

# PROPUESTA PARA LA ESTABILIZACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA BARDA DEL ÑIRECO CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD

## RESUMEN

El ejido de San Carlos de Bariloche debido a su topografía presenta numerosos taludes, en su mayoría ocasionados por construcción de rutas y otros de origen natural que fueron profundizados por actividad antrópica. En la Barda del Ñireco se producen importantes fenómenos de carcavamiento y remoción en masa, uno de los más importantes fue en el año 2004, en el que se produjeron dos desmoronamientos que arrasaron viviendas provocando un estado de emergencia. El objetivo de este trabajo fue proporcionar información acerca de las posibilidades de estabilización y restauración de un sector de la Barda empleando especies nativas y técnicas de bioingeniería. Sobre la base de imágenes satelitales, salidas a campo, fotografías, se evaluó la composición florística y características del talud, se realizó investigación bibliográfica sobre técnicas de bioingeniería, se evaluó el impacto que generaría sobre la población la estabilización de este talud. Como resultado se propone el empleo del entramado de madera vivo, muro Krainer, ya que soporta

**González Velásquez, Paula**  
Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina  
paula\_elentari@hotmail.com

pendientes de hasta 60° junto a especies nativas como *Berberis* spp., *Adesmia boronioides*, *Schinus patagonicus*, *Embothrium coccineum*, *Fabiana imbricata*, *Baccharis magellanica*,

*Haplopappus glutinosus*, entre otras.

El interés del empleo de especies nativas radica tanto en la conservación de la biodiversidad como para evitar la invasión de especies exóticas en un área protegida como la que rodea a la ciudad de San Carlos de Bariloche. Por otro lado, las técnicas de bioingeniería se integran al paisaje, los costos de mantenimiento son bajos, se logra mejorar la situación de la población que se ve afectada cada año por los derrumbes y se evita el riesgo de pérdidas de vidas.

**Palabras clave:** bioingeniería; taludes; Norpatagonia; especies nativas.

## INTRODUCCIÓN

Las obras viales, urbanizaciones, intervenciones para actividades productivas y extractivas, entre otros, generan movimiento de tierras que pueden dar origen a taludes, que afectan directa o indirectamente a la población, en particular en áreas urbanas y periurbanas de zonas montañosas. Por otro lado, estos taludes pueden tener un origen natural, por el efecto de los incendios, la erosión hídrica y los procesos de remoción en masa, como sucede en las laderas y riberas. Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que pueden adoptar las estructuras de tierra de manera permanente (Matteis, 2003). En particular, los incendios que afectan a la región de San Carlos de Bariloche también generan pérdida de la vegetación. En épocas de lluvia, la escorrentía remueve el suelo desprovisto de vegetación provocando derrumbes que pueden cortar rutas y caminos, y dañar la estructura de viviendas cercanas, no sólo causando **daños** materiales sino también en la integridad física de las personas.

Una técnica utilizada en ámbitos de obra civil, especialmente para consolidar taludes, riberas y controlar la erosión es la bioingeniería (Zeh, 2007). La bioingeniería, ingeniería biológica o ingeniería naturalística es un método constructivo que utiliza materiales vivos como semillas, plantas, partes de plantas y comunidades vegetales, con objetivos técnicos, ecológicos, estéticos y económicos (Zeh, 2007). Se utilizan los términos "*ingeniería*" porque se emplean datos técnicos y científicos con fines constructivos, de estabilización y antierosivos y "*biológica*"

por los organismos vivos utilizados, principalmente especies nativas para reconstruir ecosistemas degradados e incrementar la biodiversidad (Sangalli y Lizarralde, 2005).

Este tipo de técnicas, han sido estudiadas y aplicadas en Europa y en Sudamérica, en general en lugares cálidos, encontrándose pocos ejemplos en Patagonia. En la ciudad de San Carlos de Bariloche, la existencia de taludes en áreas pobladas constituye una oportunidad para evaluar la aplicación de estas técnicas, que generarían impactos favorables en varios aspectos: natural, logrando nuevamente un equilibrio ecológico, recuperando suelo y vegetación; social, minimizando los problemas ocasionados por derrumbes e inundaciones en las viviendas, con la consiguiente mejora en la salud pública; económico, reduciendo los gastos generados cada vez que deben despejarse los caminos y realizarse obras paliativas pero que no resuelven el problema, y evitando gastos futuros. En particular, sobre la margen izquierda del Arroyo Ñireco, situado hacia el este de la ciudad, existe una barda de aproximadamente 25 m de altura, en la cual se han producido importantes fenómenos de carcavamiento y remoción en masa. En el año 2004 dos desmoronamientos arrasaron viviendas afectando la población y generando un estado de emergencia en la zona. Un estudio del SEGEMAR-BGR (2005) propone estabilizar la pendiente para disminuir su inclinación y proteger su superficie reduciendo el escurrimiento superficial; eliminar la calle ubicada al pie de la barda; y reubicar las viviendas localizadas al pie de la pendiente y en la parte superior inmediatamente aledaña, a otras zonas más seguras. Diez años más

tarde (en abril de 2015), la justicia prohibió ocupar viviendas y lotes en esa zona, por considerar que es un lugar con peligro de desmoronamiento (Diario ANB, 2015). Hasta la fecha no se ha concretado ningún trabajo de estabilización y restauración de este talud. Son muchos los vecinos preocupados por el estado general de la barda del Ñireco, hay quienes la utilizan como un basurero ilegal, temen por los incendios intencionales que ponen en peligro sus vidas y viviendas, por los consiguientes deslizamientos de tierra ocasionados por la falta de vegetación. No quieren vivir con ese constante peligro y piden soluciones a largo plazo. A eso hay que sumar que la población que ocupa esta zona es uno de los sectores más vulnerables.

El objetivo de este trabajo es proporcionar información acerca de las posibilidades de estabilización y restauración de un sector de la Barda del Ñireco empleando especies nativas y técnicas de bioingeniería.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está comprendida dentro del ejido urbano de la ciudad de San Carlos de Bariloche, provincia de Río Negro.

Mediante la utilización de imágenes de Google Earth y contrastación a campo se seleccionó una zona de la Barda ubicada en la margen izquierda del arroyo Ñireco en la que se observó una alta pérdida de vegetación con el consiguiente aumento de la erosión y con viviendas cercanas. Para este talud seleccionado se determinó las coordenadas geográficas (latitud y longitud de los extremos sobre la base), elevación (inferior y superior), desnivel, pendiente, largo, ancho, superficie y exposición. Por otro lado, se identificó la intervención antrópica, factores naturales o humanos que generaron el talud, geomorfología, geología y ecosistema de referencia.

Para determinar la composición florística se realizaron censos de vegetación. Las especies a utilizar fueron elegidas por características como: gran desarrollo



Figura 1. Barda del Ñireco con los cinco taludes identificados, de Sur a Norte. Fuente: Google Earth.



radicular en los primeros cuarenta cm del suelo, lo que las hace aptas para la fijación de terrenos; valor ornamental; capacidad de adaptación; facilidad de reproducción (Calabrese & González Velásquez, 2014).

Se realizó una investigación bibliográfica sobre las diferentes técnicas de bioingeniería a nivel mundial y se propuso una técnica para aplicar en el talud seleccionado.

Con respecto al aspecto social, se determinó cuántas viviendas se encontraban en un radio de 100 m, las condiciones de las viviendas y de los barrios en general.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ciudad de San Carlos de Bariloche, debido a su topografía, presenta numerosos taludes, algunos más extensos y de mayor altura, otros más peligrosos. Todos los años se producen inconvenientes pero no se presentan soluciones a largo plazo. En la Barda del Ñireco se identificaron cinco taludes (Figura1), de Sur a Norte, siguiendo

el cauce del arroyo Ñireco, de los cuales se seleccionó un sector del talud B\_03, ya que en el verano de 2016 sufrió incendios que dejaron al talud desprotegido de vegetación (Figura 2).

La base de este talud se extiende entre los  $41^{\circ} 8' 46,76'' S - 71^{\circ} 17' 4,61'' W$  y los  $41^{\circ} 8' 39,79'' S - 71^{\circ} 17' 1,10'' W$ , encontrándose la parte alta a los 848 m snm y la base próxima al arroyo a los 820 m s.n.m., siendo su desnivel de 28 m. Presenta una superficie de 30.107 m<sup>2</sup>, de ellos se eligió un sector de 100 m de longitud con una superficie de 9.350 m<sup>2</sup> para su intervención. La pendiente es de 37° con exposición SE.

Este talud es de origen natural pero sus problemas se ven acrecentados debido a la actividad antrópica, el establecimiento de viviendas e incendios intencionales. Se observó que hay viviendas en la parte superior e inferior del talud, y en la parte superior también hay una escuela primaria. Este pequeño sector presenta características



**Figura 2.** Barda del Ñireco luego del incendio del 4 de marzo de 2016, visto desde las viviendas ubicadas en la base de la barda.

*Fuente:* imagen propia.

geomorfológicas distintivas, incluyendo al abanico aluvial del arroyo Ñireco, niveles de terrazas fluviales y la planicie aluvial. La erosión hídrica y el aluvionamiento son los generadores de estas formas. Los procesos de remoción en masa (deslizamientos y flujos) son importantes.

En cuanto a la geomorfología, se observaron terrazas y abanicos fluviales, cuyos depósitos son gruesos, poco consolidados y generalmente carentes de estructuras sedimentarias, pueden aparecer de forma intercalada lentes areno-gravillosos y con menor frecuencia limosos. Los riesgos de inundación y erosión hídrica son muy altos. Con respecto a la geología, se observan materiales compuestos por rodados, gravas y arenas de origen fluvial, generalmente gruesos y groseramente estratificados con intercalaciones de lentes de sedimentos limosos, arcillosos y orgánicos, más finos. Hay pequeñas acumulaciones superficiales de arenas eólicas de escaso espesor, y en las depresiones pueden encontrarse materiales orgánicos finos, de mallines (SEGEMAR, 2005). Sobre estos mallines están ubicadas las viviendas de la parte inferior del talud.

El ecosistema de referencia es un matorral ribereño, abierto y de hasta 3 m de altura, compuesto por maitén (*Maytenus boaria*), ñire (*Nothofagus antarctica*), chacay (*Discaria chacaye*), palo piche (*Fabiana imbricata*) y calafate (*Berberis buxifolia*) (SEGEMAR, 2005).

Se analizó la composición florística de sectores próximos a la barda y a otros taludes de la zona y se seleccionaron algunas especies que por sus características mejoradoras del suelo, desarrollo radicular, producción de semillas o facilidad de

multiplicación vegetativa en vivero se consideran potencialmente apropiadas para ser utilizadas en la estabilización de taludes. Esto no significa que la sola plantación de estas especies asegure la estabilización del talud sino que en ocasiones es necesario acompañar con otras intervenciones tales como técnicas de bioingeniería que implican movimientos de tierra y/o utilización de materiales de retención de suelo especialmente cuando la pendiente del talud supera los 45°.

Entre las especies posibles de utilizar en la estabilización de este sector del talud, se encuentran: *Acaenasplendens*, por su capacidad de retención de semillas de otras especies bajo su follaje, es fijadora de suelo y mejora la concentración de nutrientes del suelo (De Paz *et al.*, 2013). *Baccharis magellanica*, otorga gran firmeza estabilizando el suelo, minimizando la erosión y reteniendo nutrientes, tiene gran capacidad de fijación del suelo, se puede producir tanto por semillas como por multiplicación de matas. *Haplopappus glutinosus*, es fijadora de suelo, retiene bajo su follaje semillas de otras especies, facilitando su establecimiento, tiene valor ornamental por sus flores amarillas y produce gran cantidad de semillas con alto poder germinativo. Distintas especies de *Berberis*, entre ellas *Berberis empetrifolia*, *B. buxifolia*, *B. darwinii*, pueden ser utilizadas en sectores expuestos de los taludes, como además poseen interés ornamental por sus flores amarillas y su facilidad de reproducción. *Embothrium coccineum*, por ser una especie que se puede reproducir sexualmente y por esquejes que pueden ser utilizados en combinación con técnicas





Esta estructura puede ser sencilla, con una pared longitudinal frontal o doble, con dos paredes longitudinales (Soliveres *et al.*, 2011). El muro Krainer (Figura 3) es un tipo de entramado vivo que utiliza troncos, de hasta dos metros de longitud y 10-30 cm de diámetro, ubicados perpendicularmente al talud, estos troncos se fijan con clavos o pernos; el material de relleno consiste en tierra vegetal y gravas, para evitar el lavado del mismo (García-Vega *et al.*, 2014).

Otro tipo de entramado es el tipo Latino, el mismo es a una sola pared y los troncos en lugar de ubicarse de manera perpendicular, se ubican formando triángulos (Figura 4). La importancia de la técnica de entramados



**Figura 4.** Entramado tipo Latino, ubicación de los troncos. *Fuente:* Cornelini, 2007. 62.

vivos radica en que, a medio plazo, todo el sistema queda reforzado por vegetación, siendo el sistema radical de las plantas el elemento estabilizador del terreno. Así, se tiene como resultado una técnica más integrada y duradera, comparada con los métodos estrictamente estructurales como el hormigón (García-Vega *et al.*, 2014).

Se propone aplicar una de las técnicas de entramado en la base del talud elegido.

Para determinar la altura del muro y ubicación de los troncos en la estructura, se debe realizar un cálculo de estabilidad para así comprobar la seguridad frente a deslizamientos, vuelco, resistencia a flexión y comprobación de anclajes y elementos de unión (García-Vega *et al.*, 2014). Las especies a utilizar en dicha estructura son *Embothriumcoccineum* y *Fabiana imbricata*, se propone el uso de estacas del primero.

En la parte superior se propone generar islas de especies como *Baccharismagellanica*, *Acaenasplendens*, *Haplopappusglutinosus* a partir de semillas, de ser necesario se puede utilizar una malla orgánica para retener las semillas. Además, parches de arbustos como *Adesmiaboronioides*, *Schinuspatagonicus*, *Maytenuschubutensis*, *Berberisbuxifolia*, *B. darwinii*, a partir de plantines generados en vivero. Una vez lograda la estabilización se realizarán monitoreos para el control de exóticas. Luego se podrá intervenir con acciones de restauración activa a través de la siembra o trasplante de especies nativas para así conseguir una mayor diversidad genética y recuperar, además de la estructura, las funciones del ecosistema.

En cuanto al contexto social, se estimó en un radio de 100 m de este talud que el número de viviendas varía entre 100 y 200, según la parte del talud considerada. A raíz de los deslizamientos ocurridos en el año 2004, el gobierno municipal relocalizó a los vecinos del barrio San Cayetanito y Lera que se vieron directamente afectados, en un momento llegaron a pagar 50 alquileres para estas familias, finalmente se construyó un nuevo barrio, 270 Viviendas, de las cuales 220 fueron destinadas para dichos

vecinos (Fusi, L., com. pers.). En recorrida a campo se observan cimientos de las viviendas que demolieron, y a pesar de que la justicia prohibió el establecimiento de viviendas en esa zona todavía hay personas allí, familias que no tienen otro lugar a donde ir. La barda sigue en las mismas condiciones, no se han realizado obras para su estabilización y restauración, por lo que si ocurriera otro deslizamiento sucedería lo mismo que en ocasiones anteriores, se perderían viviendas y en el peor de los casos, vidas.

Se considera que es apropiada la utilización de especies nativas junto a técnicas de bioingeniería en una zona como la de San Carlos de Bariloche, en particular para preservar el área protegida circundante de la invasión de especies exóticas. Con este trabajo se espera brindar un pequeño aporte en la toma de decisiones sobre medidas concretas para la estabilización y restauración de la Barda del Ñireco. Cabe destacar que este trabajo representa una propuesta en base a investigación bibliográfica y salidas al campo, los trabajos en sí todavía no se han llevado a cabo, sin embargo se espera llegar a esta instancia en un futuro cercano.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto Final Integrador de la Carrera Ingeniería Ambiental y fue realizado en el marco del proyecto de investigación 40-B-156 financiado por la Universidad Nacional de Río Negro. Al CIN (Consejo Interuniversitario Nacional) por otorgarme una Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas del CIN en el período 2013-2014.

### BIBLIOGRAFÍA

- CALABRESE, G.M. y GONZÁLEZ VELÁSQUEZ, P.V.** (2014): *Especies nativas para la restauración de taludes en los alrededores de San Carlos de Bariloche, en: II Jornadas Nacionales de Ambiente*, Tandil.
- COITAPAC** (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas y Peritos Agrícolas de Cataluña) (1998): *Restauración del paisaje. Obras de bioingeniería. Técnicas de estabilización de taludes*. Normas tecnológicas de jardinería y paisajismo, NTJ 12S, Parte 2.
- CORNELINI, P.** (2007): *La palificata viva latina. Ingegneria naturalistica, una nuova opera di consolidamento delle scarpa*. HACER 6. 61-65. Italia.
- DE PAZ, M.; GOBBI, M.E. y RAFFAELE, E.** (2013): *Mantillo de las especies leñosas de matorrales del NO de la Patagonia: abundancia, composición, estructura y heterogeneidad*. Bol. Soc. Argent. Bot. 48 (3-4): 525-541.
- DIARIOANB**(2015): *Justicia prohíbe ocupar viviendas y lotes en Barda del Ñireco*. Disponible en: <http://www.anbariloche.com.ar/noticias/2015/04/15/47585-justicia-prohibe-ocupar-viviendas-y-lotes-en-barda-del-ireco>. Fecha de consulta: 26/10/2015.
- GARCÍA-VEGA, A.; SANZ-RONDA, F.J.; FUENTES-PÉREZ, J.F.; NAVARRO-HEVIA, J. y MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, A.** (2014): "Bases metodológicas para el cálculo de muros entramados de madera con vegetación o muros Krainer", en: *Informes de la Construcción*. Vol. 66, 533, e012.



ISSN-L: 0020-0883. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.072>.

**MATTEIS, Á.F.** (2003): *Estabilidad de taludes. Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura*. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>. Fecha de consulta: 07/01/2016.

**SANGALLI, P. y LIZARRALDE, A.** (2005): "Estabilización de un talud mediante técnicas de Bioingeniería en el Espacio Natural de Leizarán. Infraestructuras y actividades extractivas", en: *Cuadernos de Arquitectura del Paisaje*. España. 102-105.

**SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO (SEGEMAR-IGRM) & Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR), Alemania** (2005): *Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial, San Carlos de Bariloche*. Buenos aires. Anales n° 42.

**SOLIVERES, S.; CONTRERAS, V.; FERNÁNDES, J. P.; CORTINA, J.; GARCÍA-PALACIOS, P.; MARTÍNEZ, M.; et al.** (2011): "Ecotecnología aplicada a la restauración de infraestructuras de transporte", en: **VALLADARES, F.; BALAGUER, L.; MOLA, I.; ESCUDERO, A. y ALFAYA, V.** (Eds.) (2011): *Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte*. 177-210.

**ZEH, H.** (2007): *Ingeniería Biológica. Manual técnico. Federación Europea de Ingeniería del Paisaje*. [CD].