



Desempeño de *Lupinus elegans* y *Senna hirsuta*, bajo condiciones de restauración ecológica

José Carlos Ruiz Reyes¹, Mariela Gómez Romero^{1,2} y Roberto Lindig Cisneros²

¹ Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ² Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia.

PALABRAS CLAVE

L. elegans;
S. hirsuta;
 biomasa;
 establecimiento;
 restauración.

RESUMEN

Las actividades humanas inducen la degradación del suelo, éste fenómeno se presenta gravemente en la microcuenca de Atécuaro, la cual es una zona de accidentada topografía, que aunado a sus características morfométricas favorecen la erosión hídrica manifestándose en cárcavas que están ganando terreno a las áreas agrícolas. En la actualidad, son áreas desprovistas de vegetación y se sabe que las leguminosas pueden crecer en sitios con alto grado de degradación. Lo anterior motivó a realizar un estudio con *Lupinus elegans* y *Senna hirsuta* sobre la asignación de biomasa y supervivencia en campo. Se realizó un experimento en condiciones de invernadero con el objetivo de conocer la asignación de biomasa aérea y radicular además del crecimiento en altura para ambas especies de leguminosas (9 semanas). Además, se realizó un experimento de campo para conocer la supervivencia de las especies en estudio (11 meses). Para el experimento de invernadero se propagaron 90 plántulas de cada especie, en tubetes de 350 cm³. En campo se seleccionaron 14 parcelas de 16 m² y se transplantaron plántulas de ambas especies de dos meses de edad, con el objetivo de conocer las variables de crecimiento en invernadero y de supervivencia en campo. Los resultados indican que *S. hirsuta* acumula mayor biomasa de raíz que en la parte aérea, en cambio *L. elegans* mayor biomasa aérea. En campo *S. hirsuta* presenta una alta tasa de supervivencia, *L. elegans* sobrevivió dos meses. La pendiente no es un factor determinante para el establecimiento en campo. Por lo tanto, *S. hirsuta* es la especie que presenta un mayor potencial para restaurar sitios con alto nivel de degradación y consecuentemente podría ser más eficiente para mitigar la erosión en cárcavas.

ABSTRACT

Human activities cause soil degradation, this phenomenon is presented gravely in the watershed of Atecuaró, which is an area of uneven topography that presents morphometric characteristics that favor hydric erosion with the formation of gullies around agricultural areas. Gullies lack vegetation and it is known that some leguminous species can grow in places with high degradation levels. This motivated a study with *Lupinus elegans* and *Senna hirsuta* to assess the assignment of biomass of these species and their survival in field. An experiment was carried out under greenhouse conditions with the objective of quantifying the assignment of below and above biomass and growth as height for both species after 9 weeks. Also, a field experiment was carried out to assess survival of the species under study after 11 months. For the greenhouse experiment, we use 90 plants of each species, two months of age at the beginning. They were grown in 350 cm³ containers. In field 14 parcels of 16 m² were randomly selected. The results indicate that *S. hirsuta* accumulates more below biomass than above biomass, on the other hand, *L. elegans* accumulates more above ground biomass. In the field, *S. hirsuta* presents a higher rate of survival than *L. elegans* that only survived two months. Gullie slope is not an important factor for the establishment under field conditions. Our results indicate that, *S. hirsuta* is the species that presents a bigger potential for restoring sites with high degradation levels and consequently it could be more efficient to mitigate the erosion present in gullies.

KEYWORDS

L. elegans;
S. hirsuta;
 biomass;
 establishment;
 restoration.

INTRODUCCIÓN

El suelo conforma la base de todos los ecosistemas terrestres, representa el medio de soporte para el crecimiento vegetal. Es una mezcla compleja de materiales inorgánicos, (arcilla, limo y arena), materia orgánica en descomposición, agua, aire (Tyler, 1994), constituye un ambiente único para una gran variedad de organismos, los cuales, a su vez, influyen notablemente en su formación y estructura. La erosión es el resultado de perturbaciones naturales o causada por la acción humana como el cultivo excesivo, el pastoreo excesivo y la deforestación. (Nebel *et al.*, 1999); es el fenómeno por el que viento y agua. El agua erosiona al suelo de dos formas: por el impacto de las gotas de lluvia y por la fricción del escurrimiento superficial (Medina, 2002). La lluvia que cae sobre un terreno desnudo golpea directamente sobre su superficie, eliminando la materia orgánica ligera, fragmentando los agregados del suelo. A medida que el agua escurrida se reúne en pequeñas corrientes, estas van subsanando el suelo y forman surcos llamados cárcavas. La presencia de cárcavas en un terreno indica un grado avanzado de degradación, ya que la mayoría de las veces se inicia luego de la pérdida superficial del suelo por efecto del impacto de las lluvias, la destrucción de los agregados naturales del suelo, la erosión laminar y en surcos, ó como consecuencia del uso y manejo inadecuado de los suelos y la ausencia de prácticas de conservación. Por lo general, las cárcavas se inician cuando hay mala conducción y regulación de aguas de escorrentía y subsuperficiales (Rivera-Posada, 1998). La erosión en cárcavas, consiste en una severa erosión del suelo, que se presenta cuando fluye agua a elevada velocidad, y elimina suficiente suelo para formar grandes zanjas o cárcavas. (Tyler, 1994). Los suelos protegidos por vegetación mantienen su integridad. La vegetación minimiza la acción del viento y dispersa las gotas de lluvia, reduciendo su fuerza erosiva, por lo tanto ayuda a la conservación y formación del suelo (Smit *et al.*, 2000). El uso de las leguminosas en la restauración ecológica es una práctica cada vez más frecuente, debido a su capacidad de fijar nitrógeno, a las altas tasas de crecimiento, resisten a condiciones adversas tales como suelos erosionados, alta salinidad y sequías, también por la capacidad de generar grandes cantidades de hojarasca que mejoran las condiciones del suelo, lo que

permite el restablecimiento de condiciones favorables para reiniciar procesos sucesionales en sitios severamente degradados y el restablecimiento de ciclos de nitrógeno, (Arechavala, 2006). Se ha definido que el mecanismo por el cual las leguminosas reducen la erosión del suelo es la intercepción de gotas de lluvia, reduciendo la fuerza con la que el agua impacta la superficie del suelo y desviando parte del flujo a través de sus tallos; investigaciones previas en este campo sugieren que esta capacidad depende del tipo de arquitectura de las plantas (González *et al.*, 1997). La biomasa aérea como de raíz de las plantas (leguminosas) son importantes para las propiedades químicas y biológicas en el papel del ciclo de nutrientes. Los beneficios del nitrógeno disponible producto de la fijación hacen a los cultivos de cobertura con especies de herbáceas nativas preferibles, proveen beneficios ambientales y económicos (Barreto, 2005). En todo el mundo, los suelos son continuamente eliminados por la erosión cuando la pérdida de la superficie edáfica supera a su formación. En todo el mundo, la pérdida de suelo superficial llega a los 23.000 millones de toneladas al año y va aumentando a medida que aumenta la población humana, forzando con ello a la actividad agrícola a desplazarse a zonas marginales de suelo fácilmente erosionable (Smith *et al.*, 2000). México presenta alrededor del 80% de su superficie con algún problema de erosión, al igual que el Estado de Michoacán (Medina, 2002).

Las actividades humanas inducen la degradación del suelo, este fenómeno se presenta gravemente en la microcuenca de Atécuaro, la cual es una zona de accidentada topografía, que aunado a sus características morfométricas favorecen la erosión hídrica manifestándose en cárcavas que están ganando terreno a las áreas agrícolas. En la microcuenca de Atécuaro, el problema de erosión es evidente, reflejado en grandes extensiones de terreno totalmente degradado (aproximadamente 15% de la superficie), lo que representa una constante disminución de tierra

Centro de Investigaciones
en Ecosistemas,
Universidad Nacional
Autónoma de México,
Campus Morelia. Antigua
Carretera a Pátzcuaro No.
8701, Col. Ex-Hacienda
de San José de La Huerta
C.P. 58190, Morelia
Michoacán, México.
rindig@oikos.unam.mx
Facultad de Biología.
Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo,
Ciudad Universitaria,
Dirección: Av. Feo. J.
Múgica S/N. CP: 58030.
margbio13@hotmail.com

productivas. Ya que estos presentan una alta tasa de erosión por arriba de los límites tolerables para que el suelo se regenere naturalmente (Medina, 2002). El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño de *Lupinus elegans* y *Senna hirsuta* para revegetar cárcavas bajo condiciones de invernadero y campo para determinar asignación de biomasa a partes aéreas y raíces. Ya que al aumentar el nivel de perturbación en un sitio, la capacidad de regeneración de la vegetación va disminuyendo hasta llegar a un umbral de degradación que una vez cruzado, impide que el sitio regrese a sus condiciones originales (Hobbs y Norton 1996). Bajo estas condiciones, se requiere de la implementación de técnicas de restauración para recuperar la vegetación y por lo tanto evitar la erosión de los suelos. Las especies de leguminosas del sotobosque son de particular importancia para la restauración ecológica por su capacidad de fijar nitrógeno (Lindig-Cisneros *et al.*, 2002). Por lo tanto, *L. elegans*, y *S. hirsuta*, son importantes para el presente estudio por presentar estas características, además resisten condiciones muy adversas. La microcuenca de Atecuaro se localiza en el Eje Neovolcánico Transversal a 15 km al sur de la ciudad de Morelia, entre los paralelos 19 33 05" y 19 37 08" de latitud norte y los meridianos 101 15 07" de longitud al oeste de Greenwich, con una área de 44.4 km, el clima es Cb (w2) (w)(i)g templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 13.8 °C, precipitación media de 1002 mm Los suelos: Andosol humito (Th), Acrisol ortico (Ao) y Luvisol crónico (L). (INEGI, 1982). La vegetación es de bosque de pino, pino-encino y bosque de encino. En el sitio de estudio se encuentran suelos agrícolas en su mayoría sin vegetación con un alto grado de erosión, provocando con estos deslaves y cárcavas de gran magnitud y muy bajos en nutrientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de determinar la asignación de biomasa a partes aéreas y raíces en las dos especies consideradas en este estudio, se montó un experimento de invernadero. Las semillas fueron germinadas previamente en una cámara de crecimiento (en condiciones controladas con una temperatura de

25 °C y 12 horas luz durante el día y 23 °C y 12 horas oscuridad durante la noche). Posteriormente, se propagaron en condiciones de invernadero en contenedor rígido (350 cm³). Como medio de cultivo se utilizó material extraído de las cárcavas del sitio de estudio y todas las plantas se sometieron al mismo régimen de riego. Las evaluaciones se realizaron de forma semanal durante 9 semanas, hasta la cosecha de la biomasa aérea y de la biomasa de raíz. La biomasa se cuantificó como peso seco después de someter las muestras a 60 °C en un horno de secado. Para analizar los datos. Se utilizaron los programas Exel y S-Plus 2000. Se realizó un Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la biomasa aérea y de raíz, el mismo análisis aplicado por cada evaluación. Por otro lado. Se realizó una correlación aplicado a la biomasa aérea y raíz por especie. Además un análisis de regresión aplicado a la biomasa aérea entre especies y biomasa de raíz entre especies.

Para el experimento de campo, previamente fue seleccionado el sitio de estudio (cárcavas), en la comunidad de Atécuaro. Se seleccionaron aleatoriamente 14 parcelas de 25 m², para transplantar las plántulas de las dos especies de leguminosas *Senna hirsuta* y *Lupinus elegans* de dos meses de edad mismas que fueron germinadas en cámara de crecimiento y propagadas en condiciones de invernadero de la misma forma que en el experimento anterior. 5 parcelas se encuentran en pendientes planas (0°), 2 en pendientes medias (7.76°), y 7 parcelas en pendiente alta (27.13°). Las evaluaciones de campo se realizaron de forma mensual, Para analizar los datos. Se utilizaron los programas Exel y S-Plus 2000. Se realizó un Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la biomasa aérea y de raíz. En el experimento de campo se aplicó a la supervivencia entre especies en parcelas con y sin pinos y supervivencia entre pendientes. Por otro lado, se realizó una correlación aplicado a la biomasa aérea y raíz por especie. Además un análisis de regresión aplicado a la biomasa aérea entre especies y biomasa de raíz entre especies.

RESULTADOS

En los resultados obtenidos en el experimento de invernadero se confirmó que la asignación de biomasa difiere en las especies estudiadas (Figura 1). el análisis de varianza con un valor de $P < 0.001$, tanto para el caso de biomasa aérea como de la raíz, indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dos especies consideradas para este estudio. *Lupinus elegans* presenta una mayor asignación de biomasa a la parte aérea comparativamente con la biomasa de la raíz. Para *Senna hirsuta* los resultados indican lo contrario, es decir, presenta mayor biomasa radicular y menor asignación de biomasa en la parte aérea. Ambas especies desarrollan proporciones similares de la biomasa aérea, lo cual es de vital importancia para la toma de decisiones en el campo de la restauración ecológica, ya que ambas especies son utilizadas para la recuperación de suelos debido a su capacidad de fijar nitrógeno y por su resistencia a condiciones adversas y por la acumulación de hojarasca.

Se presenta una mayor altura en *Lupinus elegans* (Figura 2), de forma ascendente con respecto al tiempo, en cambio *Senna hirsuta* conserva de manera uniforme la altura inicial durante el tiempo de experimentación, se sugiere que la mayor asignación de recursos es para el desarrollo radicular. El análisis de varianza exploró

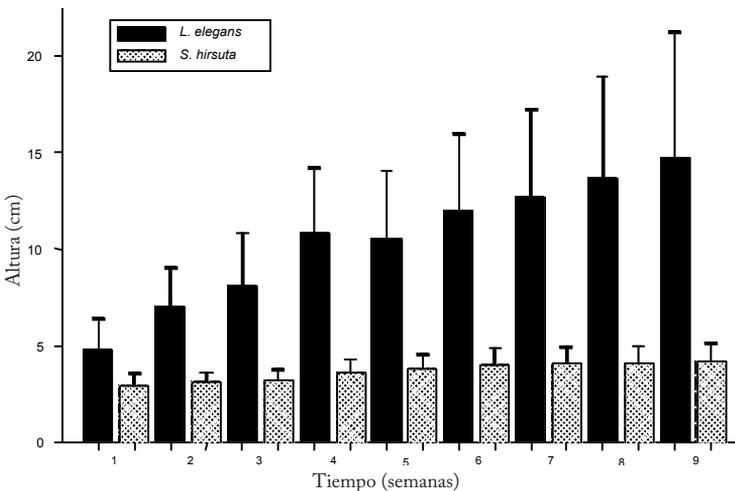


FIGURA 2. Altura final de *Lupinus elegans* y *Senna hirsuta*.

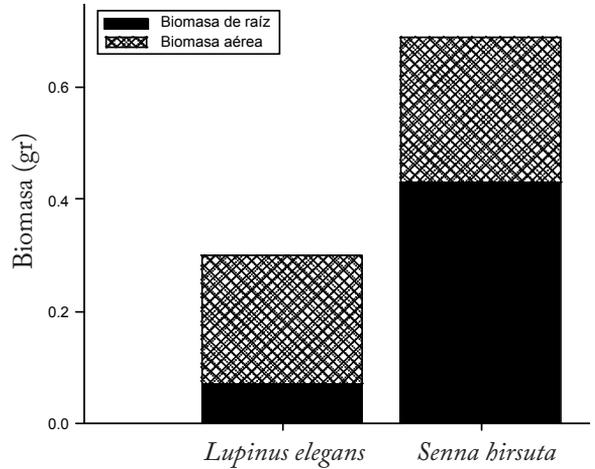


FIGURA 1. Asignación de biomasa aérea y raíz en plantas de *Lupinus elegans* y *Senna hirsuta*.

para las nueve evaluaciones. Los resultados muestran una diferencia estadísticamente significativa con un valor de $P < 0.001$.

Se realizó un análisis de correlación por especie, comparando biomasa aérea y de raíz. En la figuras 3 y 4 se observa el coeficiente de correlación de *L. elegans* y *S. hirsuta* en donde en la primera se muestra un R^2 con un valor de 0.84 esto nos indica la existencia de una correlación fuerte ya que el desarrollo de biomasa tanto aérea y raíz se presenta de una forma homogénea. Para *S. hirsuta* los resultados indican datos diferentes ya el R^2 indica una correlación moderada con un valor de 0.66.

Para determinar la biomasa aérea y raíz entre especies, se realizó un análisis de regresión para ambas especies, muestra la existencia de diferencias para ambas especies se presentan diferencias estadísticas significativas con un valor de $P < 0.001$, esto indica que *L. elegans* ($R^2 = 0.1937$) obtiene mayor biomasa aérea que *Senna hirsuta* ($R^2 = 0.4399$) También hay diferencia

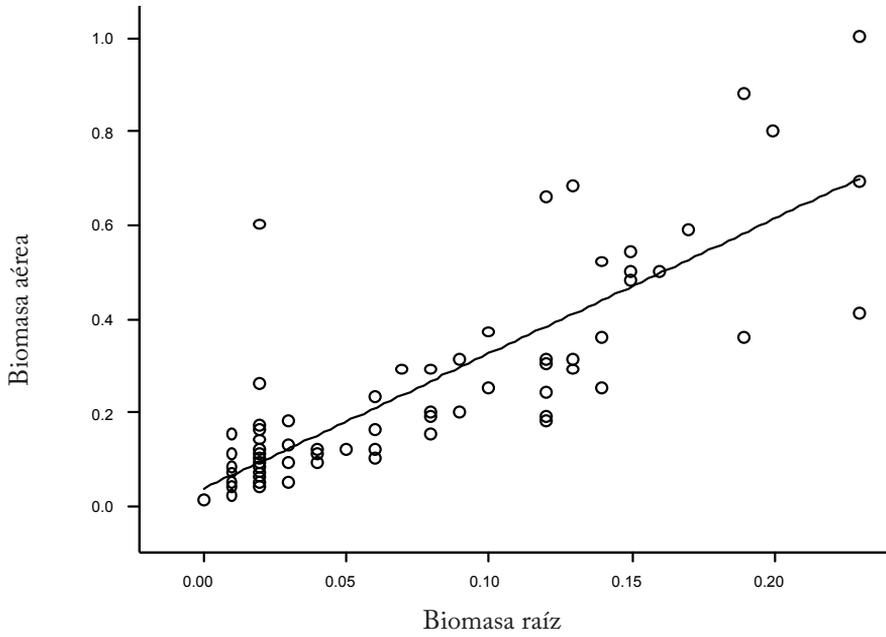


FIGURA 3 Correlación de biomasa aérea y raíz en *L. elegans*

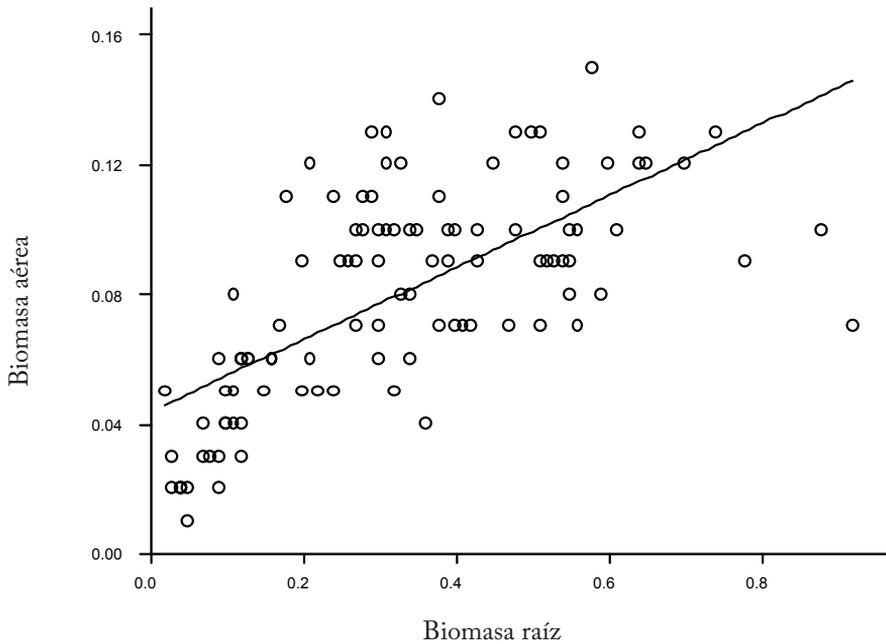


FIGURA 4. Correlación de biomasa aérea y raíz en *S. hirsuta*

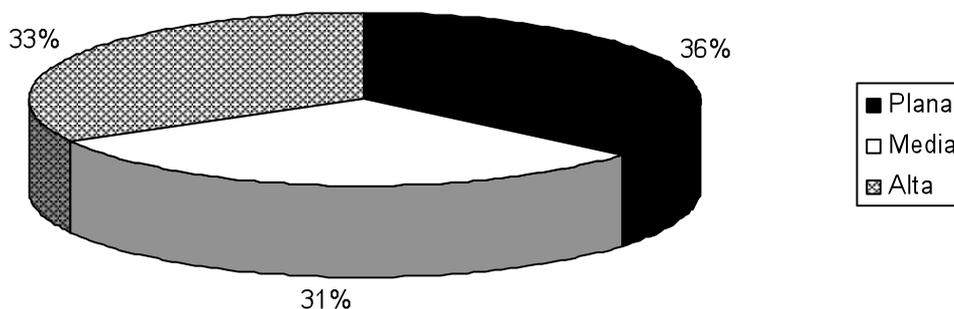


FIGURA 5. Porcentaje de supervivencia de *Senna hirsuta* en pendientes distintas sin pinos intercalados.

significativa para *S. hirsuta* ya que presenta mayor biomasa de raíz que *L. elegans*

En el experimento de campo, las plantas de *Senna hirsuta* no mostraron preferencia para algún tipo de pendiente, por lo tanto es una condición que no les afecta. En la figura 5 se muestra el porcentaje de supervivencia en pendientes distintas, en la cual se observa una supervivencia homogénea en las tres pendientes, ya que la pendiente plana presenta un 36%, pendiente media 31% y pendiente alta un 33%. Considerando que las plantas de *S. hirsuta* no estaban intercalados en ninguna de las tres pendientes o parcelas con los Pinos en el experimento.

Los resultados del análisis de varianza aplicado entre especies para *L. elegans* y *S. hirsuta*, indica que no hay diferencia estadísticamente significativa ya que *L. elegans* durante dos meses se mantuvo vivo, pero a partir del tercer mes se presenta una diferencia estadísticamente significativa con valor de $P < 0.001$ debido a que *S. hirsuta* es la especie que se mantuvo viva. El análisis de varianza por pendiente, no presentó diferencia estadísticamente significativa para ninguna de las dos especies. *Senna hirsuta* presentó una supervivencia alta desde el inicio hasta la última evaluación. Lo que nos sugiere es que *S. hirsuta* se adapta o resiste más que *L. elegans* a este tipo de condiciones adversas en el campo.

DISCUSIÓN

En México se han realizado diversos estudios abocados a los efectos de la erosión del suelo en sus diferentes aspectos; sin embargo, existen muy pocos estudios de supervivencia con leguminosas en las cárcavas; debido a esto, es de gran importancia el estudio de la supervivencia de *Senna hirsuta* en cárcavas, ya que presenta potencial para establecerse en cárcavas debido principalmente al desarrollo de biomasa radicular. Según Barreto (2005), afirma que la biomasa aérea como de raíz de las plantas (leguminosas) son importantes para las propiedades biológicas en el papel del ciclo de nutrientes y proveen beneficios ambientales.

Lupinus elegans presenta una mayor asignación de biomasa a la parte aérea comparativamente con la biomasa de la raíz. Para *Senna hirsuta* los resultados indican lo contrario, es decir, presenta mayor biomasa radicular y menor asignación de biomasa en la parte aérea. Ambas especies desarrollan proporciones similares de la biomasa aérea. En el caso de la altura, se observó una mayor altura en *L. elegans* y menor en *S. hirsuta*, ya que esta especie asigna mayor energía durante las primeras etapas para desarrollar la parte radicular. En campo, a las plantas de *Senna hirsuta* no les afectó el grado de pendiente, ya que la supervivencia se presentó de forma homogénea en las tres pendientes distintas, lo que indica que tiene la capacidad de sobrevivir a condiciones muy desfavorables. Por lo tanto es la especie que presenta

un alto potencial para mitigar la pérdida de suelo por erosión provocado por el impacto del agua de lluvia y por el viento, por lo que se considera que esta especie, es ampliamente recomendable para ser utilizada en proyectos de restauración ecológica de sitios perturbados, ya que puede resistir a este tipo de suelos muy erosionados, principalmente en las cárcavas.

REFERENCIAS

- Arechavala Monterrubio T. 2006. Estudio de la relación entre la arquitectura de las partes aéreas de 3 especies de leguminosas herbáceas nativas con potencial para restauración y la capacidad de reducir la erosión a través de la intercepción de la lluvia. Facultad de Biología. UMSNH. México.
- Barreto Barriga O. 2005. Determinación de la asignación de biomasa a partes aéreas y raíces en 3 especies de leguminosas herbáceas nativas del estado de Michoacán en relación con la capacidad de retener el suelo. Facultad de biología. México.
- González Hidalgo, J. C. G., J. Raventos y M. T. Echeverría. 1997. Comparison of sediment ratio curves for plants with different architectures. *Catena* 29: 333 – 340.
- Hobbs, R. J. & D. A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration ecology* 4: Pp. 43—110.
- INEGI, SEMARNAP. CP.1982. Mapa de suelo dominante FAO/UNESCO/ISRIC. 1998. Primera aproximación.
- Lindig-Cisneros, R., C. Saenz- Romero, N. Alejandro, E. Aureoles, S. Galindo, M. Gómez, R. Martínez y E. Medina. 2002. Efecto de la profundidad de los depósitos de arena volcánica en el establecimiento de la vegetación nativa en las inmediaciones del Volcán Parícutin, México. *Ciencia Nicolaita* 13: pp. 47—54.
- Medina Orozco L. E. 2002. Erosión hídrica y transporte de sedimentos en la microcuenca de Atécuaro, Mich. Facultad de biología. UMSNH. México.
- Nebel, B. J. y R. T. Wright. 1999. Ciencias ambientales. 6 Edición. Edit. Pearson. México.
- Rivera- Posada J. H. 1998. Control de cárcavas remontantes en zonas de ladera mediante tratamientos biológicos. Colombia.
- Smith, R. L y T. M. Smith. 2000. Ecología. 9 edición. Edit. Addison Wesley. España.
- Tyler, G. Miller. 1994. Ecología y medio ambiente. 7ª edición. Edit. Iberoamerica. México. pp. 867.