

## Ensayos de hidrosiembra en un proyecto bioingenieril para la rehabilitación del ex vertedero de San Carlos de Bariloche

*Silvina Anabela Hruby<sup>1</sup>, Adriana Edit Rovere<sup>1,2</sup>, Martha Cecilia Riat<sup>1</sup>, Silvia Ferreira Padilla<sup>3</sup> y Liliana Paola Ramirez<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Río Negro. Sede Andina. San Carlos de Bariloche, Argentina. <sup>2</sup>INIBIOMA (Universidad Nacional del Comahue-CONICET). San Carlos de Bariloche, Argentina. <sup>3</sup>Universidad Nacional de Salta. CECRIM (Centro de Estudios de Cuencas y Ríos de Montaña). Salta, Argentina.

Mail de contacto: [silvinahruby@hotmail.com](mailto:silvinahruby@hotmail.com)

### RESUMEN

La revegetación del sustrato en áreas degradadas es clave para estabilizar la superficie, disminuir la erosión, mejorar el sitio e integrarlo al paisaje. Se comparó el porcentaje de cobertura vegetal y su efecto sobre la erosión del sustrato del ex vertedero. Se realizaron dos tratamientos de hidrosiembra en octubre de 2018 con *Scolochloa festucaria*, *Avena sativa* y *Oenothera odorata* sobre compost, con y sin geotextil de coco. Al final de la estación de crecimiento (abril de 2019) se estimó la cobertura y la producción de sedimentos mediante un ensayo de lluvia simulada. Se encontró en el tratamiento con geotextil mayor cobertura (88%) y nula producción de sedimentos, mientras que sin geotextil se registró menor cobertura (38%) y 0,37g/l de producción de sedimentos. Se concluye que el tratamiento con geotextil es el más adecuado para la rehabilitación del ex vertedero.

**Palabras clave:** revegetación, erosión hídrica, geotextil.

### ABSTRACT

The revegetation of the substrate in degraded areas is key to stabilize the surface, reduce erosion, improve the site and integrate it into the landscape. The percentage of vegetation cover and its effect on substrate erosion were compared. Two hydroseeding treatments were carried out in October 2018 with *Scolochloa festucaria*, *Avena sativa* and *Oenothera odorata* on compost, with and without coconut geotextile. At the end of the growing season (April 2019), the coverage and sediment loss was estimated using a simulated rainfall test. In the geotextile treatment, greater coverage was found (88%) and no sediment, while without geotextile, less coverage was recorded (38%) and 0.37 g/l of sediment. It is concluded that the geotextile treatment is the most suitable for the rehabilitation of the former landfill.

**Keywords:** revegetation, water erosion, geotextile.

### Introducción

La disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) representa uno de los problemas urbanos más graves a nivel mundial (Ares, 2016; Farreras, 2017). En general, los sitios destinados para tal fin, son vertederos o rellenos sanitarios. Los vertederos carecen de infraestructura necesaria para controlar la contaminación originada por los residuos enterrados y en consecuencia impactan el ambiente, afectan la salud y el bienestar de la población (Farreras,

2017). Estos sitios constituyen un pasivo ambiental, ya que los residuos colocados en los vertederos producen gases y lixiviados (Tchobanoglous et al., 1994). Para evitar sus efectos negativos deben cerrarse de forma definitiva. Las medidas de rehabilitación implementadas posteriores al cierre, contribuyen a mejorar la salud y preservar el ambiente (González, 2010). Para la rehabilitación de vertederos clausurados la revegetación es considerada un proceso primario para el logro de los objetivos (Hernández, y Pastor 2000), dado que cumple

múltiples funciones: estabiliza la superficie, disminuye la erosión, mejora visualmente el sitio y lo integra en el paisaje (Cortázar et al., 2015). La revegetación puede realizarse mediante técnicas de bioingeniería como la hidrosiembra (Gómez Orea, 2004). Para ayudar a establecer la cobertura vegetal, se puede cubrir la zona sembrada con geotextil de fibra de coco. Funciona como soporte de la hidrosiembra, favorece la germinación y es biodegradable (Correa, 2015).

El objetivo de este trabajo fue comparar el porcentaje de cobertura vegetal y su efecto sobre la erosión hídrica del sustrato, en dos tratamientos de hidrosiembra (*Scolochloa festucaria* Link., *Avena sativa* L. y *Oenothera odorata* Jacq.), con y sin geotextil de coco.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El trabajo se realizó en la ciudad de San Carlos de Bariloche ubicada en el NO de la Patagonia Argentina. La ciudad tiene una población de 133.500 habitantes (INDEC, 2010). El ex vertedero se ubica a 41°10'30"S; 71° 21' 17"O. El clima de la región es templado-frío y húmedo, con lluvias y nevadas principalmente en invierno. La precipitación en el sitio de estudio es de 1000 mm anuales.

### Ensayo de hidrosiembra

En octubre de 2018 se realizó la hidrosiembra en 6 parcelas de 1 m<sup>2</sup> sobre la cubierta superior del ex vertedero, sobre una capa de 6 cm de compost proveniente de la Planta de Compostaje de Biosólidos de la ciudad. Para la hidrosiembra se preparó una mezcla homogénea de 5 litros de agua, 25 g de linaza, 15 g de pasta de papel, 2 cm<sup>3</sup> de fertilizante orgánico líquido y semillas. Se utilizó una mezcla de semillas de: 30 semillas/m<sup>2</sup> para *Oenothera odorata*, 860 semillas/m<sup>2</sup> *Avena sativa* y 6.563 semillas/m<sup>2</sup> de *Scolochloa festucaria*. En 3 parcelas se fijó el geotextil de coco mediante ganchos de alambre galvanizado. Las otras 3 parcelas experimentales no se cubrieron con el

geotextil. Desde la hidrosiembra y en forma mensual las parcelas tuvieron un riego de 2,5 litros por mes.

La cobertura vegetal se evaluó, al final de la estación de crecimiento en abril de 2019 (Figura 1), utilizando el método de Braun-Blanquet (Matteucci y Colma, 2002).



**Fig. 1** Aspecto de las parcelas del ensayo de hidrosiembra sobre la cubierta del ex vertedero de Bariloche, al final de la estación de crecimiento (abril, 2019). (a) Parcela de hidrosiembra con geotextil de coco, (b) Parcela de hidrosiembra sin geotextil de coco.

### Ensayo de lluvia simulada

El ensayo se llevó a cabo en abril de 2019, utilizando el simulador de lluvia (Figura 2) y siguiendo la metodología diseñada por Ramírez (2018) y Ramírez y Ferreira (2018). El simulador de lluvia es un equipo que consta de un prisma con un cilindro adosado que genera una lluvia simulada sobre microparcels. Permite evaluar infiltración, escorrentía superficial (ES) y sub-superficial (ESS), coeficiente de escorrentía (C) y producción de sedimentos.

Para el ensayo, se prepararon 2 microparcels de (20 x 32 x 20 cm) correspondientes a los tratamientos de hidrosiembra con y sin geotextil. Cada microparcels tuvo la misma hidrosiembra y régimen de riego que las parcelas a campo. Cada microparcels se diseñó con dos colectores para volúmenes de escorrentía superficial (ES) y sub-superficial (ESS). Se utilizó una intensidad de lluvia de 140 mm/h (que equivale a una lluvia torrencial o severa).



**Fig. 2.** Ensayo de lluvia simulada sobre microparcels de hidrosiembra. (a) simulador de lluvia con cortina de nylon de alta densidad, (b) microparcels de hidrosiembra con geotextil de coco en el simulador de lluvia.

Se determinó la ES por medición volumétrica mediante probetas graduadas del agua de escorrentía recolectada en cada microparcels. Para la producción de sedimentos, se filtraron las muestras de agua de escorrentía de los ensayos, utilizando papel de filtro (previamente pesado en balanza digital). Los papeles de filtro con sedimentos se secaron en estufa y se volvieron a pesar para determinar por diferencia de pesaje, el peso de los sedimentos de las muestras. Luego se calcularon los valores de sedimentos en g/l generados por la lluvia simulada en dos microparcels experimentales.

## Resultados y discusión

Los resultados del ensayo de hidrosiembra sobre la cubierta superior del ex vertedero, muestran que el tratamiento con geotextil logro mayor cobertura vegetal (>80%), mientras que tratamiento sin geotextil obtuvo menores valores de cobertura vegetal (aproximadamente 40%) (Tabla 1).

En el ensayo de lluvia simulada, se observó que para la microparcels de hidrosiembra con geotextil no se produjeron volúmenes de ES, por lo tanto, la producción de sedimentos fue nula, mientras que las microparcels sin geotextil presento volúmenes de ES y producción de sedimentos (0,37 g/l).

**Tabla 1.** Valores de cobertura vegetal en las parcelas del ensayo de hidrosiembra con y sin geotextil, sobre la cubierta del ex vertedero, volumen de escorrentía superficial (ES) y producción de sedimentos en (ES) registrados en el ensayo de lluvia simulada sobre las microparcels con y sin geotextil de coco.

	Con geotextil	Sin geotextil
Cobertura vegetal (%)	88	38
Volumen de ES (%)	0	58
Producción de sedimentos ES (g/l)	0	0,37

Los procesos de erosión hídrica sobre la cubierta del ex vertedero ocasionan surcos o cárcavas en la superficie, y la exposición de la geomanta que aísla los residuos enterrados. Si por rotura de la geomanta los residuos entran en contacto con el agua de las precipitaciones se pueden generar lixiviados (Hernández y Pastor, 2000). Para evitar que esto ocurra, se debe disminuir los procesos de erosión, logrando mantener la mayor superficie de suelo del ex vertedero con cobertura vegetal (Hernández y Pastor, 2000). Esta cobertura vegetal aumenta la resistencia del suelo al agrietamiento, protege de la

erosión laminar y retiene las partículas que se deslizan por una pendiente (CSAC, 2013).

## Conclusiones

En el presente trabajo se concluye que el tratamiento más adecuado para consolidar el sustrato y reducir la erosión hídrica es el que utiliza geotextil, obteniéndose mayor cobertura vegetal y nulo escurrimiento superficial.

## Agradecimientos

CONICET, PIP: 11220150100196,  
Universidad Nacional del Comahue y  
Universidad Nacional de Río Negro.

## Referencias

- Ares, R. 2016. Un planeta: el desafío de vivir con lo que produce un único planeta 1a Ed. Vázquez Mazzini Editores. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Correa, J.L. 2015. Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil. "Influencia de biomantos de fibra vegetal en la germinación de hidrosiembra en taludes de alta pendiente." Universidad del Bío Bío, Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
- Cortázar, A.; Narea, M.; S. Llamas. 2015. Cierre, sellado y re inserción de antiguos vertederos. Experiencias en Iberoamérica Rev. Int. Contam. Amb. 32 (Especial Residuos Sólidos) 123-139. DOI 10.20937/RICA.2016.32.05.09
- CSAC. 2013. Compilación de documentos publicados por la Cooperación Suiza en América Central. Manual de Bioingeniería reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático. 77pp.
- Farreras, V. 2017. Valoración económica de la remediación de los efectos de la contaminación de un basural a cielo abierto. El caso de El Pozo de Godoy Cruz, Mendoza, Argentina. Cuyonomics. Investigaciones en Economía Regional Año 1, Número 1. Segundo semestre 2017.
- González, G. L. 2010. Residuos Sólidos Urbanos Argentina. Tratamiento y Disposición Final: Situación Actual y Alternativas Futuras. Cámara Argentina de la Construcción.
- Gómez Orea, D. 2004. Recuperación de espacios degradados. Mundi-Prensa Ediciones. Madrid, España.
- Hernández, A. y Pastor, J. 2000. La revegetación de vertederos de residuos urbanos basada en principios ecológicos. Ecología latinoamericana.
- INDEC. 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. 526 Argentina. Disponible en [http://www.indec.gob.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/P2-528\\_D\\_62\\_21.pdf](http://www.indec.gob.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/P2-528_D_62_21.pdf). [Consulta: 28/09/2018]
- Matteucci, S.D. y Colma, A. 2002. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, DC.
- Ramírez, L. P. 2018. Construcción de un simulador de lluvias para estimación de infiltración, escorrentía y sedimentos en microparcels. Tesina de grado Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Salta.
- Ramírez, L. P. y Ferreira Padilla, S. 2018. Ensayos en microparcels con simulador de lluvias en suelo desnudo y con 100 % de cobertura vegetal para estimar erosión hídrica en Salta, capital. En: Actas IV Taller Regional sobre Rehabilitación y Restauración en la Diagonal Árida en la Argentina. I Taller Internacional de Restauración Ecológica. Salta, del 9-11 de octubre de 2018.
- Tchobanoglous, G.; Theisent, H.; Vigil, S. A. 1994. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen II. McGraw- Hill/Interamericana de España S. A. México.