

PLAN DE ABANDONO DE CANTERAS Y PICADAS EN LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE - PATAGONIA ARGENTINA

Autores: Nicolás Ciano¹, Jorge Luque¹, Viviana Nakamatsu¹, César Vicente² y Carlos Lisoni²

(1) INTA – Estación Experimental Agropecuaria CHUBUT

(2) REPSOL YPF S.A. , Unidad Económica Chubut – Cañadón Seco

RESUMEN

La extracción de áridos mediante la construcción de canteras y la apertura de picadas durante la etapa de exploración en la actividad hidrocarburífera han impactado sobre los pastizales áridos y semiáridos de la Patagonia. Este impacto generó cambios negativos sobre el paisaje, el suelo, la vegetación y la fauna nativa. Si bien la tecnología actualmente empleada y los distintos sistemas de gestión ambiental procuran minimizar los impactos sobre el ambiente, el desarrollo de técnicas apropiadas de remediación siguen siendo un desafío. El plan de trabajo iniciado en el 2001 dentro del marco del convenio entre INTA y REPSOL YPF S.A. en la cuenca del Golfo San Jorge tuvo como finalidad la elaboración de recomendaciones para la remediación de canteras y picadas, con tecnología fácilmente transferible. Luego de 4 años de investigación y experimentación adaptativa, se cuenta con unidades demostrativas en canteras y picadas donde se evaluaron distintas prácticas de laboreo y de revegetación con especies arbustivas y pastos, y con una propuesta técnica apropiable para hacer extensiva la remediación de estas problemáticas, que contempla la modificación topográfica, la atenuación de los procesos erosivos y la recomposición de la cobertura vegetal.

1. INTRODUCCIÓN

La recuperación natural de áreas disturbadas por distintas actividades antrópicas en ambientes áridos y semiáridos, hacia su condición inicial, o similar al del pastizal previo al disturbio, es un proceso sumamente lento, y en la mayoría de los casos, improbable e incierto. La degradación que ha operado sobre ellos no sólo ha disminuido drásticamente la cobertura vegetal, y con ello, la composición específica de las distintas comunidades vegetales, sino que también afectó la composición textural del suelo, principalmente en los primeros centímetros. Este cambio textural afecta el balance hídrico del sistema (lo cual disminuye la disponibilidad de agua para el establecimiento de la vegetación), produciendo además compactación y encostramiento. Esto afecta el establecimiento natural de la vegetación, que no encuentra “micrositios” adecuados para su reclutamiento. Por lo expuesto, la inducción de los procesos de recuperación mediante prácticas conservacionistas es fundamental para favorecer el establecimiento de la vegetación, y de esta manera, acelerar los procesos naturales de sucesión vegetal.

La actividad petrolera iniciada a principios de siglo en la región Patagónica ha sido uno de los pilares de su desarrollo económico y social. Al ser una actividad extractiva, se desarrolla con una intervención directa sobre el ecosistema, produciendo disturbios en el ambiente, que alteran la estructura y función de los recursos naturales (Ciano 2001). Dos de las actividades que principalmente han impactado negativamente sobre el suelo y la vegetación, son la extracción de áridos mediante la construcción de canteras y la apertura de picadas durante la etapa de exploración. Aunque la difusión de sistemas de gestión ambiental y la nueva tecnología utilizada en las etapas de exploración han minimizado el impacto sobre los recursos naturales, no se cuenta actualmente con una propuesta tecnológica para el abandono de las picadas y canteras una vez que finaliza su

utilización. A través del Convenio de Vinculación Tecnológica entre INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y REPSOL YPF S.A., se vienen desarrollando desde 1993 trabajos de investigación, experimentación adaptativa y recuperación de áreas, abordando distintas problemáticas relacionadas al impacto de la actividad sobre los recursos naturales.

En este marco, el plan de trabajo iniciado en el 2001 en la cuenca del Golfo San Jorge tuvo como finalidad la elaboración de pautas y recomendaciones para el abandono de canteras y picadas, con el objetivo de *modificar la topografía* para adecuarla a los parámetros paisajísticos del sitio, *atenuar los procesos erosivos* para disminuir el riesgo de degradación del suelo, y *recomponer la cobertura vegetal* para recuperar la estructura y la funcionalidad de los pastizales. Con respecto a la recuperación de la estructura y funcionalidad de los pastizales naturales de nuestra zona, se basó en dos estrategias:

- aumentar la rugosidad del terreno mediante laboreos conservacionistas para favorecer los procesos biológicos y recomponer el banco de semillas del suelo,
- favorecer y acelerar el restablecimiento de la cobertura vegetal mediante laboreos que favorezcan el repoblamiento natural, y prácticas de siembra y/o plantación con especies vegetales nativas y/o naturalizadas (principalmente pastos y arbustos).

1.1. Descripción de la problemática.

Durante las múltiples tareas que se desarrollan en la industria hidrocarburífera se requieren grandes volúmenes de áridos extraídos de sitios cercanos para la construcción de locaciones, caminos, instalaciones, etc. que se compactan y encostran fácilmente. La construcción de **canteras** para la extracción de áridos modifica el ecosistema afectando el suelo, la vegetación, la fauna, el paisaje y los procesos ecológicos (Ciano 2003).

Con respecto a las **picadas**, su apertura consistía en remover los primeros 20-30 cm. de suelo con equipos viales para nivelar el terreno, erradicando por completo la masa vegetal. De esta manera se facilitaba el tránsito y la velocidad de operación en detrimento de los resguardos ambientales. Esta forma de trabajo se realizó en forma tradicional en la industria petrolera de la región hasta principios de la década del 90. Esta modalidad de trabajo produjo efectos negativos sobre el ecosistema que aún persisten (eliminación de la capa superficial y remoción de los materiales gruesos, erradicación de la cubierta vegetal, fuerte compactación, áreas de remoción y de acumulación de materiales por erosión eólica, y arrastre de sedimentos y formación de surcos por erosión hídrica, entre otros) (Ciano 2003). Las picadas que se encuentran en terreno llano y de bajas pendiente (entre 2 y 5 %) se ven afectados por procesos de erosión hídrica; en las ubicadas en laderas este impacto es mayor llegando a producirse grietas y cárcavas debido a la velocidad de arrastre que tiene este flujo encauzado. Ante esta situación, los agentes erosivos están continuamente actuando sobre las áreas sin cobertura vegetal, creando una condición de inestabilidad, que dificulta los procesos naturales de revegetación.

Si a estas alteraciones le agregamos las condiciones climáticas limitantes de la cuenca de producción del Golfo San Jorge (Beeskow 1987), y que los pastizales, por el uso ganadero a que fueron sometidos (Soriano 1983), presentan escasez de individuos vegetales adultos que produzcan semillas y un escaso banco de semillas en el terreno, las posibilidades de revegetación en forma natural es muy baja, errática e incierta (Noy Meir 1973, Ciano 1997, Ciano 1998 b).

1.2. Caracterización general del área.

El área donde se realizaron los trabajos se encuentra ubicada en los yacimientos Cañadón León y El Cordón, entre las localidades de Cañadón Seco y Pico Truncado, en la provincia de Santa Cruz. Las características que presenta se describen a continuación:

* **Climatología** (los valores corresponden a la localidad de Comodoro Rivadavia, que registra datos promedios de 30 años, provenientes del Servicio Meteorológico Nacional – Fuerza Aérea Argentina). La temperatura media anual que se registra en la zona ronda los 8 a 10 °C, dependiendo de la cercanía a la costa marítima. La temperatura mínima media del mes más frío es de 3 °C. Durante el verano las temperaturas son elevadas, con medias de 19 °C y máximas medias de 26 °C. Las precipitaciones del área rondan los 150 – 200 mm anuales, distribuidas principalmente entre los meses de otoño e invierno. La humedad relativa media anual oscila en la zona entre 50 y 70 %. El régimen de lluvias, sumado a los fuertes vientos que se producen en la región, determinan un importante déficit hídrico, que se acentúa drásticamente en los meses de primavera y verano. Durante el invierno los grandes temporales y el viento del oeste producen congelamiento de superficie y procesos de crioturbación en los primeros centímetros de suelo.

* **Geología y geomorfología.** En la zona costera el relieve está labrado de sedimentitas poco consolidadas a friables de la formaciones Patagonia (inferior) y Santa Cruz (superior). La estratificación es subhorizontal, con una pendiente menor a los 2 ° hacia el sur sureste, centro de la cuenca Cretácico-Terciaria. La litografía corresponde a sedimentos areno arcillosos. La formación patagonia costera presenta arcilitas, areniscas arcillosas y bancos calcáreos con ostras. Estos materiales son impermeables, conservando aún una gran parte de sus sales originales (mayormente sulfato y cloruro de sodio), que dan lugar a bajos salitrosos. Por encima de esa cota, los sedimentos son más arenosos y permeables, aunque conservando cierta arcillosidad en algunas partes. Estos bancos arenosos pasan en transición a las areniscas tobáceas de la Formación Santa Cruz. En la zona central, el paisaje constituye una serie de acumulaciones depositadas en niveles morfológicos diferentes recortados durante varias fases de erosión. Comprende depósitos de gravas arenosas de tamaño variable, disminuyendo hacia el noroeste. En la superficie de éstos, y con espesores de 20 a 30 cm, se ha adicionado material arcilloso, proveniente principalmente de erosión eólica de las unidades terciarias que rodean la meseta. Ésto restringe la infiltración de la lluvia y permite una mayor retención de humedad en superficie.

* **Suelos.** Los suelos dominantes son Paleargides ustólicos y Haplargides borólicos. Los primeros, característicos de clima seco, son antiguos y evolucionaron sobre superficies geomórficas muy estables. Se caracterizan por la presencia de horizontes ricos en carbonatos y cementados por calcáreo (Horizonte petrocálcico) a menos de 1 m de profundidad. Es común la presencia de un horizonte iluvial, llamado argílico, con mas del 35 % de arcillas rojizas, caracteres que implican largos períodos de formación. Los Haplargides borólicos, característicos de zonas frías, presentan un horizonte iluvial de acumulación de arcillas silicatadas formado por traslocación en condiciones de un balance hídrico deficitario la mayor parte del año. Son superficies antiguas y estables porque deben su origen a condiciones climáticas diferentes a las actuales. A diferencia de los Paleargides la porción superior del perfil se encuentra libre del calcáreo.

* **Vegetación.** En la zona se encuentran 2 formaciones vegetales principales. Una zona de **cañadones costeros**, correspondiente al distrito del Golfo San Jorge, provincia fitogeográfica Patagónica, formada principalmente por arbustales altos. Entre las especies arbustivas dominantes encontramos a *Trevoa patagonica* (malaspina), *Colliguaya integerrima* (duraznillo), *Mulinum spinosum* (neneo), *Verbena alatocarpa*, *Ephedra ochreatea*, *Lycium chilense* (yaoyín) y *Anarthrophyllm rigidum* (mata guanaco). Otras especies del estrato arbustivo son *Chuquiraga avellanadae* (quilembay), *Lycium ameghinoi* (mata laguna) y *Prosopis denudans*. En el estrato subarbustivo encontramos a *Nassauvia ulicina* (manca perro) y *N. fueguina*. Las especies que

componen el estrato herbáceo son *Stipa humilis* (coirón llama) y *Festuca argentina* (huecú), entre otras. La otra zona es una extensa región que presenta en general una **estepa de arbustos** bajos de escasa cobertura (20 %), con arbustos de mayor porte en las líneas de escorrentía y áreas de pavimento de erosión en los relieves planos. Se corresponde con el distrito Central de la provincia fitogeográfica Patagónica, comúnmente conocida como Meseta Central Santacruzense (Borelli 2001). La vegetación está compuesta, entre sus especies dominantes, por *Junellia tridens* (mata negra), especie arbustiva de más de medio metro de altura, de color verde oscuro; *Nassauvia glomerulosa* (colapiche), arbusto rastrero y *Stipa speciosa*, *S. humilis* y *S. neaei* dentro de los coirones. También encontramos, entre los arbustos, a *Trevoa patagonica* (malaspina) y *Lycium chilense* (yaoyin). En ambientes disturbados, debido a la intensa actividad ganadera y minera a que están expuestos, principalmente al borde de los caminos, y en los sitios en que se observa remoción de suelo, se destacan *Grindelia chilensis* (botón de oro) y *Senecio filaginoides* (charcao o mata mora), especies arbustivas que se comportan como pioneras en los procesos de repoblamiento vegetal natural.

2. DESARROLLO

2.1. Propuesta de trabajo en canteras

La propuesta de trabajo en canteras contempló la modificación topográfica, la realización de distintas prácticas de laboreos, y la plantación de especies arbustivas y arbóreas adaptadas a las condiciones de escasa disponibilidad de agua que presenta la región patagónica extrandina, y las limitantes edáficas de estas áreas en particular (textura, salinidad, alcalinidad).

Los trabajos se realizaron en el norte de la Provincia de Santa Cruz, en el área de influencia de Cañadón León – El Cordon. En este área, se presentan principalmente dos tipos de perfiles de suelo de acuerdo al estudio de “Diagnóstico Ambiental de Canteras” realizado por Consulplan Argentina (2000) para REPSOL – YPF S.A.. Los mismos son:

- perfiles de suelo con predominancia de conglomerado de matriz calcárea
- perfiles de suelo con una capa superior areno arcillosa o arcillo arenosa y conglomerado de calcáreos.

Se eligieron 3 canteras abandonadas con predominancia de conglomerado de matriz calcárea, que es el tipo de canteras más frecuente en el área del Golfo San Jorge (casi el 75% de las canteras del área de influencia de Cañadón León – Cordon).

2.1.1. Etapa 1: Modificación de la topografía.

Debido a que las canteras presentaban las paredes laterales casi verticales, se realizó el movimiento de suelo necesario para disminuir su pendiente, hasta alcanzar taludes con una relación 2:1 (Horizontal:Vertical), con bordes superiores redondeados del modo que se especifica en el “Manual de Evaluación Ambiental de Obras Viales”, de la Dirección Nacional de Vialidad (1993). Se comenzó distribuyendo los materiales acumulados en los bordes y en el fondo de las canteras, para colocar al final el material proveniente de los montículos del material de destape. De esta manera se coloca sobre la superficie el material de mejor calidad (mayor contenido de nutrientes y microorganismos) para el establecimiento de la vegetación. Todos estos laboreos se realizaron con maquinaria de tipo vial que pertenecía a contratistas de la empresa. Posteriormente se realizó en la parte superior un perfilado de los bordes de los taludes para suavizarlos.

2.1.2. *Etapa 2: Laboreo del terreno*

Con el objetivo de romper el material compactado por el desplazamiento de maquinaria pesada y favorecer la infiltración del agua se realizó una labranza vertical en el fondo de la cantera. Esta operación se realizó en una primera etapa con maquinaria vial de contratistas que operan en la zona. Posteriormente, y para disminuir el pisoteo, se continuó la tarea con un subsolador y un cincel, traccionados por un tractor de uso agrícola, que presenta menor tamaño y mayor versatilidad para la terminación de los trabajos. Todas estas tareas producen un escarificado del terreno, que además de cumplir con los objetivos enunciados, propicia la rugosidad de su superficie, favoreciendo los procesos de captación y retención de recursos. En los taludes de las canteras se laboreó con las mismas herramientas en forma transversal a la pendiente, siguiendo las curvas de nivel, lográndose el tratamiento indicado con un menor número de pasadas, ya que el material no presentaba compactación.

Una vez realizadas las tareas de modificación topográfica y laboreo de las canteras, se analizaron las propiedades físico-químicas del suelo (**Tabla 1**). En general, los suelos presentaron un pH alcalino mayor a 8, ligeros a fuertes problemas de salinidad (3 – 15 mmhos/cm), moderados a fuertes problemas de sodicidad (4 a 33 de PSI), texturas principalmente arenosas y franco arenosas, determinando una permeabilidad rápida. Las características en cada cantera son variables debido a que en algunos sitios quedaron en superficie los suelos calcáreos mientras que en otros hubo suficiente material de destape para ser distribuido en toda su superficie. A partir de la modificación de la topografía y el laboreo, quedaron definidos 3 sectores, que denominamos Loma (parte superior de la cantera, plana), Talud y Bajo. Esta etapa quedó finalizada en las 3 canteras en los meses de febrero-marzo del 2002.

2.1.3. *Etapa 3: Preparación de sitios de plantación*

Se realizaron las tareas de plantación en los 3 sectores de las canteras según la siguiente descripción:

En los sectores de LOMA se plantó bajo 2 sistemas:

- en surcos: se realizaron surcos con un surcador traccionado por un tractor agrícola. La dimensión de los surcos fue de 30 cm de profundidad, y entre 20-25 cm de despeje horizontal. La plantación se realiza en el fondo de los surcos.
- normal: se realizó un hoyo de manera manual de 30 cm de profundidad, colocando la planta en el fondo del mismo.

En los TALUDES se realizó la plantación bajo dos sistemas de laboreo que siguieron las curvas de nivel, para evitar escurrimientos erosivos, y a la vez, retener el agua cercana a las plantas:

- en surcos: metodología similar a la utilizada en la loma.
- en terraza: se realizó un corte de la pendiente mediante la construcción de bordos, con una pala de 1.5 m de ancho traccionada con un tractor de tipo agrícola quedando una superficie casi horizontal (pañó) donde se realiza la plantación. Esta práctica garantiza la intercepción del agua de escurrimiento. La misma se realizó en una de las tres canteras con fines experimentales, ya que presentaba un talud corto de mayor pendiente.

Finalmente, en el sector denominado BAJO se plantó bajo dos sistemas: en surco y normal, con metodologías similares a la utilizada en la loma.

2.1.4. Etapa 4: Plantación de arbustos nativos

A cada planta se le agregó en el momento de la plantación, fertilizante nitrogenado y polímero de retención de humedad en el hoyo de plantación para favorecer el establecimiento. Se realizó un único riego de asiento, para asegurar el contacto de la planta con el suelo, de 2 litros de agua por planta. Las especies que se plantaron son: *Atriplex lampa* (zampa), *A. sagittifolia* (zampa crespá), *A. semibaccata* (salpú), *Suaeda divaricata* (jume), *Senecio filaginoides* (charcao), *Grindelia chilensis* (botón de Oro) y *Lycium chilense* (yaoyín). Todas las especies pertenecen a la flora nativa de la región patagónica, y han sido utilizadas en distintos trabajos de revegetación llevados adelante en el marco del Convenio INTA –REPSOL YPF S.A. (Ciano 1998 b, Ciano 2000 a,b, Luque 1998, Nakamatsu 1996). Además, en los puntos más bajos de las canteras donde se produce mayor acumulación de agua se plantaron estacas de *Tamarix gallica* (tamarisco), especie arbórea ampliamente difundida en la región, para evaluar su comportamiento. Las tareas de plantación se realizaron entre los meses de abril y junio del 2002, realizándose posteriores reposiciones durante el 2003 y el 2004. Entre las 3 canteras, se plantaron aproximadamente de 9.000 y 2.000 ejemplares de especies arbustivas y arbóreas, respectivamente, que fueron producidas en el Vivero de Especies Nativas de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA en Trelew, Chubut.

2.1.5. Monitoreo

Relevamiento edafológico: en cada una de las canteras elegidas, se realizaron muestreos superficiales del terreno (0-30cm) para evaluar si se produjeron cambios a lo largo del tiempo de duración del proyecto.

Evaluación del establecimiento de la plantación: todos los años se realizó la evaluación del porcentaje de establecimiento de la vegetación, mediante el recuento de plantas de hileras de plantación al azar, tratando de contar al menos un 30 % de los individuos plantados. Este seguimiento nos permitió planificar las tareas de reposición de plantas en los años siguientes. En el informe se presentan los porcentajes de establecimiento de la vegetación finales, relevados en marzo del 2004. Los resultados se presentan como % de establecimiento en cada cantera discriminado por especie, y % de establecimiento en cada sector discriminado por especie. Estos nos permitirá determinar las especies más aptas en cada sector, y en cada cantera, y a la vez, qué sectores de las canteras presentan más dificultades para el establecimiento vegetal. Debido a que no todas las especies fueron plantadas en cada una de las canteras, y que tampoco están presentes en todos los sectores, no se realizó un análisis estadístico de los datos, presentándose en las tablas los valores promedios.

Evaluación de la revegetación natural: el objetivo fue cuantificar al final del proyecto el proceso de establecimiento natural de la vegetación. El método de evaluación utilizado fue el de Braun-Blanquet (*Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974*). Este método de evaluación se basa en la estimación visual de la abundancia y la cobertura de las especies que componen el pastizal. Para ello se utiliza una escala que relaciona valores de abundancia y cobertura de las especies. Esta escala puede ser aplicada a parcelas de tamaño variable, con la condición de que las parcelas cumplan los siguientes requisitos: 1) deben tener la superficie necesaria para contener la mayoría de las especies presentes; 2) el hábitat contenido debe ser uniforme y 3) la cobertura y distribución de las especies dentro de la parcela debe ser relativamente homogénea. El trabajo que se realizó en las canteras consistió, en primer lugar, en la recorrida de cada sector para determinar las especies presentes y el tamaño de las parcelas de evaluación. Posteriormente se realizó la determinación de la composición florística de la vegetación naturalmente establecida, por sector, asignando a cada especie los puntos correspondientes de la escala.

Estudio del banco de semillas: se realizó luego de los 3 años de iniciados los trabajos. El objetivo de este estudio fue determinar si los laboreos realizados en las canteras, además de asegurar una disminución del escurrimiento y la captación de agua, sirvieron para retener semillas de las plantas que fueron plantadas, y de las que se encuentran en los pastizales naturales aledaños. La presencia de semillas en el suelo estaría indicando que, si las condiciones climáticas, principalmente humedad, son las adecuadas para la germinación, se podría garantizar el proceso de repoblamiento natural o autogénico. Para la evaluación del banco de semilla germinable se tomaron muestras por sector de cada cantera (loma, talud, bajo). En cada uno de ellos, se realizaron 3 réplicas con una parcela circular de 15 cm de diámetro (176.7 cm²). Se extrajeron los primeros dos centímetros del suelo dado que, según otros trabajos, las semillas se distribuyen principalmente en la capa superficial. Las muestras se pasaron a través de un tamiz de 2 mm de malla con el fin de eliminar mantillo y pedregullo. Se colocaron a capacidad de campo en bandejas de plástico en invernadero a una temperatura media de 29.6°C día y 15°C noche durante 3 semanas. El tamaño y composición del banco de semilla se evaluó mediante la identificación y conteo de las plántulas (una vez por semana) que fueron emergiendo de las muestras de suelo.

2.2. Propuesta de trabajo en picadas

Se seleccionaron en la zona de Cañadón Seco, El Cordón y Cañadón León (norte de la provincia de Santa Cruz) 9 picadas tratando de abarcar 3 situaciones topográficas y de exposición diferente:

- picadas sin pendiente (3)
- picadas con pendiente, y de exposición norte (3)
- picadas con pendiente, y de exposición sur (3)

2.2.1. Etapas 1: Laboreo del terreno

Cada sector de picada elegida tuvo una longitud aproximada de 100 m. Inicialmente, se realizó en cada una de ellas el laboreo del terreno con subsolador y cincel para descompactar el suelo y aumentar la rugosidad de la superficie. Esta práctica apunta a aumentar la infiltración en detrimento del escurrimiento superficial y, de esta manera, facilitar el establecimiento de la vegetación.

Previo a las tareas de siembra y plantación se realizó un análisis de suelo para determinar las propiedades físico-químicas de las picadas (**Tabla 2**). Todas presentaron un pH alcalino mayor a 8. En todos los casos se encontraron texturas arenosa a franco arenosa, lo que determina que no haya problemas de permeabilidad del suelo. Sólo dos de ellas presentan problemas de salinidad y sodicidad, salvo en dos de ellas. La problemática mayor es la erosión en aquellas picadas con pendiente. En las de textura arenosa hay manifestaciones de erosión eólica mientras que en aquellas con alguna proporción de limo y/o arcillas, aunque predomine el material grueso, hay síntomas de erosión hídrica. En el caso específico de la picada 4, en Cañadón León, la conjunción de la importante pendiente, la extensión o longitud y la textura franco arenosa lleva a que sea la picada con los síntomas más severos de erosión: surcos profundos y pérdida de suelo por escorrentía.

2.2.2. Etapas 2: Siembra y plantación

Las siembras se realizaron en surco en sentido perpendicular al largo de la picada, para tener proteger a las plantas durante el período de emergencia y establecimiento, y concentrar el agua de

lluvia y la de escurrimiento (principalmente en las picadas con pendiente). Se utilizaron 2 especies gramíneas: *Thinopyrum ponticum* (agropiro alargado) y *Leymus racemosus* (elimo), que se utilizan en la región (Castro 1983, Ciano 1998 a). Las plantaciones se realizaron en el fondo de surcos. Se utilizaron 4 especies arbustivas *Senecio filaginoides*, *Atriplex lampa*, *Atriplex sagittifolia* y *Lycium chilensis*. A cada planta se le aplicó un riego de aproximadamente 2 litros de agua. En función del ancho de las picadas, se plantaron 4 plantas/especies surco. Los surcos para las siembras y plantaciones se encontraban distanciados entre ellos unos 1.5 m. El diseño contempló 7 tratamientos (2 siembras, 4 plantaciones y 1 testigo) con 10 repeticiones cada uno.

2.2.3. Monitoreo

Relevamiento edafológico: en cada una de las picadas elegidas, se realizaron muestreos superficiales del terreno (0-30cm) para evaluar si se produjeron cambios a lo largo del tiempo de duración del proyecto. Se presentan los datos del relevamiento final realizado en mayo del 2004. No se presentan los datos de la picada 5 (con pendiente y de exposición norte), debido a problemas ajenos al experimento.

Evaluación del establecimiento de la plantación: anualmente se realizó la evaluación del porcentaje de establecimiento de la vegetación, para determinar cuáles son las más aptas en esta región y en esta problemática. Se presentan en este informe los resultados del relevamiento realizado en marzo de 2004. Para las plantaciones, se contó el número de plantas vivas con respecto a las plantadas, presentando los datos como % de establecimiento y supervivencia; en el caso de las siembras, se estimó el % de cobertura de la línea de siembra, ya que por ser especies gramíneas, cuando están establecidas es difícil diferenciar entre plantas próximas y macollos de una misma planta. Además, para los fines de la revegetación, el % de cobertura de la siembra es un valor de mayor utilidad, porque nos indica cuanto del suelo está siendo protegido. No se presentan los datos de la picada 5 (con pendiente y de exposición norte) por los motivos explicados en el párrafo anterior.

Para el caso de **revegetación natural** y **banco de semillas**, se utilizó la misma metodología que para canteras. En estos parámetros, no se presentan los datos de la picada 5 por los motivos ya expuestos. Tampoco se presentan los de las picadas 6 y 7, ya que al momento del relevamiento no se pudo acceder a las mismas. Igualmente, se cuenta para estas mediciones con datos representativos de las 3 situaciones de picadas evaluadas.

3. RESULTADOS

3.1.1. Canteras.

Parámetros físico- químicos del suelo

Las características edafológicas, particularmente pH, salinidad y Sodio de intercambio, difieren entre el “antes” y el “después” de las modificaciones topográficas y revegetación, al cabo de 3 años (comparar **Tablas 1 y 3**). Ello se debe a que luego de ser acondicionadas las canteras, por relleno del piso y rebaje de laderas con los posteriores laboreos el material que estaba expuesto en el fondo antes de las modificaciones, queda tapado por el material de destape, de mejores características a los fines de la revegetación. El material edáfico que se constituye en el sustento de la plantación realizada durante los trabajos de revegetación (**Tabla 3**), tiene un pH moderadamente alcalino, sensiblemente menor al del suelo calcáreo, no tiene altos tenores de sales ni de sodio de

intercambio, y texturalmente es Arenoso con presencia de limo en algunos sectores (franco limoso).

Establecimiento de la vegetación

El establecimiento y supervivencia de plantas alcanzados en todas las canteras es del orden del 50 %. El dato surge a partir de relevar entre 1300 y 1700 plantas por cantera. La Cantera EC – 1 fue la que presentó los valores más altos, superando el 70 %. Estos valores los podemos considerar adecuados, ya que nos encontramos en un ambiente de semidesierto templado – frío, donde las precipitaciones medias son menores a los 250 mm, y que las especies plantadas recibieron un único riego al momento de la plantación.

Si analizamos el comportamiento de las especies en el conjunto de las canteras (**Tabla 4**), todas las especies arbustivas a excepción *Atriplex semibaccata* y *Suaeda divaricata* presentaron valores de establecimiento mayor al 40 %, y *Senecio filaginoides* y *Grindelia chiloensis* alcanzan los valores promedios más altos, por encima del 50 %. Estas dos especies tienen en el pastizal un comportamiento de pioneras, es decir, luego de un disturbio que produce remoción de suelo, y si se encuentran plantas adultas en la cercanía, son las que ocupan en primera instancia el espacio. Por ello los valores de establecimiento alcanzados con ellas era el esperado, que se condice con los resultados obtenidos en otras áreas de trabajo.

El resto de las especies tuvieron un comportamiento aleatorio, debido principalmente a la naturaleza del material de las canteras y a la cantidad de material de destape que se pudo distribuir una vez acondicionadas las mismas en su superficie. Todas las especies arbustivas plantadas presentaron los % de establecimiento y supervivencia más altos en la cantera EC – 1, con valores mayores al 70 % para 4 de ellas.

En la **Tabla 5** se presentan los % de establecimiento de las especies en función del sector de la cantera en que fueron plantadas. Entre las especies arbustivas implantadas, *Grindelia chiloensis* presentó más del 45 % de establecimiento en todos los sectores. A excepción de las especies que tuvieron los más bajos establecimientos (*Atriplex semibaccata* y *Suaeda divaricata*) y de *Atriplex lampa*, las especies arbustivas implantadas presentaron los mayores valores de establecimiento en el sector bajo. Este comportamiento era el esperado, ya que en el mismo las plantas encuentran mayor protección del viento (por lo que se ve favorecido su crecimiento) y una mejor disponibilidad de agua para el crecimiento (mayor acumulación por la ubicación topográfica y menor evaporación en el suelo por menor exposición a los vientos).

Durante los 2 primeros años se observó una importante cobertura vegetal de especies anuales en las 3 canteras (cercana al 70 %), producido por la remoción del terreno y la rugosidad generada por el laboreo, que permitió retener semillas y aumentar la infiltración. Este efecto fue muy benéfico para las especies plantadas durante ese tiempo, ya que debido al mayor crecimiento presentado por estas especies “efímeras”, actuaron como protectoras de las plantadas, creando para ellas un microclima. En algunos casos, este efecto benéfico por protección se podría contraponer con la competencia por agua que generarían las mismas sobre los individuos plantados, pero este efecto no fue evaluado.

Un párrafo aparte merece el comportamiento presentado por *Tamarix gallica*, especie arbórea naturalizada en Patagonia. Del análisis de las **Tablas 4 y 5**, surge que en el bajo (único sector donde se plantó) presentó un % de establecimiento mayor al 45 %, alcanzando un 60 % en una de las canteras. Esta especie suele prosperar en nuestra región donde hay una presencia de agua en el suelo mayor a la encontrada en la meseta. Esta situación se presenta en bordes de lagunas o

mallines. En este caso, aunque se plantó en los bajos, y la disponibilidad de agua es mayor al resto de los sectores, no debemos olvidar que el suelo de las canteras está formado principalmente por canto rodado, que presenta altos valores de infiltración, y habría restricciones naturales de disponibilidad de agua para las plantas, que fueron plantadas a partir de estacas.

Revegetación natural

Se observaron procesos de revegetación natural en todas las canteras y sectores dentro de ellas (**Tablas 6 y 7**). La cobertura de la vegetación naturalmente establecida fue superior al 20% en todos los sitios evaluados. Los mayores valores se observaron en la loma y en la cantera CL 6, con una cobertura promedio superior al 35%. Los menores valores se registraron en la cantera EC 13 y en el sector bajo, con una cobertura promedio cercana al 20%.

El número de especies establecidas fue similar entre canteras, con un promedio de 10 especies en cada una (datos no publicados). En el caso de los sectores se observa un mayor número de especies establecidas en la loma, valores intermedios en el bajo y los menores en el talud. Esto no se relacionó con la cobertura vegetal que, como mencionamos en el párrafo anterior, fue menor en el bajo. Las especies más conspicuas fueron *Acaena caespitosa* (abrojo), *Stipa humilis* (coirón llama) y *Senecio filaginoides* (charcao o mata mora), miembros de la comunidad natural del pastizal natural, presentes en todos los sitios y sectores. También se observó la presencia de algunas plántulas de las especies implantadas, como ser *Atriplex lampa* (zampa) y el mencionado *Senecio*.

Es de destacar que los valores de número de especies y cobertura vegetal presentados no incluyen la vegetación implantada en los diferentes ensayos. Tampoco considera la cobertura de la vegetación anual espontánea, que fue superior al 25% en todas las canteras y/o sectores analizados.

Banco de semillas

Las densidades obtenidas para el banco de semilla germinable (BSG) son variables, presentando en todos los casos los menores valores para la zona del talud de las canteras. Esto puede relacionarse con el efecto de arrastre que se produce en estas áreas debido a la pendiente lo cual dificulta la retención de semillas, y el tipo diferencial de trabajo realizado en el terreno (**Tabla 8**). Estos valores son coincidentes con los bajos porcentajes de establecimiento de los arbustos plantados sobre los taludes lo que también podría influir en la retención de las semillas. Los arbustos funcionan como barreras en el proceso de dispersión, atrapando las semillas y manteniéndolas en zonas adyacentes a ellos. Las especies identificadas son 8 anuales, dos de ellas gramíneas.

La presencia de semillas de especies anuales garantizarían ante eventos de lluvias seguidos de temperaturas adecuadas (condiciones que se producirían en otoño o primavera), la germinación y posterior establecimiento de las plántulas. Aunque la cobertura que realizan estas especies es temporalmente acotada, brindan durante un período importante del año protección del suelo, disminuyendo el riesgo de erosión. Además, su presencia aumentaría la posibilidad de que semillas diseminadas de especies perennes sean atrapadas por el canopeo, y de esta forma, se incorporen al futuro banco de semillas, garantizando la sucesión vegetal del área.

Los valores obtenidos en este trabajo son valores de referencia que servirán como base para próximos estudios dado que no existen actualmente en Patagonia trabajos realizados que evalúen el BSG en áreas disturbadas con una remoción y pérdida importante del suelo, como sucede en estos

sitios. Los estudios realizados por otros autores comprenden áreas afectadas principalmente por el pastoreo en otros distritos cercanos al estudiado en el presente trabajo.

3.1.2. Propuesta de abandono para canteras

Durante el inicio de la explotación de la cantera:

Durante la etapa de construcción de la cantera, se debe **separar el material de destape** (material superficial con mejores propiedades físico-químicas, nutricionales y biológicas) que comprende en general los primeros 20 a 40 cm de suelo. Este deberá ser ubicado en un sector que no entorpezca la operatoria en la cantera y que no corra el riesgo de ser mezclado con otros materiales. Sobre él no deberá colocarse ningún tipo de material. El material de destape será utilizado durante las tareas de restauración, para el abandono de la cantera.

Durante el abandono de la explotación de la cantera

- **Adecuar las paredes laterales de las canteras hasta alcanzar taludes de al menos una relación 3 : 1 (H : V).** Esta práctica se puede realizar:
 - colocando en la cantera el material en montículos que se encuentre en adyacencias, a excepción del material de destape,
 - redistribuyendo el material que se encuentre en el fondo y que no tenga otro uso,
 - tomando de préstamo material de la pared lateral de la cantera, y avanzando hacia afuera de la misma, no más de 2 m (para no aumentar el daño). Este área es la superficie donde se colocó parte del material que no se utilizó para cantera, o que haya sido utilizada como camino durante la construcción o la explotación.

Aunque alguna bibliografía recomienda una relación de 2:1, esa recomendación se da considerando que sobre el talud no se van a realizar otras prácticas posteriormente. En nuestro caso, para poder implementar las siguientes etapas de la propuesta de restauración se utilizarán maquinarias (algunas del tipo agrícola convencional) que deben transitar sobre el talud, y una relación de talud de 2:1 no permite y/o dificulta el trabajo con maquinaria de una manera segura. Además, desde el punto de vista de la restauración, cuanto más disminuyamos la pendiente, más probabilidad de asegurarnos el establecimiento natural de la vegetación. En las canteras que se trabajaron durante la experiencia, las paredes laterales presentaron al final de los laboreos, taludes con pendientes considerablemente inferiores, de relación 5:1 (H:V) aproximadamente.

- **Acondicionar los bordes superiores de manera que queden redondeados, para restablecer la geoforma del sitio y se eviten los cortes abruptos.**
- **Colocar sobre los taludes acondicionados el material de destape que se extrajo durante el inicio de la explotación de la cantera.**
- **Escarificar toda la superficie mediante laboreos perpendiculares a los vientos predominantes en el sector superior (loma) en el caso que quede afectada una superficie considerable, y a la pendiente en los taludes y el bajo.** Toda esta operatoria se puede realizar con un laboreo tipo “caracol”, avanzando la maquinaria de manera circular por todo el perímetro de la cantera.

Inicialmente, se debe utilizar para esta tarea maquinaria vial, ya que cuenta con escarificadores en la parte posterior que realiza este tipo de labranza vertical. El laboreo posterior,

de ser posible, se realizará con maquinaria de tipo agrícola (tractor de 40 a 60 HP con doble tracción y de trocha angosta) que produce una menor compactación del suelo por ser más liviana, utilizando como herramienta un subsolador y/o cincel. Finalmente, se recomienda realizar un último laboreo con un surcador, para dejar el suelo preparado para la plantación de arbustos.

- **Plantar especies nativas en el fondo de los surcos realizados durante el escarificado.**

Las especies a utilizar deben ser nativas, y en lo posible las que se encuentren en los alrededores de la cantera, para permitir una recomposición paisajística. La finalidad de la plantación no es sólo recomponer la cobertura vegetal del sitio abandonado para minimizar los riesgos de erosión y producir una restauración del paisaje. También se procura contar con un área de plantación de nativas perennes que produzcan en el futuro semillas, y de esta manera, continuar los procesos de sucesión vegetal natural. A su vez, esta cobertura de plantas perennes permitirá la captura de semillas de otras plantas que son diseminadas por el viento, y de esta forma, aumentará el banco de semillas potencial.

Debido al impacto que ha sufrido toda el área por diferentes motivos (actividad minera y petrolera, sobrepastoreo, extracción de leña, entre otros), se producen naturalmente escasos establecimientos de especies vegetales. Las posibles causas pueden ser una insuficiente producción de semillas, presencia de granivoría, o falta de micrositios para que se produzcan los procesos de germinación y establecimiento. Plantando especies nativas (que difícilmente se establezcan naturalmente en un corto a mediano plazo), estamos ayudando a la restauración del área, y favoreciendo procesos también fuera de ella. Se sugiere alambrar con alambre tejido de al menos 50 cm de altura para disminuir el riesgo de ataque de liebres, ya que algunas de las especies plantadas son ramoneadas durante los estadios juveniles. Esta práctica tiende a disminuir las tareas de reposición de plantas, y aceleraría la recomposición de la cobertura vegetal.

3.2.1. Picadas.

Parámetros físico- químicos del suelo

En general las propiedades fisicoquímicas (pH, salinidad y Sodio de intercambio) han disminuido en sus parámetros negativos (**Tabla 9**), relacionados con la implantación y persistencia de la vegetación, y este descenso ha sido más evidente en las picadas 4 y 6. En la **Tabla 10** se muestran los criterios o parámetros de calidad de un suelo de meseta (caracterizado por haber evolucionado en un ambiente de escasas de lluvias) en su aptitud para la persistencia de la vegetación, a través de sus propiedades fisicoquímicas. Si comparamos las características de los suelos de las picadas con los criterios de calificación, se puede observar que solamente las picadas 4 y 6 tenían tenores altos tanto en la salinidad como en el Sodio intercambiable, al momento del inicio de los ensayos. Tres años después estos descendieron notablemente. Las demás picadas tienen muy bajos tenores de salinidad y de Sodio en la capa de suelo superficial, ya que entrarían en el calificativo “sin” a “ligeros problemas”.

Esta disminución experimentada en las picadas 4 y 6 puede atribuirse a varios factores, todos favorecidos por el laboreo realizado en el sitio: aumento de la capacidad de infiltración de los suelos, descompactado, aumento de la rugosidad que favorece la captación y retención de material de voladura, entre otros (**Tabla 11**).

Establecimiento de la vegetación

El establecimiento y supervivencia de la vegetación en las parcelas experimentales instaladas en las picadas fue menor al esperado de acuerdo a otras experiencias realizadas en la región con respecto a la plantación de arbustos. El valor más alto fue del 44 % en *Senecio filaginoides*, luego le siguió *Grindelia chilensis* con 35 %, y del resto, ninguna superó el 15 %. Cabe destacar que estas dos primeras especies, además de tener comportamiento de pioneras como se explicara en puntos anteriores, son especies no forrajeras, es decir, no son ramoneadas ni comidas por el ganado y la fauna silvestre, ya que presentan en sus tejidos sustancias químicas (principalmente resinas y aceites) que pueden ser fitotóxicas o actuar como repelentes para los mismos (**Tabla 12**). Tanto *Atriplex sagittifolia* como *Lycium chilense*, con bajos valores de establecimiento, presentaban además un escaso crecimiento, y se observaban en las mismas signos de intensa actividad de ramoneo. Esto se evidenciaba por plantas muy chicas, con una base más engrosada y brotes tiernos de escasa longitud.

Si analizamos el % de establecimiento y supervivencia en función del tipo de picada en las que fueron plantadas, las picadas en pendiente con exposición sur presentaron mejor establecimiento que las de exposición norte en todas las especies. A su vez, estas últimas presentaron en 3 de las 4 especies de arbustos menores valores que las picadas en sitios planos, sin pendiente. La explicación de que en las picadas con pendiente de exposición sur se obtuvieron mayores valores de establecimiento es que presentan mayor disponibilidad de agua en el suelo debido a su menor exposición al sol, que retrasa el efecto de evaporación de agua y/o derretimiento de nieve. Además, por esta misma característica, son menos y/o más tardíamente frecuentadas por la fauna silvestre.

Con respecto a las especies gramíneas sembradas, los valores de % de cobertura vegetal no presentaron un patrón común que explique los resultados en su conjunto. Los valores más bajos de cobertura se presentaron en las picadas con pendiente y exposición norte, debido a lo explicado anteriormente. Un dato interesante es el % de cobertura vegetal preestada por el elimo (*Leymus racemosus*) en las 3 picadas planas. Estos sitios en general presentan texturas francas a arenosas, y al no tener pendiente, presentan un riesgo de erosión menor. Estas texturas gruesas, junto con el tipo de laboreo realizado para la siembra de las mismas (surcos profundos) favorecen el establecimiento, crecimiento y desarrollo de esta especie, que es utilizada desde hace más de 30 años en Patagonia para la estabilización de médanos. En el caso del Agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*), la cobertura vegetal, en el mejor de los casos, no llegó al 30 %. Esta especie, que es una de las más rústicas de las naturalizadas en Patagonia, necesita al menos que se registren en la región 300 – 350 mm anuales de lluvia, o que sean sembradas en ambientes tipo vegas o mallines, donde el aporte de agua no es únicamente por lluvias, y el período de disponibilidad de la misma para las plantas es mayor. La experiencia desarrollada en los trabajos de recuperación de mallines mediante siembras realizados en el marco del convenio apoyan lo expuesto anteriormente.

En función de los resultados obtenidos, un dato importante es que en las picadas, debido a sus características, una larga extensión y un ancho escaso (2 a 3 metros), la incidencia de la fauna menor es alta y afecta el establecimiento y supervivencia de las especies, principalmente en los sitios con alta cobertura vegetal a los costados de ellas. Por tal motivo, con respecto a la plantación, sólo deben considerarse especies arbustivas no forrajeras, y en alta densidad, para que su aporte a la cobertura vegetal sea considerable. Consideramos como muy positivos y recomendables los laboreos de suelo en picadas, que tienden a descompactar el suelo y aumentar su rugosidad, porque favorecen el repoblamiento vegetal natural. Además, en los sitios donde el suelo es arenoso, se recomienda la siembra con elimo, para acelerar el proceso de recomposición de la cobertura vegetal.

Revegetación natural

Se detectaron procesos de revegetación natural en todas las picadas evaluadas, aunque presentan diferente grado de cobertura vegetal alcanzada en función de su exposición y/o pendiente. Las picadas que presentan los menores valores de cobertura vegetal de especies naturalmente establecidas son las de exposición norte, con pendiente, con valores del 16%. Los mayores valores se registraron en las planas, sin pendiente y en las de exposición sur, con pendiente, con valores próximos al 28% en ambos casos. Un patrón similar se registró en el número de especies colonizadoras, aunque las diferencias entre grupos fueron menos marcadas (**Tabla 13**).

En las picadas en pendiente con exposición sur y en las planas el número de especies fue alrededor de 13 mientras que en las picadas en pendiente con exposición norte el número disminuyó a 11 especies (datos no publicados). Las especies colonizadoras más conspicuas fueron *Bromus spp* (coirón dulce) y *Stipa humilis* (coirón llama), entre los pastos, y *Acaena caespitosa* y *Hoffmaseggia trifoliata* (pata de perdiz) entre las hierbas.

Es de destacar que los valores de número de especies y cobertura vegetal presentados no incluyen la vegetación implantada en los diferentes ensayos. Tampoco considera la cobertura de la vegetación anual espontánea, que en todos los casos fue superior al 10%.

Banco de semillas

Dentro de las picadas los valores del BSG fueron muy variables (**Tabla 14**). No hubo una correlación entre las exposiciones de las mismas y la densidad de semillas encontradas. Las especies identificadas fueron 7 anuales, dos de ellas gramíneas.

La diferencia entre los valores de densidad de semillas encontrados en cada grupo de picada puede estar dada por varios factores, entre ellos, la vegetación circundante al lugar y las características físico-químicas del suelo. Se encontró una correlación positiva ($R^2=0.704$, $p<0.05$) entre la densidad de semillas y la cobertura de las especies anuales evaluadas para las picadas.

Al igual que para las canteras, no existen trabajos previos realizados en la zona que nos permitan establecer una comparación para la estimación de algún grado de recuperación del lugar. El estudio realizado servirá como línea de base para futuros trabajos.

3.2.2. Propuesta de abandono para picadas

Los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto nos indican que la realización de distintas prácticas que produzcan cambios favorables en las condiciones del suelo (principalmente en lo referido a la compactación), y la vegetación, son estrategias a considerar para la recomposición de la cobertura vegetal sobre las picadas. El abandono de las picadas, debe contemplar los siguientes aspectos:

- **Anular el acceso para que no sean utilizadas como caminos alternativos.** Esta medida inicial es de suma importancia, de la cual dependerá el éxito de las siguientes prácticas recomendadas para la restauración.

- **Escarificar su superficie.** El laboreo de las picadas, que produce un corrugado de su superficie, tiene una gran cantidad de beneficios para el proceso natural de restauración vegetal:

- descompacta el terreno,
- aumenta la tasa de infiltración de agua en el suelo,
- disminuye el escurrimiento superficial evitando la erosión hídrica laminar y/o en surco,

- captura las semillas que son diseminadas por el viento, retiene el material de voladura producido en otros sitios, y
- crea micrositios para el establecimiento natural de la vegetación, entre otros.

Para su realización, se recomienda utilizar implementos de labranza vertical. Estos producen una remoción del suelo, sin invertir las capas de suelo. Para ello se cuenta con la maquinaria vial usada habitualmente, que presenta en su parte posterior un set de escarificadores que pueden realizar la tarea. El inconveniente de estas máquinas es su tamaño, ya que en algunas picadas que comenzaron su repoblamiento vegetal natural en los bordes, éste se vería perjudicado por el pisoteo. Una alternativa es el uso de un tractor chico tipo agrícola (40 a 60 HP con doble tracción y de trocha angosta), cuya potencia permita traccionar un subsolador, en los sitios más compactados, o un cincel, en los de texturas más arenosas y/o de baja compactación. Por último, se recomienda un laboreo final con un surcador, para producir un mayor corrugado de la superficie que maximice los beneficios expuestos de esta práctica.

El laboreo (escarificador, subsolador, cincel y/o surcador) se practicará a lo largo de la picada en los sitios planos. Esta práctica facilita y garantiza la recomposición de la cobertura vegetal a largo plazo en muchas de las situaciones, dejando la siembra y la plantación con arbustos para las situaciones particulares que se describen a continuación. Sin perjuicio de ello, luego de los laboreos, la plantación con arbustos y pastos nativos aceleraría los procesos de repoblamiento vegetal natural, decisión que debe ser evaluada oportunamente.

- **No laborear picadas “en vías de restauración”.** En las picadas o sectores de picadas en que se observe una recomposición de la cobertura vegetal por procesos revegetación natural (principalmente en los bordes y en el centro), no se realizará ningún tipo de laboreo y se las considerará “en vías de restauración”. Estos sectores deben presentar una cobertura vegetal similar a la del pastizal natural adyacente, aunque no presenten la misma composición florística.

- **Sembrar con Elimo (*Leymus sabulosus*) en picadas sin pendiente de textura arenosa.** Esta práctica se puede realizar de manera simultánea al surcado, ya que se le puede adosar al portaherramientas donde están colocados los surcadores, los cuerpos de siembra en la parte posterior.

El Elimo es una especie muy utilizada en Patagonia para la estabilización de dunas y médanos, y se encuentra naturalizada desde hace más de 3 décadas. La EEA Chubut del INTA cuenta con semilleros propios donde anualmente se cosecha esta semilla. En la experiencia realizada, el porcentaje de cobertura de la línea de siembra alcanzado por esta especie fue del 60 % en las picadas que presentaban texturas arenosas en los sitios sin pendientes. La siembra de Elimo permitiría lograr en 2 años una interesante cobertura vegetal, que favorecería el proceso de restauración natural.

- **Escarificar en forma perpendicular al trazado de la picada en el área de inicio de la pendiente (sector sin pendiente anterior a su comienzo).** El objetivo de esta recomendación es crear rugosidad en la superficie que actúa como zona de captación y aporte hacia el sector con pendiente de la picada, minimizando el escurrimiento aguas abajo. De esta manera, evitamos el transporte de material, y la formación de surcos y cárcavas de erosión. Esta práctica se puede realizar de manera manual si el suelo se encuentra laboreado y descompactado, donde no haya una superficie lo suficientemente amplia para que operen las maquinarias. En el caso de picadas que surgen a partir de locaciones o plataformas en su parte superior, se debe escarificar toda la superficie.

- **Realizar laboreos oblicuos o perpendiculares a la pendiente en las zonas críticas, en picadas con pendientes mayores a 5 %.** El objetivo de esta práctica es frenar el posible escurrimiento superficial del agua de lluvia y evitar la formación de cárcavas o surcos. Para ello, el laboreo se realizará en forma oblicua respecto al trazado de la picada (de 30 a 45°), tipo “zig – zag”. Para este tipo de trabajo es necesario disponer de un tractor de características similares a las descritas anteriormente. En sectores de la picada con pendientes más abruptas, y que evidencien signos de erosión hídrica (canalículos, surcos y cárcavas), se recomienda realizar (luego de los laboreos descritos en puntos anteriores) surcos perpendiculares a la pendiente con herramientas manuales, tipo terrazas de disipación, que disminuyan la velocidad del agua, y de esta manera, controlen los procesos erosivos. La distancia entre surcos debe ser la mínima que nos permita el tipo de suelo y laboreo.

- **Realizar plantación de arbustos y pastos no forrajeros, en picadas con pendientes mayores a 5 %.** En las situaciones descritas en el punto anterior, recomendamos plantar arbustos o pastos nativos con la finalidad de acelerar el proceso de recomposición de la cobertura vegetal. Debido a las condiciones topográficas, y al constante movimiento de suelo al que están expuestas, por efectos del viento y el agua, no hay micrositios adecuados para la germinación y el establecimiento de la vegetación natural. Además, el deslizamiento de terreno no permite la conformación de un adecuado banco de semillas. Recomendamos, por lo tanto, realizar la plantación con arbustos y/o pastos nativos no forrajeros para aumentar el porcentaje de supervivencia. La plantación debe ser densa, a razón de 1 planta cada 0.5 m en el surco de plantación.

4. CONCLUSIONES

La construcción de relieves estables es un objetivo que busca garantizar la máxima viabilidad del ecosistema a restaurar, es decir, considerando el relieve como un compartimento del ecosistema, a integrar con el suelo y la comunidad vegetal en el proceso de construcción de un ecosistema funcional.

Los resultados obtenidos durante la ejecución de las tareas realizadas en canteras y picadas nos brindan resultados alentadores para la elaboración de los protocolos de abandono de estas áreas.

En el caso de las canteras, el laboreo realizado para la recomposición topográfica permitió el restablecimiento del paisaje. El acondicionamiento de las paredes de las canteras para alcanzar menores valores de pendiente, permiten estabilizar los suelos y evitar posibles derrumbes, y de esta manera se detiene el movimiento de las partículas de suelo y piedras, que limitan los procesos de establecimiento natural de la vegetación.

Los trabajos de labranza tendientes a aumentar la rugosidad del terreno no sólo favorecieron el establecimiento de las especies plantadas, sino también la colonización de especies anuales que actuaron como protectoras de las especies plantadas en una primera instancia, iniciando así un proceso de sucesión secundaria y restauración autogénica del área, por la retención de las semillas que son producidas por las individuos plantados y por la vegetación circundante. Estos procesos de recolonización natural no fueron observados en otras canteras de la región que no hayan sido trabajadas de la manera propuesta.

Con respecto al aporte del banco de semillas a los procesos de restauración autogénica de la vegetación, éste se realiza si producimos condiciones en el terreno que permitan desencadenar los procesos de germinación, y asegurarse el establecimiento posterior de las plantas. Los laboreos del terreno que producen descompactación, que crean rugosidad y que aumentan la infiltración de agua, permiten el pasaje del estado de semilla a plántula. A la vez, aumentan la probabilidad de aumentar dicho banco, ya que los mismos laboreos favorecen la captación de semillas.

Tanto la plantación de especies arbustivas nativas como los procesos de revegetación natural que se desencadenan a partir de los trabajos realizados, tienden a aumentar la biodiversidad vegetal del sitio donde se encuentran las canteras. Es de esperar que a partir de estas “áreas de concentración vegetal”, en el mediano plazo se comience la dispersión natural de semillas hacia otras áreas. Además, estos sitios restaurados volverán a comportarse como habitat de la fauna silvestre menor, convirtiéndose en potenciales sitios de nidación de aves u otros.

Con respecto a las picadas, los resultados obtenidos y las observaciones realizadas nos permiten inferir que los laboreos disminuyen los riesgos de erosión hídrica y eólica, favoreciendo también la revegetación natural. Debido a la textura arenosa de las picadas, la siembra con elimo, principalmente en las picadas planas, presenta resultados alentadores para la recomposición de la cobertura vegetal.

Los trabajos realizados en el marco del proyecto nos permite contar con un área demostrativa de escala superior a las parcelas de experimentación con que habitualmente se trabaja, y a mediano plazo, con un paquete tecnológico que se incorpore a las normas de procedimiento de las empresas para hacer frente a esta problemática habitual en nuestra región.

5. BIBLIOGRAFIA

- Beeskow, A; H. Del Valle; M. Rostagno. 1987. Los sistemas fisiográficos de la región árida y semiárida de la provincia del Chubut. Centro Nacional Patagónico. CONICET
- Borelli P. y G. Oliva. 2001. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral – Tecnología de Manejo Extensivo. Ediciones INTA
- Castro, J. M; J. M. Salomone y R. N. Reichart. 1983. Un nuevo método para la fijación de médanos en la Región Patagónica. IDIA, Suplemento nro. 36. Séptima Reunión Nacional para el estudio de las regiones Áridas y Semiáridas.p. 254-255.
- Ciano, N. 1997. Plantación de especies arbustivas en Patagonia. PRODESAR. Convenio INTA - GTZ. EEA CHUBUT. Centro Regional Patagonia Sur. 22 pp.
- Ciano, N.; Nakamatsu, V y Luque, J. 1998 a. Evaluación de sistemas de siembra de Agropiro alargado en mallines salino-sódicos de la Patagonia. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 18, Suplemento 1, p. 189.
- Ciano, N; V. Nakamatsu; J. Luque; M. Amari; O. Mackeprang y C. Lisoni. 1998 b . Establecimiento de especies vegetales en suelos disturbados por la actividad petrolera. Terceras Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas. Comodoro Rivadavia, Chubut.
- Ciano, N.; Nakamatsu, V.; Luque, J.; Amari, M., Owen, M.; Lisoni, C. 2000 a. Revegetación de áreas disturbadas por la actividad petrolera en la Patagonia extrandina (Argentina). XI Conferencia de la International Soil Conservation Organization (ISCO 2000). Buenos Aires, Argentina.
- Ciano, N; V. Nakamatsu; J. Luque; M. Amari y C. Lisoni. 2000 b. Recomposición de la cobertura vegetal en un área disturbada por la realización de una locación en Comodoro

Rivadavia, provincia de Chubut. Cuartas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas. Salta.

- Ciano, N; Salomone, J.; Nakamatsu, V.; Luque, J. 2001. Nuevos escenarios para la remediación de áreas degradadas en la Patagonia. Taller de actualización sobre métodos de evaluación, monitoreo y recuperación de pastizales naturales patagónicos. V Reunión del Grupo Regional Patagónico de Ecosistemas de Pastoreo INTA FAO. Esquel, 2001.

- Ciano, N; V. Nakamatsu; J. Luque; C. Vicente y C. Lisoni. 2003. Plan de abandono de canteras y picadas en la Cuenca del Golfo San Jorge – Patagonia Argentina. Quintas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas. Mendoza.

- Luque, J.; Molina Sánchez, D.; Amari, M.; Lisoni, C.; Mackeprang, O. 1995 . Características edáficas de suelos afectados por derrames de petróleo. Segundo Simposio de Producción de Hidrocarburos. IAP. Mendoza, Argentina

- Luque, J.; V. Nakamatsu; N. Ciano; M. Amari y C. Lisoni. 1998 . Recuperación de un área empetrolada por medio de la utilización de técnicas de forestación y riego por goteo. Terceras Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas. Comodoro Rivadavia, Chubut.

- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. J. Wiley & Sons (Eds) Canadá. 547 pp.

- Nakamatsu, V; N. Ciano; J. Luque; C. Lisoni; J.M. Quinteros; O. Mackeprang. 1996. Adaptación de especies vegetales nativas a suelos contaminados con hidrocarburos. Segundas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria Petrolera. p. 613 - 619.

- Noy-Meir , I. 1973. Desert Ecosystems: Environment and Producers. Annual Review of Ecology and Systematics, 4: 25 - 45.

- Soriano, A. 1983. Deserts and Semideserts of Patagonia. In: West N.E. Temperate Deserts and Semideserts. Elsevier Scientific, Amsterdam. p. 423 - 460.

6. TABLAS

Tabla 1. Propiedades físico-químicas de las canteras (muestreo:octubre-noviembre de 2001)

Cantera	pH (1: 2,5)	Salinidad (mmhos/cm)	Sodicidad (P.S.I.)	Textura	Permeabilidad
El Cordón 1 EC 1	7,9 a 8,2	3,4 a 15,8	3,7 a 33, 3	Areno limoso a arenoso	Moderadamente rápida
El Cordón 13 EC 13	8, 1 a 8,9	3 a 10,5	4 a 17,2	Areno limoso a arenoso franco	Moderadamente rápida
Cañadón León 6 CL 6	8 a 8,9	3,3 a 12,4	6 a 33,7	Franco arenosa a arenosa	Moderadamente rápida

Tabla 2. Propiedades físico-químicas de las picadas (muestreo:octubre-noviembre de 2001)

Picadas	pH (1: 2,5)	Salinidad (mmhos/cm)	Sodicidad (P.S.I.)	Permeabilidad	Textura
Sin pendiente 1	8,4	0,63	3,63	Extremadamente rápida	Arenosa
Sin pendiente 2	8,7	3,62	10,71	Moderadamente lenta	Franca
Sin pendiente 3	8,9	2,2	9,39	Moderadamente rápida	Arenosa franca
Pendiente y exp. Sur - 4	8,4	11,76	19,4	Moderadamente rápida	Franco arenosa
Pendiente y exp. Sur - 6	8,5	0,7	4,24	Extremadamente rápida	Arenosa
Pendiente y exp. Sur - 7	7,9	11,91	18,49	Extremadamente rápida	Arenosa
Pendiente y exp. Norte - 5	9	1,27	11,24	Moderadamente rápida	Arenosa
Pendiente y exp. Norte - 8	8,2	0,59	7,62	Extremadamente rápida	Arenosa
Pendiente y exp. Norte - 9	8,1	0,51	5,76	Extremadamente rápida	Arenosa

Tabla 3. Propiedades físico-químicas de las canteras (muestreo realizado en mayo de 2004)

Cantera	pH (1: 2,5)	Salinidad (mmhos/cm)	Sodicidad (P.S.I.)	Textura	Permeabilidad
El Cordón 1 EC 1	7,8	1,98	3,16	Franco limosa	Moderadamente rápida
El Cordón 13 EC 13	7,6	5,58	1,58	Arenosa	Moderadamente rápida
Cañadón León 6 CL 6	7,9	1,54	1,4	Arenosa	Muy rápida

Tabla 4. Porcentaje de establecimiento de las especies/ cantera (marzo de 2004)

Especies	Cantera EC 1	Cantera EC 13	Cantera CL 6
<i>Atriplex lampa</i>	71,9	34,6	24
<i>Atriplex sagittifolia</i>	78	43,8	21,7
<i>Lycium chilensis</i>	66,7	53,8	xx
<i>Suaeda divaricata</i>	10	xx	xx
<i>Atriplex semibaccata</i>	0	0	0
<i>Grindelia chiloensis</i>	87	35,8	46,8
<i>Senecio filaginoides</i>	75	41,3	42,1
<i>Tamarix gallica</i>	41,1	43,3	60

xx: indica que no fue plantada en dicha cantera

Tabla 5. Porcentaje de establecimiento en los distintos sectores de la cantera (marzo de 2004)

Especies	Loma	Talud	Bajo
<i>Atriplex lampa</i>	38,1	34,1	27,7
<i>Atriplex sagittifolia</i>	34,3	39,4	65,2
<i>Lycium chilensis</i>	xxx	xxx	60,7
<i>Suaeda divaricata</i>	xxx	xxx	10
<i>Atriplex semibaccata</i>	0	0	0
<i>Grindelia chiloensis</i>	62,5	47	69,7
<i>Senecio filaginoides</i>	53,9	45,1	89,5
<i>Tamarix gallica</i>	xxx	xxx	47,5

xxx: indica que no se plantó en ese sitio

Tabla 6. Porcentaje de cobertura de la vegetación perenne y número de especies establecidas naturalmente en cada una de las canteras (evaluación realizada en marzo de 2005).

Parámetro		Cantera EC 1	Cantera EC 13	Cantera CL 6
Cobertura vegetal	Media	27,1	21,1	36,4
	Desvío	6,4	9,3	9,4
Número de especies	Media	11	10,0	11,0
	Desvío	2,0	5,6	1,5

Tabla 7. Porcentaje de cobertura de la vegetación perenne y número de especies establecidas naturalmente por sector de las canteras (evaluación realizada en marzo de 2005).

Parámetro		Loma	Talud	Bajo
Cobertura vegetal	Media	35,0	28,0	22,0
	Desvío	9,6	12,7	4,3
Número de especies	Media	13,0	8,0	10,0
	Desvío	2,5	4,0	1,1

Tabla 8. Cuantificación del banco de semillas en canteras (marzo de 2005).

Muestreo	Zona	Submuestras	Densidad de Semillas *	Nº de especies identificadas	Error Estándar
Cantera 13	loma	3	1913,07	3	1049,29
	talud	3	1416,71	3	701,82
	bajo	3	4378,96	5	2420,36
Cantera 1	loma	3	4771,79	6	2893,22
	talud	3	213,63	3	200,81
	bajo	3	2740,86	3	893,00
Cantera 6	loma	3	1108,72	3	1055,85
	talud	3	467,80	3	190,05
	bajo	3	923,25	3	401,69

* la densidad de semillas está expresada en semillas/m2

Tabla 9. Cuadro comparativo de las propiedades físico-químicas de las picadas (muestreos realizado en octubre-noviembre de 2001 y en mayo de 2004).

Picadas	Ph (1: 2,5)		Salinidad (mmhos/cm)		Sodicidad (P.S.I.)	
	2001	2004	2001	2004	2001	2004
Sin pendiente1	8,4	7,3	0,6	0,3	3,6	1,7
Sin pendiente2	8,7	8,6	3,6	1,6	10,7	6,3
Sin pendiente3	8,9	8,3	2,2	1,0	9,4	7,2
Pendiente y exp. Sur4	8,4	8,0	11,8	1,4	19,4	9,8
Pendiente y exp. Sur6	8,5	7,1	11,9	0,7	18,5	1,3
Pendiente y exp. Sur7	9,0	7,6	1,3	0,8	11,2	9,8
Pendiente y exp. Norte 5	8,5	X	0,7	X	4,2	X
Pendiente y exp. Norte8	8,2	7,9	0,6	7,9	7,6	16,4
Pendiente y exp. Norte9	8,1	7,0	0,5	0,5	5,8	7,5

(X): esta picada fue pisoteada por tránsito vehicular, y posteriormente laboreada, por lo que se la descartó de la experiencia. Las celdas sombreadas indican valores altos de salinidad y Sodio intercambiable que pueden llegar a ser limitantes para la siembra y plantación de especies con fines de revegetación.

Tabla 10. Criterios para evaluar la calidad de un suelo de meseta en su aptitud para la persistencia de la vegetación, a través de sus propiedades físicoquímicas.

CLASIFICACION	Salinidad (dS/m)	Sodicidad (PSI)
Sin problemas	0 – 4	0 – 6
Ligeros problemas	4 – 8	6 – 10
Moderados problemas	8 – 16	10 – 15
Fuertes problemas	16 – 32	15 – 30
Muy fuertes problemas	más de 32	Más de 30

Tabla 11. Permeabilidad y textura en las picadas (muestreo realizado en mayo de 2004)

Picadas	Permeabilidad	Textura
Sin pendiente - 1	Muy rápida	Arenosa
Sin pendiente - 2	Moderadamente lenta	Franco limosa
Sin pendiente- 3	Muy rápida	Arenosa
Pendiente y exp. Sur - 4	Moderadamente rápida	Franco arenoso
Pendiente y exp. Sur - 6	Muy rápida	Arenosa
Pendiente y exp. Sur - 7	Muy rápida	Arenosa
Pendiente y exp. Norte - 5	x	x
Pendiente y exp. Norte - 8	Moderadamente rápida	Franco limosa
Pendiente y exp. Norte - 9	Muy rápida	Arenosa

(x): esta picada fue pisoteada por tránsito vehicular, y posteriormente laboreada, por lo que se la descartó de la experiencia

Tabla 12. Porcentaje de establecimiento en picadas en función de la pendiente y exposición (evaluación realizada en marzo de 2004)

Especies	Sin pendiente	Pendiente – exposición Sur	Pendiente – exposición Norte
<i>Atriplex sagittifolia</i>	9,2	14,2	0
<i>Grindelia chilensis</i>	26,7	35	5
<i>Senecio filaginoides</i>	1	44,1	11,2
<i>Lycium chilensis</i>	3,3	11,6	2,5
<i>Thinopyrum ponticum</i>	11	28	2
<i>Leymus racemosus</i>	60	13,8	1,75

Nota: para los arbustos se presentan los datos como % de establecimiento, y para los pastos, como % de cobertura de la línea de siembra.

Tabla 13. Porcentaje de cobertura de la vegetación perenne y número de especies establecidas naturalmente en picadas en función de la pendiente y exposición (marzo de 2005).

Parámetros		Sin pendiente	Pendiente – exposición Sur	Pendiente – exposición Norte
Cobertura vegetal	Media	30,3	26,8	16,0
	Desvío	13,5	6,5	0,0
Número de especies	Media	12,7	14,0	11,0
	Desvío	1,5	0,0	0,0

Tabla 14. Cuantificación del banco de semillas en canteras (marzo de 2005).

Muestreo	Característica	Cantidad de submuestras	Densidad de Semillas*	N° de especies identificadas	Error Estándar
Picada 1	s/pendiente	6	2137,84	5	540,28
Picada 2	s/pendiente	6	494,81	3	389,19
Picada 3	s/pendiente	6	33,60	2	32,15
Picada 4	Exp. Sur	6	80,46	1	63,19
Picada 6	Exp. Sur	6	4031,30	5	1322,20
Picada 9	Exp. Norte	6	1314,57	5	1279,93

* la densidad de semillas está expresada en semillas/m²