

EFECTO DEL VERMIABONO EN CRECIMIENTO Y ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN *Aeschynomene americana* L. EN BANCOS DE MINERÍA A CIELO ABIERTO

Effect of Vermicompost on Growth and Biomass Increase of *Aeschynomene americana* L. in Strip Mine Spoil Banks

Rosa de Lourdes Romo Campos^{1*}, Sergio Honorio Contreras Rodríguez¹, Francisco Martín Huerta Martínez¹ y Alejandro Muñoz Urías¹

RESUMEN

Se evaluó el efecto del vermiabono en el establecimiento y crecimiento de *Aeschynomene americana* en bancos de material abandonados como estrategia para su restauración, para lo cual se instauraron parcelas de 1 m² a las que se les adicionó 1 kg m⁻² de vermiabono (compost de lombriz *Eisenia foetida*) y se compararon con un testigo al cual no se le aplicó vermiabono. Después de un ciclo de cultivo se observó que no existieron diferencias en la sobrevivencia de las plantas (10 y 16%), pero sí en la tasa de crecimiento, debido a que las plantas tratadas con vermiabono lograron alturas ocho veces mayores que el tratamiento testigo. Esta diferencia también se observó en la acumulación de biomasa al final del ciclo de vida de la planta (120 días), puesto que las plantas tratadas acumularon 21.7 g m⁻² de materia seca; de los cuales 7 g m⁻² se destinaron a la producción del fruto, en contraste con las plantas del tratamiento testigo que acumularon 1.5 g m⁻² de biomasa y sólo 0.2 g m⁻² se asignaron a los frutos, por lo que estas plantas no produjeron semillas. Las plantas tratadas con vermiabono formaron menos raíz respecto a la biomasa total en comparación con el tratamiento testigo, por lo cual se concluye que la aplicación de compost de lombriz promueve el desarrollo de *A. americana* hasta formar semillas.

Palabras clave: vermiabono, restauración, minería a cielo abierto.

¹ Universidad de Guadalajara. Las Agujas 45110. Zapopan, Jalisco, México.

* Autor responsable (rcr14555@cucba.udg.mx)

SUMMARY

The effect of vermicompost on the establishment and growth of *Aeschynomene americana* was evaluated in abandoned mine-spoil as a strategy for its restoration. 1 m² plots with 1 kg m⁻² vermicompost (*Eisenia foetida* earthworm compost) were established and compared with a control without vermicompost. After one crop cycle it was observed that vermicompost did not affect the establishment of this legume because differences in plant survival were not significant (10 and 16%). Nevertheless, differences observed in growth were significant; the plants treated with vermicompost grew 8 times taller than the control. This difference was also observed in the accumulation of biomass at the end of the plant's life cycle (120 days): the treated plants accumulated 21.7 g m⁻² dry weight, of which 7 g m⁻² were allocated in fruit, while the control plants accumulated 1.5 g m⁻² biomass and only 0.2 g m⁻² was allotted to fruits; thus, plants of this treatment did not produce seeds. The roots of plants with vermicompost formed a smaller proportion of the total biomass than those of the control treatment. Thus earthworm compost applications guarantees *A. americana* development until seed set.

Index words: vermicompost, restoration, open-field mines.

INTRODUCCIÓN

En los alrededores del bosque La Primavera, Jalisco, México, la minería a cielo abierto es una actividad que se lleva a cabo desde hace 30 años con el objeto de extraer roca volcánica ácida de carácter vítreo o pumicita (jal) y ceniza volcánica ácida disgregada de la misma composición que la pumicita (arena amarilla) para

ser utilizado en la industria de la construcción (SEMARNAT, 2000).

Debido a que la minería a cielo abierto provoca daños severos, principalmente en las zonas que no se regulan o que no tienen control (sitios clandestinos), esta actividad afecta el suelo (en su sentido biológico y pedológico) además de la cubierta vegetal, al tiempo que modifica la topografía (Singh *et al.*, 2002).

La falta de materia orgánica es una de los principales limitantes en el establecimiento de coberturas vegetales, lo cual se puede remediar mediante el uso de abonos orgánicos como el vermiabono, ya que éste tiene como finalidad principal añadir al suelo nutrimentos necesarios para mejorar sus propiedades (Pandey, 2002). El vermiabono ha sido utilizado como abono en cultivos de tabaco, café, hortalizas y verduras (Arancon *et al.*, 2004a, b); además, se utiliza como mejorador de suelos en áreas de cultivo (Ferruzzi, 1994). Sin embargo, el uso del vermiabono no se ha probado para el establecimiento de especies silvestres en áreas donde se ha eliminado el suelo, como lo son las minas a cielo abierto. Por otro lado, el uso de las especies nativas con propósitos de restauración facilita el establecimiento de coberturas vegetales (Coates y Van Leeuwen, 1996; Singh *et al.*, 2002) ya que éstas poseen adaptaciones a las condiciones prevalecientes del medio en términos de sobrevivencia y crecimiento, además presentan amplia diversidad genética con lo que se asegura su permanencia (Mortlock, 2000).

Para la realización de este trabajo se seleccionó *Aeschynomene americana* L., debido a que es nativa de la zona de estudio, desarrolla amplias coberturas, es nodulada por *Rhizobium* sp., por lo que es usada como mejoradora de suelo debido a que puede llegar a aportar hasta 11 g m⁻² de N al suelo, además, es utilizada como cultivo de cobertura de verano y forraje para ganado y fauna silvestre (Skerman, 1991; Rich *et al.*, 2003).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del vermiabono como fuente de nutrimentos en el desarrollo de *Aeschynomene americana* como estrategia potencial para la restauración de suelos degradados por minería a cielo abierto; bajo la siguiente hipótesis: las especies herbáceas no se establecen ni se desarrollan exitosamente de forma natural en los bancos de material abandonados, debido a que dichos suelos tienen poca fertilidad; por lo que, si se agrega vermiabono se obtendría mayor cobertura vegetal además de que estas plantas desarrollarán su ciclo de vida hasta etapas reproductivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en un banco de material geológico a cielo abierto en el predio conocido como Goterita, ubicado en la zona de amortiguamiento del bosque La Primavera, Zapopan, Jalisco, México. Situado a 1500 m de altitud, 103° 32' O y 20° 44' N. El predio tiene una extensión de nueve ha, de éste se extrajo jal y arena amarilla desde 1978 hasta 1996.

El sustrato donde se estableció el experimento está compuesto por arena amarilla, cuyas características son: ser ligeramente ácida, pH de 5.9; tener baja concentración de nitrógeno y fósforo, y tener fertilidad baja (Cuadro 1). El material biológico utilizado fue *Aeschynomene americana*, esta planta es una hierba anual de la familia de las leguminosas. Crece en hábitats perturbados de bosque tropical deciduo con suelos arenosos, principalmente en tierras bajas; y florece de octubre a enero. En México se distribuye desde Sinaloa hasta Chiapas. En Jalisco se puede encontrar por toda la zona de la costa norte, costa sur y en la zona centro, desde Zapopan hasta Tequila (McVaugh, 1987).

Las semillas que se utilizaron en este trabajo se cosecharon a partir de frutos maduros durante el mes de noviembre de 2005, los cuales se deshidrataron exponiéndolos al sol. Una vez secos, se extrajeron las semillas de los frutos ejerciendo presión y fricción sobre ellas utilizando un extractor de semillas de leguminosas, el cual consiste en dos superficies de plástico corrugadas con las cuales se ejerció presión sobre la cubierta de las semillas triturando el pericarpio y liberándolas intactas. Posteriormente, éstas se tamizaron con cribas de diferente luz de malla (2, 3 y 4 mm) y se almacenaron bajo condiciones de laboratorio (temperatura media = 21 °C y humedad relativa = 35%) durante siete meses.

Cuadro 1. Análisis de la fertilidad de suelo en el predio la Goterita (según el método de Morgan, 1950).

Indicadores	Concentración
	mg kg ⁻¹
Nitrógeno nítrico	20
Nitrógeno amoniacal	35
Fósforo	25
Potasio	80
Calcio	500
Magnesio	75
Manganeso	5

Para comprobar la viabilidad de las semillas, se llevaron a cabo pruebas de germinación durante el mes de julio de 2006. El procedimiento que se consistió en escarificarlas por inmersión en H_2SO_4 (Cantliffe *et al.*, 1980) 37.55 N durante 60 min. Posteriormente, se sembraron 100 semillas en cajas de Petri (9 X 1.5 X 8.5 cm). Se utilizó como sustrato arena amarilla, de suelos de bancos de minería a cielo abierto. Durante el periodo de germinación se adicionó agua destilada cada vez que fuera necesario. Las semillas que mostraron radículas de 5 mm de longitud se consideraron germinadas (Caloggero y Parera, 2000). La germinación se registró después de ocho días debido a que durante este lapso de tiempo se estabiliza la curva de germinación.

La fase de campo se llevó a cabo a partir de la última semana de julio en la cual se sembraron 100 semillas previamente escarificadas con H_2SO_4 37.5 N en sustrato de arena amarilla y jal, en ocho parcelas de 1 x 1 m. El diseño experimental utilizado fueron bloques al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones; en uno de ellos se adicionó 1 kg m² de vermiabono (compost de lombriz roja californiana *Eisenia foetida*), obtenido de residuos de ganado bovino, elaborado en la planta piloto de lombricultura de la Universidad de Guadalajara, cuya composición (%) es: 2.09 de N, 0.60 de K, 0.87 de P, relación C/N 11.2 y carga microbiana 1.4 x 10² ufc.

Los análisis mostrados en el Cuadro 2 corresponden a los resultados obtenidos con muestras de la vermicomposta procesada en la planta piloto de la Universidad de Guadalajara. Sin embargo, los análisis fueron realizados por Reinés en el año de 1998, en el laboratorio docente biológico de la Universidad de la Habana, Cuba (Reinés, 1998).

Las variables que se evaluaron fueron: número de plantas como indicador de la sobrevivencia, crecimiento axial, y acumulación de materia seca total. Para el crecimiento axial y el número de plantas se midieron todos los individuos de ambos tratamientos durante su desarrollo, y cuando la mayoría de las plantas tuvieron flor y fruto se cosecharon todas las plantas y se obtuvo la biomasa total del tallo, flor, fruto, hojas y raíz.

Análisis Estadístico

El crecimiento axial y el número de plantas se evaluaron por medio de un análisis de varianza; además, se hicieron varias pruebas de correlación para buscar el

mejor ajuste y determinar su patrón de crecimiento. La biomasa se analizó estadísticamente por medio de la prueba de t de Student debido a que se observó distribución normal y homogeneidad de varianzas (Zar, 1999).

RESULTADOS

Prueba de Germinación de Semillas en Laboratorio

La emergencia de la radícula en las semillas tratadas con H_2SO_4 se observó a partir del tercer día de establecer la prueba de germinación y ésta se estabilizó a partir del octavo día. El porcentaje de germinación observado en esta fecha fue de 93%.

Sobrevivencia de las Semillas en Campo

Cuando las semillas se sembraron en campo existió depredación por hormigas (*Atta mexicana*), las cuales

Cuadro 2. Composición química del humus de lombriz *E. foetida*.

Característica	Concentración o valor	
	%	
Materia seca	53.0	
Humedad	47	
Nitrógeno (N)	2.09	
Potasio (K)	0.6	
Óxido de potasio (K ₂ O)	0.72	
Calcio (Ca)	6.87	
Magnesio (Mg)	0.87	
Fósforo (P)	1.71	
Anhídrido fosfórico (P ₂ O ₅)	3.92	
Relación C/N	11.2	
	mg L ⁻¹	
Carga microbiana	1.4 x 10 ²	
DQO [†]	37.48	
Sólidos totales	37.48	
Fijos	80005	
Volátiles	29.475	
Suspendidos totales	900	
Fijos	450	
Volátiles	13.45	

[†] DQO = demanda química de oxígeno. Laboratorio Docente Biológico de la Universidad de la Habana, Cuba, 1998.

se controlaron utilizando un plaguicida-agrícola compuesto por sulfloramida y cebo granulado. También se arrastraron semillas fuera de las parcelas por efecto de la lluvia; sin embargo, la germinación fue homogénea puesto que la mayoría de éstas germinaron en los primeros ocho días. Veinticinco días después de la siembra sobrevivieron, en promedio, 16 plántulas por parcela (16%) en el tratamiento con vermiabono y 10 en el tratamiento testigo (10%). Después de este periodo la mortalidad disminuyó hasta el final del estudio. En ambos tratamientos la sobrevivencia de los individuos fue similar a la registrada en los primeros 25 días (Figura 1). El análisis de varianza para medidas repetidas no reveló diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos ($F_{1,6} = 2.47$, $P = 0.167$, $\alpha = 0.05$).

Crecimiento Axial

El crecimiento del tallo fue exponencial en ambos tratamientos. Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos ($F_{1,6} = 28.667$, $P = 0.002$, $\alpha = 0.05$), de acuerdo con el

análisis de varianza con medidas repetidas. En los primeros 27 días las plantas tratadas con vermiabono midieron el doble que las plantas del tratamiento testigo, mientras que a los 84 días las plantas con vermiabono crecieron casi cuatro veces más que las plantas del tratamiento testigo y 112 días el crecimiento axial fue ocho veces mayor que el tratamiento testigo (Figura 2).

Acumulación de Biomasa

Se analizaron los patrones de distribución de biomasa de las partes vegetativas y reproductivas al final del ciclo (120 días). En el tratamiento con vermiabono se registró hasta 21.7 g m⁻² de peso seco total en contraste con las plantas del tratamiento testigo que fueron de 1.5 g m⁻² en las cuales se observan diferencias estadísticamente significativas según la prueba t de Student en la acumulación de biomasa en tallo, hoja, flor, fruto y raíz (Cuadro 3).

En el tratamiento con vermiabono, el 7% de la biomasa se distribuyó en la raíz, mientras que en el tratamiento testigo se acumuló el 23%. La biomasa almacenada en flor y fruto en las plantas del tratamiento

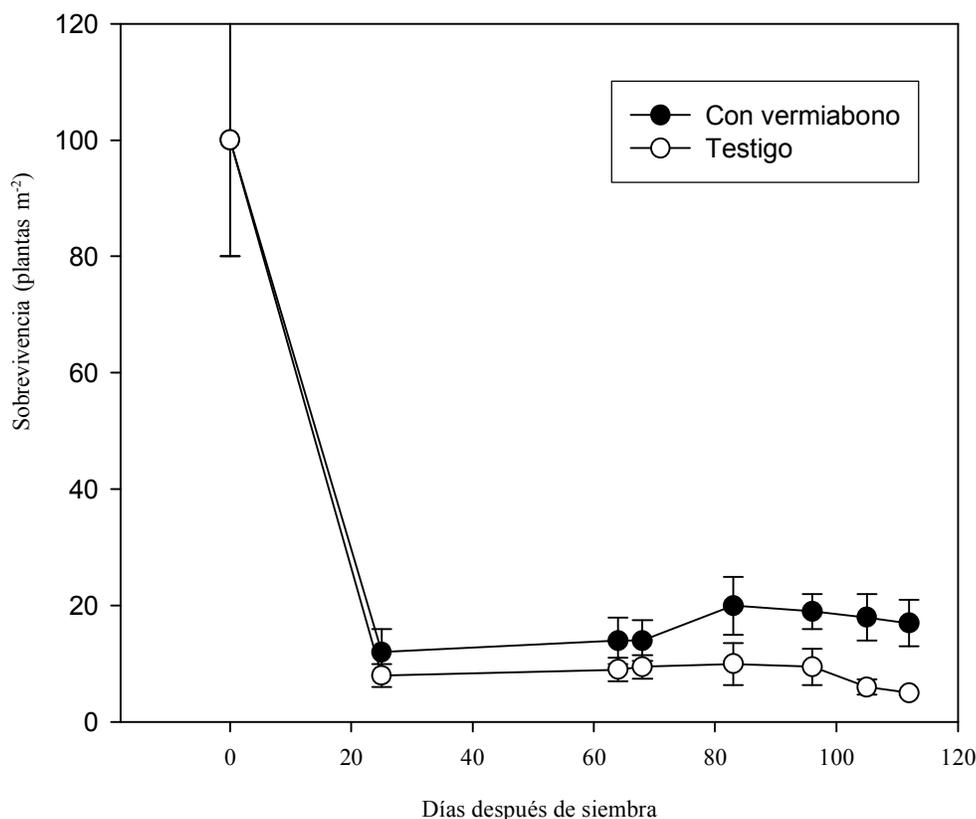


Figura 1. Sobrevivencia de *Aeschynomene americana*. Los datos son promedios de cuatro repeticiones (\pm error estándar de la media).

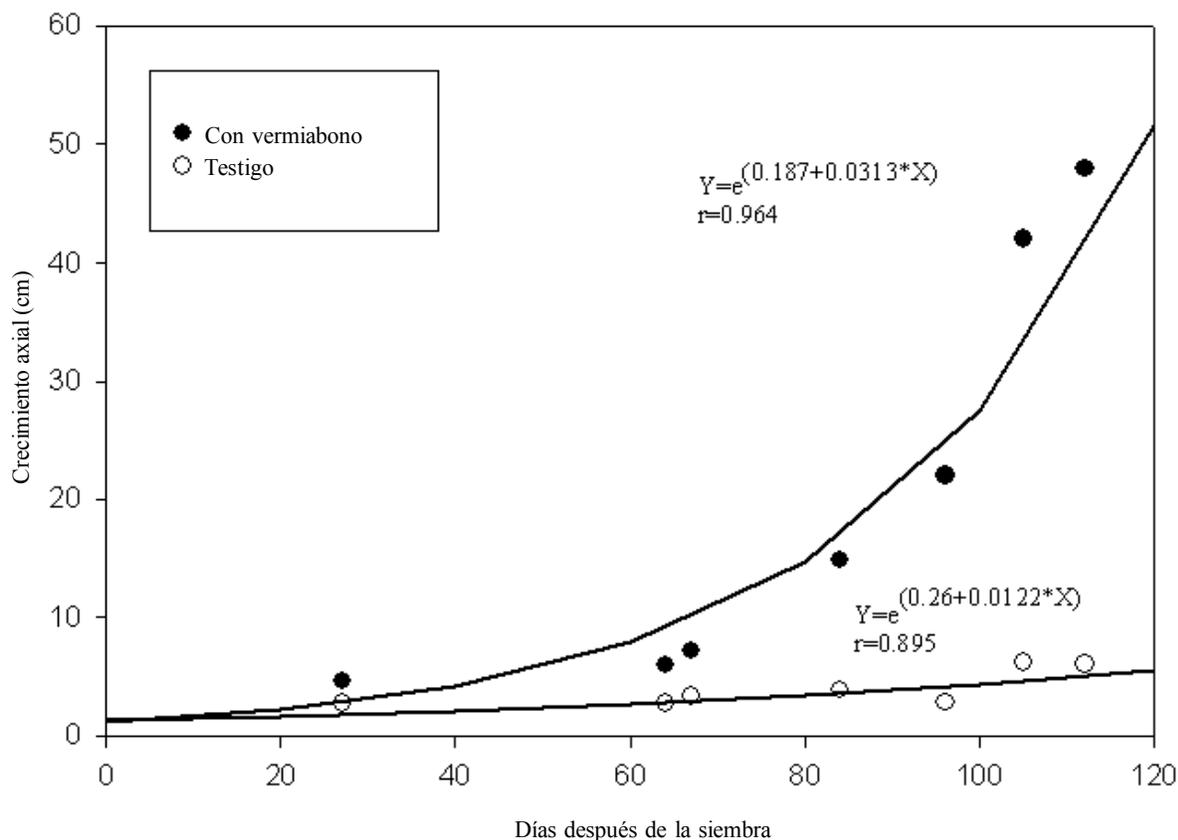


Figura 2. Crecimiento axial de *Aeschynomene americana* en parcelas con y sin vermiabono.

con vermiabono fue de 33% de la biomasa total, mientras que en el tratamiento testigo sólo fue 28%. Sin embargo, la diferencia más notable fue en el tallo puesto que la acumulación de biomasa en este órgano fue de 42% en el tratamiento con vermiabono mientras que en el testigo fue de solo 25% (Cuadro 2).

La sobrevivencia de las plantas no fue afectada por la aplicación del vermiabono, ya que en los primeros 25 días se observó mortalidad de hasta el 90% de las semillas y plántulas. A pesar de que después de este tiempo no se percibió incremento en la mortalidad, este

tipo de comportamiento es común en plantas anuales las cuales sólo tienen un evento reproductivo (semélparas) y que son tolerantes a las restricciones ambientales o se desarrollan en ambientes donde las condiciones ambientales no son estables. Es por ello que este tipo de plantas producen grandes cantidades de semillas y sólo pocas semillas o plántulas sobreviven, aunque después de que obtienen cierta edad o talla la mortalidad disminuye drásticamente; estrategia que forma parte de su historia de vida (Pianka, 1970; Grime, 1982; Gotelli, 1988).

Con respecto al crecimiento, las plantas de *A. americana* crecen de 1.20 a 1.80 m en condiciones naturales en el estado de Florida (Rich *et al.*, 2003), en áreas alejadas al bosque La Primavera, crecen de 0.5 a 1 m, eventualmente hasta 2 m (McVaugh, 1987). Sin embargo, el crecimiento del tallo al final del ciclo en las plantas tratadas con vermiabono dentro del banco de material fue de 0.45 m, por lo cual se puede considerar que el vermiabono contribuyó a que las plantas crecieran de manera similar a las plantas que se establecen fuera el banco de material, el crecimiento en ambos

Cuadro 3. Variación de la acumulación de la biomasa de *Aeschynomene americana*.

Variable	Con vermiabono	Sin vermiabono	Significancia
----- g m ⁻² -----			
Tallo	9.13 ± 1.15	0.383 ± 0.054	t [†] = 766.0 P = 0.0001
Hoja	3.564 ± 0.48	0.377 ± 0.06	t = 973.0 P = 0.0001
Flor	0.549 ± 6.1	0.177 ± 0.0362	t = 1635.0 P = 0.0084
Fruto	6.923 ± 0.9731	0.266 ± 0.0623	t = 903.0 P = 0.0001
Raíz	1.612 ± 0.1747	0.354 ± 0.0499	t = 722.0 P = 0.0001

†t = t de Student.

tratamientos fue exponencial pero las plantas tratadas con vermiabono crecieron ocho veces más que las que no fueron tratadas.

Los resultados de este estudio concuerdan con los reportados en hortalizas y gramíneas, los cuales revelan que los suelos pobres en nutrimentos tratados con vermiabono, influyen en la estimulación, formación y crecimiento de raíces y tallos y partes reproductivas (Bondia, 1994, Patil, 2000), ya que al final del ciclo de vida de *A. americana* (120 días), las plantas que se desarrollaron en las parcelas con vermiabono tuvieron mayor acumulación de biomasa en tallo, hoja, flor, fruto y raíz, lo cual es significativamente mayor que las de las parcelas sin vermiabono. Este efecto está relacionado con el uso de biofertilizante de lombriz, debido a que las raíces tienen a su disposición elementos nutritivos y sustancias producidas por la actividad microbiana para desarrollar un crecimiento integral de la planta (Yunusah, 1996).

El aumento en biomasa de los frutos es un fenómeno normal cuando se aplica vermiabono (Bondia, 1994, Patil, 2000), en particular en flor y fruto debido al incremento de su número y peso (Arancon *et al.*, 2004a, b). En las plantas de *A. americana* tratadas con vermiabono se observó incremento en la producción de flores y frutos, por lo cual se puede inferir que existirá repoblamiento natural en los próximos ciclos biológicos de *A. americana*. En contraste con las plantas sembradas en parcelas sin vermiabono, los individuos no lograron obtener floración ni fructificación significativas.

Otro efecto importante ocasionado por la adición del vermiabono ocurrió en la asignación de recursos para el crecimiento de diferentes órganos, ya que las plantas con vermiabono poseen menor biomasa de raíz con respecto al tallo, en comparación con las plantas no tratadas. Esto se explica por la reducción de la competencia por recursos que provoca la adición del vermiabono, ya que ésta ocurre por recursos limitativos, (Begon y Mortimer, 1981). La explicación radica en que, al poseer los nutrimentos (contenidos en el vermiabono), las plantas no requieren asignar energía a la producción de raíces para exploración de mayor área del suelo y conseguir los nutrimentos. Esto se contrapone con lo pronunciado por Canellas *et al.* (2000), quienes mencionan que las fitohormonas, en particular las auxinas, en combinación con los ácidos húmicos proporcionados por el vermiabono incrementan la

elongación de las raíces, así como la formación de raíces laterales.

Considerando que algunas minas a cielo abierto que han sido abandonadas, en las cuales se eliminó el suelo, con sus microorganismos, bancos de semillas, rizomas y estolones, pueden transcurrir hasta 50 años para que se vuelva a desarrollar vegetación (Singh *et al.*, 2002). El uso de vermiabono y *A. americana* puede ser una buena opción para la restauración de áreas con suelos degradados, debido a que mejora las propiedades del sustrato al enriquecer la carga microbiana del suelo y permitir el crecimiento, además de ayudar a completar el ciclo de vida de *A. americana*, la cual podría ser utilizada como cultivo de cobertura a finales del verano, con lo que se disminuiría la erosión, se incrementaría la acumulación de materia orgánica y se promovería la supresión de plagas como algunos nematodos con los que ya ha sido probada (Rich *et al.*, 2003).

CONCLUSIONES

- En el presente trabajo se observó que la sobrevivencia en *Aeschynomene americana* no fue modificada por la aplicación de vermiabono, pero sí se incrementó la tasa de crecimiento del tallo, hojas y raíces.
- El vermiabono promovió la formación de flores, frutos y semillas, por lo cual se incrementan las posibilidades del establecimiento de la cobertura vegetal los próximos ciclos de cultivo.

LITERATURA CITADA

- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, R. Atiyeh, and J. D. Metzger. 2004a. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresour. Technol.* 93: 139-144.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, R. Atiyeh, and J. D. Metzger. 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1: Effects on growth and yields. *Bioresour. Technol.* 93: 145-153.
- Begon, M. and M. Mortimer. 1981. *Population ecology. A unified study of animals and plants.* Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK.
- Bondia, B. B. 1994. Compost. *Revista Agrícola Vergel* 146: 96-97.
- Caloggero, S. and C. A. Parera. 2000. Improved germination and emergence of *Pistacia mutica* by presowing chemical scarification. *Seed Sci. Technol.* 28: 253-260.
- Canellas, L. P., F. L. Olivares, A. L. Okorokova, and A. R. Facanha. 2000. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence and plasma H-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiol.* 130: 1951-1957.

- Cantliffe, D. J., A. C. Tang, and A. C. Guedes. 1980. Seed treatment of hairy indigo *Indigofera hirsuta* to overcome hard seed dormancy. Hort. Sci. 15: 518-520.
- Coates, D. J. and S. J. van Leeuwen. 1996. Delineating seed provenance areas for revegetation from patterns of genetic variation. pp. 3-14. In: S. M. Bellairs and J. M. Osborne (eds.). Proceedings of the second Australian Workshop on Native Seed Biology for Revegetation. Newcastle. Australian Centre for Minesite Rehabilitation Research. Newcastle, NWS, Australia.
- Ferruzzi, C. 1994. Manual de lombricultura. MundiPrensa. Madrid, España.
- Gotelli, N. J. 1988. A primer of ecology. Sinauer. Sunderland, MA, USA.
- Grime, P.J. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Limusa. México, D. F.
- McVaugh, R. 1987. Flora Novo-Galiciana. Ann Arbor The University of Michigan Press. Ann Arbor, MI, USA.
- Mortlock, B. W. 2000. Local seed for revegetation. Ecol. Manage. Restoration 2: 93-101.
- Pandey, D. N. 2002. Sustainability science for mine-spoil restoration. Curr. Sci. 83: 792-793.
- Patil, S. L. 2000. Effect of *in-situ* moisture conservation practices and integrated nutrient management on nutrient availability and grain yield of rabi sorghum (*Sorghum bicolor*) in the vertisols of semi-arid tropics of south. J. Soil W. Conserv. Res. 2: 56-264.
- Pianka, E. R. 1970. On r and K selection. Am. Nat. 104: 592-597.
- Reines, A. M. 1998. Lombricultura: alternativa para el desarrollo sustentable. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.
- Rich, J., D. Wright, J. Marois, and D. Sprenkel. 2003. Selected legumes used as summer cover crops. University of Florida. IFAS Extension 2-6. <http://edis.ifas.ufl.edu>. (Consulta: abril 19, 2007).
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Programa de manejo área de protección de flora y fauna La Primavera, México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D. F.
- Singh, A. N., A. S. Raghubanshi, and J. S. Singh. 2002. Plantations as a tool for mine spoil restoration. Curr. Sci. 82: 1436-1441.
- Skerman, P. J. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Roma, Italia.
- Yunusah, Z. 1996. Influencia de dos biofertilizantes interrelacionados con micorriza sobre algunos indicadores morfológicos del crecimiento en plántulas de café en viveros a plena exposición solar. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. La Habana, Cuba.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Upper Saddle River, NJ, USA.