

Mosaicos de vegetación para la naturación de taludes y comparación de ecotécnicas de establecimiento de plantas: hidrosiembra vs. geomalla

Arcadio Monroy-Ata¹, Martha Gabriela Castañeda-Pérez² y Marco Daniel Fernández-Castillo²

¹Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México

²Universidad Simón Bolívar

Resumen

En este trabajo se evaluaron dos ecotécnicas: hidrosiembra y uso de una geomalla, en condiciones de laboratorio, para determinar cuál de ellas favorece el establecimiento de un mayor número de plantas de gramíneas. Esto con el fin de probar una nueva formulación para mejorar la técnica de naturación de taludes rocosos, empleando exclusivamente productos naturales de origen biológico. La formulación de la mezcla de hidrosiembra incluye, por primera vez, pectinas de nopal como adherente; la geomalla empleada fue un textil de yute. Los resultados muestran una mayor emergencia (ca. 20%) de plántulas en la hidrosiembra respecto al uso de una geomalla, debido a la obstrucción parcial del textil para la salida de las plántulas. Se concluye que ambas ecotécnicas son similares en costos y que las dos formulaciones empleadas logran una alta eficiencia en la naturación de taludes rocosos.

Palabras clave: hidrosiembra, geomalla, establecimiento vegetal, naturación

Abstract

In this work, two eco-techniques were evaluated, hidroseeding and geotextile, in laboratory conditions, in order to determine if one of them favours the plant establishment of a bigger number of gramineous individuals than the other. This was made for testing a new formulation for improving the naturing of rocky slopes technique, utilizing only natural products of biological origin. The formulation of hidroseeding mixture included, for the first time, cactus pectins as adherent; the geotextile was a jute nearly closed mesh. The results show a bigger number of seedling emergence in the hidroseeding treatment (ca. 20%) than in the geotextile one; this could be due to the reduced space for the seedling emergence in the geotextile case. It was concluded that both eco-techniques are similar in cost and that the two formulations tested achieve a high efficiency for naturing rocky slopes.

Keywords: hidroseeding, geotextile, plant establishment, naturing

Introducción

La naturación de taludes en las geofomas derivadas de la construcción de caminos y puentes, sigue siendo un problema no resuelto en la mayoría de las carreteras mexicanas. La naturación de un sustrato consiste en el establecimiento de una cubierta vegetal permanente, que favorezca el desarrollo edáfico del sitio de anclaje de las plantas. La naturación de sustratos con elevadas pendientes, con suelos someros o erosionados, o en lugares con afloramientos rocosos hace necesario el empleo de técnicas de fijación de la vegetación. Actualmente, se ha reportado una gran gama de ecotécnicas para el establecimiento de vegetación, arbustiva y herbácea, en taludes de regiones con distintos climas, tanto templados como tropicales (Sangalli, 2005; Li, 2006); sin embargo, en México es escaso el número de publicaciones sobre la ingeniería biológica.

Por ello, en este trabajo se planeó un estudio exploratorio (a escala de laboratorio), con el fin de ensayar una formulación innovadora de hidrosiembra (con nopal como adherente) y una fórmula orgánica para conformar un sustrato a cubrir con una tela de trama abierta; esto para fijar un mosaico de vegetación sobre losetas de yeso y para evaluar la eficiencia en el establecimiento vegetal de dos ecotécnicas: la hidrosiembra y el uso de una geomalla.

La hidrosiembra es una técnica que facilita el establecimiento de una cubierta vegetal en sitios erosionados o con escaso suelo, particularmente en taludes con distintos grados de inclinación. En una hidrosiembra se proyecta, sobre el terreno a recolonizar con vegetación, una suspensión de agua y semillas, que incluyen aditivos como: abonos orgánicos, aserrín o paja de cereales, adherentes de la mezcla, retenedores de humedad (como geles de acrilamida), fertilizantes inorgánicos de liberación lenta y composta, entre otros componentes. La suspensión se reparte homogéneamente sobre la superficie que se desea tratar y esto debe generar una capa que permanezca firmemente adherida al terreno. Esta capa debe mantener condiciones adecuadas para la germinación de las semillas y para el establecimiento de las plántulas. La capa adherida al sustrato debe retener la humedad y propiciar el desarrollo de las plantas.

Las metas de la hidrosiembra son proteger un sustrato contra la acción de la erosión y eliminar el negativo impacto ambiental visual sobre el paisaje,

producido por la construcción de obras de ingeniería civil. La finalidad de la aplicación de esta técnica es establecer una cubierta vegetal con plantas colonizadoras, que permita iniciar el proceso de sucesión ecológica, para conformar una cubierta vegetal madura, acorde con las condiciones climáticas y edáficas locales (Campino et. al., 1990; Li et. al., 2006).

La geomalla consiste en un textil con trama abierta que se fija físicamente al basamento que se desea naturar y que retiene un sustrato consistente en una mezcla de tierra, abono orgánico, semillas, materiales para conservar la humedad (hidrogeles, aserrín, musgo, etc.) y algún bactericida y fungicida general. Esta geomalla debe permitir la germinación de las semillas y la emergencia de plántulas a través de la trama del textil. La geomalla se puede fijar mediante estacas, rocas, alcayatas, etc. No obstante, las técnicas de bioingeniería actuales promueven el uso de materiales exclusivamente de origen natural, para no contaminar o alterar el desarrollo de procesos como la formación del suelo o la sucesión ecológica de la vegetación (Cano et. al., 2002; Li y Eddleman, 2002).

La finalidad de las ecotécnicas o técnicas de ingeniería biológica, como la hidrosiembra o el uso de geomallas, es cubrir con vegetación (esencialmente herbácea pero ocasionalmente combinada con arbustos) áreas desnudas de plantas, en sitios aledaños a las obras de infraestructura de una región, como carreteras, puentes, presas, canales de riego, etc. Esto permite tener una composición paisajística más estética y evitar problemas de deslaves o de erosión de las zonas sin vegetación.

Objetivo

Determinar la eficiencia en el establecimiento vegetal (mediante el número de plántulas emergidas) de dos formulaciones, diseñadas para su aplicación como hidrosiembra y para el uso de una geomalla, empleando losetas de yeso como base de fijación de las plantas y la misma mezcla de semillas, en condiciones de laboratorio. La pregunta a responder con este estudio exploratorio es: ¿qué ecotécnica permite el establecimiento de un mayor número de plántulas?

Método

a) Hidrosiembra

Se preparó el adherente moliendo 2 kg de cladodios (pencas) de nopal (*Opuntia streptacantha* Lem.) crudos; un componente del nopal que sirve como aglutinante son las pectinas (carbohidratos que al solubilizarse en agua forman un gel). La formulación de la mezcla incluyó: 400 ml de adherente; 15 g de aserrín; 650 g de tierra negra comercial para jardín; 125 g de abono orgánico finamente particulado y 10 g de musgo. Esta mezcla se aplicó, por duplicado, a una loseta de yeso de 25 x 45 cm de superficie y 2.5 cm de espesor. Sobre cada loseta, se incorporó homogéneamente la mezcla, la cual sirvió de sustrato para que en cada una se sembraran 6 g de una mezcla que contenía semillas de las siguientes especies de plantas herbáceas (pastos): *Festuca rubra* L.; *Cynodon dactylon* L.; *Lolium multiflorum* L. y *Pennisetum* sp. (marca registrada "Germinal"). Adicionalmente, se preparó una suspensión al 2% (v/v), con aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y agua; la suspensión tiene una función bactericida y fungicida. Finalmente cada loseta con la hidrosiembra se irrigó con 250 ml de esta suspensión.

Las losetas con las hidrosiembras se colocaron dentro de un contenedor de plástico a 45°, simulando una pendiente (ver figura 1). Se regaron las dos losetas con las hidrosiembras con 250 ml de agua, en dos ocasiones por semana (en días diferentes) y por un periodo de 4 semanas; asimismo, semanalmente se contó el número acumulado de plántulas emergidas y su altura (en cm) en cada lote, indistintamente de la especie a la que pertenecían.

b) Geomalla

El sustrato para la técnica de geomalla se formó por una mezcla que contenía la siguiente formulación: 30 g de aserrín; 650 g de tierra negra comercial para jardín; 125 g de abono orgánico finamente particulado y 10 gramos de musgo. Se emplearon losetas del mismo tipo que las descritas en el apartado anterior. Las losetas, por duplicado, se cubrieron homogéneamente con el sustrato y se sembraron 6 g de una mezcla que contenía semillas de las siguientes especies de pasto: *Festuca rubra* L.; *Cynodon dactylon* L.; *Lolium multiflorum* L. y *Pennisetum* sp. (marca registrada "Germinal"). Posteriormente cada siembra fue cubierta por una geomalla. Esta consistió en una tela de yute (por ser

de origen natural) y cuya malla tenía una apertura de 1.5 x 2 mm. La geomalla se fijó a las losetas con clavos y se colocaron en contenedores de plástico de tal forma que simulaban una pendiente de unos 45° (ver figura 2).

Cada una de las dos losetas se irrigó con 250 ml de la suspensión formada por aceite esencial de romero y agua al 2% (v/v). Cada semana las geomallas fueron irrigadas en dos ocasiones y en días diferentes con 250 ml de agua, durante un periodo de 4 semanas. También, semanalmente se registró el número acumulado de plántulas emergidas y su altura, sin considerar a qué especie correspondían.

Figura 1. Losetas para técnica de hidrosiembra.

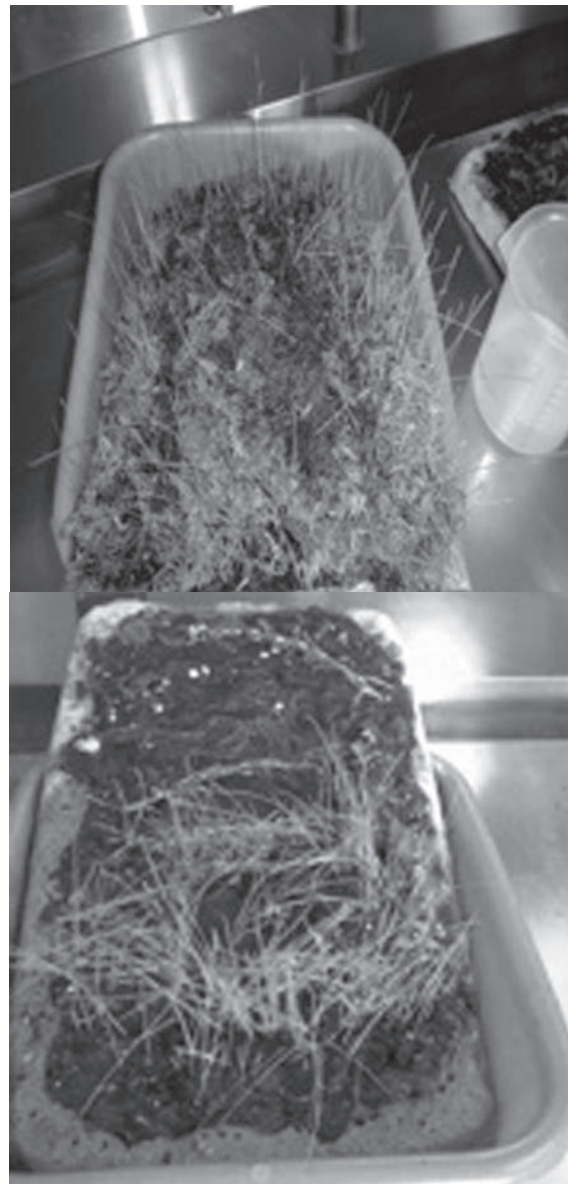
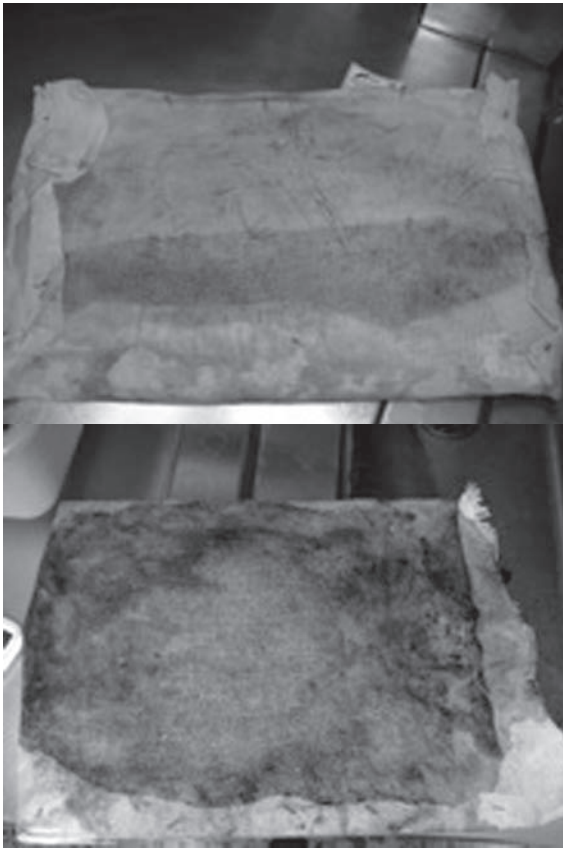


Figura 2. Losetas para técnica de geomalla.



Resultados

Las figuras 3 y 4 muestran el promedio de emergencia acumulada de las plántulas de gramíneas sembradas mediante las ecotécnicas de hidrosiembra y geomalla respectivamente. En el caso de la hidrosiembra el número promedio final de plántulas, a las cuatro semanas, fue de 1259 y para la geomalla de 1019. Esto muestra que la geomalla limita parcialmente la emergencia de plántulas debido a que éstas deben abrirse camino a través de una trama cuya apertura es de sólo 1.5 x 2 mm (3 mm²). Sin embargo, no hubo una diferencia contrastante entre ambas ecotécnicas y la dinámica de emergencia de plántulas fue similar.

En relación a la altura alcanzada por las plántulas en el periodo de 4 semanas (ver figura 5), se observa que la longitud del vástago de las gramíneas fue semejante, para la hidrosiembra y la geomalla, en cada uno de los puntos de registro de datos. En este parámetro no hubo diferencias significativas

debidas a la ecotécnica aplicada; esto muestra que ambos sustratos contienen la humedad y nutrimentos suficientes para sustentar el desarrollo inicial de las plántulas.

Figura 3. Promedio de emergencia acumulada de las plántulas para hidrosiembra.

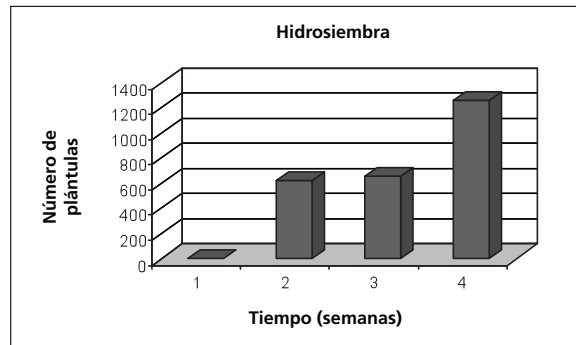


Figura 4. Promedio de emergencia acumulada de las plántulas para geomalla.

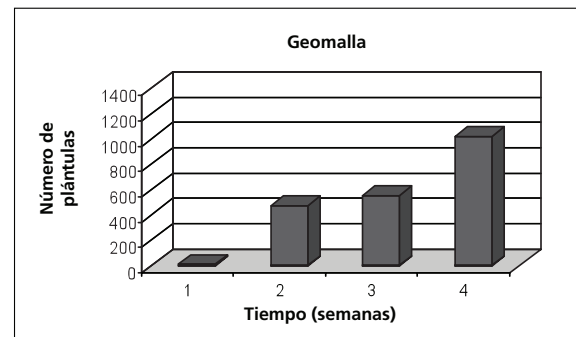
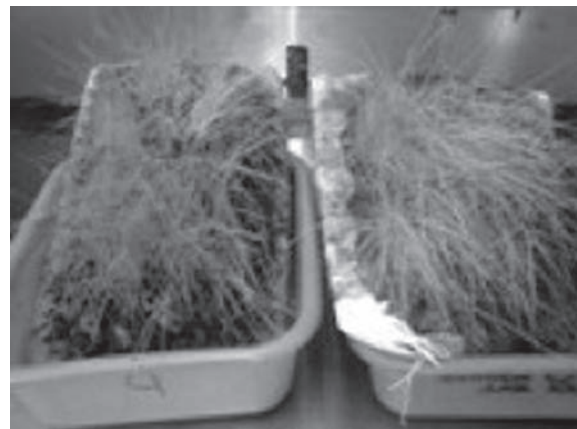


Figura 5. Altura alcanzada por las plántulas en el periodo de 4 semanas (izquierda: hidrosiembra; derecha: geomalla).



Discusión

La hidrosiembra es una ecotécnica empleada para revegetar áreas desnudas de vegetación, en la que se usa un estabilizador del suelo, que normalmente es un compuesto sintético y que es difícilmente biodegradable; estos compuestos son producidos en algunos países industrializados y frecuentemente incrementan los costos de esta ecotécnica cuando se aplica en países en vías de desarrollo. Un ejemplo es el producto Terravest 801 (un polibutadieno) comercializado por Hüls AG de Alemania (Campino et al., 1990). Por ello, en este experimento se utilizó como adherente y estabilizador del suelo una mollienda de nopal que aporta geles de pectinas a la formulación, lo cual constituye una innovación a la hidrosiembra tradicional.

Sin embargo, el empleo de las pectinas del nopal se ha realizado desde la época prehispánica en el continente americano, especialmente como adherente en la fabricación de pinturas. En el siglo XXI se sigue utilizando la misma formulación que en el pasado, para producir las llamadas pinturas ecológicas o pinturas verdes; sin embargo, aquí se reporta por primera vez su uso en una hidrosiembra.

Los resultados obtenidos en el caso de la hidrosiembra muestran, por un lado, que la formulación aplicada fue una mezcla eficiente como sustrato para el establecimiento vegetal y, por otro lado, que el adherente utilizado funcionó correctamente, ya que el sustrato siempre se mantuvo firmemente adherido a la superficie de la loseta y no se observaron signos de inhibición de la emergencia de plántulas, ni indicadores de estrés hídrico de las gramíneas emergidas.


Con relación a la geomalla y de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede afirmar que es una técnica de naturación eficiente (por el número y tamaño de las plántulas emergidas), pero que limita el número de gramíneas que pueden salir a través de la trama de la tela de yute en un 20%. La ventaja de la ecotécnica que utiliza una geomalla es que no requiere adherente y que puede emplear una amplia gama de productos que funcionen como reserva hídrica para el crecimiento vegetal (aserrín, musgo, fibras textiles, turba, etc.). Asimismo, es importante señalar que el uso de una geomalla implica mayor cantidad de trabajo en su colocación respecto a la hidrosiembra.

En cuanto a costos, ambas técnicas son semejantes dado que la tela de yute no es onerosa y su costo es equivalente al de la preparación del adherente a base de nopal, aunque el costo de algunos materiales biológicos es variable a lo largo del año. También es altamente recomendable el uso de materiales biodegradables al aplicar estas ecotécnicas (por ejemplo sustituir los clavos por estacas de madera), a fin de no contaminar con materiales sintéticos o de difícil degradación, los sitios que se desea naturar. En este trabajo se presentaron dos ecotécnicas donde se usan casi exclusivamente materiales de origen orgánico, inclusive se emplea un biopesticida (fungicida y bactericida) de amplio espectro, como lo es el aceite esencial de romero, cuya eficiencia ha sido comprobada desde el tiempo de los faraones egipcios.

Conclusión

Por lo anterior se puede concluir lo siguiente:

- a) La hidrosiembra permite la emergencia de un mayor número de plántulas (ca. 20%) que la geomalla, debido a la obstrucción parcial que ejerce el textil de yute sobre la salida de las plántulas.
- b) La hidrosiembra y el uso de una geomalla de yute son dos ecotécnicas eficientes para la naturación de taludes rocosos, con pendientes de hasta 45°.
- c) A escala de laboratorio, el costo de ambas ecotécnicas es similar, pero a escala de campo la geomalla requiere de más tiempo de trabajo que la hidrosiembra. A su vez, la hidrosiembra requiere de una máquina que proyecte la mezcla a sembrar sobre el área desnuda de vegetación.
- d) Las pectinas de nopal constituyen un adherente altamente funcional para la formulación de mezclas de hidrosiembra, además de ser de origen natural y de bajo costo. En este trabajo se evaluó por primera vez la eficiencia de este adherente en una hidrosiembra, resultando altamente recomendable su empleo.
- e) Es necesario experimentar las dos ecotécnicas utilizadas (hidrosiembra y geomalla) en estudios de campo, empleando semillas de plantas herbáceas de especies nativas de los sitios a revegetar.

f) Es importante adecuar las formulaciones, tanto de hidrosiembra como de uso de una geomalla, a las condiciones climáticas y edáficas de los lugares que se desea naturalizar, para incrementar la eficiencia en el establecimiento vegetal (por ejemplo en lugares con clima semiárido se debe incrementar la cantidad del producto cuya función es servir de reserva de humedad). 

Agradecimientos

Los autores agradecen los valiosos comentarios de dos revisores anónimos, así como la participación de David Rodrigo Quintero Casas y de Yolanda Mariabel Flores Estrada en la realización de este trabajo. También se reconocen las facilidades brindadas por la Maestría en Ciencias Ambientales, de la Universidad Simón Bolívar, para llevar a cabo la parte experimental. Finalmente, se agradece la asesoría recibida por parte del responsable del proyecto PAPIIT, clave IN-213706, de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México, para la elaboración del reporte final.

Referencias

- Campino, I., Trautmann, A. y Moosbrugger E. W. (1990). Experiencias en el método de hidrosiembra en diferentes regiones de Colombia. *Soil Technology-CATENA*. 3: 91-98.
- Cano, A., Navia, R.; Amezaga, I. y Montalvo, J. (2002). Local topoclimate effect on short-term cutslope reclamation success. *Ecological Engineering*. 18: 489-498.
- Li, X., Zhang, L. y Zhang, Z. (2006). Soil bioengineering and the ecological restoration of riverbanks at the Airport Town, Shanghai, China. *Ecological Engineering*. 26: 304-314.
- Li, M. H. (2006). Learning from streambank failures at bridge crossings: A biotechnical streambank stabilization project in warm regions. *Landscape and Urban Planning*. 77: 343-358.
- Li, M. H. y Eddleman, K. E. (2002). Biotechnical engineering as an alternative to traditional engineering methods: A biotechnical streambank stabilization design approach. *Landscape and Urban Planning*. 60: 225-242.
- Sangalli, P. (2005). ¿Qué es la ingeniería biológica o "bioingeniería"? *QEJ BricoJardinería y Paisajismo B&P*. No. 130 (mayo): 12-19 Recuperado en (www.horticom.com/pdf/imagenes/61/269/61269.pdf).