

Tecnologías de revegetación de taludes en locaciones en zonas áridas

Beider, Adriana¹; Ciano, Nicolás¹; Zerrizuela, Rubén¹; García, Luis²

¹ EEA INTA Chubut, ² YPF UNAS

**abeider@chubut.inta.gov.ar, nciano@chubut.inta.gov.ar, rzerrizuela@chubut.inta.gov.ar,
lgarciaca@repsolypf.com**

Resumen

La construcción de locaciones en corte para el desarrollo de la actividad petrolera, altera el relieve, el suelo y la vegetación, y produce impactos intensos y a gran escala. Como resultado de esta construcción, se generan taludes de pendientes pronunciadas con superficies inestables y susceptibles a la erosión ya que están compuestos por materiales que se hallaban en profundidad, sin estructura, de textura mediana a gruesa y carente de vegetación. Este conjunto de características sumado a las características del medio ambiente, limitan fuertemente la revegetación natural y con ello la recuperación de las interacciones y procesos ecológicos con el entorno, por lo que se hace necesaria la intervención del hombre con técnicas que inicien y aceleren estos procesos de recuperación.

Las técnicas de rehabilitación otorgan al sitio una estructura y funcionalidad vegetal diferente al sistema original, pero compatible con el ambiente, capaz de automantenerse en el tiempo e integrarse al entorno a mediano plazo.

Las estrategias de rehabilitación aplicadas se basan principalmente en la recomposición de la cobertura vegetal, a partir de la cual se ponen en funcionamiento, procesos ecológicos básicos, como el reciclado de nutrientes, incorporación de materia orgánica, retención de humedad en el suelo, disminución de pérdida de material por agentes erosivos, etc.

Las experiencias se realizaron en taludes ubicados en el área del Golfo San Jorge en la provincia del Chubut. Se utilizó la plantación de especies nativas, que a través del tiempo, han logrado establecerse, desarrollarse y reproducirse con éxito en estos ambientes. Las tareas de plantación fueron acompañadas con técnicas tales como el uso de un polímero de retención de humedad para facilitar la instalación y desarrollo de las plantas, y barreras de contención, para evitar los deslizamientos del material superficial.

Los resultados alcanzados fueron muy satisfactorios, surgiendo una serie de consideraciones técnicas a tener en cuenta al momento de construir las locaciones, en busca de generar superficies de plantación lo suficientemente estables para que el desarrollo de la cobertura vegetal implantada y natural sea viable y sostenible en el tiempo.

La aplicación de esta tecnología permite ejecutar un sistema de remediación de costo y complejidad de aplicación relativamente bajo, el cual no requiere de un mantenimiento posterior.

Introducción

Las actividades humanas inciden sobre el medio provocando modificaciones en el suelo y en la estructura de la vegetación, lo que trae aparejado incremento de los procesos erosivos, degradación de los suelos, modificaciones puntuales del relieve, pérdida de la cobertura vegetal, pérdida de biodiversidad, etc. impactos que se ven incrementados en los sitios de relieves con pendientes. Una de las principales actividades del área del Golfo San Jorge, que impacta directamente sobre los recursos naturales, es la petrolera. Esta actividad produce impactos intensos y a gran escala sobre el suelo y la vegetación. La construcción de locaciones en corte para la instalación de los equipos de extracción del mineral, alteran el relieve, el suelo y la vegetación. Como producto de estas construcciones sobre terrenos ondulados, se generan taludes de pendientes en general pronunciadas, compuestos por materiales que se hallaban en profundidad, sin estructura, de textura mediana a gruesa y carente de vegetación. Se generan entonces superficies muy inestables y susceptibles a la erosión. Este conjunto de características limitan fuertemente la revegetación natural y con ello la recuperación de las interacciones y procesos ecológicos con el entorno, por lo que se hace necesaria la intervención del hombre con técnicas que inicien y aceleren estos procesos.

Las locaciones en corte están compuestas por una plataforma de aproximadamente 1 ha, un paredón de altura variable (sector de corte), y un talud (pendiente abajo) en la parte inferior, del mismo ancho de la locación, y de largo variable, en función de la pendiente natural del sitio, y sin cobertura vegetal. El material expuesto en la superficie del talud es el material de suelo que se encontraba a profundidad, y que fue removido durante la construcción de la locación. Es un material inerte, sin actividad biológica, carente de nutrientes y materia orgánica, con poca capacidad de retención de agua, sumamente inestables por carecer de estructura y por la naturaleza de su textura. Estos taludes sin cobertura vegetal son susceptibles ante los fenómenos meteorológicos naturales (lluvias y viento), agravado por una pendiente importante, de entre 30-35°. Logran con el tiempo su estabilidad, cuando las partículas de suelo alcanzan su posición definitiva de acuerdo a su ángulo de reposo, que es la pendiente a partir del cual un material suelto que estaba en reposo comienza a desmoronarse, o cuando se restaura la cobertura vegetal. Mientras tanto, los procesos erosivos desencadenados por acción del agua y el viento producen escorrentía y pérdida de suelo, con consecuencias sobre la estabilidad del talud y la locación. Debido a que dicho ángulo de reposo sólo se alcanza en la parte inferior de la ladera donde se acumula el material que se desplaza de las partes superiores, la recomposición de la cobertura vegetal es el medio más efectivo para la estabilización de los taludes.

Importancia de la cobertura vegetal

En ambientes áridos los procesos erosivos provocan grandes impactos sobre el suelo por lo que el efecto protector que brinda la cobertura vegetal es de vital importancia. El follaje reduce la velocidad de las gotas de lluvia logrando que el impacto sobre el suelo sea con menor energía y en consecuencia la capacidad de remoción del suelo mucho menor. El escurrimiento del agua y el potencial erosivo del viento también se ven minimizados por la vegetación, arrastrando menor cantidad de partículas de suelo, semillas, nutrientes y material vegetal. La infiltración es mayor que en suelos desnudos y por lo tanto es mayor la disponibilidad de agua para las plantas. Los ecosistemas áridos y semiáridos muestran una estructura en parches los cuales

tiene una alta biomasa, distribuidos en una matriz de suelo pobre en vegetación. Los arbustos juegan un papel fundamental en la iniciación de procesos de recomposición de áreas degradadas donde actúan concentrando los escasos recursos formando verdaderas “islas fértiles”.

Las plantas adultas generan un efecto nodriza sobre las nuevas plántulas que intentan establecerse. Actúan como trampa de restos orgánicos y semillas transportadas por el viento que se acumulan debajo de ellas, proveyendo de un sustrato adecuado para la germinación. Las plántulas encuentran en estos micrositios, mayor humedad y menor temperatura en verano lo que disminuye su estrés hídrico y térmico. Además encuentran protección a la herbivoría aumentando su probabilidad de establecimiento y desarrollo.

La remediación

Cuando se habla de restaurar un área disturbada se hace referencia a devolver, al sitio, un estado lo más parecido al inicial. En la práctica esto en general no es posible a menos que el nivel de disturbio sea mínimo. La perturbación en las locaciones en corte es muy severa, se ve modificado **el relieve**, pasando de lomas suaves a sectores con pendientes pronunciadas (taludes), **el suelo**, se pierde quedando en superficie un material inerte, sin estructura, inestable, sin actividad biológica, sin materia orgánica, sin nutrientes, con poca capacidad de retener humedad, etc. despojado totalmente de una cobertura vegetal. Si además tenemos en cuenta que estos sistemas están formados por especies de lento crecimiento, estrategia que les permite permanecer en este tipo de ambientes al maximizar la utilización de los escasos recursos disponibles, nos encontramos en condiciones sumamente limitantes para retornar a la situación inicial. Por ello nos referimos a **remediar** el área, es decir, devolver al sitio una funcionalidad vegetal similar aunque con una estructura distinta al sistema original, pero compatible con el ambiente, capaz de automantenerse en el tiempo e integrarse al entorno a mediano plazo.

Las estrategias de rehabilitación se basan principalmente en la recomposición de la cobertura vegetal, a partir de la cual se pondrán en funcionamiento, procesos ecológicos básicos, como el reciclado de nutrientes, incorporación de materia orgánica, retención de humedad en el suelo, disminución de pérdida de material por agentes erosivos, etc. Como se mencionara, se busca generar un sistema capaz de automantenerse en el tiempo, para ello es necesario que la vegetación que se utilice para revegetar sea rústica, adecuada al medio, adaptada a las limitaciones físico-químicas existentes y que cumpla con los objetivos buscados. Todas estas características las encontramos en las especies nativas, que a través del tiempo se han ido adaptando a estas condiciones, logrando establecerse, desarrollarse y reproducirse con éxito en estos ambientes.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio corresponde al sistema fisiográfico de Cañadones costeros de Comodoro Rivadavia (Beeskow 1987), un grupo de cañadones costeros profundos y paralelos que descienden desde el margen de la meseta dejando niveles de sedimentos asociados a estratos resistentes, formados por una cobertura

aluvial-columial del Holoceno. Litológicamente, son sedimentos areno arcillosos (arcillitas), areniscas y bancos calcáreos con alto contenido arenoso y permeables que conforman el regolito.

El bajo volumen de precipitaciones, con medias anuales de entre 200 a 250 mm, condicionan un ambiente árido, acentuado por fuertes vientos, que soplan continuamente del sector oeste. La distribución de las precipitaciones, es más o menos uniforme a lo largo del año, presentando mayores volúmenes en los meses de otoño e invierno. La temperatura media anual de 12.8 °C presentando, la zona, un alto déficit hídrico en los meses de primavera - verano dado por las altas temperaturas y las escasas precipitaciones.

Ubicada en la región fitogeográfica del Golfo San Jorge, el área cuenta con distintas comunidades vegetales predominando los matorrales abiertos, estepas arbustivas y pastizales. Entre las especies dominantes encontramos *Colliguaya integerrima* (duraznillo), *Schinus johnstonii* (molle), *Retanilla patagonica* (malaespina), *Anarthrophyllum rigidum* (mata guanaco), *Grindelia chilensis* (botón de oro), *Senecio filaginoides* (charcao), *Adesmia salamancensis*, en el estrato arbustivo y subarbustivo y *Festuca argentina*, *Stipa humilis* (coirón llama), *Stipa speciosa* (coirón duro), *Poa ligularis* (poa), *Bromus spp.* (cebadillas) y *Hordeum spp.* (cola de zorro) en el herbáceo.

Técnicas aplicadas

Se seleccionaron taludes representativos de las distintas problemáticas encontradas en el área, de manera de contar con un amplio panorama de situaciones, que nos permitiera formar un criterio a partir del cual generar técnicas, recomendaciones y medidas para mitigar los impactos.

A fin de generar técnicas adecuadas para aplicar en las tareas de estabilización y revegetación de taludes en locaciones de corte, se evaluaron distintas prácticas que se diseñaron acorde a las limitaciones y problemáticas que se presentan en estos sitios: inestabilidad de las superficies de plantación, disponibilidad de agua, limitantes edáficas y falta de cobertura vegetal.

Las plantas utilizadas en las tareas de revegetación fueron producidas en el vivero de la EEA Chubut del INTA.

Inestabilidad de las superficies de plantación

La textura y falta de estructura del material en los sitios a recomponer, se traducen en constantes deslizamientos de material de magnitudes variables, dependiendo de la pendiente del talud. La consecuencia directa de ésta situación sobre las plantas es, el descalce de las ubicada en parte superior del talud por pérdida de material y el sepultado de las existentes en la zona inferior, por acumulación de material proveniente de los sectores más altos. En vista de ello se implementaron diversas técnicas con el objeto de generar una superficie de plantación más estable.

Plantación en terrazas

Las terrazas se realizaron con una leve pendiente hacia adentro, se practicaron con azada y posteriormente, con un rolo manual, se alisaron y compactaron, conformando una terraza de aproximadamente 40 cm de ancho. La distancia entre terrazas debía ser aumentaba a medida que se descendía sobre el talud, por los problemas de deslizamiento y desmoronamiento que generaba el material no consolidado, siendo de entre 1.20 a 2.50 m. La separación entre plantas fue de 40 cm.

Plantación sin aterrazado

Con esta técnica el pisoteo era menor y en consecuencia también el desmoronamiento de material no consolidado, observado en la construcción de las terrazas, lo que permitía una distancia entre filas más



Foto 1: a) tareas de aterrazado b) nplantación v riego c) aspecto final

constante que rondó aproximadamente 1.20 m. La distancia entre plantas fue más variable que en el aterrazado, entre 40 a 80 cm debido a la presencia de sitios con mayor o menor deslizamiento al no contar con una superficie consolidada como en el caso de la terraza para realizar la plantación.

Colocación de barreras

Ubicadas en forma perpendicular a la pendiente del talud minimiza en cierta forma este efecto, al actuar conteniendo el material que se desliza y reduciendo su energía de arrastre, disminuyendo los efectos erosivos. Se buscó confeccionar barreras en materiales que se degradaran a través del tiempo sin impactar el ambiente ni el paisaje. Teniendo en cuenta que los trabajos se realizan en sitios con pendiente, lo que agrega una cuota de dificultad a los trabajos, se consideró que las barreras tuvieran un tamaño adecuado al objetivo buscado pero que a la vez se pudieran manejar y colocar con facilidad. Finalmente las barreras consistieron en tubos de arpillera (paños) rellenos con distintos tipos de material a fin de evaluar el más apropiado para los objetivos buscados (turba, aserrín, viruta de madera). La longitud final de cada barrera quedó en 1.10 m con un diámetro aproximado de 0.10 m.





Foto 2: a) colocación de barreras para reducir los deslizamientos de material b) acción protectora sobre las plantas c) material retenido por las barreras

Disponibilidad de agua

Las especies utilizadas en las tareas de revegetación están adaptadas a resistir condiciones de sequía. Sin embargo en la etapa de establecimiento del plantín y hasta tanto el sistema radicular alcanza un desarrollo adecuado, que le permita a la planta explorar en capas profundas, se debe asegurar una provisión de agua suficiente para su supervivencia. Si bien la época de plantación recomendable es aquella que coincide con la mayor frecuencia de lluvias, su ocurrencia es un fenómeno errático, esto implica tener que prever riegos periódicos en caso que las precipitaciones no sean las esperadas. Una forma de asegurar la provisión de agua, independientemente de la ocurrencia de las lluvias, es la utilización de un **polímero sintético** (poliacrilamida) con propiedades de retención de agua, este polímero actúa como reservorio de agua reduciendo la mortalidad de los plantines por estrés hídrico en ésta etapa crítica.

Se evaluaron dos opciones para la aplicación del polímero:

Polímero sin hidratar: incorporando en el hoyo de plantación aproximadamente 5 gr por planta, una vez finalizada la plantación se aplica un riego a fin de que el polímero se hidrate.

La ventaja de esta forma de aplicación es que, para plantar 200 plantines solo se necesita descender por el talud transportando 1 k de polímero. La contra es que luego de plantar se debe volver a recorrer todo el talud para realizar el riego utilizando 2-3 lt de agua por planta. De éste volumen, parte se pierde por infiltración a capas más profundas y el tiempo que el polímero está en contacto directo con el agua no es suficiente para una completa hidratación.

Polímero previamente hidratado: la hidratación previa del polímero requiere una logística mayor, en primer lugar se debe hidratar el polímero 12 hs antes de la plantación (tiempo que asegura una completa hidratación). Para ello se debe disponer de tambores de 200 l con agua en los cuales se hidrata el polímero.



Foto 3: Procedimiento de plantación: realización del hoyo, colocación del polímero hidratado, colocación del plantín, tapado con suelo.

Para moverse en el talud el polímero ya hidratado se traslada hasta los lugares de plantación en recipientes de 20 l. Realizado el hoyo de plantación se coloca 1 lt, seguidamente se ubica la planta y se tapa con suelo. Si bien esto implica tener que descender por el talud, llevando el polímero hidratado (mayor peso y volumen, para 20 plantas 20 k), la ventaja de utilizarlo de ésta forma es que se logra una hidratación total del polímero, dejando en el hoyo de plantación efectivamente 1l de agua disponible para la planta. Además con la hidratación previa, no hay necesidad de volver a transitar el talud, ya que se prescinde del riego, se utiliza menor cantidad de agua (1 lt por planta) y en una sola incursión por el talud se realizan todas las actividades, lo que genera menos deslizamientos de material.

Limitantes edáficas

La textura, estructura, composición mineralógica y contenido de materia orgánica son propiedades del suelo que influyen en el desarrollo de las plantas. Son determinantes de la disponibilidad de agua y de nutrientes condicionando la expansión de las raíces, el desarrollo de la planta y su anclaje al terreno.

De la caracterización realizada en la primer etapa los análisis químicos indican que no existen limitantes edáficas para el establecimiento de la vegetación en forma natural o inducida. Sin embargo el predominio de texturas arenosas, confieren al suelo una alta permeabilidad en desmedro de la capacidad de retención del agua. La falta de estructura, sumado a las pendientes de los sitios disturbados, potencian los procesos erosivos de origen fundamentalmente hídrico situación que afecta en forma directa el anclaje de las plantas que intentan establecerse en forma natural o las que se plantan.

Se trabajó con distintas alternativas de **sustratos** para contrastar resultados y evaluar la relevancia y costo/beneficio de trabajar con uno u otro.

Material expuesto luego de terminada la construcción del talud

El material expuesto en la superficie del talud es el material que se encontraba a profundidad, y que fue removido durante la construcción de la locación. Se trata de un suelo sin desarrollar por no haber estado expuesto a los factores formadores de suelo, fundamentalmente el clima y los seres vivos. Se caracteriza por ser un material inerte, sin actividad biológica, carente de nutrientes y materia orgánica, con poca capacidad de retención de agua por la naturaleza de su textura y sumamente inestable por carecer de estructura.

Material de destape

Al hablar de material de destape se hace referencia al material proveniente de los primeros centímetros de suelo que existe en el lugar antes de comenzar la construcción de la locación. Es un suelo totalmente formado a partir de la meteorización del material a lo largo de muchos años. Este material tiene buena capacidad para retener humedad, es fuente de nutrientes y semillas, generando sitios adecuados para el establecimiento de la vegetación. Posee gran cantidad de restos vegetales y una textura y estructura que le confiere estabilidad en contraste con el material inerte proveniente de horizontes más profundos que forman el talud. En los ambientes áridos esta capa es de un espesor reducido, en general se habla de los primeros 5 centímetros, aunque en muchos casos se puede observar que es un poco más. Lo ideal es chequear en cada área en particular donde se construirá la locación la profundidad de dicha capa y trabajar extrayendo y reservando ese espesor para luego distribuirlo sobre el talud terminado.

Material de repositorio

Este material consiste en una mezcla de suelo empetrolado con ripio que normalmente es utilizado como material de relleno para los caminos dentro del yacimiento. Siendo que el contenido de hidrocarburos totales se hallaba dentro de los límites exigidos por la legislación vigente, se consideró adecuado evaluar su utilización en situaciones, en la cual las dimensiones del talud son muy importantes y el material de destape que se puede llegar a reservar en la etapa de construcción de la locación, no es suficiente para cubrirlo.

Falta de cobertura vegetal

Como se explicara al principio, uno de los principales factores que influyen en la rehabilitación de un sitio disturbado, es la recomposición de la cobertura vegetal. De las limitantes ambientales observadas, se desprende que los procesos de revegetación natural llevan muchos años. La intervención con prácticas como la **plantación de especies nativas** puede acelerar este proceso minimizando la erosión, estabilizando el suelo y aumentando la probabilidad de germinación y establecimiento de las especies que se encuentran en el banco de semillas y/o llegan al talud por efecto del viento.

Un punto relevante para recomponer con éxito la cobertura vegetal de un sitio, es la calidad de las plantas que se van a utilizar. Se considera que una planta es de calidad cuando es capaz de alcanzar un desarrollo óptimo en un determinado medio.

Todas las especies utilizadas en las distintas experiencias fueron producidas a partir de semillas siguiendo una serie de pautas tendientes a lograr plantines de calidad fisiológica y morfológica que aseguren altos porcentajes de establecimiento y desarrollo. Las especies utilizadas fueron *Grindelia chilensis* (botón de oro) y *Senecio filaginoides* (charcao) por ser especies colonizadoras, con alta tasa de crecimiento y

dispersión de semillas las cuales no presentan restricciones para su germinación. Esto representa una ventaja a futuro dado que aportan al sitio material para establecimiento de nuevas plántulas. También fueron evaluadas las especies forrajeras *Atriplex lampa* (zampa común), *Atriplex sagittifolia* (zampa crespa), *Lycium chilensis* (yao yin) y otras especies que consideramos promisorias para estas tareas, tales como *Schinus molle* (molle), *Prosopis alpataco* (alpataco), *Adesmia salmancensis*, *Anarthrophyllum rigidum* (mata guanaco)

Plantación en línea

Se realizaron en líneas con una separación entre plantas de alrededor de 0.40 m en los sitios aterrizados, y de 0.40 a 0.80 en sitios sin aterrizar.

Plantación en círculos

Las plantas se dispusieron en círculo (Fig.), con la finalidad de recrear la distribución en parches que naturalmente se da en la estructura de la vegetación. Cada círculo se componía de 14 plantas separadas entre sí 50 cm.

Plantación en módulos

Al incorporar la colocación de paños y con la finalidad de realizar las tareas de plantación de una manera organizada, cubriendo de forma homogénea todo el sitio a recomponer, se diseñó un sistema de módulos. Cada módulo conformado por un paño de arpillera de 1,2 m de largo, a continuación y separado 1 m, un grupo de 12 plantas distribuidas en forma de pirámide. Esta distribución de las plantas distinta a la planteada anteriormente (14 plantas en círculo) aumentaba la eficiencia en las labores de plantación. Finalmente cada módulo cubría una longitud de 4 m. (Fig.1)

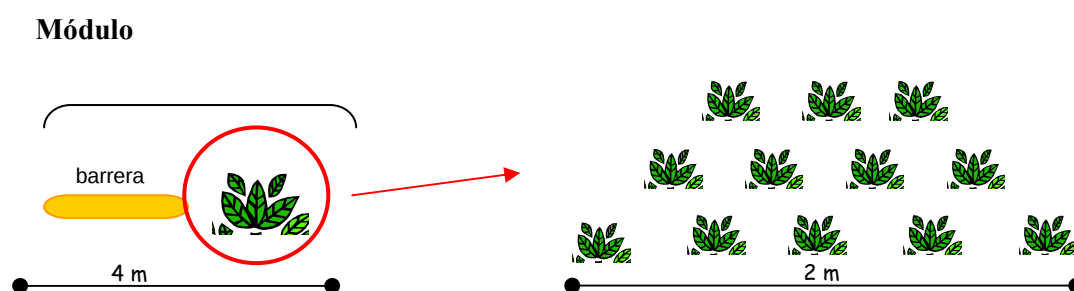


Figura 1: módulo de plantación

Resultados

Inestabilidad de las superficies de plantación

De las técnicas de plantación aplicadas, la plantación sin aterrizados complementada con la utilización de barreras fue la que brindó los mejores resultados. En el caso de las terrazas, debido al desplazamiento del material, quedaron tapadas, y por lo tanto también las plantas.

Las barreras colocadas perpendicularmente a la pendiente del talud trabajaron reteniendo el material deslizado evitando el descalce de las plantas ubicadas por sobre ellos y el sepultado de las que se encontraban por debajo de ellos.

Disponibilidad de agua

A pesar de haberse registrado, luego de la plantación un año muy seco, las plantaciones prácticamente no se vieron afectadas. Esto debido a la utilización, en el hoyo de plantación, de polímero hidratado. Esta práctica provee al plantín de una reserva de agua suficiente para su establecimiento y supervivencia en los meses de verano. Además, la utilización del polímero nos permite realizar plantaciones a finales del invierno, principios de la primavera, ofreciendo al plantín temperaturas más adecuadas para su crecimiento ampliando los periodos en los que se pueden llevar a cabo las labores de plantación. De otro modo los trabajos se hallan restringidos al otoño, estación en la que se concentra la mayor frecuencia de lluvias.

Limitantes edáficas

En la mayoría de los casos la mortalidad de los plantines se registró en los taludes sin material de destape. Las causas fueron el descalzado de los plantines en las zonas altas y tapado en las zonas bajas, por desplazamientos de material y/o formación de cárcavas. De aquí surge la importancia de utilizar material de destape al finalizar la construcción del talud. Entre otras cosas aporta mayor estabilidad al sitio disminuyendo su fragilidad y susceptibilidad a los procesos erosivos que son algunos de los factores que no permiten el establecimiento de nuevas plántulas.

Las especies implantadas en el material de destape tuvieron un mejor establecimiento y desarrollo que las plantadas en los sectores sin este material. Las plantas presentaron mayor biomasa aérea y un estado general óptimo, acompañadas por una importante cobertura de especies establecidas naturalmente, generadas a partir del banco de semillas contenido en el suelo, aportando estabilidad ante los procesos erosivos y materia orgánica al suelo.

El material de repositorio no resultó adecuado como material base para realizar las tareas de revegetación. Compuesto en gran proporción por cantos rodados provocó importantes deslizamientos, este efecto potenciado aún más, por la pendiente de los sitios tratados. Por ello este tipo de material no propicia las condiciones necesarias para un buen establecimiento de las plantas. De la plantación realizada en este tipo de material solo sobrevivió un 10% de la plantación.

Falta de cobertura

Los plantines de las especies utilizadas para revegetar los taludes se establecen sin dificultad, presentando porcentajes de supervivencia que van desde 60% a 80 %.

Los plantines ya establecidos ofrecen al lugar cobertura vegetal que protege el suelo de los efectos de la erosión hídrica y eólica, actúan como trampas de semillas, material vegetal y humedad. De esta forma se generan micrositios para el establecimiento de otras plantas en forma natural, las que, en la primera etapa de crecimiento, van a lograr desarrollarse gracias a la protección que le ofrecen las especies implantadas.

Dentro del año de realizada la plantación, se observa que los plantines tiene un óptimo desarrollo con producción y dispersión de semillas como el caso de *Senecio filaginoides* y *Grindelia chiloensis*. Este es un punto a destacar dado que las plantas además de ofrecer cobertura vegetal, en poco tiempo comienzan a aumentar el potencial biológico del lugar. Las semillas de estas especies no poseen restricciones para germinar dado su carácter de colonizadoras, es por ello que su presencia, sumada a las semillas que aporta el entorno en forma natural, aumentan las probabilidades de que la recomposición del sitio continúe en forma natural relativamente más rápido que si no se realizaran estas tareas de plantación.

En el caso de las especies forrajeras si bien se establecen sin dificultad el constante ramoneo por parte de los animales del lugar, impiden que las plantas alcancen un crecimiento adecuado. Respecto a las especies promisorias evaluadas *Schinus molle* presentó una buena tasa de crecimiento, mayor a la esperada. El resto de las especies evaluadas, también logró establecerse aunque con un crecimiento más lento.

Talud de la locación E 769. Yacimiento el Trébol. Comodoro Rivadavia.

Cubierto en forma parcial con material de destape (parte inferior)



Talud de la locación E 773. Yacimiento El Trébol. Comodoro Rivadavia.

Talud cubierto en su totalidad con material de destape



Conclusiones

Para que la viabilidad de la rehabilitación sea máxima se debe tener en cuenta algunas consideraciones técnicas al momento de construir la locación. Básicamente tienen que ver con lograr una superficie de base lo suficientemente estable para el desarrollo de la cobertura vegetal implantada y natural.

Geometría del talud: evitar pendientes y alturas excesivas, a partir de los 25° el material suelto que estaba en reposo comienza a desmoronarse, este ángulo es el denominado ángulo de reposo en el cual las partículas se mantienen estables, a partir de éste valor el riesgo de erosión comienza aumentar y la probabilidad de

revegetación natural disminuye. A partir de los 35° el riesgo de erosión es severo y la revegetación improbable.

De esta manera se disminuyen las fuerzas de deslizamiento de material y se aumenta la resistencia al corte del terreno. Si por razones topográficas esto no fuera posible se deberá realizar un análisis de la situación a fin de aplicar técnicas ingenieriles adecuadas que aseguren que la gran masa de material que compone el talud sea intrínsecamente estable para evitar su derrumbe impactando un área mayor y sean factibles las tareas de revegetación.

Drenaje natural de las aguas: y escurrimiento del agua de la locación: considerar la que drena a través de los caminos que llegan a la locación y la que se desaloja de la plataforma, previendo las obras necesarias para encauzarlas hacia los laterales del talud. De este modo se evitará que lo haga a través del talud formando cárcavas y produciendo desplazamiento de material. Construcción de cunetas o zanjas perimetrales en la locación, que conduzcan el agua que se intercepta, hacia fuera del talud. Evitando así la formación de cárcavas en el talud.

Distribución de material de destape sobre el talud: reservar el suelo de los primeros centímetros (material de destape) a medida que se realiza la construcción de la locación. Una vez terminado el talud distribuirlo sobre el mismo. También se puede utilizar en caso de ser necesario, el material de destape excedente de la construcción de otras locaciones o apertura de caminos. De esta manera dejamos en superficie un suelo de mayor calidad (física y química), que contiene además restos de material vegetal y semillas. Esto aumenta las probabilidades de una recomposición natural de la cobertura vegetal, ya que se crean micrositios adecuados para el establecimiento de la vegetación, se disminuye la escorrentía y aumenta la infiltración.

De los trabajos realizados y resultados obtenidos es recomendable para la rehabilitación de estos sitios la aplicación de las siguientes técnicas:

Utilización de barreras: ubicadas transversalmente a la pendiente, trabajan reteniendo y disminuyendo el deslizamiento de material. Evitan el descalce de las plantas que están por encima de ellos y que se tapen las que se ubican debajo de los mismos.

Plantación de especies nativas: muchos son los efectos positivos que aporta la vegetación

- El follaje reduce la velocidad de las gotas de lluvia logrando que el impacto sobre el suelo sea con menor energía y en consecuencia la capacidad de remoción del suelo mucho menor.
- La absorción del agua por las raíces de las plantas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno evitando escurrimiento y arrastre de material.
- La infiltración es mayor que en suelos desnudos y por lo tanto es mayor la disponibilidad de agua para las plantas.
- El potencial erosivo del viento también se ven minimizados por la vegetación, arrastrando menor cantidad de partículas de suelo, semillas, nutrientes y material vegetal.

- Los ecosistemas áridos y semiáridos muestran una estructura en parches los cuales tiene una alta biomasa, distribuidos en una matriz de suelo pobre en vegetación. Los arbustos juegan un papel fundamental en la iniciación de procesos de recomposición de áreas degradadas donde actúan concentrando los escasos recursos formando verdaderas “islas fértiles”.
- Las plantas adultas generan un efecto nodriza sobre las nuevas plántulas que intentan establecerse. Actúan como trampa de restos orgánicos y semillas transportadas por el viento que se acumulan debajo de ellas, proveyendo de un sustrato adecuado para la germinación. Las plántulas encuentran en estos micrositios, mayor humedad y menor temperatura en verano lo que disminuye su estrés hídrico y térmico. Además encuentran protección a la herbivoría aumentando su probabilidad de establecimiento y desarrollo.
- Las raíces producen un aumento en la resistencia a las fuerzas de deslizamiento del suelo al conformar un entramado en el suelo que ocupan.
- Es por ello que la revegetación a través de la plantación de especies nativas es una técnica clave en

Bibliografía

- o Asociación Española de Ecología Terrestre. 2003. **Restauración de Ecosistemas Mediterráneos**. Universidad de Alcalá. 272 pp.
- o Beeskow, Ana; Del Valle H. y Rostagno Mario. 1987. **Los sistemas fisiográficos de la región árida y semiárida de la Provincia del Chubut**. Centro Nacional Patagónico. Puerto Madryn. 173 pag.
- o Beeskow, Ana; H. Del Valle y Mario Rostagno. 1987. **Los sistemas fisiográficos de la región árida y semiárida de la Provincia del Chubut**. Centro Nacional Patagónico. Puerto Madryn. 173 pp.
- o Beltramone, Carlos. 1980. **Relevamiento litológico y geomorfológico área Sarmiento-Comodoro Rivadavia**. Programa de Ecología y Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas Conicet-Inta_OEA. 17 pp.
- o Bertiller, M. y Bisigato J. **Patrones espaciales y temporales del banco de semillas del suelo en la Patagonia árida y semiárida**. En: Oosterheld M. et al. 2005. *La heterogeneidad de la vegetación de los agrosistemas: un homenaje a R.C. León*. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 472 pp.
- o Buono G. Et al. 2005. **Revegetación natural de taludes en locaciones del Dpto. Escalante Chubut**. 6° Jornadas de Preservación de agua, aire y suelo en la Industria del Petróleo y Gas. Neuquén.
- o Dalmasso A.; Martinez Carretero E.; Console O. 2002 Revegetación de áreas degradadas. Boletín de extensión N° 5. IADIZA.
- o Garcia-Fayos Patricio. **Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica**. En: Valladares, F. 2004. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Páginas 309-334. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
- o García-Fayos, P.; García-Ventoso, B. y Belen & Cerdá, A. 2000. **Limitations to plant establishment on eroded slopes in southeastern Spain**. Journal of Vegetation Science 11: 77 – 86.

- o Guerrero Campo Joaquín. 2000. **La revegetación en áreas fuertemente degradadas**. Naturaleza aragonesa: revista de la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza, N°. 6, pags. 54-61.
- o Gutiérrez Julio R. **Importancia de los Arbustos Leñosos en los Ecosistemas de la IV Región**.
- o Jorba M. Vallejos R. **La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos**. Ecosistemas 17 (3): 119-132. Septiembre 2008.
- o Jorba M., Ninot, J.M.y Vallejo R. **Las siembras en la revegetación de zonas afectadas por minería**. www2.ub.edu/ecoquarry
- o Jorba, M. y Vallejo R. 2006. **La restauración ecológica en minería: El proyecto Ecoquarry**. Canteras, N° 891. www2.ub.edu/ecoquarry
- o Sanchez A.S., Zenteno Ruiz C., Zamora L. 2002. **Modelo para la restauración ecológica de áreas alteradas**. Kuxulkab Vol VII N° 14. Pág. 48 – 60.
- o Squeo F.A., Arancio G. y Gutiérrez J.R. **Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo**. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile (2001) 16: 253 – 260.