

Ensayo de tiempo de saturación, escorrentía y retención de suelo con especies de leguminosa bajo dos pendientes distintas

Esteban Aureoles Celso^{1,2} y Roberto A. Lindig Cisneros³

¹Maestría en Conservación y Manejo de Recursos Naturales, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ²Autor para correspondencia: steban_trueba@hotmail.com.

³Laboratorio de Ecología de Restauración, Centro de Investigaciones en Ecosistemas Campus Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

Las tasas de erosión en los últimos años se han incrementado en muchos lugares como consecuencia de la destrucción de la cobertura vegetal. Esto es particularmente serio en sitios con pendientes pronunciadas, como por ejemplo en zonas montañosas. En experimentos de invernadero y laboratorio se pusieron a prueba tres especies de leguminosas (*Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*), con el objetivo de evaluar su capacidad de retener suelo, para lo cual se midió el tiempo de saturación y la escorrentía bajo sus doseles y el suelo perdido. Las unidades experimentales consistieron en charolas de plástico con plantas de cada especie y en combinación. En total se contó con 16 charolas, las cuales se sometieron a un sistema simulador de lluvia a dos inclinaciones diferentes (9° y 18°). Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Las charolas con la combinación de especies y las de *Lupinus elegans*, fueron las de mejor desempeño al retener el agua más tiempo antes de escurrir fuera de la charola y también en retener el suelo.

Palabras clave: Erosión, Pendiente y Leguminosas.

ABSTRAC

In many places erosion rates have increased in recent years in response to plant cover elimination. This is particularly severe in areas with high slopes, such as mountain areas. In laboratory and greenhouse experiment three legume species were tested (*Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* and *Trifolium repens*), with the goal of evaluating its soil retention capabilities, saturation time, run-off and soil loss were measured. Experimental units consisted on plastic trays with plants of each species and the combination. A total of 16 trays were subjected to a rain simulating device at two different angles (9° and 18°). Significant differences were found among treatments. Trays with species growing in combination and *Lupinus elegans* trays showed the best performance because they retained water longer and loss less soils than the other treatments.

Key words: Erosion, Slope and Leguminous.

INTRODUCCIÓN

Diversos autores han estudiado los efectos de la erosión del suelo por viento y lluvia en sus diferentes aspectos. El principal proceso es la degradación química, que en nuestro país afecta

al 18% del territorio y en segundo lugar está la erosión hídrica, que deteriora el 11% de la superficie del país (SEMARNAT, 2002). Sin embargo, en México se han realizado pocos trabajos experimentales sobre la erosión a pesar de que el

país presenta alrededor del 80% de su superficie con algún problema de erosión (SEMARNAT, 1997). Una alternativa para resolver este problema es lograr el establecimiento de plantas en suelos perturbados, para retener y mejorar el suelo y crear un dosel vegetal complejo. Además, el establecimiento de una cobertura herbácea puede ayudar al establecimiento de árboles. Las plantas del sotobosque y del dosel medio juegan un papel importante para el establecimiento de árboles, ya que un mayor número de capas vegetales disminuye drásticamente el efecto de la erosión por lluvias (Perret *et al.*, 1996). Sin embargo, es necesario confirmar y cuantificar estos efectos de manera experimental, de tal manera que se cuente con resultados sólidos antes de llevarlo a la práctica en condiciones de campo. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar la retención del suelo bajo distintos doseles de leguminosas en condiciones de laboratorio. Se seleccionaron tres especies nativas del estado de Michoacán: *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*, debido a las diferencias en la arquitectura del dosel que presentan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron las semillas de las tres especies seleccionadas en poblaciones naturales. Las de *L. elegans* en Nuevo San Juan Parangaricutiro, *C. pumila* en los alrededores de Morelia y las semillas de *T. repens*, se adquirieron de un distribuidor comercial. Las semillas se escarificaron con ácido sulfúrico (*L. elegans* 30 min y *C. pumila* 20 min), con el motivo de ablandar su testa y poder inducir más rápido su germinación (Lindig-Cisneros y Lara-Cabrera 2004, Medina-Sánchez y Lindig-Cisneros, 2005) y en el caso de *T. repens* no se escarificaron las semillas porque su testa es delgada.

Se utilizó un medio de cultivo comercial (Creci-root), mezclado con arena (1:1) en charolas de 60 x 60 cm y 5 cm de altura (Plásticos Broadway de México). En cada charola se agregaron las siguientes cantidades de semilla; para *L. elegans*, 8.4 gr, para *C. pumila* de 6.4 gr. y para el caso del *T. repens* de 24 gr. Se sembraron

16 charolas, 4 para *L. elegans*, 4 para *C. pumila*, 4 para *T. repens* y 4 con las tres especies combinadas (*L. elegans*, *C. pumila* y *T. repens*) A los 4 meses de edad, se llevaron las charolas al laboratorio para someterlas al sistema de simulación pluvial a dos diferentes ángulos, el primero de 9° y el segundo de 18°. Para este experimento se utilizó un sistema pluvial y un cronometro para medir el tiempo, este se tomaba desde el momento que se prendía el sistema pluvial y se terminaba cuando empezaba a escurrir el agua fuera de la charola, en ese instante se dejaba 1 minuto más para evaluar el suelo perdido en las charolas, después de ese proceso se recogió el suelo atrapado en el recipiente que contenía el sistema pluvial. El suelo perdido se puso en un horno de secado a 60 °C, para después ser pesado en una balanza granataria.

Los análisis estadísticos que se llevaron a cabo fueron ANOVA de una vía y la prueba de Tukey, utilizando el paquete estadístico SPlus-2000.

RESULTADOS

En todas las charolas las plantas desarrollaron un dosel cerrado que difirió principalmente en la altura. Cuando las charolas fueron sometidas a un ángulo de 9°, *L. elegans*, ocupó el primer lugar en reducir la velocidad de la escorrentía (TABLA 1), con un tiempo que va de 95 a 107 segundos antes de que escurriera el agua fuera de las charolas, seguido por *C. pumila*, luego las charolas con las especies combinadas y por último *T. repens* con un tiempo que va de 46 y 80 seg. En la figura 1 se muestra claramente las diferencias entre tratamientos.

Para comprobar estadísticamente si hubo diferencia significativa entre los tratamientos (TABLA 1 Y FIGURA 1), se realizó un análisis de ANOVA, que indica que las diferencias son significativas ($P = 0.002$). Con el análisis múltiple de medias de Tukey, se puede apreciar que éstas diferencias se deben principalmente a que la media de retención de agua para *L. elegans* es diferente a la de *T. repens* y a la de las charolas con especies combinadas (FIGURA 1).

Tabla 1. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y intervalos de confianza) en que tardó el agua antes de escurrir fuera de la charola, con las diferentes especies con un ángulo de 9°.

Especies	TIEMPO EN SEGUNDOS			
	Máximos	Mínimos	Promedio	Int. Conf. (95%)
<i>Lupinus elegans</i>	107.00	95.00	101.25	93.20-109.29
<i>Crotalaria pumila</i>	99.00	67.00	87.50	64.53-110.47
<i>Trifolium repens</i>	80.00	46.00	56.50	31.36-81.64
Especies combinadas	87.00	52.00	66.50	41.63-91.37

Suelo perdido

Para el caso de la pérdida de suelo en los diferentes tratamientos experimentales se obtuvo que las charolas con las especies combinadas fueron las que perdieron menos suelo (TABLA 2) con una cantidad que varió entre los 0.05 y los 0.17 g, seguido por *L. elegans*, después *T. repens* y el tratamiento que perdió más suelo fue *C. pumila* con una pérdida de 0.43 hasta 0.96 g, aunque las diferencias no fueron significativas

entre tratamientos (P= 0.34), debido a la gran variación en los datos.

Con una inclinación de 18°, el tratamiento que redujo más la velocidad de la escorrentía fue *L. elegans* con un tiempo entre 60 y 98 seg, después *C. pumila*, seguido de las especies combinadas y por ultimo fueron las de *T. repens* con un tiempo entre 33 y 65 seg (TABLA 3), las diferencias en los valores medios a parecen en la FIGURA 3.

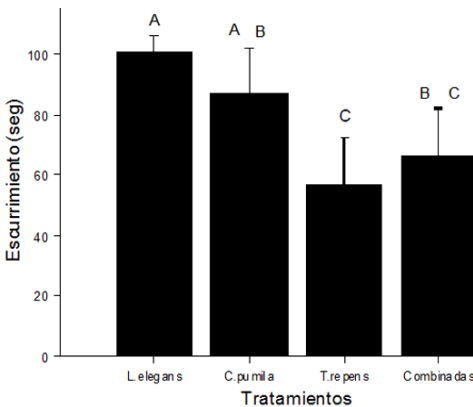


FIGURA 1. Tiempo de escorrentía (medias y la desviación estándar) cuando las charolas se sometieron a la precipitación simulada con una inclinación 9°.

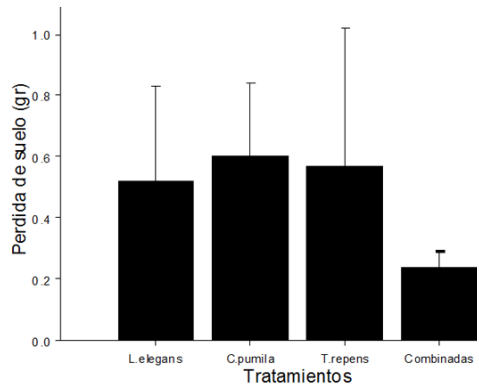


FIGURA 2. Pérdida de suelo (medias y la desviación estándar) en las charolas con una inclinación 9°.

TABLA 2. (Máximo, mínimo, promedio y intervalos de confianza) en la pérdida de suelo con una inclinación 9°.

Especies	PÉRDIDA DE SUELO EN GRAMOS			
	Máximos	Mínimos	Promedio	Int. Conf. (95%)
<i>Lupinus elegans</i>	0.99	0.31	0.52	0.03-1.02
<i>Crotalaria pumila</i>	0.96	0.43	0.60	0.22-0.99
<i>Trifolium repens</i>	1.21	0.18	0.57	-0.15-1.29
Especies combinadas	0.31	0.17	0.24	0.15-0.33

TABLA 3. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y intervalos de confianza) en retener el agua antes de escurrir fuera de la charola con una inclinación de 18°.

TIEMPO EN SEGUNDOS				
Especies	Máximos	Mínimos	Promedio	Int. Conf. (95%)
<i>Lupinus elegans</i>	98.00	60.00	81.50	55.21-107.79
<i>Crotalaria pumila</i>	90.00	51.00	70.25	44.09-96.41
<i>Trifolium repens</i>	65.00	33.00	45.50	23.7-67.29
Especies combinadas	48.00	43.00	50.50	42.19-48.81

Para comprobar estadísticamente si hubo diferencia significativa entre los tratamientos (TABLA 3 Y FIGURA 3), se realizó un análisis de ANOVA, que indica que las diferencias son estadísticamente significativas (P = 0.003). Con el análisis múltiple de medias de Tukey, nos muestra que éstas diferencias se deben a que *T. repens* es diferente al resto de los demás tratamientos, pero en el caso de *L. elegans* es igual a *C. pumila*.

Suelo perdido

El tratamiento que perdió menos suelo fue el de las especies combinadas, seguido por *T. repens*, luego *L. elegans* y el que perdió más suelo fue *C. pumila* (FIGURA 4), sin embargo las diferencias no son estadísticamente significativas (P = 0.20). Este resultado fue similar al tratamiento anterior debido a la gran variación en los datos.

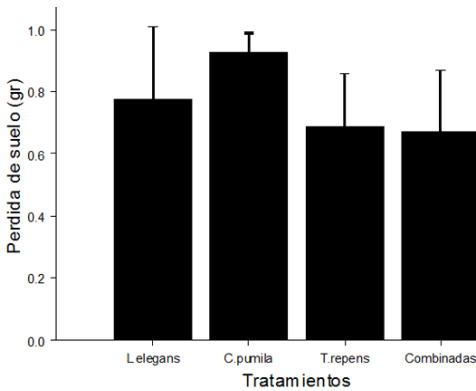


FIGURA 4. Pérdida de suelo (medias y la desviación estándar) en las charolas con una inclinación 18°

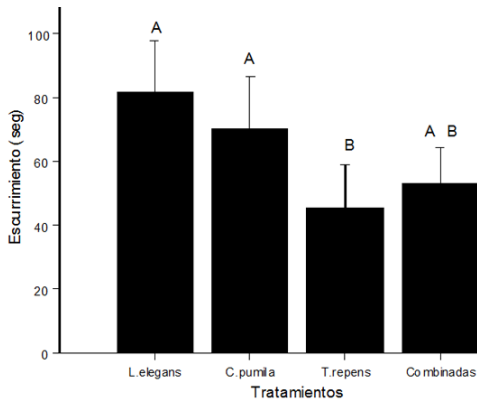


FIGURA 3. Tiempo de escurrimiento (medias y la desviación estándar) cuando las charolas se sometieron a la precipitación simulada con una inclinación de 18°.

TABLA 4. (máximo, mínimo, promedio y desviación estándar) en la pérdida de suelo.

PERDIDA DE SUELO EN GRAMOS				
Especies	Máximos	Mínimos	Promedio	Int. Conf. (95%)
<i>Lupinus elegans</i>	0.99	0.46	0.78	0.41-1.16
<i>Crotalaria pumila</i>	0.99	0.85	0.93	0.83-1.04
<i>Trébol repens</i>	0.89	0.52	0.69	0.41-0.97
Especies combinadas	0.94	0.45	0.67	0.35-0.99

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El tratamiento que mayor éxito tuvo en reducir la velocidad de la escorrentía fue el del dosel de *L. elegans* seguido de *C. pumila* siendo las diferencias significativas entre los tratamientos. La cobertura y la altura están relacionadas con este fenómeno (dosel), que hace que disminuya la velocidad de la escorrentía (Taiz y Zeiger 1998), en el caso de las especies estudiadas, *L. elegans* es la que logra mayor altura, seguida de *C. pumila* y *T. repens* es la especie con menor altura. Es interesante que la combinación de especies no fuera más eficiente en reducir la velocidad de la escorrentía, pues el dosel desarrollado fue más complejo que en el caso de las especies creciendo individualmente, esto se debe probablemente a que las plantas de *L. elegans* no lograron crecer tan altas en las charolas combinadas, posiblemente como consecuencia de la competencia con las otras especies.

En términos de la pérdida de suelo, las especies combinadas fueron las que resultaron más eficientes para retener el suelo, además de que la variación en la respuesta fue la menor. Lo que sugiere que al presentarse las tres especies combinadas en la charola intervienen mecanismos distintos a los relacionados con reducir la velocidad de la escorrentía. Smith *et al* (2000), quienes sostienen que los suelos protegidos por vegetación con estructura compleja mantienen su integridad, porque se dispersan las gotas de lluvias, reduciendo así la fuerza erosiva sobre el suelo. Las charolas con *C. pumila* fueron las que perdieron más suelo, lo que podría ser una consecuencia de que las plantas de esta especie presentan un tallo muy delgado y además hojas pequeñas, estas concuerda con los resultados de Barreto, (2005), quien encontró que esta especie fue la que perdió mas suelo debido al tipo de arquitectura de la planta y que presenta hojas pequeñas que no forman un dosel cerrado y Arachevala (2006), también coincide con Barreto, quien menciona que las especies que mas retienen el agua y el suelo, son aquellas que presenta un follaje denso (cerrado).

Nuestros resultados sugieren que los mecanismos relacionados con la reducción de la velocidad de la escorrentía y la reducción de la ero-

sión no son los mismos y que diferentes especies actúan de manera distinta, sin embargo, seleccionar especies herbáceas o arbustivas de tallas medias y con doseles cerrados pueden permitir reducir la pérdida de suelo en sitios erosionados.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al proyecto CONACYT (SEMARNAT-2002-C01-0760) por el financiamiento otorgado para este trabajo.

REFERENCIAS

- Arachevala Monterubio, T. 2006. Estudios de la relación entre la arquitectura de las partes aéreas de tres especies de leguminosas herbáceas nativas con potencial para restauración y la capacidad de reducir la erosión a través de la intercepción de la lluvia pp 4-9
- 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. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. México. pp37-38
- Lindig-Cisneros, R. y S. Lara-Cabrera. 2004. Effect of scarification treatment and soil type in the germination of *Crotalaria pumila* Ort. Seed Science and Technology (32): 231-234.
- Medina-Sánchez, E. and Lindig-Cisneros, R. 2005. Effect of scarification and growing media on seed germination of *Lupinus elegans* H.B.K. Seed Science and Technology 33 (1):237-241.
- Perret S., Michellon, R., Boyer, J. y Tassin, J. 1996. Soil rehabilitation and erosion control through anagro agro-ecological practices on Reunion Island (French overseas territory, indian ocean). Agriculture Ecosystems & Environment. 59: 149-157.
- Prismack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, F. Massardo. 1998. Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoameri-

- canas. Editorial fondos de cultura económicas. México. pp. 8
- SEMARNAT. 1997. Estadísticas del Medio Ambiente: informes de la situación en general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1995- 1996. México.
- SEMARNAT.2002. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. 2002. SEMARNAT.
- Smith, R. L. y T.M. Smith. 2000. Ecología. 4° edición. Editorial Addison Wesley. España. pp134, 135, 137.
- Taiz, L. & Zeiger, E. 1998. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachussetts. Pp 61-65.