustratos orgánicos.

Propiedades	C	F	MB	C+F	C+MB	F+MB	C+F+MB
Densidad aparente (Mg m ⁻³)	0.58	0.11	0.28	0.39	0.45	0.24	0.35
pH	7.49	5.55	6.21	6.75	6.85	5.75	6.61
CE(dS m ⁻¹)	0.83	0.48	0.09	0.67	0.43	0.38	0.43
MO (%)	13.71	35.04	33.67	21.94	15.05	31.61	28.15
C (%)	7.94	19.75	19.53	12.76	8.72	18.33	16.32
N total (%)	0.20	0.51	1.27	0.94	1.05	1.25	1.08
C/N	39.5	38.3	15.3	13.5	8.2	14.6	15
P total (me L ⁻¹)	12.3	10.9	5.4	18.4	14.4	8.0	14.7
Ca (me L ⁻¹)	5.2	1.3	8.3	6.5	6.3	8.1	7.3
Mg (me L ⁻¹)	4.1	0.7	2.8	6	3.8	4.3	4.5

Na (me L ⁻¹)	5.6	1.4	1.1	7.8	4.4	4.6	5.8
K (me L ⁻¹)	1.1	1.8	4	1.6	1.2	1.4	1.2
Ca/Mg	1.26	1.85	2.96	1.08	1.65	1.88	1.62
(Ca+Mg)/K	8.45	1.11	2.77	7.81	8.41	8.85	9.83
RAS	2.59	1.4	0.46	3.12	1.95	1.84	2.38
PSI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque).

Propiedades químicas de los sustratos

El pH resultó ácido para la fibra de coco (Cuadro 1). La composta presentó valores de pH moderadamente alcalinos, coincidente con lo reportado por Moreno (1978). La inclusión de fibra de coco en la mezcla con MB (F+MB) resultó en un pH medianamente ácido, mientras que la inclusión de la composta en la mezcla con MB dio un pH neutro (Cuadro 1).

El mantillo de bosque presentó el contenido de fósforo total más bajo (5.4 meq L⁻¹) y el valor más alto se obtuvo con C + F (18.4 meq L⁻¹), seguido por C+F+MB (14.7; Cuadro 1). En cuanto al potasio, el contenido más alto se obtuvo en MB (4.0 meq L⁻¹) y los demás sustratos y mezclas presentaron valores más bajos (1.2 a 1.8 meq L⁻¹). Los contenidos más altos de magnesio se presentaron en C+F (6.0 meq L⁻¹) y los más bajos en F (0.7 meq L⁻¹). El MB presentó valores bajos de magnesio (2.8 meq L⁻¹) con respecto a los demás tratamientos. El sodio se encontró en cantidades muy bajas en MB (1.1 meq L⁻¹) y las concentraciones más altas en C+FC (7.8 meq L⁻¹). El valor más bajo para calcio lo presentó F (1.3 meq L⁻¹) y le siguió C (5.2 meq L⁻¹), el valor mas alto lo presentó MB con 8.3 meq L⁻¹ (Cuadro 1).

Todos los sustratos presentaron alto contenido de materia orgánica. En el Cuadro 1 se observa que el valor más bajo correspondió a C (13.7 %) y el más alto a F (35.0%). El contenido de N_{total} en los diferentes tratamientos varió entre 0.20 y 1.27 % (Cuadro 1); el valor mas bajo se obtuvo en C (0.20%) y F (0.51%). Los valores más altos de concentración

de N se presentaron en MB (1.2 %) y en las mezclas donde se incluyó este sustrato. La relación C/N mostró los índices más altos en C y F (39.5 y 38.3 respectivamente; Cuadro 1).

En cuanto al contenido de ácidos húmicos (Cuadro 2), la mayor cantidad se presentó en la mezcla C+MB (5.15%) y las menores cantidades en F y C (2.78 y 3.43%, respectivamente; Cuadro 2). Los resultados de la composta fueron bajos en relación a los obtenidos en una composta municipal en donde se reportó entre 6.3-14% de ácidos húmicos (Chefetz *et al.*, 1996). Para los ácidos fúlvicos los valores más altos correspondieron a F (12.1%) y los valores más bajos a C (4.34%) y C+MB y C+FC con 4.40 y 4.96%, respectivamente. En cuanto a la relación AH/AF (índice de humificación) fue baja, lo que sugiere que se requiere de mayor tiempo de degradación y control de riego y volteos en el proceso de composteo.

Cuadro 2. Contenido de ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y la relación AH/AF en diferentes sustratos orgánicos.

Sustrato	AH (% CO)	AF (% CO)	AH / AF
C	3.43	4.34	0.79
F	2.78	12.11	0.22
MB	4.91	7.38	0.66
C + F	4.91	4.96	0.98
C + MB	5.15	4.40	1.17
F + MB	4.79	8.97	0.53
C + F + MB	4.66	7.32	0.63

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque), CO (Carbono Orgánico)

Calidad del agua de riego

La calidad del agua para riego se clasificó como C3 S1, es decir, alta en sales y un bajo contenido de sodio, de acuerdo con los análisis químicos del agua del canal cercano al sitio en estudio (datos no tabuados). Esta caracte-

rística repercute de manera desfavorable en cuanto a la adición de sales al medio, especialmente para el crecimiento de plantas sensibles a este factor. Este dato coincide con los resultados reportados por otros autores para Xochimilco (Bojorquez y Villa, 1995; Ramos *et al.*, 2001).

Crecimiento de *Phlox drummondii* en los sustratos

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los pesos secos de los diferentes componentes morfológicos de *Phlox drummondii* creciendo bajo diferentes sustratos. Las plantas en los siete tratamientos no mostraron diferencias significativas en peso del tallo y de botones al final del experimento. El peso seco de raíz y de flores si mostraron diferencias significativas (Cuadro 3). Las plántulas que fueron sembradas en los tratamientos de C y F murieron. Los valores más altos de peso seco de flores se encontraron para las mezclas C+F y F+MB (Cuadro 3) y fueron diferentes ($P<0.05$) con respecto al sustrato de MB. El crecimiento de raíces se vio favorecido por el sustrato de C+F (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso seco (g) promedio de los componentes de *Phlox drummondii* bajo el efecto de diferentes sustratos.

	Raíz	Tallo (g)	Botones (g)	Flores (g)
C	-	-	-	-
F	-	-	-	-
MB	0.48 ab	1.10 a	0.09 a	0.04 b
C+F	1.10 a	1.39 a	0.08 a	0.13 a
C+MB	0.75 b	1.40 a	0.08 a	0.09 ab
F+MB	0.13 c	1.03 a	0.08 a	0.11 a
C+F+MB	0.35 bc	1.09 a	0.10 a	0.08 ab

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque).

Valores dentro de una misma columna seguidos de letra diferente son significativamente distintos ($P<0.05$).

Identificación de hongos en los sustratos

En el Cuadro 4 se observa que los géneros más comunes en los diferentes tratamientos fueron *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Verticillium*. *Fusarium* y *Verticillium* son dos géneros potencialmente fitopatógenos y pueden permanecer en el suelo por largos periodos de tiempo bajo condiciones adversas (Alexopoulos, 1980). Los géneros y el número de colonias por placa se ordenaron así: *Aspergillus* (21), *Mucor* (10), *Trichoderma* (9) y *Fusarium* (8). En menor frecuencia se identificaron: *Verticillium* y *Rhizopus* (ambos con 6 colonias). De manera esporádica se encontraron: *Alternaria*, *Basipetospora*, *Gliocladium*, *Syncephalastrum*, *Paecilomyces*, *Torula* y levaduras. El mayor número de géneros de hongos se encontró en MB y el menor número en el tratamiento de F+C.

Cuadro 4. Colonias de hongos y géneros presentes en diferentes sustratos orgánicos y dos medios de cultivo: Malta agar (M) y Rosa de Bengala agar (RB).

	C M/RB	F M/RB	MB M/RB	C+F M/RB	C+MBM/ RB	F+MBM/ RB	C+F+MB M/RB	TOTALM/ RB
<i>Alternaria</i>						1		1..... 0
<i>Aspergillus</i>	1 1	2 3	1		1 1	2 3	3 3	10 11
<i>Basipetospora</i>					1			1 0
<i>Cunningamella</i>				1 1				1 1
<i>Fusarium</i>	2 1		1 2		0 1	1		3 5
<i>Geotrichum</i>							1	1
<i>Levaduras</i>	1		1		1			3
<i>Mucor</i>			1 1	1 1		2 1	3	7 2
<i>Paecilomyces</i>					0 1			0 1
<i>Penicillium</i>			1					1 0
<i>Rhizopus</i>			3 0			1 2		4 2
<i>Syncephalastrum</i>		1 0	1 0					2 0
<i>Trichoderma</i>	1 3	2	2					3 5
<i>Verticillium</i>	1	1	2			1	1	3 3
TOTAL	5 6	6 3	9 7	2 2	3 4	7 8	8 3	40 33

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque).

Toxicidad del extracto acuoso de los sustratos sobre hongos fitopatógenos

El crecimiento micelial de las tres especies de hongos fitopatógenos mostró una fuerte inhibición bajo el efecto de los extractos acuosos de F, tanto en la primera medición como en la segunda (Cuadro 5). En el caso del crecimiento micelial de *A. solani* se presentó una alta estimulación de su crecimiento bajo el efecto de los extractos acuosos de C, con respecto al testigo (103.7%; Cuadro 5). *Helminthosporium longirostratum* fue el hongo más fuertemente inhibido por F y MB. En los tratamientos de fibra de coco y sus mezclas sólo se presentó una vez *Fusarium*.

Cuadro 5. Porcentaje de inhibición (-) o estimulación (+) de los extractos acuosos de sustratos orgánicos sobre el crecimiento micelial de tres especies de hongos fitopatógenos con respecto al grupo testigo.

Especies de Hongos Fitopatógenos	Crecimiento Micelial % (3 días)			Crecimiento Micelial% (8 días)		
	C	FC	MB	C	FC	MB
Alternaria solani	+48.0*	-37.6*	-19.1	+ 103.8*	-39.9*	+ 3.3
Fusarium oxysporium	+17.0	-36.5*	-11.7	-3.0	-53.3*	-0.4
Helminthosporium longirostratum	+14.6*	-67.7*	-62.7*	+ 8.6	-78.7*	-62.6*

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque).

* P < 0.05.

DISCUSIÓN

Los resultados de caracterización de las propiedades químicas de los sustratos indicaron un elevado contenido de MO en la fibra de coco, lo cual se debe a que posee un alto porcentaje de lignina (65-70%) y celulosa (20-30%) (Savithri y Khan, 1994). Sin embargo los resultados indicaron bajos contenidos de P, Ca²⁺ y Mg²⁺ lo que indica el bajo potencial nutricional de la fibra de coco sola.

Se encontró un alto contenido de N_{total} en el mantillo de bosque (1.2% vs 0.20 de la composta), lo cual indica que posee un buen potencial como material fertilizante, y por eso es ampliamente utilizado en los sistemas de viverismo de Xochimilco y otras regiones productoras. El bajo contenido de N_{total} en la composta se explica por el bajo contenido de N en los materiales empleados en el compostaje, además de que una proporción del N se pierde por volatilización y lixiviación durante el proceso de composteo. Los valores de la relación C/N para la composta y la fibra de coco superaron el valor de 30, lo cual, de acuerdo a la literatura (Zucconi *et al.*, 1987), los vuelve inadecuados como sustratos debido al reducido aporte de nutrimentos a la planta. En cambio, las mezclas de C+MB y F+MB presentaron una relación C/N intermedia, considerada como óptima en cuanto a la utilización de componentes minerales disponibles para las plantas. En general, la inclusión de MB en las mezclas fue un factor de mejoramiento de las propiedades químicas, analizadas en el presente trabajo.

De acuerdo con estándares de nutrimentos en el suelo, Ca²⁺ se encontró en concentraciones medias para C + MB y bajo para F (Etchevers *et al.*, 1971). Todas las mezclas presentaron concentraciones medias de este elemento. La relación Ca/Mg cercana a 1 indica deficiencias de Ca²⁺, como ocurrió con F. La composta y la fibra de coco mostraron contenidos de K²⁺ aceptables respecto a valores reportados para suelos (Etchevers *et al.*, 1971). En MB esta variable mostró valores bajos. La composta mostró contenidos superiores de Mg²⁺ a la fibra de coco. El alto contenido de sodio en la fibra de coco proveniente de la zona costera de Colima puede

deberse a la influencia del agua de mar, mientras que en la composta la salinidad puede ser aportada por las plantas acuáticas, el agua del canal, el suelo de la chinampa y el estiércol aplicado a la composta (Ramos *et al.*, 2001).

El contenido de ácidos húmicos fue otra variable que tuvo un mejor comportamiento en las mezclas respecto a los contenidos en la composta y fibra de coco solas. El valor más alto lo presentó la C+MB (1.17), lo que correspondería a un humus de tipo mull con mayor madurez (Stevenson, 1982). Los valores más bajos fueron para la fibra de coco (0.22%), este valor correspondería a un humus tipo mor. Es importante resaltar los valores obtenidos en las mezclas, especialmente la de C+F en donde la relación de ambos ácidos es cercana a la unidad, lo que indica humus tipo moder, con un mayor grado de madurez que el tipo mor (Stevenson, 1982).

Los resultados del análisis nutrimental, y el hecho de que las plántulas de *Phlox drummondii* no pudieron sobrevivir en las macetas con composta y fibra de coco solas, indican que ambos sustratos por sí solos no son medios adecuados para el crecimiento de esta especie. López-Marín *et al.* (2008) reportaron que el polvo de fibra de coco enriquecido con un fertilizante de lenta liberación (20-10-20, N, P y K) sirvió para que plantas de clavel crecieran en forma sana en macetas con sustrato 100% fibra de coco. La fitotoxicidad en la composta se pudo deber a un efecto del contenido de sales (Cuadro 1), presencia de metales pesados (acumulados por las plantas utilizadas para hacer la composta) y otros factores (Warman, 1999; Wu *et al.*, 2000). Bautista *et al.* (2008) encontraron altos contenidos de sales en cuatro muestras de fibra de coco proveniente del estado de Colima; el índice de germinación de semillas de lechuga mejoró cuando la fibra de coco fue previamente lavada con agua.

La mezcla C+F favoreció la producción de biomasa de las raíces debido al aporte de nutrimentos de la composta, y a que la fibra de coco al mezclarse con otros materiales mejora las condiciones físicas del sustrato; reduce la densidad aparente, incrementa el espacio entre los

poros y, probablemente, aumenta la capacidad de absorción del agua (Saravanan y Baskar, 1997; López Marín *et al*, 2008; Vargas *et al.*, 2008).

Las mezclas de C y F con el mantillo de bosque presentaron las relaciones de C/N más adecuadas, con un rango de 8.2 a 15.3, sus valores de pH fueron de neutros a medianamente ácidos. El pH ligeramente ácido de la fibra de coco coincide con lo reportado por Vargas *et al.* (2008). La composta presentó valores de pH moderadamente alcalinos que ya han sido reportados por otros autores (Moreno, 1978). La inclusión de fibra de coco en la mezcla con MB (MB+F) resultó en un pH medianamente ácido, mientras que la mezcla de la composta con MB dio un pH neutro (Cuadro 1).

El contenido de ácidos húmicos de las mezclas de C y F con MB fue más alto respecto a esos sustratos orgánicos solos, reflejando mejores condiciones de madurez de los sustratos, lo cual se tradujo en una mayor biomasa seca de los diferentes componentes de *Phlox drummondii*. En conjunto, los resultados aquí reportados coinciden con lo publicado para otras mezclas de sustratos que resultaron en enriquecimiento nutricional y, probablemente, en una mayor capacidad de autorregulación de las poblaciones potencialmente fitopatógenas (Bautista *et al.*, 2008). Por ejemplo, Chen *et al.* (1991) al mezclar la composta proveniente de estiércol y residuos de uva con ceniza volcánica obtuvo los valores más altos de peso seco en plántulas de clavel, en tanto que, en la composta sola al presentar valores elevados de CE (18.98 dS m⁻¹) y cationes solubles impidieron el desarrollo de esta planta. Los géneros de hongos encontrados en los sustratos (*Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Verticillium*) normalmente participan en la formación de sustancias húmicas a partir de la materia orgánica de los sustratos (Alexander, 1980).

En cuanto a *Fusarium*, Evans *et al.* (1996) analizaron el posible efecto inhibitorio de la fibra de coco en el crecimiento de ese género. Sugirieron que la presencia de otros microorganismos en la fibra de coco podría actuar como supresores del hongo (Calistru *et al*, 1997). Para el caso de la inhibición del crecimiento de hongos causada por la composta, la presencia

de sustancias inhibidoras como sales, metales pesados, amonio, bióxido de carbono podrían explicar dicha inhibición (Epstein, 1997; Wu *et al.*, 2000). La presencia de *Trichoderma* reportada en tres sustratos (Cuadro 4) es importante ya que este hongo ha sido reportado como antagonista y puede actuar en el control de hongos fitopatógenos como los del género *Fusarium* (Calistru *et al.*, 1997). El tema de efecto supresor de microorganismos presentes en los sustratos orgánicos, respecto a hongos potencialmente fitopatógenos, requiere de un estudio específico de mayor profundidad y amplitud al realizado en este trabajo. Dicho estudio debe incluir como sustrato al lodo orgánico de los canales usado para hacer los chapines, ya que debido a la diversidad de aportes orgánicos y de la microbiota, dicho lodo está considerado como un ejemplo de sistema complejo con capacidad de autorregulación, protegiendo las raíces, y en general, a las plantas de daños por hongos y bacterias (Bautista *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Las propiedades químicas de la composta y la fibra de coco mejoraron cuando se mezclaron con mantillo de bosque, particularmente en CE, relación C/N y contenido de N_{total} , Ca^{2+} y Mg^{2+} . Por su parte, el mantillo de bosque presentó los valores más altos de N_{total} , K^+ , Ca^{++} . El crecimiento de *Phlox drummondii* medido por el peso seco de las plantas y número de flores a la cosecha se obtuvieron con las mezclas de los sustratos. La composta y la fibra de coco solas no fueron sustratos adecuados para el crecimiento de la especie vegetal. El mantillo de bosque presentó la mayor diversidad de géneros de hongos. El extracto acuoso de fibra de coco resultó inhibitorio del crecimiento micelial de los hongos potencialmente fitopatógenos *F. oxysporium* y *H. longirostratum*. Los resultados indican que las mezclas de composta y fibra de coco con mantillo de bosque son una alternativa para reducir los volúmenes de mantillo de bosque utilizados en la producción de plantas ornamentales en Xochimilco.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, M., 1980, "Biodegradation of chemicals of environmental concern", en *Science* 211: 132-138.
- Alexopoulos, C., 1980, *Introducción a la Microbiología del Suelo*, Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina.
- Ansorena, J., 1994, *Sustratos. Propiedades y caracterización*, Ediciones Mundi-Prensa, México.
- APHA, AWWA, WPCF, 1985, *Standard methods for the examination of water and Wastewater*, 16 ed., Washington, EUA.
- Barnett, H. y B. Hunter, 1972, *Illustrated genera of imperfect fungi*, Burgess Publishing Company, Minneapolis.
- Bautista, J. et al., 2008, "Inducción de supresividad a fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico", en *Interciencia* 33(2): 92-106.
- Blake, R. y K. Hartge, 1986, "Bulk Density", en Klute, A. (ed.), *Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods: Agronomy Monograph Núm. 9*, Madison, Wisconsin.
- Bojórquez, L. y R. Villa, 1995, "El ecosistema lacustre. Xochimilco y el deterioro de las chinampas", en Rojas, T. (coord.), *Presente, pasado y futuro de las chinampas*, CIESS y Patronato del Parque Ecológico Xochimilco, México.
- Bremner, M., 1965, "Total nitrogen", en Black, C. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy*, vol. 9, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Calistru, C. et al., 1997, "In vitro studies on the potential for biological control of *Aspergillus flavus* and *Fusarium moniliforme* by *Trichoderma* species", en *Mycopathologia* 137: 115-124.
- Cambell, G. et al., 1994, "Amended and composted log yard fines as a growth medium for crimson clover and red top grass", en *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 2439-2454.
- Canabal, B., 1990, *Rescate de Xochimilco*, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.

- Canabal, B. *et al.*, 1992, *La Ciudad y sus chinampas*, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.
- Chanyasak, V. *et al.*, 1982, "Changes of chemical components and nitrogen transformation in water extracts during composting of garbage", en *J. Ferment. Technol* 60: 439-446.
- Chefetz, B. *et al.*, 1996, "Municipal solid waste composting: chemical and biological analysis of the process", en De Bertoldi M. *et al.* (eds.), *The Science of Composting*, Blackie Academic & Professional, Glasgow.
- Chen, Y. *et al.*, 1991, "The use of bottom coal cinder amended with compost as a container medium in horticulture", en *Acta Horticulturae* 294: 173-181.
- Etchevers, J. *et al.*, 1971, *Manual de fertilidad*, 2a Ed., Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Chillan, Chile.
- Evans, R. *et al.*, 1996, "Sources variation in physical and chemical properties of coconut coir dust", en *Hortscience* 31: 965-967.
- Foster, J. *et al.*, 1993, "Comparison of chemical and microbiological methods for the characterization of maturity of composts from contrasting sources", en *Biology and Fertility of Soils* 16(2): 93-98.
- INEGI, 2001, *Cuaderno estadístico delegacional. Xochimilco, Distrito Federal*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Distrito Federal, México.
- Kononova, M., 1961, *Soil Organic Matter*, Pergamon Press, Londres.
- Labey, B., 1991, "Coir achieves peat performance", *Hort. Week* 24: 15.
- López, J. *et al.*, 2008, Utilización en la fibra de coco como sustrato alternativo a las turbas en cultivo de clavel para maceta, VIII Congreso Sociedad Española de Agricultura Ecológica, en www.agroecologia.net/congresos/seae/bullas08/actasbullas/seabullas/verd/posters/9%20P.%20FER/13.pdf.
- Meerow, W., 1994, "Growth of two tropical foliage plants using coir dust as a container media amendment", en *Hortscience* 29: 1484-1486.
- Mishra, M. *et al.*, 1991, "Sustainable Agriculture: the rule of integrated nutrient management—a review. Intern", en *J. Trop. Agric.* vol. IX: 153-173.

- Moreno, R., 1978, *Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrimentos asimilables*, INIASARH, México, D. F.
- Nelson, W. y E. Sommers, 1982, "Total carbon, organic carbon, and organic matter", en Page, A.L. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties: Agron, Monograph* Núm. 9, 2a. ed., ASSA and SSSA, Madison, Wisconsin.
- Ramos, R. *et al.*, 2001, "Metales pesados, sales y sodio en suelos de chinampa en México", en *Agrociencia* 35: 385-395.
- Saralidze, S. y D. Bakhtadze, 1989, "Optimization of physical properties of substrate in transitional rotation", en *Soviet Agricultural Science* 5: 26-29.
- Saravanan, A. y M. Baskar, 1997, "Changes in the properties of the potting medium and yield of vegetable cowpea as influenced by coir pith and methods of fertilizer application", en *Madras Agricultural Journal* 84: 471-475.
- Saviozzi, A. *et al.*, 1987, "Maturity evaluation of organic waste", en *Biocycle* 29: 54-56.
- Savithri, P. y H. Khan, 1994, "Characteristics of coconut coir pith and its utilization in agriculture", en *Journal of Plantation-Crops* 22 (1): 1-18.
- SSSA, 1994, *Methods of soil analysis. Part 2 Microbiological and biochemical properties*, Soil Science Society of America, INC, Wisconsin, EUA.
- Stevenson, J., 1982, *Humus chemistry*, Wiley & Sons, Nueva York.
- Tomati, U. *et al.*, 1993, "Compost in floriculture", en *Acta Horticulturae*. 342:175-181.
- Vargas, P. *et al.*, 2008, "Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco", en *Revista Fitotecnia Mexicana* 31 (4): 375-381.
- Warman, R., 1999, "Evaluation of seed germination and growth tests for assessing compost maturity", en *Compost Science & Utilization* 7 (3):33-37.
- Wu, L. *et al.*, 2000, "Method comparison for evaluating biosolids compost. J. Environ", en *Qual* 29:424-429.
- Zucconi, F. *et al.*, 1987, "Biological evaluation of compost maturity", en *Bio Cycle* 22:27-29.

