

ESTABILIZACIÓN BIOTÉCNICA DE TALUDES COMO AGENTE DE REHABILITACIÓN EN AMBIENTES DEGRADADOS POR LA MINERÍA

Por Mauricio Lemus¹

Gran parte de las actividades que desarrolla el hombre son, en mayor o menor medida, agresivas con la naturaleza, en especial la actividad minera que genera una serie de impactos sobre el medio ambiente.

La mina El Teniente se encuentra ubicada en la cordillera de los Andes sobre los 2000 msnm, un ambiente especialmente frágil, por lo cual el impacto sobre este medio ha sido muy intenso. Una de las alteraciones generadas por las labores asociadas a la explotación de esta mina, como son el desarrollo de caminos, canales de relave, botaderos de escombros y derrame de riles, han desembocado en la generación de laderas o taludes inestables, susceptibles de sufrir procesos de erosión o movimiento en masa. Ante este escenario surge la necesidad de realizar acciones correctivas que permitan favorecer su firmeza y evitar así procesos erosivos.

Esta problemática se puede enfrentar con un enfoque “blando” o “verde”, el cual permite dar una solución mediante el uso de vegetación (Moscoso, 2003) y otorga una protección contra la erosión, apoyando la estabilización geotécnica y la integración paisajística (Jimeno y Bermúdez, 2002). De esta forma se rehabilitan estos ecosistemas dañados, buscando que estos terrenos adquieran una forma y productividad de acuerdo a un plan previo y sean ecológicamente estables, sin contribuir sustancialmente al deterioro ambiental y se integren en el paisaje circundante (Arranz, 2009).

La estabilización biotécnica y la bioingeniería de suelos son dos técnicas en que la vegetación se utiliza como elemento principal de estabilización y control de erosión (Mataix, 2002_a), detallando el autor las actuaciones de cada una de las técnicas de la siguiente forma:

Estabilización biotécnica: este término hace referencia al uso combinado o integrado de elementos vegetales vivos y componentes mecánicos o estructurales inertes.

Bioingeniería de suelo: es un término más específico que se refiere principalmente a la utilización de plantas completas o esquejes, fragmentos de tallos, raíces o ramas con capacidad de enraizar y desarrollar una planta adulta, como elementos principales y únicos en la estabilización de taludes.

Rol de la vegetación

Normalmente la vegetación es utilizada, en las obras de ingeniería, para reducir el impacto visual ocasionado por la intervención de las obras en el medio, mejorando la calidad paisajística de dichas zonas. La vegetación además puede jugar un papel importante en el control de los procesos y como elemento de protección y conservación de suelo, por la influencia que ejercen sobre él, tanto en superficie, protegiendo y sujetando el suelo, como en profundidad, al incrementar la resistencia y la cohesión de los terrenos. Su influencia es significativa en el nivel de humedad del suelo y en su capacidad de retención del agua. Todos estos efectos pueden resultar beneficiosos o adversos, dependiendo de las circunstancias, aunque indudablemente la mayoría de ellos resultan positivos y relevantes en proyectos de ingeniería (Mataix, 2002_b).

Experiencias prácticas

Diversas son las laderas o taludes inestables generados

por las actividades de la mina El Teniente, en las que se ha determinado como solución tecnológica la estabilización biotécnica, entre ellas:

- Quebrada Tes: Una serie de laderas ubicadas a un costado de la planta de tratamiento de gases en Caletones (sobre los 1600 msnm), la cual fue utilizada como botadero de diversos escombros, incluso aceite.
- Cancha Kelly: Ladera con abundante presencia de ladrillos de la antigua fundición de caletones que fue rellenado con sustrato del lugar para luego ser estabilizado.
- Socavón La Paula: Sector donde ocurrió un derrame de relave que provocó daños en la vegetación y pérdida de suelo en una ladera de la Quebrada La Paula. Este incidente ocurrió a la altura del km 13,34 de la canoa de relaves.

Rehabilitación de ambientes degradados y estabilización biotécnicas de taludes El Teniente

Considerando las características de las laderas, en cada una de las situaciones, se determinó utilizar como elemento inerte barreras de lampazo, como parte de la estabilización biotécnica de taludes. El componente vegetal vivo utilizado fue la hidrosiembra y revegetación con herbáceas, arbustos y árboles. Buscando lograr eficiencia en la corrección de la erosión, estabilización de las laderas y en comparación con construcciones de ingeniería convencional, estos sistemas tienen mucha ventaja incluyendo entre ellas: mayor duración, una eficiencia superior, menos mantenimiento, costo menores y una compatibilidad estética mejor con el paisaje circundante (Schiechtl, 1986).



Sistemas de barrera de lampazo en ladera reconstruida de Socavón La Paula

Barreras de lampazo: Obra destinada a la regulación de flujos hídricos y de contención de sedimentos en taludes, cárcavas y laderas inestables.

A través de esta obra se pretende cortar la longitud de la pendiente. La influencia de la longitud de la pendiente aparece manifiesta al considerar que cada zona de una ladera está sometida a la escorrentía de zonas de mayor altitud; la altura de flujo en cada punto es mayor a medida que aumenta su distancia de la cumbre y, por consiguiente, suele presentar las manifestaciones erosivas más importantes en las zonas bajas de la laderas (Llopis, 2003). Este tipo de estructura, en un primer momento, proporciona al talud resistencia frente a los procesos erosivos y de inestabilidad pero, su importancia como agente de estabilización va disminuyendo progresivamente al desarrollarse la cubierta vegetal (Mataix, 2002_b).



Instalación de barrera de lampazo en ladera de quebrada Tes

Suelo: Quebrada Tes y Cancha Kelly son laderas ubicadas en las cercanías de la fundición Caletones, por lo cual han estado expuestas durante casi un siglo a depositación ácida, observándose procesos intensos de acidificación del suelo. Esto se ha reflejado en pH extremadamente ácidos según Soil Survey División Staff (1993), lavado de cationes no ácidos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), deterioro del carbono de la biomasa microbiana (CBM), disminución de carbono orgánico (CO) y aumento de las concentraciones de aluminio intercambiable (Al^{3+}) (Lemus, 2008), además de ser utilizados como botaderos de escombros e incluso de aceite.

Por lo tanto, para reestablecer la funcionalidad de los suelos en el ecosistema, se requiere utilizar enmiendas químicas y orgánicas que permitan la corrección de la acidez y la mejora del estatus nutricional y de las propiedades físicas (estructura, capacidad de retención de humedad, aireación), favoreciendo el reestablecimiento de la actividad biológica de los suelos degradados. En tanto Mendez y Maier (2008) señalan que el uso de enmiendas orgánicas permiten disminuir inmediatamente la biodisponibilidad de los contaminantes. De esta forma se determinó aplicar enmiendas calcáreas en conjunto con compost en toda la superficie de ambos taludes.



Ladera de quebrada Tes luego de la aplicación de compost y cal.

Hidrosiembra: Es la disposición de una suspensión homogénea de agua y semillas a gran presión sobre la superficie del terreno, con otros productos como fertilizantes, mulches y estabilizadores químicos, que tienen el objetivo de fijar las semillas al terreno, evitando pérdidas por escorrentía, gravedad o por efecto del viento (Moscoso, 2003). Permite en lugares de difícil acceso lograr una cobertura vegetal rápida, disminuyendo en un corto tiempo la erodabilidad de las laderas inestables.



Aplicación de hidrosiembra en ladera de Cancha Kelly

Cobertura Vegetal: Se considera utilizar especies características de la formación vegetacional donde se encuentran ubicados los taludes a tratar, bosque esclerófilo en socavón La Paula y matorral esclerófilo altoandino en los taludes de cancha Kelly y quebrada Tes (Gajardo, 1994). Considerando la función que deben cumplir las plantas como elemento estructural o de protección, Mataix (2002_b) señala que, si se trata de controlar la erosión superficial, las principales funciones de la vegetación

son el recubrimiento y la protección. Ante esto son preferibles las plantas con raíces fibrosas y superficiales muy extendidas, capaces de crear una cubierta densa y continua, en el caso que el objetivo sea prevenir el movimiento en masa las funciones asignadas a la plantas son el anclaje, para lo que se necesita plantas con un sistema radicular fuerte y profundo. Estas plantas se desarrollan rápidamente, tienen tallos resistentes y una alta relación entre la biomasa del sistema radicular y la biomasa de la parte aérea. Considerando estas características se privilegia el uso de especies arbustivas, con una adecuada relación de la parte aérea versus biomasa radicular (*Guindilla trinervis*, *Colliguaja intergerrima*, *Escallonia illinita*, *Muehlenbeckia hastulata*), con un especial interés en aquellas especies con gran desarrollo radicular, que proveen mayor estabilidad (*Vetiveria zizizoides*, *Cortaderia araucana*) y en condiciones más favorables, con mayor volumen de suelo para el desarrollo radicular, se utilizaron especies arbustivas mayores y arbóreas (*Schinus montanus*, *Schinus polygamus*, *Maytenus boaria*, *Lithrea caustica*).

Conclusiones

La estabilización biotécnica de taludes ha resultado una técnica bastante conveniente para estabilizar taludes o laderas inestables en áreas de El Teniente. La utilización de construcciones mixtas a través de barreras de lampazo, en conjunto con actividades de revegetación utilizando especies de las diversas estratas vegetacionales, han resultado ser una solución adecuada a problemas generados por los procesos productivos, rehabilitando terrenos degradados, mejorando el paisaje y la funcionalidad de los ecosistemas, a lo que se suma su bajo costo y sustentabilidad en el tiempo. ■

PARA MUESTRA UN BOTÓN

El Mejoramiento de la ruta Coya - Gultro, vía utilizada para el transporte de ácido sulfúrico desde Caletones hasta la estación ferroviaria de Los Lirios, es una obra realizada por División El Teniente cuya ejecución generó una serie de taludes inestables a lo largo de la ruta.

Uno de los sectores prioritarios donde fue necesario realizar trabajos de estabilización se encuentra entre los Kms 1,310 y 1,480 de la ruta. El talud generado en este lugar, de gran superficie y longitud, quedó expuesto a un fuerte proceso erosivo, poniendo en peligro la estabilidad y un sector de la ruta.

En esta ladera se determinó la utilización de técnicas de estabilización biotécnica de taludes, utilizando barreras de lampazo como elemento inerte de estabilización.

El componente vegetal vivo utilizado fue la hidrosiembra y revegetación con especies arbóreas (peumo, quillay, litre y pimienta) en la terraza. En las microterrazas, formadas por las barreras de lampazos, se establecieron especies arbustivas como quilo, ñipa, zarzamora.

Tras seis años de realizados los trabajos, se observa una detención de los procesos erosivos y un adecuado desarrollo de vegetación, que incluso se estableció naturalmente.

De esta forma se genera una progresión de los fenómenos de recuperación, ya que estas formaciones vegetales protegen al suelo frente a la erosión y le aportan materia orgánica, facilitando su evolución hacia un perfil más fértil y maduro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRANZ, J.; ALBERRUCHE, D. Y MARTÍNEZ, B. 2009. Definición de modelos y fórmulas de restauración ambiental y de criterios para el establecimiento de usos agrarios sobre zonas explotadas. Documento N°4. Ordenación Minero Ambiental del sector de los Áridos en la zona Occidental de la Ribera del Ebro (Navarra). IGME.
- GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile: Clasificación y distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 165 p.
- JIMENO, C. y BERMUDEZ, P. 2002. Manual de estabilización y revegetación de taludes: Madrid. (López, J., ed.). Madrid. 704 P
- LEMUS, M. 2008. Degradación química y biológica en suelos cercanos a la fundición de cobre Caletones, VI Región Chile. Memoria para optar al título profesional de Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 59p.
- LLOPIS, G. 2002. Control de la erosión y obras de desagüe. En: Manual de estabilización y revegetación de taludes: Madrid. (López, J., ed.) pp. 287-390. Madrid.
- MATAIX, C. 2002a. Funciones de la vegetación en el tratamiento de taludes. En: Manual de estabilización y revegetación de taludes: Madrid. (López, J., ed.) pp. 491-556. Madrid.
- MATAIX, C. 2002b. Técnica de bioingeniería en el tratamiento de taludes. En: Manual de estabilización y revegetación de taludes: Madrid. (López, J., ed.) pp. 557-594. Madrid.
- MATAIX, C. 2002c. Selección de Especies Vegetales y Técnicas de Implantación. En: Manual de estabilización y revegetación de taludes: Madrid. (López, J., ed.) pp. 595-633. Madrid.
- MENDEZ, M. Y MAIER, R. 2008. Phytostabilization of mine taillings in arid and semiarid environments - An emerging Remediation Technology. *Environmental Health Perspectives*. 116 (3): 278-283.
- MOSCOSO, 2003. Principios y fundamentos para aplicación de bioingeniería de suelos en taludes de corte. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero en ejecución en ambiente. Universidad de Santiago. 183p.
- SCHIECHTL H.M. (1986) Manual de ordenación de cuencas hidrográficas: Estabilización de laderas con tratamientos del suelo y la vegetación, pp. 65, Guía FAO: Conservación núm. 13/3, Roma.