



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud
Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

TESIS DE GRADO

Reintroducción de especies nativas de dos grupos funcionales
en sitios con degradación severa en La Payunia de Neuquén,
Argentina.



TESISTA: GONZÁLEZ, Florencia del Mar

DIRECTOR: Lic. PÉREZ, Daniel Roberto

CODIRECTORA: Dra. ROVERE, Adriana Edit

AÑO 2010

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por el apoyo incondicional brindado a lo largo de la carrera y en cada uno de los proyectos encarados.

A toda mi familia por facilitar mi etapa de estudiante y contribuir en mi formación, especialmente a mi abuela Miguelina y tíos Violeta y Pedro.

A Daniel Pérez y Adriana Rovere por el tiempo y entusiasmo dedicado en esta tesis, por las sugerencias y correcciones realizadas y particularmente por despertar un profundo interés por las zonas áridas y la restauración de las mismas.

A mi amigo Dario Gutierrez (conge) por la ayuda brindada en la edición de las fotografías utilizadas en este trabajo y por estar siempre presente.

A todos mis amigos, especialmente a aquellos con los que compartí momentos amenos y horas de estudio: Claudia, Néstor, Vero, Belén, Yanina y Seba, haciendo que mi paso por la universidad sea inolvidable.

A todos los integrantes del LARREA por el apoyo y los aportes brindados en el presente trabajo.

A los operarios que contribuyeron en la plantación en campo, principalmente a Daniel Coila y Javier Contreras.

Al guarda parque Sergio Goitía por la hospitalidad y colaboración en el Área Natural Protegida Auca Mahuida.

A la subsecretaría de turismo de la provincia del Neuquén por permitir el desarrollo de esta investigación en la Área Natural Protegida.

Al departamento de medio ambiente, salud y seguridad de la empresa YPF S.A por la financiación del trabajo.

INDICE:

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	1
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS E HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
Hipótesis:.....	11
<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	12
ÁREA DE ESTUDIO.....	12
Características de la vegetación.....	13
<u>Características geológicas, edáficas y climáticas</u>	14
Característica de la fauna:	15
Actividades antrópicas que se desarrollan en el área:	16
<u>TRABAJO DE CAMPO:</u>	18
(a) Análisis de vegetación:	18
Descripción de las especies a utilizar	21
b) Plantación de las especies seleccionadas.	23
c) Evaluación de la supervivencia y crecimiento de las plantas.	30
<u>RESULTADOS</u>	32
<u>ANÁLISIS DE VEGETACIÓN</u>	32
<u>PLANTACIÓN</u>	34
Supervivencia	34
Crecimiento	35
<u>DISCUSIÓN:</u>	38
<u>CONCLUSIONES:</u>	42
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	43

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Mapa de la provincia del Neuquén con la ubicación de la Reserva Provincial de usos múltiples Auca Mahuida.	12
Figura 2: Imagen satelital con la ubicación de las canteras de estudio y fotografías en el terreno que muestran el aspecto general de las mismas.	13
Figura 3: Mapa del trazado de líneas de prospección sísmica en la reserva provincial Auca Mahuida (Fuente: Fiori & Zalba, 2000).....	17
Figura 4: Aspecto del ecosistema de referencia.....	18
Figura 5: Aspecto del interior de la Cantera 2.	19
Figura 6: Aspecto del área sometida periódicamente a mayores disturbios (borde de camino).....	19
Figura 7: Representación gráfica del método línea intercepción.	20
Figura 8: Etapa de colocación de cinta métrica para el muestreo de la vegetación, mediante el método de línea de intercepción en el área de referencia.....	20
Figura 9: Ejemplar de <i>S. arnottiana</i> adulto y detalles de flor y de las hojas.....	22
Figura 10: Imagen de un pastizal con predominio de <i>S. speciosa</i> var. <i>speciosa</i> y detalle de un ejemplar.....	23
Figura 11: Marcado de los puntos de ahoyado, separados entre sí un metro.	24
Figura 12: Operarios realizando el ahoyado, a la derecha se muestra un detalle de la mecha utilizada.....	24
Figura 13: Colocación de hidrogel en el hoyo de plantación.	25
Figura 14: Plantación de ejemplar de <i>S.arnottiana</i> asociado a una mata de <i>S. speciosa</i> var. <i>speciosa</i> trasplantada.	25



Figura 15: Aspecto de la plantación. <i>S. arnottiana</i> asociada a <i>Speciosa</i> var <i>speciosa</i> (izquierda) y <i>S. arnottiana</i> aislada de <i>S. speciosa</i> var. <i>speciosa</i> (derecha).....	26
Figura 16: Aspecto de la plantación en la cantera 2 siguiendo los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4) y detalle de uno de los ejemplares de <i>S. arnottiana</i> plantados aislados de <i>S. speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	26
Figura 17: Secuencia de la producción de plantines de <i>S. arnottiana</i> en vivero.....	29
Figura 18: Medición del diámetro a la altura del nudo del cotiledón (izquierda), medición de la altura de <i>Senna arnottiana</i> (derecha).....	30
Figura 19: Porcentaje promedio de cobertura de las especies que componen el ecosistema de referencia.....	33
Figura 20: Porcentaje promedio de cobertura de las especies presentes en las áreas sometidas a disturbios periódicos.	33
Figura 21: Porcentaje promedio de cobertura de las especies presentes en el interior de la cantera.....	34
Figura 22: Porcentaje de supervivencia en la cantera 1 para los tratamientos de <i>S. anottiana</i> aislada y asociada a <i>S. speciosa</i> var. <i>speciosa</i> a distintas dosis de hidrogel (1 y 1,5 l).	35
Figura 23 : Diferencia de crecimiento del tallo en cm, para los tratamientos de <i>S. arnottiana</i> aislada y asociada a <i>S. speciosa</i> var. <i>speciosa</i> bajo distintas dosis de hidrogel (1 y 1,5 l), en la cantera 1.....	36
Figura 24: Número de hojas nuevas para los tratamientos de <i>S. arnottiana</i> aislada y asociada a <i>S. speciosa</i> var. <i>speciosa</i> a distintas dosis de hidrogel (1 y 1,5 l) en la cantera 1.	37
Figura 25: Crecimiento del diámetro del tallo en la cantera 2, para los tratamientos de <i>S.</i>	37

Tabla 1: Resultado del análisis de suelo efectuado en las canteras de estudio.	15
Tabla 2: Representación de las especies de vertebrados distribuidas por clases, citadas en la reserva Auca Mahuida.	16
Tabla 3: Número de ejemplares de <i>S. arnottiana</i> y <i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i> utilizados por tratamiento, en cada cantera y réplica.	28
Tabla 4: Composición florística de los tres sitios donde se evaluó la vegetación.	32
Tabla 5: Índice de similitud de Jaccard entre áreas estudiadas.	34



RESUMEN

La reserva provincial Auca Mahuida (Argentina) es un área de interés para la conservación debido a su riqueza florística y endemismos. En ella se desarrollan incipientes proyectos de rehabilitación ecológica. El objetivo del trabajo fue evaluar la reintroducción de dos especies de grupos funcionales diferentes en canteras abandonadas: un arbusto fijador de nitrógeno *Senna arnottiana* y el pasto *Stipa speciosa* var. *speciosa*. Se efectuaron cuatro tratamientos: *S. arnottiana* asociada a *S. speciosa* con 1 litro de hidrogel, *S. arnottiana* asociada a *S. speciosa* con 1,5 litros, *S. arnottiana* aislada con 1 litro de hidrogel y *S. arnottiana* aislada con 1,5 litros de hidrogel. Al año de la plantación se evaluó la supervivencia y crecimiento de *S. arnottiana*. Los resultados muestran alta supervivencia de la especie (en promedio 84,75%), y que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Con respecto al crecimiento, los resultados son variables entre los tratamientos. Se concluye que *S. arnottiana* es una especie apta para su introducción como especie facilitadora de la sucesión natural en ambientes áridos degradados. Futuros seguimientos permitirán conocer si los beneficios de la introducción simultánea de especies se mantienen en estadios más avanzados y evaluar que tratamiento es más favorable para el desarrollo de estructuras reproductivas y/o una rápida cobertura del suelo.

Palabras clave: canteras, rehabilitación ecológica, hidrogel, facilitación, supervivencia.

ABSTRACT

The Auca Mahuida reserve (Argentina) is a very important area for the conservation of its endemisms and of its flora richness. In the said area, early projects of ecological rehabilitation are carried out. The aim of the work was to evaluate the reintroduction of two species belonging to different functional groups placed in abandoned quarries. They were: *Senna arnottiana* nitrogen fixative shrub and the *Stipa speciosa* var. *speciosa* grass. Four treatments were made: *S. arnottiana* together *S. speciosa* with a 1 liter of hydrogel; *S. arnottiana* together *S. speciosa* with 1.5 liters of hydrogel; *S. arnottiana* isolated with 1 liter of hydrogel and *S. arnottiana* isolated with 1.5 liters of hydrogel. After a year of the plantation, survival and growth of *S. arnottiana* was evaluated. The results showed high survival of the species (on average 84.75%) and there are no substantial differences between treatments. With respect to growth, the results are variable among treatments. The conclusion shows that *S. arnottiana* is a suitable species for introduction as an specie facilitating natural succession in dry, degraded environments. Future controls will know whether the benefits of the simultaneous introduction of species are maintained in more advances stages and



assess which treatment is more favorable for the development of reproductive structures and/or a quick ground cover.

Key words: ecological facilitation, hydrogel, nitrogen fixation, ecological rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

La desertificación es un proceso de degradación del hábitat de alcance mundial, con dimensiones crecientes en todo el planeta (Reynolds *et al.*, 2000, Ezcurra *et al.*, 2006). El Comité de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación define el término desertificación como la degradación de las áreas áridas, semi-áridas y sub-húmedas secas resultante de varios factores, incluyendo variaciones climáticas y actividades humanas (Holtz, 2003). La desertificación, afecta al 41% de la superficie terrestre, área que alberga a más de un quinto de la población mundial (Reynolds & Stafford-Smith, 2002). La desertificación produce efectos negativos en las características biofísicas de los ecosistemas, así como también pérdidas socioeconómicas (Maestre *et al.*, 2006).

Una consecuencia común, es la pérdida de materia orgánica del suelo, que reduce la capacidad de intercambio catiónico, facilita la lixiviación de nutrientes, y reduce la retención de humedad del suelo. A consecuencia de ello el suelo se compacta, se erosiona y aumenta la escorrentía superficial (Clewel & Aronson, 2007). A su vez, esto origina una incapacidad del ecosistema para sostener el crecimiento vegetal y la producción animal, disminuyendo de esta forma la sustentabilidad de la sociedad (Maestre *et al.*, 2006).

El territorio Argentino no es ajeno a esta problemática, dado a que el 75% del mismo está compuesto por sistemas áridos y semiáridos, de los cuales el 30% se ubican en Patagonia (PNUD, 2007). La región patagónica posee el 85% de su superficie afectada por la desertificación (Del Valle *et al.*, 1998), debido, principalmente a diferentes impactos antrópicos y a las condiciones ambientales especialmente limitantes para el desarrollo de la vegetación que existe en general en las zonas áridas y semiáridas (Whisenant, 1999). Del porcentaje de superficie afectada por desertificación, el 31,8% corresponde a un estado grave a muy grave, el 52,6% a un estado medio y medio a grave y el 9,3% a un estado leve (Del Valle *et al.*, 1998). Entre las actividades desarrolladas por el hombre, que han producido fuertes impactos en la región se pueden mencionar el sobrepastoreo y las actividades hidrocarburíferas.

En relación al pastoreo, varios autores (Soriano & Sala, 1983; Defossé *et al.*, 1990; Soriano *et al.*, 1994; Bertiller, 1996; Bertiller & Bisignato, 1998; Paruelo *et al.*, 2008) mencionan que debido a la introducción del ganado a fines del siglo XIX, se produjo una importante reducción de la cobertura vegetal de la Patagonia producto de la disminución en abundancia y eventualmente la extinción de especies palatables. A su vez, la disminución en la

cobertura vegetal en diferentes sectores de la región, dejó el suelo expuesto a la erosión eólica e hídrica produciendo y acelerando la pérdida de materia orgánica y nutrientes del suelo (Mazzarino *et al.*, 1998). Todos estos procesos, sumados a la baja resiliencia que poseen los ecosistemas áridos (Noy-Meir, 1973) limitan el potencial restablecimiento natural de la vegetación. La baja resiliencia indica que un ecosistema posee una baja tasa de recuperación frente a un disturbio (Holling, 1973; Clewell & Aronson, 2007).

Se han realizado numerosas estrategias de manejo ganadero, como alternativas para revertir el proceso de disminución de cobertura vegetal y la consecuente pérdida de biodiversidad ocasionada por el pastoreo. Inicialmente éstas acciones consistían en la reducción de la carga animal por hectárea (Borelli *et al.*, 1984), basándose en la concepción de sucesión ecológica clásica monoclimax de Clements (Clements, 1916). Sin embargo, los resultados de las observaciones de parcelas donde se excluyó durante años el ganado, demuestran que los cambios en la vegetación no se han revertido, concluyendo que el modelo de Clements no se adapta a esos ambientes (Soriano *et al.*, 1980).

Investigaciones posteriores, realizadas en pastizales patagónicos concuerdan con el modelo de estados y transiciones propuesto por Westoby *et al.* (1989). Los autores de dichas investigaciones (Paruelo *et al.*, 1993; Bisigato & Bertiller, 1997; Aguiar & Sala, 1998; Armas *et al.*, 2008), concluyen en la confección de un modelo cíclico que describe los posibles estados que podrían atravesar los parches de vegetación sometidos a pastoreo en Patagonia.

Aguiar & Sala (1994) y Aguiar *et al.* (1992) proponen que el establecimiento de los arbustos puede ocurrir en cualquier sitio de suelo desnudo. Cuando los arbustos son adultos promueven la formación de un anillo de gramíneas bajo su follaje, ya que éstos facilitarían el reclutamiento de las mismas por distintos mecanismos y procesos. Estos actuarían como trampas de semillas, mejorarían las condiciones microclimáticas y aumentarían la disponibilidad de agua bajo su cobertura, en comparación a los espacios desnudos. Cuando el anillo de gramíneas se completa, la facilitación de los arbustos pierde importancia y domina la competencia radicular entre las gramíneas originando que el reclutamiento se detenga. Cuando el arbusto muere, la protección que brindaba desaparece, la competencia entre las gramíneas se acentúa, conduciendo a la mortalidad diferencial de plantas y consecuentemente el anillo se fragmenta (Soriano *et al.*, 1994). Este modelo cíclico parecería no reiniciarse o hacerlo muy lentamente cuando los disturbios a los que se ha sido

sometido el ecosistema son altos, como es el caso del pastoreo excesivo (Paruelo *et al.*, 1993).

Como se mencionó anteriormente otro impacto antrópico al que está sometida la Patagonia y que contribuye a la desertificación es la actividad hidrocarburífera. Esta actividad es particularmente importante en la provincia de Neuquén donde se localiza la cuenca hidrocarburífera más productiva del país (Ponte, 2009). A fin de entender los efectos que dicha actividad ocasiona, es importante mencionar que la explotación hidrocarburífera consta de dos fases principales: la fase de exploración y la fase de explotación. En la fase de exploración, se utilizan métodos sismográficos con el fin de determinar la naturaleza de la formación geológica e investigar el potencial depósito de petróleo. Producto de metodologías utilizadas en el pasado se produjeron en las áreas exploradas una extensa red de líneas de prospección sísmicas, que poseen escasa o nula cobertura vegetal (Fiori & Zalba, 2003; Gratzfeld, 2004). Actualmente se utilizan camiones vibros los cuales pisan la vegetación sin necesidad de realizar desmontes (Gratzfeld, 2004). La fase de explotación produce numerosos cambios en el ambiente, tales como la construcción de caminos, la creación de asentamientos humanos, de estructuras de almacenamiento, etc. En esta etapa de explotación, se destaca la creación de canteras para la extracción de áridos que son utilizados para la construcción de locaciones, caminos e instalaciones. La extracción de áridos afecta la topografía, el suelo, la vegetación, la fauna, además de afectar los procesos ecológicos (Gratzfeld, 2004).

A fin de mitigar o compensar dichos daños ambientales, la provincia de Neuquén posee tres leyes que se destacan: la Ley Provincial N° 1875 T.O. Ley N° 2267 reglamentada por Decreto N° 2656/99, la Ley Provincial 2615 reglamentada por el Decreto N° 822/08 y la Ley Provincial N° 2600 reglamentada por el Decreto N° 1905/09. La primera ley citada establece que se deberá favorecer la revegetación autóctona mediante el escarificado y menciona que en caso de existir técnicas de revegetación más modernas deberán ser aplicadas. Dicha ley requiere la utilización de esa técnica en sitios donde se han producido remoción en demasía, tal es el caso del interior de las canteras producidas para la extracción de áridos, antiguas locaciones, etc. En relación a la Ley Provincial N°2615, ésta determina que las empresas que renegocien áreas hidrocarburífera deberán remediar las afecciones ambientales existentes en la misma para ello deberán detallar tales afecciones, así como los planes a aplicar y los tiempos previstos. Por otra parte, la Ley Provincial N° 2600 establece la creación de un registro de control ambiental de la actividad hidrocarburífera, en el cual las

empresas concesionarias deberán estar registradas para operar. Para acceder al certificado de aptitud ambiental las empresas deberán elaborar un Plan de Gestión Ambiental en el cual se especifique, entre otras cosas, las medidas de rehabilitación a aplicar en sitios degradados por la actividad.

A fin de cumplir con la ley y poder continuar con las actividades hidrocarburíferas, las canteras luego de su utilización entran en plan de abandono. Previamente a ello, las industrias eventualmente rellenan las canteras con material generalmente alóctono, luego escarifican mecánicamente la superficie y en algunos casos cercan las mismas, para su recuperación natural. Apcarian *et al.* (2002) indican que la labranza con subsolador puede contribuir a la recuperación solamente en algunos tipos de suelo (aridisoles y/o entisoles), y recomiendan acompañar la labranza con trasplante de plantines para mejorar su recuperación. Asimismo estudios realizados en distintas zonas de Patagonia (Zuleta *et al.*, 2001; Pérez *et al.*, 2010), demuestran que la revegetación natural en el interior de canteras escarificadas y en las explanadas abandonadas, es muy pobre o nula.

Los procesos de degradación producidos por las actividades antes descritas pueden no ser reversibles en forma natural. Ello se debe a que cuando se superan ciertos umbrales, aún reduciendo los factores que causan la alteración, la situación solo puede revertirse mediante la intervención humana empleando técnicas de rehabilitación y restauración ecológica (Aronson *et al.*, 1993; Hobbs & Norton, 1996; Whisenant, 1999). Varios autores (Armesto *et al.*, 2006; Consejo Parques Nacionales Canadiense, 2008) citan que un ecosistema ligeramente degradado puede recuperarse con medidas de mejoras de manejo o gestión, pero que si la degradación progresa se pueden atravesar las barreras bióticas donde la recuperación del mismo solo es factible mediante modificaciones biológicas (la introducción intencional de plantas y animales), y que si el proceso de degradación aún continúa pueden atravesarse las barreras abióticas haciendo su recuperación mucho más costosa e involucrando modificaciones fisicoquímicas.

Existen numerosos términos que se utilizan indistintamente para caracterizar las acciones de recuperación de un ambiente degradado. Sin embargo es importante conocer las diferencias entre los mismos ya que cada definición se traduce en particulares estrategias a desarrollar según la situación de degradación, en los objetivos del trabajo, y en los recursos humanos y materiales que se requieren para cada caso. Los diferentes conceptos que

suelen tomarse como sinónimo son: restauración ecológica, rehabilitación, mitigación, reclamación y revegetación (SER, 2004; Rovere, 2010).

La **restauración ecológica** es el proceso de asistencia para recuperar un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER, 2004). En los ecosistemas en los que la degradación no ha sido intensa, y donde quedan plantas remanentes o semillas en el banco y el suelo permanece prácticamente inalterado, se pueden recuperar a través de una restauración pasiva (recuperación natural). De esa manera, con una simple protección del sitio frente a disturbios se puede recobrar la estructura y biodiversidad del ecosistema previa a la alteración del mismo. Sin embargo, existen circunstancias más complejas, en la que se requiere la utilización de técnicas de restauración activa, para iniciar o acelerar el restablecimiento del ecosistema existente antes del disturbio (Lamb & Gilmour, 2003; SER, 2004). A fin de diseñar las acciones a realizar mediante la restauración ecológica, se debe conocer las características del ecosistema previas al disturbio, lo cual no siempre se determina con exactitud cuando el ecosistema ha sido fuertemente degradado. En estos casos se deben combinar los conocimientos de la estructura, composición y funcionamiento, para comparar el ecosistema dañando con otros ecosistemas intactos comparables (ecosistema de referencia) (SER, 2004). Evaluar el ecosistema de referencia y conocer su composición y estructura, es útil para planificar el proyecto de restauración y poder evaluarlo (Rovere & Echeverría, 2008). En la actualidad se considera como ecosistemas *noveles* (nuevos) a los ecosistemas de referencia, porque están cambiando en forma continua en función de cambios ambientales, por ejemplo cambios climáticos, introducción de especies exóticas, etc. (Hobbs *et al.*, 2009). En el marco de la Ley Provincial N° 1875 T.O. Ley N° 2267, se entiende como restauración a la acción de restablecimiento de una situación ambiental a su estado anterior o semejante.

La rehabilitación es un concepto que comparte con la restauración ecológica, el mismo enfoque de considerar los ecosistemas históricos o preexistentes como referencias, pero enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios del ecosistema. Sin embargo, se diferencia de la restauración, debido a que su objetivo es el restablecimiento de algunos, pero no necesariamente de todos los componentes ecosistémicos (Lamb & Gilmour, 2003; SER, 2004; Rovere, 2010). De la misma manera, para la legislación de la provincia del Neuquén la rehabilitación se enfoca en el restablecimiento de la función productiva o aptitud potencial de un recurso. Muchos proyectos de restauración por ser realistas y cautelosos, han comenzado originalmente como trabajos de rehabilitación.

La **mitigación** es una acción cuya intención es compensar los daños ambientales (SER, 2004), para la la Ley Provincial N° 1875 T.O. Ley N° 2267 es la acción de atenuación o disminución de impacto ambiental producidas por las actividades antrópicas, a fin de reducirlos a límites tolerables o admitidos por la normativa vigente. El término **reclamación**, posee una aplicación aún más amplia que la rehabilitación, ya que sus objetivos son la estabilización del terreno, la seguridad pública, el mejoramiento estético y, por lo general, el retorno de las tierras a lo que se consideraría un propósito útil dentro del contexto regional (Lamb & Gilmour, 2003; SER, 2004). La **revegetación**, se considera un tipo de reclamación, ya que su objetivo es restablecer la cobertura vegetal, que podrá ser de sólo una especie o unas pocas especies (SER, 2004).

A nivel internacional existen diversos estudios que abordan la restauración ecológica en zonas áridas y semiáridas (García *et al.*, 2000; García-Sánchez, 2005; Bainbridge, 2007; Jorba & Vallejo, 2008; Anthelme & Michalet, 2009; Yang *et al.*, 2009). Estos autores, realizan la reintroducción de plantas nativas y utilizan en sus investigaciones diferentes técnicas para reducir el estrés post trasplante y favorecer su establecimiento. Entre las metodologías utilizadas, se encuentran los tubos protectores, las mantas y empajados, los hidrogeles (geles hidrofílicos), el uso de enmiendas orgánicas, los inóculos de hongos micorrízicos y la utilización de especies nodrizas a fin de facilitar la reintroducción de otras especies. Whisenant (1995, 1999) menciona que en zonas áridas y semiáridas, se utilizan métodos que concentran aquellos recursos que más limitan el desarrollo de las plantas tales como agua y nutrientes, y/o que mejoran las condiciones ambientales adversas.

En los ecosistemas recuperados por medio de trabajos de restauración o rehabilitación es importante que estén representados todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o la estabilidad del ecosistema restaurado. Aquellos grupos que aún no se encuentren representados, tendrían que tener el potencial de colonizar por medios naturales (SER, 2004).

Un grupo funcional consiste en dos o más especies de un ecosistema que llevan adelante la misma función o proceso, es decir se refiere al grupo de especies que poseen un rol particular en un ecosistema (Clewel & Aronson, 2007). Estos autores mencionan como ejemplo de roles funcionales el secuestro de nitrógeno, fijación de carbono a través de la fotosíntesis, la estabilización del suelo y control del microclima. Algunas especies pueden tener múltiples roles como en el caso de las leguminosas que contribuyen tanto a la fijación

de nitrógeno como a la estabilización del suelo. Lo expuesto justifica la importancia de la introducción de diferentes grupos funcionales en la restauración ecológica (Clewell & Aronson, 2007).

El nitrógeno es uno de los recursos que más limita el crecimiento de las plantas y que ejerce un fuerte control en la dinámica de la comunidad vegetal (Charley & Cowling, 1968). Se ha documentado que en zonas donde la disponibilidad de nitrógeno mineral es limitado, una de las técnicas de intervención que resulta interesante es la introducción de especies leguminosas (Sánchez *et al.*, 2002; Padilla *et al.*, en prensa). Esto es porque las especies leguminosas poseen capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, con lo cual contribuyen a la formación y recuperación del suelo (Sánchez *et al.*, 2002).

Específicamente en las zonas áridas de Argentina, las investigaciones sobre recuperación de ambientes degradados se basan principalmente en la revegetación usando arbustos o árboles. Por ejemplo, Valdora & Jáimez (2000) han propuesto el uso de *Prosopis alba* en planes de reforestación valorando su rol ecológico y su uso potencial como recurso alimenticio y combustible (leña). Otras investigaciones evalúan la supervivencia y vigor de plantines de *Prosopis chilensis* y *Aspidosperma quebracho-blanco* plantados en espacios desnudos y bajo la cubierta de arbustos del género *Larrea* establecidos naturalmente (Barchuk & Díaz, 2000). En pastizales áridos de altura se ha evaluado el comportamiento de seis especies de árboles (*Lithraea ternifolia*, *Schinopsis haenkeana*, *Celtis tala*, *Schinus areira*, *Prosopis alba* y *Prosopis nigra*) en relación a la exposición, gradiente de altitud y época de plantación (otoño y primavera), (Verzino *et al.*, 2004). Si bien los resultados de dichas investigaciones son dispares, la mayoría de los autores destacan que en general las plantas introducidas presentan mayor supervivencia y mejor estado general, bajo la protección de plantas acompañantes o en la periferia de las mismas.

En Patagonia están documentados algunos trabajos para zonas áridas, que se basan en la revegetación con un pequeño número de especies nativas (por ejemplo *Atriplex lampa*, *Cercidium preacox*, *Grindelia chiloensis*, *Senecio filaginoides*, *Senna aphylla* y *Prosopis flexuosa*) y exóticas (por ejemplo *Atriplex nummularia* y *Atriplex semibaccata*) con valores de supervivencia disímiles (Becker *et al.*, 1997; Dalmaso *et al.*, 2002; Ciano *et al.*, 1998, 2000a, 2000b; González *et al.*, 2009; Lagos *et al.*, 2009; Nittman *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2009a; Altamirano & Pérez, 2010; González, 2010; Quezada & Pérez, 2010).

Diversos autores mencionan que el bajo éxito que han tenido varias acciones de restauración en ecosistemas áridos a nivel mundial, ponen de manifiesto la necesidad de incorporar resultados de investigación básica sobre la autoecología de las especies, las interacciones biológicas, el funcionamiento, estructura y composición de los ecosistemas, en investigaciones aplicadas para actividades de restauración ecológica (Whisenant, 1999; Jordano *et al.*, 2002; Cortina *et al.*, 2004; Rovere & Echeverría, 2008). A su vez, también es importante que las experiencias realizadas se ordenen y transmitan, a fin de que la práctica de la restauración ecológica avance en función de los logros obtenidos por otros autores y no se basen mayoritariamente el método de prueba y error (Comín, 2002 y 2007).

Considerando las interacciones biológicas entre las especies, la facilitación permite aprovechar los procesos ecológicos naturales, para mejorar la implantación de especies de interés en ambientes estresantes (Whisenant, 1999; Pickett *et al.*, 2001). Es decir la facilitación biológica permite que determinadas especies menos tolerantes puedan establecerse debajo o cerca de otras, que mejoran las condiciones ambientales (Padilla & Pugnaire, 2006). Ello ocurre, porque las especies facilitadoras brindan protección frente a la radiación solar directa, lo que provoca una disminución de la pérdida de agua, aumento de la humedad, nutrientes y oxigenación del suelo y protección contra la herbivoría (Callaway & Walker, 1997; Callaway & Pugnaire, 1999; Padilla & Pugnaire, 2006). A pesar de la importancia que algunos autores han documentado, sobre el proceso de facilitación para la reintroducción de especies en determinados ambientes, son escasos los estudios realizados a nivel mundial que hacen uso y evalúan la misma como herramienta en programas de rehabilitación o restauración (Maestre, 2002; Malkinson *et al.*, 2003; Pugnaire *et al.*, 2004; Padilla & Pugnaire, 2006).

Por todo lo expuesto, se desarrolló el presente estudio considerando, la situación de degradación a la que está sometida Patagonia, y en concordancia con la necesidad de contar con conocimientos concretos y específicos para la recuperación de espacios degradados. El desarrollo de una línea de investigación en esta temática está impulsada por políticas nacionales y provinciales, en el marco de planes de la lucha contra la desertificación vigentes en la Patagonia (PRODOC, 2005).

OBJETIVOS E HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Evaluar la introducción, en canteras severamente degradadas, de dos especies de grupos funcionales diferentes: un arbusto fijador de nitrógeno *Senna arnottiana* y un pasto perenne *Stipa speciosa* var. *speciosa*, bajo diferentes dosis de hidrogel.

Objetivos específicos

- Evaluar y comparar la supervivencia de *S. arnottiana* plantadas cerca y fuera de las matas de *S. speciosa* var. *speciosa*. Con aporte de 1,5 l de hidrogel.
- Evaluar y comparar la supervivencia de *S. arnottiana* plantadas cerca y fuera de las matas de *S. speciosa* var. *speciosa*. Con aporte de 1 l de hidrogel.
- Evaluar y comparar el crecimiento de *S. arnottiana* plantadas cerca y fuera de las matas de *S. speciosa* var. *speciosa*. Con el suministro de 1,5 l de hidrogel.
- Evaluar y comparar el crecimiento de *S. arnottiana* plantadas cerca y fuera de las matas de *S. speciosa* var. *speciosa*. Con el suministro de 1 l de hidrogel.
- Evaluar la supervivencia de *S. speciosa* var. *speciosa*.

Hipótesis:

Hipótesis 1: la introducción de *Senna arnottiana* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* es posible en ecosistemas con disturbios severos.

Hipótesis 2: Las condiciones microambientales que se dan en los alrededores de las matas de *Stipa speciosa* var. *speciosa* facilitan la supervivencia y crecimiento de los ejemplares de *Senna arnottiana*.

Hipótesis 3: El uso de mayores volúmenes de hidrogel puede mejorar el establecimiento de *S. arnottiana* aislada y en asociación con *Stipa speciosa* var. *speciosa*.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en la reserva provincial de usos múltiples Auca Mahuida ubicada en la provincia de Neuquén entre los $37^{\circ}30'$ y $38^{\circ}1'$ latitud sur y los $68^{\circ}30'$ y $69^{\circ}15'$ de longitud oeste (Figura 1). Se dice que es de uso múltiples porque las actividades productivas y recreativas están permitidas en un nivel moderado (Fiori & Zalba, 2003). Dentro de dicha área, se trabajó puntualmente en dos canteras de extracción de áridos con cuatro años de abandono, pertenecientes a la empresa YPF S.A. Las dos canteras de estudio poseen un alambrado perimetral. La cantera 1 (C1) se ubica a los $37^{\circ}43'22''$ latitud sur y a los $68^{\circ}53'19''$ longitud oeste, y posee una altitud de 1798 m s.n.m. La cantera 2 (C2) se ubica a los $37^{\circ}44'23''$ latitud sur y a los $68^{\circ}54'6''$ longitud oeste, y posee una altitud de 1938 m s.n.m. (Figura 2).

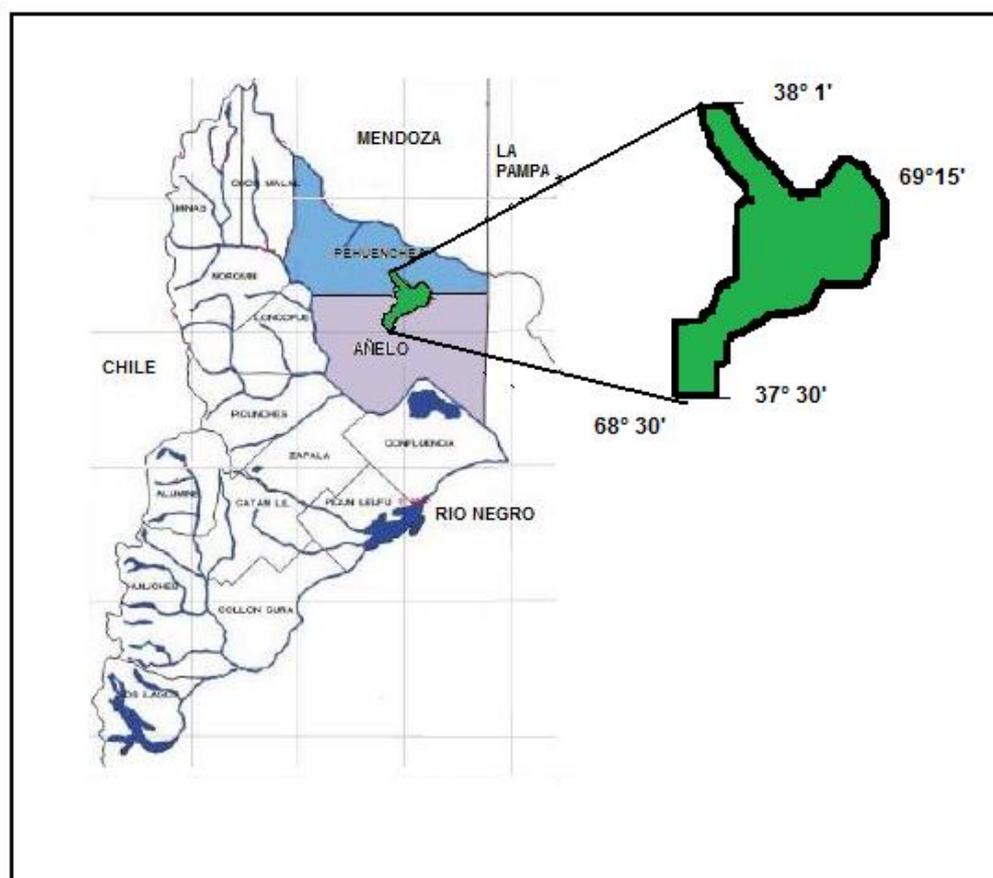


Figura 1: Mapa de la provincia del Neuquén con la ubicación de la Reserva Provincial de usos múltiples Auca Mahuida.

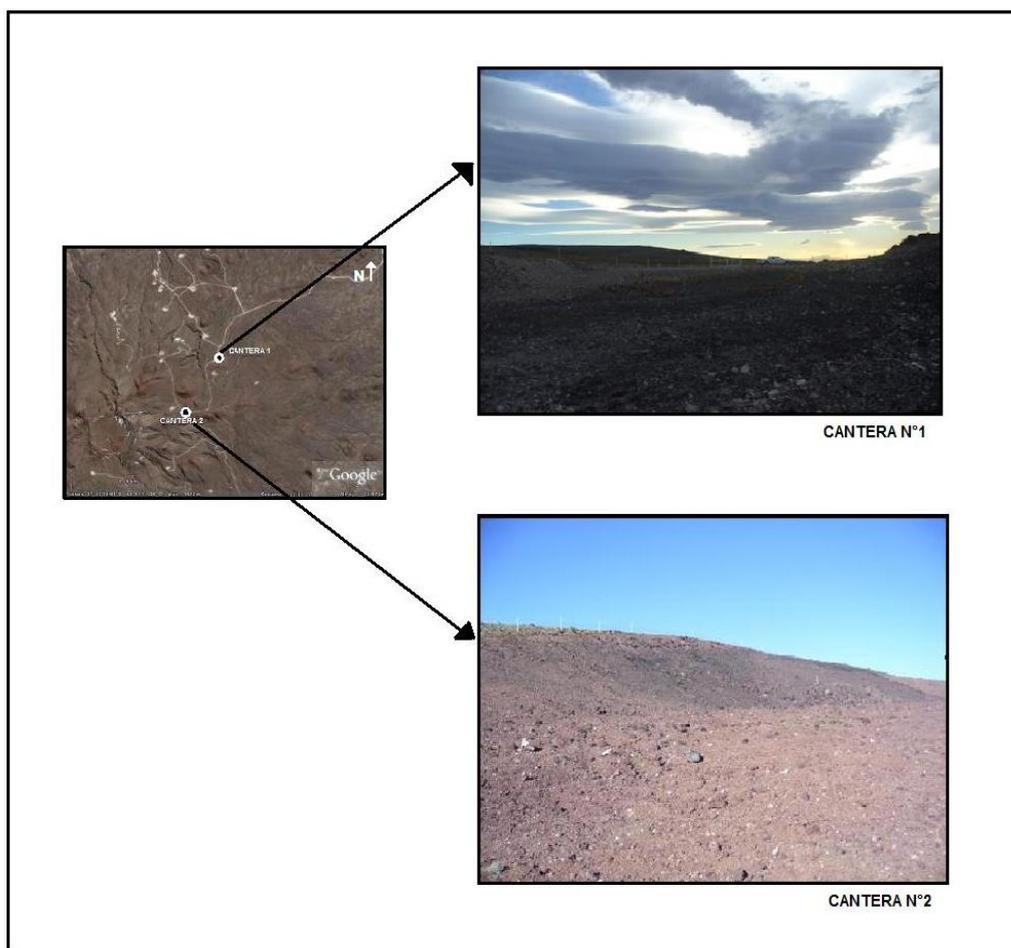


Figura 2: Imagen satelital con la ubicación de las canteras de estudio y fotografías en el terreno que muestran el aspecto general de las mismas.

Características de la vegetación

Desde el punto de vista fitogeográfico, en la reserva Auca Mahuida confluyen las Provincias Altoandina, del Monte y Patagónica. Por ello, dependiendo de la altitud, la vegetación se torna típica de la región Sudoccidental del Monte en los faldeos bajos, y de la estepa Patagónica por encima de los 1200 ó 1500 m s.n.m. En general, por encima de los 1600 m s.n.m., aparecen elementos característicos de la Provincia Alto Andina (Long, 2000).

Las dos canteras donde se realizó este trabajo, pertenecen al distrito de La Payunia de la Provincia Fitogeográfica Patagónica. La Payunia abarca la región volcánica que ocupa el sur de Mendoza y el norte de Neuquén, y que se extiende por el oeste de La Pampa. La Payunia se destaca por su riqueza de endemismos, entre los que se mencionan dos géneros y alrededor de cincuenta especies que le son propias, como por ejemplo *Prosopis castellanosi*, *Berberis combri*, *Condalia megacarpa*, *Poa durifolia*, *Stipa vatroensis*, *Adesmia*

aucaensis, *Senna nudicaulis*, *Senna kurtzii*, *Senna amottiana* y *Retanilla patagonica* (Martínez Carretero, 2004).

Los estudios florísticos realizados en la Reserva Auca Mahuida, informan un total de 41 familias, 116 géneros y 225 especies. De las 167 especies encontradas dentro de la reserva, 14 son endémicas, 148 nativas no endémicas y 5 adventicias (Long, 2000). Steibel (1995) observa que en la base del volcán Auca Mahuida, existe una comunidad de especies característica del Monte, entre las que se pueden mencionar *Larrea sp.*, *Bougainvillea spinosa*, *Cercidium praecox*, *Bredemeyera microphylla*, *Fabiana peckii*, *Glandularia crithmifolia*, *Monttea aphylla*, *Junellia seriphioides* y *Prosopis flexuosa* var. *depressa*. Por su parte, en las lomadas muy áridas, se asocian a esta comunidad ejemplares de *P. flexuosa*, *L. cuneifolia*, *Chuquiraga rosulata*, *Maihueiopsis darwinii* var. *hickenii*, *Gochnatia glutinosa*, *Stipa vaginata* var. *argyroidea*, *S. neaei* y *S. humilis*. A medida que se asciende en altitud se incrementa la cobertura de gramíneas, principalmente de los géneros *Stipa* y *Poa*. Por encima de los 1.500 m s.n.m., la composición florística es propia de la Provincia Patagónica, con especies típicas como *Anarthrophyllum elegans*, *Mulinum spinosum*, *Gallardoia fischeri*, *Ephedra frustillata*, *Tetraglochin alatum*, *Acaena caespitosa*, *Maihueiopsis darwinii* var. *hickenii*, *Maihuenia patagonica*, *Astragalus pehuenches*, *Azorella menanthos*, *Monnina dictyocarpa*, *Junellia caespitosa*, *Polygala spinescens*, *Adesmia boronoides*, *Trevoa patagonica*, *Grindelia chiloensis* y *Schinus roigii*. En la cumbre del Volcán existen algunos elementos representante de la Provincia Altoandina como *Calceolaria sp.*, *Azorella spp.*, y *Acaena spp.* (Long, 2000).

Características geológicas, edáficas y climáticas

Intensos procesos geológicos del pasado, entre los que se incluyen glaciaciones y gran actividad volcánica, fueron modificando el relieve confiriéndole a La Payunia características propias. Dichos procesos, crearon condiciones ecológicas particulares que explicarían el importante número de endemismos que le dan un elevado interés biogeográfico y la constituyen como probable centro de especiación (Martínez Carretero, 2004).

Los suelos están formados por mantos de basaltos, escorias y tobas volcánicas y son sumamente permeables y áridos. Al igual que el resto de los suelos de Patagonia, son escasos en contenido de nitrógeno (Cabrera, 1976; Acuña *et al.*, 2008).

Los datos de los análisis de los suelos muestran que los mismos en ambas canteras son ligeramente alcalinos, no presentan salinidad y son muy pobres en contenido de materia orgánica (Ver Tabla 1).

Cantera N°	pHp	CE mmhos/cm	R.A.S.	% Mat.org.
1	7,72	1,67	0,56	0,42
2	7,57	0,87	0,20	0,66

Tabla 1: Se muestran los valores del pH en pasta (pHp), conductibilidad eléctrica, la relación de adsorción de sodio (RAS), y el porcentaje de materia orgánica de las canteras 1 y 2.

Con respecto al clima, existe una variación marcada según los pisos altitudinales. El Monte se caracteriza por un bioclima árido e hiperárido con alturas entre 300-1400 m s.n.m.; la Payunia posee un bioclima semiárido y se ubica entre los 1450-1950 m s.n.m. La Provincia Alto Andina, se separa claramente por encima de los 1950 m s.n.m. con un bioclima subhúmedo (Martínez Carretero 2004). La temperatura media anual es de 14° C, y la amplitud media anual es de 16° C. El período medio libre de heladas para toda la región varía entre 150 y 180 días (Arroyo, 1980).

El área de estudio posee una precipitación 140-160 mm/año, aunque en la parte superior de la Sierra Auca Mahuida, por efecto orográfico las precipitaciones aumentan a 180-320 mm/año (Martínez Carretero, 2004). La zona sufre un fuerte déficit hídrico, que va de los 400-600 mm anuales, siendo las zonas de Auca Mahuida y Añelo en donde se registran los valores máximos. Alrededor del 55% de la deficiencia ocurre en los meses de diciembre, enero y febrero (Arroyo, 1980).

Los vientos dominantes provienen del sector oeste y sudoeste son fuertes y secos aunque localmente, las direcciones prevalentes pueden variar en relación con las características orográficas del lugar. Se manifiesta la tendencia a aumentar su velocidad media mensual en primavera (Arroyo, 1980).

Característica de la fauna:

La información documentada sobre la fauna de la reserva Auca Mahuida es escasa y muy fragmentada. Funes (2000), realizó un resumen con la información recopilada para distintas especies de vertebrados, considerando tanto aquellas especies confirmadas por distintas fuentes y/o informantes como las especies de distribución probable y/u ocasional en la zona.

Los resultados muestran un elevado número de aves (131 especies), seguido por los mamíferos (47 especies), reptiles (28 especies) y anfibios (4 especies), ver Tabla 2.

Número de especies			
Clase	Probables	Confirmadas	Total
Anfibios	1	3	4
Reptiles	13	15	28
Aves	67	64	131
Mamíferos	30	17	47

Tabla 2: Representación de las especies de vertebrados distribuidas por clases, citadas en la reserva Auca Mahuida (Funes, 2000).

Dentro de los mamíferos, es importante destacar que la reserva provincial Auca Mahuida, representa uno de los núcleos poblacionales más importantes de guanacos (*Lama guanicoe*) en la provincia de Neuquén (Del Valle *et al.*, 1989; Funes, 2000).

Actividades antrópicas que se desarrollan en el área:

En la Reserva de usos múltiples Auca Mahuida, se desarrolla principalmente la ganadería y explotaciones hidrocarburíferas (Steibel, 1995; Fiori & Zalba, 2003). Según Steibel (1995), en la zona se cría principalmente ganado caprino, luego le sigue el ovino, yegüarizo y vacuno. En el cerro Auca Mahuida, sin embargo, no se detectaron puestos caprinos, aunque sí se observaron puestos yeguarizos en el faldeo sur del mismo (Steibel, 1995). En esta reserva, la actividad que ha producido mayor fragmentación del hábitat y pérdida de biodiversidad es la actividad hidrocarburífera (Fiori & Zalba, 2003). Producto de los desmontes realizados para las diversas actividades involucradas en la extracción de petróleo, la reserva está completamente dividida por líneas sísmicas, excepto las secciones más altas del Volcán Auca Mahuida (ver Figura 4). Se estiman que las líneas sísmicas que atraviesan la reserva totalizan los 2025 km, además la atraviesan 107 km de caminos utilizados por la actividad petrolera y 57 km de rutas pavimentadas. En el área existen 34 canteras superficiales de extracción de áridos. Todo esto origina que la reserva se encuentre dividida en 793 hábitats fragmentados, de un área de 1,3 km². (Fiori & Zalba, 2003).

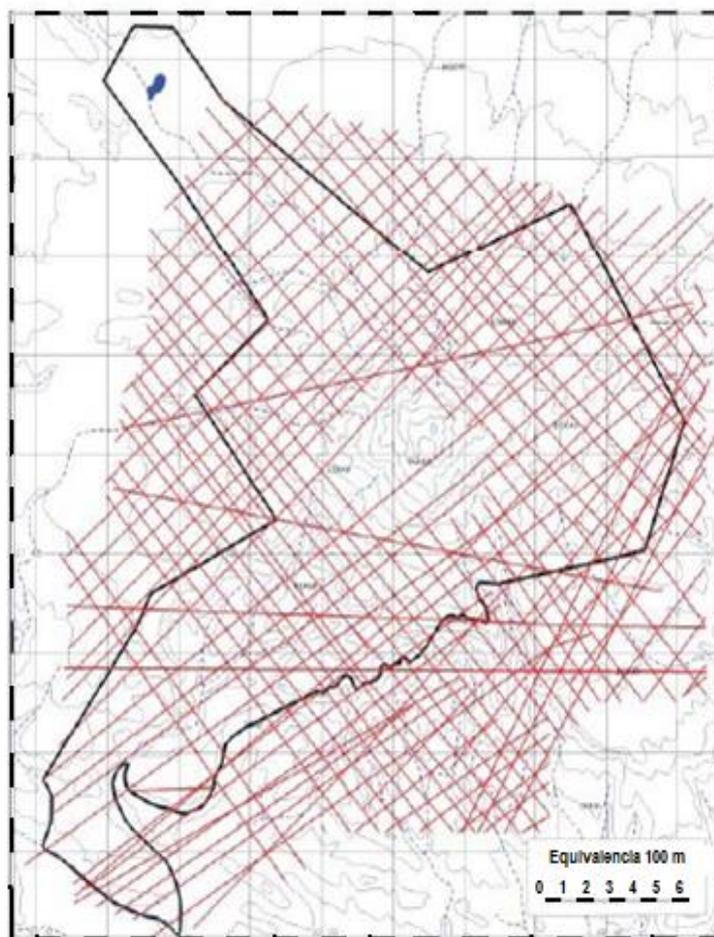


Figura 3: Mapa del trazado de líneas de prospección sísmica en la reserva provincial Auca Mahuida (Fuente: Fiori & Zalba, 2000).

La fragmentación de hábitats en la reserva Auca Mahuida ocasiona distintos efectos, que han sido documentados por varios autores. Fiori & Zalba (2003) han registrado la presencia de especies exóticas como por ejemplo *Hordeum leporium* y *Erodium cicutarium* asociadas a la líneas sísmicas, lo que manifiesta que estas líneas favorecerían el establecimiento de especies invasoras. Estos mismos autores también han observado que tanto los caminos, como las líneas sísmicas, favorecerían el movimiento de predadores, exponiendo a un mayor riesgo de prelación a mamíferos pequeños, pájaros y reptiles (Fiori & Zalba, 2003). Navarro (2000) cita que la fragmentación produce un incremento de los procesos erosivos en el área. Por otra parte, Bradshaw *et al.*, (1997), menciona que en general el movimiento de personas y vehículos asociados a la actividad hidrocarburíferas, pueden modificar el comportamiento de las especies animales.

TRABAJO DE CAMPO:

Durante el trabajo de campo se realizaron tres actividades concretas: (a) análisis de la vegetación, (b) plantación de las especies seleccionadas y (c) monitoreo de la supervivencia y crecimiento de las plantas.

(a) Análisis de vegetación:

Este estudio se realizó para conocer la composición de especies de la vegetación y evaluar la diversidad e identidad de especies, tanto en los sectores degradados dentro de la cantera, como también en los lugares próximos a las mismas. Para ello, la vegetación se evaluó en tres ambientes diferentes. Ellos son:

-Ecosistema de referencia, que es un área sin degradar próxima a las canteras, a fin de conocer la vegetación del lugar (Figura 4).

-Áreas cercanas a las canteras y al ecosistema de referencia, pero sometidas a disturbios periódicos, como por ejemplo bordes de camino, a fin de conocer las especies nativas pioneras que colonizan naturalmente el área. Se consideró borde de camino al área comprendida entre el límite del camino y dos metros hacia el interior del fragmento en los que la maquinaria ha modificado el sustrato (Figura 5).

-Área degradada dentro de una de las canteras (C 2), a fin de evaluar si existe revegetación natural de la misma (Figura 6).



Figura 4: Aspecto del ecosistema de referencia.



Figura 5: Aspecto del interior de la Cantera 2.

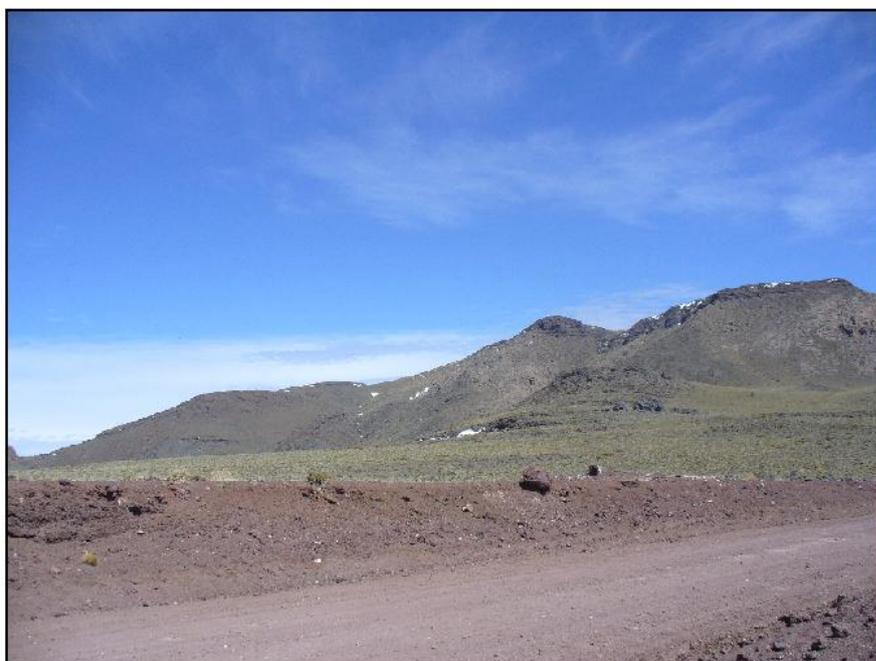


Figura 6: Aspecto del área sometida periódicamente a mayores disturbios (borde de camino).

En cada uno de los ambientes se evaluó la riqueza y la cobertura de la vegetación, mediante el método línea intercepción (Matteucci & Colma, 1982). En cada ambiente se trazaron tres líneas de 50 m de largo (Figura 7). Este es método, es no areal y consiste en medir la porción de línea interceptada por cada especie. Por ejemplo, si una especie intercepta las

porciones $a + b + c + d + e = l_i$; la sumatoria de las longitudes interceptadas por esa especie (l_i), dividida por la longitud total (L) de la línea, da un porcentaje de la cobertura de la especie (ver Figura 7 y 8). Para calcular el porcentaje de cobertura de las especies, se promediaron los valores para las tres líneas en que se evaluó la vegetación.

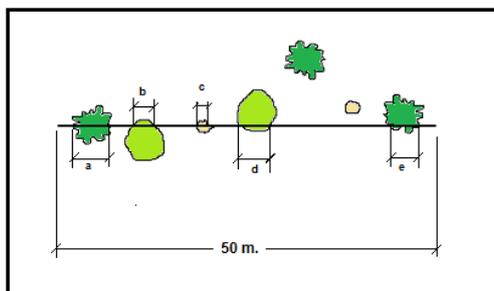


Figura 7: Representación gráfica del método línea intersección.

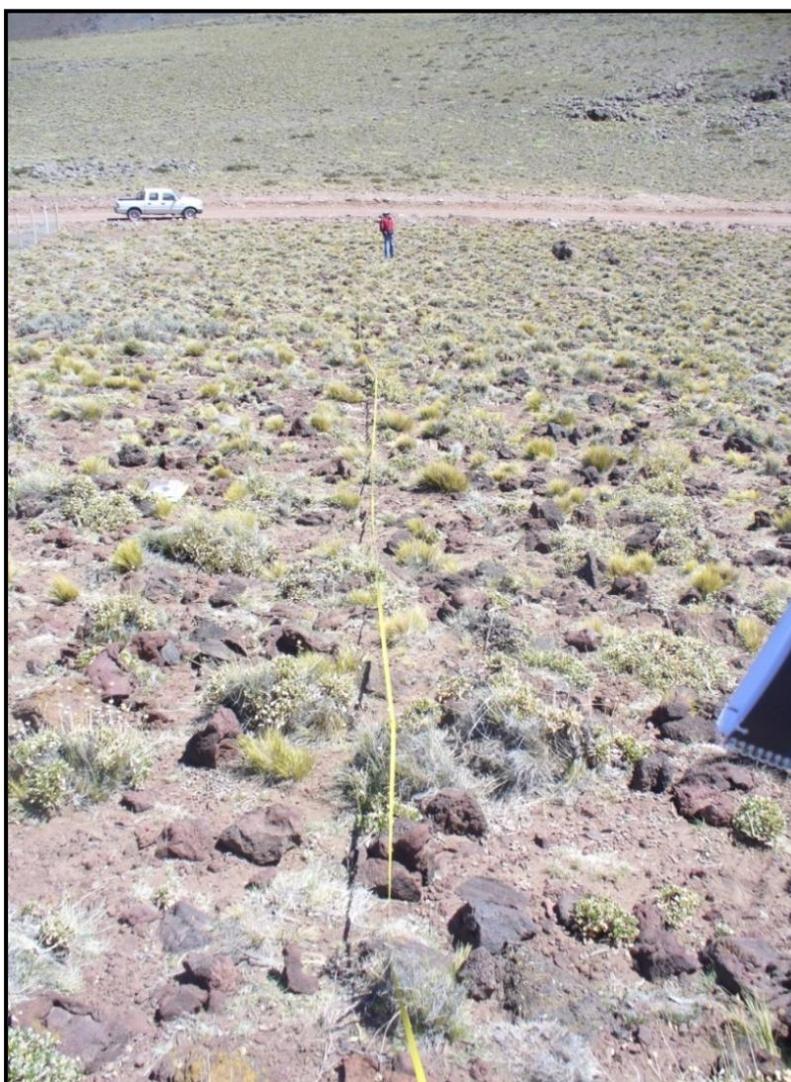


Figura 8: Etapa de colocación de cinta métrica para el muestreo de la vegetación, mediante el método de línea de intersección en el área de referencia.

La riqueza de especies en cada ambiente, se calculó contando el número de especies presentes en cada sitio. También se calculó el coeficiente de similitud de Jaccard entre muestras, utilizando los valores de riqueza, con el objeto de estudiar la similitud entre las tres zonas. Este índice tiene en cuenta la relación entre el número de especies comunes a los ambientes que se comparan y el total de especies en ambas comunidades (Matteucci & Colma, 1982; Krebs, 1999).

$$S = a / (a + b + c)$$

Donde: **a** es el número de especies que tienen en común el par de ambientes, **b** es el número de especies presentes solo en uno de los ambientes y **c** es el número de especies presentes solamente en el otro ambiente.

El rango de valores que puede tomar el índice **S** va desde 0 (ambientes totalmente disímiles, sin especies compartidas) a 1 (similitud completa, poseen las mismas especies) (Matteucci & Colma, 1982; Magurran, 1988).

Descripción de las especies a utilizar

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron dos especies nativas del área de estudio, que se hallaron presentes en el ecosistema de referencia *Stipa speciosa* var *speciosa* (Poaceae) y en los ambientes sometidos a disturbios periódicos *Senna arnottiana* (Fabaceae). La gramínea *Stipa speciosa* var *speciosa* se utilizó como especie facilitadora de la leguminosa *Senna arnottiana*.

Senna arnottiana (Fabaceae)

Es un arbusto nativo, se distribuye en las provincias de Neuquén, Río Negro y Mendoza y en Chile (Instituto de Botánica Darwinion, 2008). En las provincias argentinas habita entre los 800 y 2800 m s.n.m., principalmente en suelos rocosos en las faldas de cerros y a veces a orillas de los ríos (Correa, 1984a). Ha sido identificada como especie endémica del distrito de la Payunia en la provincia fitogeográfica Patagónica (Martínez Carretero, 2004). Posee una altura de 0.15-0.5 m de altura, ramas glabras, con la parte inferior conspicuamente nudosa, ramas superiores foliosas (Figura 9). El fruto es una legumbre aplanada, que contiene de 8 a 11 semillas (Correa, 1984a). Su reintroducción es de vital importancia ya que como especie leguminosa realiza asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno. Dado el alto valor ecológico de este tipo de especie (Fabaceae) por su papel en la formación y recuperación del suelo, al aportar nutrientes, puede ser considerada como prioritaria a reintroducir mediante técnicas de restauración (Sánchez *et al.*, 2002).

El nitrógeno es un elemento esencial en el crecimiento de las plantas, las cuales sólo pueden absorberlo en su estado mineralizado, nitrato y amonio, siendo así relevante la acción de microorganismos en la transformación del nitrógeno atmosférico a nitrógeno mineral (Urzúa, 2000 y 2005).



Figura 9: Ejemplar de *S. arnottiana* adulto y detalles de flor y de las hojas.

Stipa speciosa var. *speciosa* (Poaceae)

Es una planta perenne, que en Argentina se extiende desde la Cordillera de los Andes de San Juan y Mendoza hasta la Provincia de Santa Cruz. Es una planta cespitosa de 30-60 cm de altura, que se identifica de otras Poaceas de la zona por sus hojas que tienen vainas basales de color ladrillo o rosadas, entre otros caracteres diagnóstico (Correa, 1984b) (Figura 10).

Según Armas *et al.* (2008) es más resistente a las condiciones de estrés que otras especies de su género (por ejemplo *S. humilis*) ya que es más abundante en suelo desnudo que debajo de arbustos. *Stipa speciosa* var *speciosa* sobrevive en sitios pobres en nutrientes y bajo condiciones muy adversas. Existen antecedentes de altas supervivencias en trasplante directo en estudios de rehabilitación con esta variedad (Pérez *et al.*, 2009b). Por lo expuesto fue elegida como la más adecuada para realizar ensayos de revegetación en áreas degradadas.

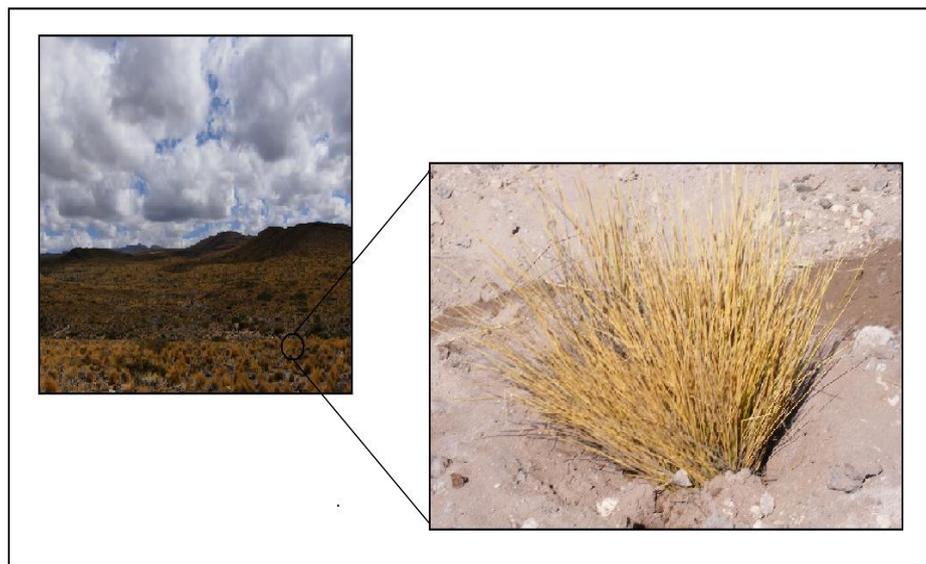


Figura 10: Imagen de un pastizal con predominio de *S. speciosa* var. *speciosa* y detalle de un ejemplar.

b) Plantación de las especies seleccionadas.

Para evaluar el comportamiento de las plantas de *S. arnotiana* aisladas y asociadas (a sotavento) a *S. speciosa* var. *speciosa*, con distintas dosis de hidrogel, se efectuaron cuatro tratamientos (Figura 11):

- 1) *S. arnotiana* asociada a *S. speciosa* var. *speciosa* (*S.* asociada) con 1.5 litros,
- 2) *S. arnotiana* aislada a *S. speciosa* var. *speciosa* (*S.* aislada) con 1.5 litros de hidrogel
- 3) *S.* asociada con 1 litro de hidrogel
- 4) *S.* aislada con 1 litro de hidrogel

Los pozos de plantación se realizaron con una profundidad de 40 cm y un diámetro de 22 cm, mediante una hoyadora mecánica, con una distancia de 1 m entre ellos (Figuras 12 y 13). En cada tratamiento, se adicionó antes de la plantación el hidrogel (Qemi international, Inc.) previamente hidratado (Figura 14). El hidrogel, es un polímero sintético denominado Poli(acrilamida) (PAM). No existe evidencia de algún efecto negativo que este producto produzca al suelo como a las plantas o a los sistemas acuíferos. Es una enmienda física efectiva con más de dieciocho años de uso en distintos lugares del mundo, que presentan con problemas hídricos, ya sea por discontinuidad de lluvias o excesivo laboreo (Gehring & Lewis, 1980; Taylor & Hallacre, 1986; Callaghan *et al.*, 1989; El Sayed *et al.*, 1991).

Luego de la realización de los pozos y de la adición de la dosis de hidrogel correspondiente, se colocaron las plantas, según el tratamiento asociadas o aisladas, y se cubrió con suelo nativo (Figuras 14, 15 y 16).



Figura 11: Marcado de los puntos de ahoyado, separados entre sí un metro.



Figura 12: Operarios realizando el ahoyado, a la derecha se muestra un detalle de la mecha utilizada.



Figura 13: Colocación de hidrogel en el hoyo de plantación.



Figura 14: Plantación de ejemplar de *S.arnottiana* asociado a una mata de *S. speciosa* var. *speciosa* trasplantada.



Figura 15: Aspecto de la plantación. *S. arnottiana* asociada a *Speciosa* var *speciosa* (izquierda) y *S. arnottiana* aislada de *S. speciosa* var. *speciosa* (derecha).

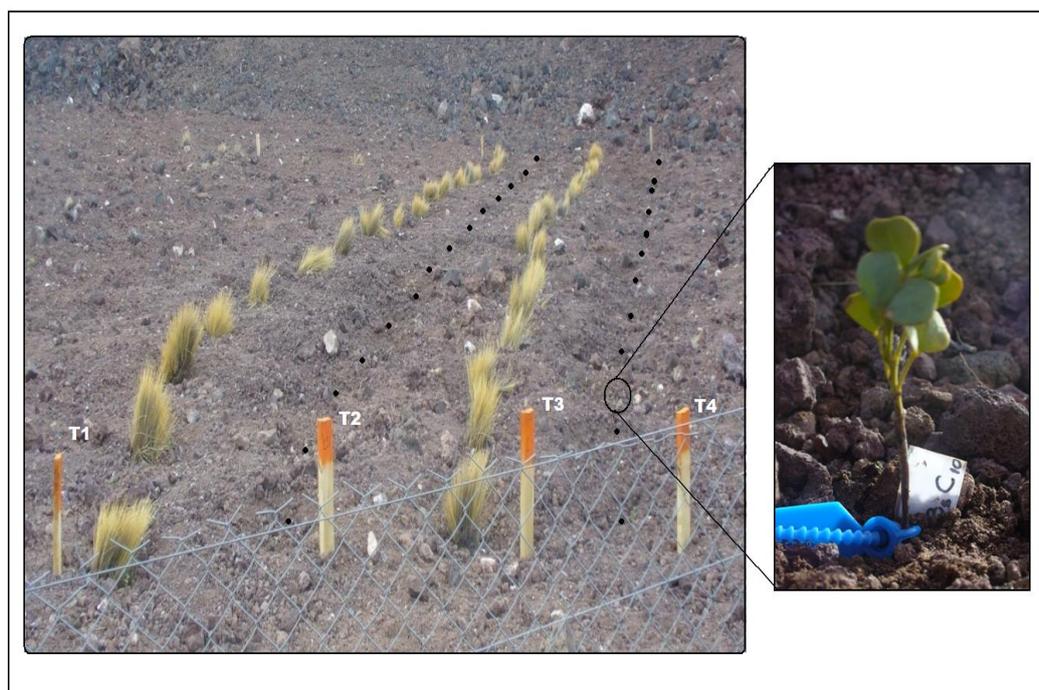


Figura 16: Aspecto de la plantación en la cantera 2 siguiendo los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4) y detalle de uno de los ejemplares de *S. arnottiana* plantados aislados de *S. speciosa* var. *speciosa*. Los puntos en T2 y T4 representan los plantines de *S. arnottiana*

Las plantas de *S. speciosa*, se trasplantaron directamente desde los pastizales aledaños al área, donde son abundantes. Para ello, se extrajeron y trasladaron a los pozos de plantación plantas adultas de similar tamaño, evitando extraer muchas del mismo sitio para no impactar el pastizal cercano.

La plantación se realizó en otoño (Marzo de 2009) dado que trabajos anteriores realizados en canteras cercanas, indicaron que la supervivencia de las plantaciones en ésta época del año son mayores (Dalmaso *et al.*, 2002; Altamirano & Pérez, 2010).

La experiencia se inició en la cantera 2 (C2), con un total de 108 plantas, de las cuales 36 fueron plantas adultas de *S. speciosa* var. *speciosa* y 72 plantines de *Senna arnottiana*. Esta primer plantación permitió poner a punto las técnicas de trasplante y manipulación de plantines en campo. La tarea permitió que los operarios adquirieran la práctica y la experiencia necesaria para extraer y relocalizar las plantas adultas de *Stipa speciosa* var. *speciosa* y manipular los plantines de *Senna arnottiana* sin dañarlos. Esta etapa de trabajo (ajuste de la metodología de trabajo) ha sido señalada como fundamental por varios autores. Bainbridge (2007) indica que las plantas pequeñas son susceptibles a una manipulación incorrecta y a la deshidratación por la exposición de raíces. A modo de ejemplo, este autor compara casos en los que las plantaciones fueron realizadas por operarios voluntarios sin entrenamiento y operarios capacitados, obteniendo grandes diferencias en el porcentaje de supervivencia (50 y 90%, respectivamente).

Posteriormente a la puesta a punto las técnicas de trasplante y plantación, se realizó en el mismo mes de marzo, una plantación en la cantera 1 (C1) con un total de 330 plantas. De ese total, 110 eran plantas adultas de *S. speciosa* var. *speciosa* y 220 plantines de *Senna arnottiana*. A fin de tener repeticiones para comparar estadísticamente los datos, se realizaron tres replicas del experimento denominadas R1, R2 y R3.

En este ensayo no se realizaron plantaciones de *S. speciosa* var. *speciosa* en forma aislada, ya que estudios previos han demostrado una alta supervivencia cercana al 100% a los 12 y 24 meses del transplante sin hidrogel y con dosis de 0,5 y 1 litro de hidrogel en la misma área de estudio (Pérez *et al.*, 2009b)

La cantidad de ejemplares de *Senna arnottiana* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* utilizados por tratamiento en cada cantera y réplica, se muestra en la Tabla 3.

Cantera-Réplica	Tratamiento	N° de <i>S. arnottiana</i>	N° de <i>S. speciosa var. speciosa</i>
C1-R1	asociada 1,5 l	17	17
	aislada 1,5 l	17	--
	asociada 1 l	17	17
	aislada 1 l	17	--
C1-R2	asociada 1,5 l	18	18
	aislada 1,5 l	18	--
	asociada 1 l	18	18
	aislada 1 l	18	--
C1-R3	asociada 1,5 l	20	20
	aislada 1,5 l	20	--
	asociada 1 l	20	20
	aislada 1 l	20	--
C2	asociada 1,5 l	18	18
	aislada 1,5 l	18	--
	asociada 1 l	18	18
	aislada 1 l	18	--

Tabla 3: Número de ejemplares de *S. arnottiana* y *Stipa speciosa var. speciosa* utilizados por tratamiento, en cada cantera y réplica.

Las plantas de *S. arnottiana* se desarrollaron durante seis meses en el vivero perteneciente al Laboratorio de Rehabilitación y Restauración de Ecosistemas Áridos (LARREA) perteneciente a la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo) (Figura 17). Para ello, se utilizaron semillas recolectadas en inmediaciones a las canteras, a fin de no producir contaminación genética y para asegurarse que las plantas conserven las características genéticas y que estén adaptadas al ambiente de plantación (Rovere, 2006; Ulian *et al.*, 2008). Previo a la plantación los plantines presentaban una altura promedio de 4,61 (+/- 1,51) cm, un diámetro a la altura del cotiledón de 2,49 (+/- 0,44) mm y un rango de 7-18 hojas por planta. Para poder realizar el seguimiento de los mismos, luego de la plantación, cada planta se identificó con un precinto numerado, como se muestra en la Figura 15.

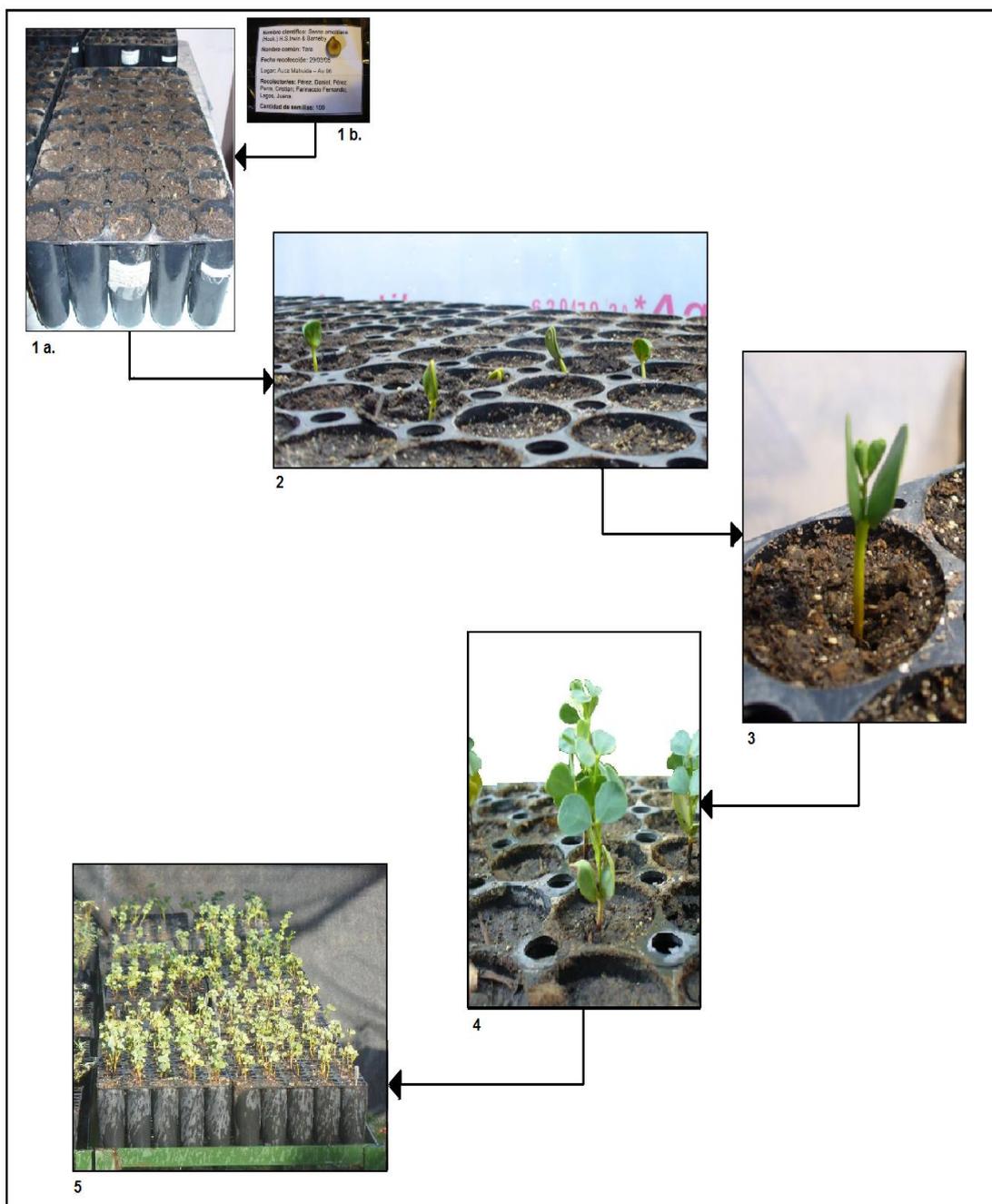


Figura 17: Secuencia de la producción de plantines de *S. arnottiana* en vivero. 1a) Llenado de multimacetas con el sustrato. 1b) Siembra de las semillas escarificadas mecánicamente. 2) Plántulas recién germinadas. 3) Detalle de los dos cotiledones y de la emergencia de las primeras hojas. 4) Ejemplar de *S. arnottiana* de seis meses de desarrollo. 5) Lote de ejemplares preparados para la plantación.

c) Evaluación de la supervivencia y crecimiento de las plantas.

Luego de los primeros 30 días de plantadas y por única vez se efectuó un riego de 1 litro por planta. Se evaluó la supervivencia y distintas variables de crecimiento de los plantines de *S. arnottiana* bajo los distintos tratamientos durante el primer año después de plantación.

Al año de la plantación se evaluó la supervivencia de *S. arnottiana*, plantada en forma aislada o en asociación *S. speciosa* var. *speciosa* bajo diferentes dosis de hidrogel, como así también se evaluó la supervivencia de *S. speciosa* var. *speciosa*.

Para analizar el crecimiento se midió: la altura desde el nudo cotiledonar hasta la última hoja verde con una cinta métrica, el diámetro a la altura del cotiledón con un calibre digital y el número de hojas verdes (Figura 18). Estos parámetros se registraron a campo en dos oportunidades, al momento de la plantación y al año de la plantación. Solo se consideró el crecimiento vegetativo aéreo y no se evaluó el crecimiento radicular.



Figura 18: Medición del diámetro a la altura del nudo del cotiledón (izquierda), medición de la altura de *Senna arnottiana* (derecha).

ANÁLISIS DE DATOS:

Con los datos de vegetación obtenidos por las líneas intercepción se calculó la cobertura total de cada sitio y la cobertura relativa de cada especie (Mateucci & Colma, 1982).

Con los valores de riqueza de especies se calculó el índice de similitud de Jaccard para comparar los distintos ambientes: interior de la cantera, sitios sometidos a disturbios periódicos y áreas de referencia (Mateucci & Colma, 1982).

La supervivencia bajo los distintos tratamientos se evaluó mediante tablas de contingencia, empleando el test Chi-cuadrado (Sokal & Rohlf, 1999). Este análisis estadístico se realizó únicamente en la cantera 1 (C1), ya que fue la cantera en que se realizaron tres replicas y en la que se utilizó un mayor número de plantas.

A fin de evaluar el crecimiento en diámetro y en altura de *Senna arnottiana* en cada tratamiento, se realizó el análisis no paramétrico de Kruskal – Wallis, utilizando la diferencia de cada una de dichas variables. Es decir se utilizó la diferencia del crecimiento en altura y diámetro y el número de hojas, al momento de la plantación y al año. Cuando los resultados fueron significativos se realizaron pruebas a posteriori para evaluar entre cuales tratamientos fueron significativas las diferencias (Sokal & Rohlf, 1999).

En todos los casos el nivel de significancia empleado fue $p=0.05$. Los análisis de supervivencia se realizaron a través del programa SPSS Statistics 17.0 (2008). Para los análisis de crecimiento, se empleo el programa Statistica versión 7.0 StatSoft. Inc. (2004).

RESULTADOS

ANÁLISIS DE VEGETACIÓN

Comparando la composición específica, se observa que las distintas zonas censadas difieren entre sí. El área de referencia posee 10 especies: *Acaena caespitosa*, *Condalia megacarpa*, *Grindelia chiloensis*, *Mulinun spinosum*, *Poa dusenii*, *Poa ligularis*, *Stipa ibari*, *Stipa patagonica*, *Stipa speciosa* var. *speciosa* y una especie que no se pudo identificar. El área sometida periódicamente a disturbios (bordes de caminos) posee 8 especies: *Fabiana* sp., *Grindelia chiloensis*, *Larrea* sp., *Mulinun spinosum*, *Senna arnottiana*, *Poa ligularis*, *Stipa speciosa* var. *major* y *Stipa speciosa* var. *speciosa*. El interior de las canteras poseen únicamente 2 especies, una nativa: *Grindelia chiloensis* y otra especie (probablemente exótica) que no se pudo determinar. En la Tabla 4 se muestra la composición de especies de los sitios analizados.

Nombre científico	Nombre común	Sitios disturbados		Ecosistema de referencia
		Cantera	Bordes de camino	
<i>Acaena caespitosa</i>	Abrojo			X
<i>Condalia megacarpa</i>				X
<i>Fabiana</i> sp.			X	
<i>Grindelia chiloensis</i>	Melosa	X	X	X
<i>Larrea</i> sp.	Jarilla		X	
<i>Mulinun spinosum</i>	Neneo		X	X
<i>Poa dusenii</i>	Coirón poa			X
<i>Poa ligularis</i>	Coirón poa		X	X
<i>Senna arnottiana</i>	Tara		X	
<i>Stipa speciosa</i> var.	Coirón duro		X	X
<i>Stipa speciosa</i> var. <i>major</i>	Coirón		X	
<i>Stipa ibari</i>	Coirón enano			X
<i>Stipa patagonica</i>	Coirón			X
Especie sin determinar		X		X

Tabla 4: Composición florística de los tres sitios donde se evaluó la vegetación.

Con respecto a la cobertura de la vegetación, la cobertura más alta se presentó en el área de referencia, logrando valores cercanos al 39 %. En las áreas sometidas a disturbios periódicos, el porcentaje de cobertura de la vegetación tuvo valores del 27 %. A diferencia

de ellos, la cobertura de la vegetación establecida naturalmente dentro de la cantera fue muy baja, con valores del 0,1 %.

Con respecto a la cobertura de cada una de las especies, se encontraron diferencias para cada ambiente. Por ejemplo en el ecosistema de referencia la especie que presentó mayor cobertura fue *Grindelia chilensis*, seguida por *Poa ligularis* con el 11,0 % y el 6,8 % respectivamente (Figura 19). Así mismo, en el área sometida a disturbios periódicos *Grindelia chilensis* es la especie que presenta mayor cobertura con el 10,25 %, seguida por *Fabiana sp.* y *Senna arnottiana* ambas con el 2,0 % de cobertura aproximadamente (Figura 20). El interior de la cantera *G. chilensis* presentó valores de cobertura inferiores al 0,02 % (Figura 21).

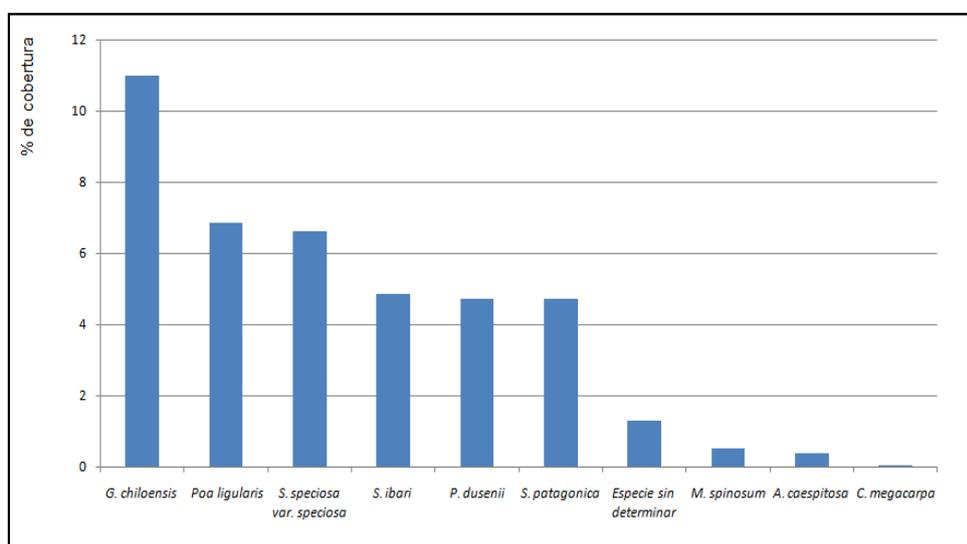


Figura 19: Porcentaje promedio de cobertura de las especies que componen el ecosistema de referencia.

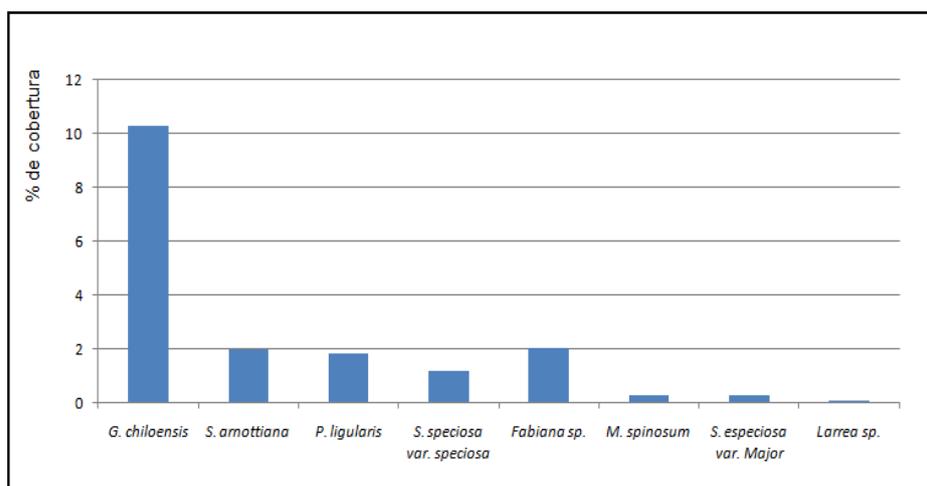


Figura 20: Porcentaje promedio de cobertura de las especies presentes en las áreas sometidas a disturbios periódicos.

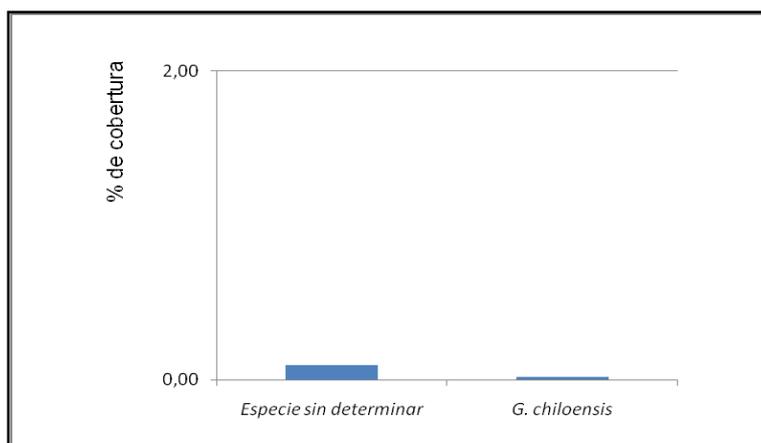


Figura 21: Porcentaje promedio de cobertura de las especies presentes en el interior de la cantera.

En cuanto a la similitud entre ambientes, el coeficiente de similitud de Jaccard refleja una muy baja similitud entre el área de referencia en relación al interior de la cantera (0,20); así como también entre las áreas frecuentemente disturbadas y el interior de la cantera (0,11). El área de referencia y las áreas sometidas a disturbios periódicos presentaron la mayor similitud (0,28) (Tabla 5).

	Área de referencia	Área dentro de la cantera
Área dentro de la cantera	0,20	-----
Área de borde de camino	0,28	0,11

Tabla 5: Índice de similitud de Jaccard entre áreas estudiadas.

PLANTACIÓN

Supervivencia

Stipa speciosa var. *speciosa*

La supervivencia de *Stipa speciosa* var. *speciosa* luego de un año de plantación fue muy alta en todos los tratamientos realizados en la cantera 1 (C1), con una supervivencia promedio del 99,5 %. Al presentar las repeticiones los mismos valores de supervivencia, estos no se compararon estadísticamente.

Senna arnottiana

Si bien el tratamiento de *S. asociada* con 1 l de hidrogel, presentan valores ligeramente más altos que el resto de los tratamientos, al compararlas estadísticamente no se observan diferencias. En la cantera 1 se encontró, que no existen diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de supervivencia de los distintos tratamientos luego de un año de plantación ($X^2= 0,148$; $p= 0,71$) (Figura 22).

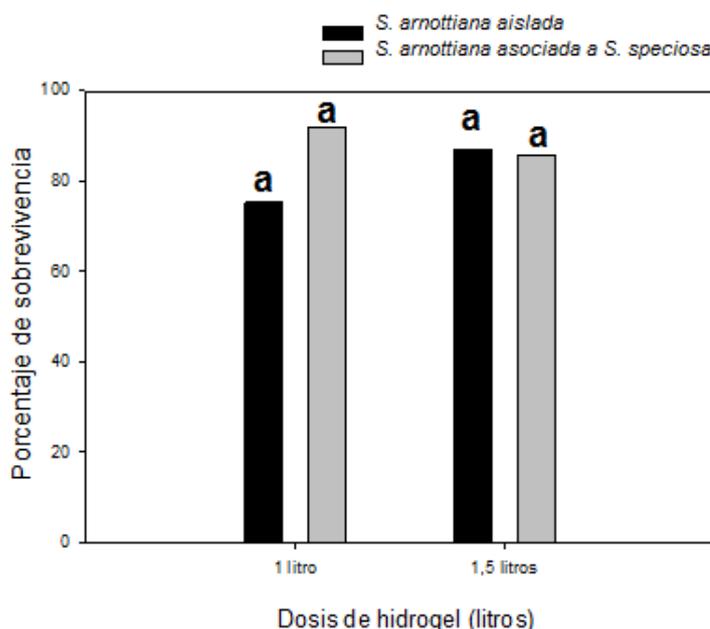


Figura 22: Porcentaje de supervivencia en la cantera 1 para los tratamientos de *S. anottiana* aislada y asociada a *S. speciosa* var. *speciosa* a distintas dosis de hidrogel (1 y 1,5 l). Las barras grises representan a *S. anottiana* aislada y las barras negras a *S. anottiana* asociada a *S. speciosa* var. *speciosa*. Las letras iguales indican que no hay diferencias estadística significativas entre los tratamientos.

En la cantera 2, si bien no se evaluaron las diferencias significativas entre tratamientos por ser la cantera en que se ensayó la puesta a punto de la técnica de plantación, el valor promedio de *S. aislada* y *S. asociada* fue de 11,11% y 55,55% con 1 litro de hidrogel y de 27,7% y 33,3% con 1,5 litro de hidrogel respectivamente.

Crecimiento

Se encontraron diferencias significativas tanto en el crecimiento del tallo (prueba de Kruskal-Wallis, $H= 8,43$; $p=0,037$), como en el número de hojas nuevas (prueba de Kruskal-Wallis, $H= 8,37$; $p=0,038$), entre los distintos tratamientos. En ambos casos, las diferencias fueron

significativas entre los tratamientos *S. aislada*, con 1 l de hidrogel y *S. asociada*, con 1,5 l de hidrogel (Figuras 23 y 24). Siendo significativamente mayores los valores de crecimiento del tallo en el tratamiento de *S. asociada* con 1,5 l de gel. Con respecto al número de hojas nuevas se observan mayores cantidades en la condición de *S. aislada* con 1l de gel.

En relación al crecimiento del diámetro del tallo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los cuatro tratamientos (prueba Kruskal-Wallis, $H= 5,94$; $p= 0,11$). Si bien los ejemplares plantados asociados a *S. speciosa* var. *speciosa*, tanto para 1 y 1,5 l de hidrogel, presentan valores ligeramente mayores estos no son estadísticamente significativos (Figura 25).

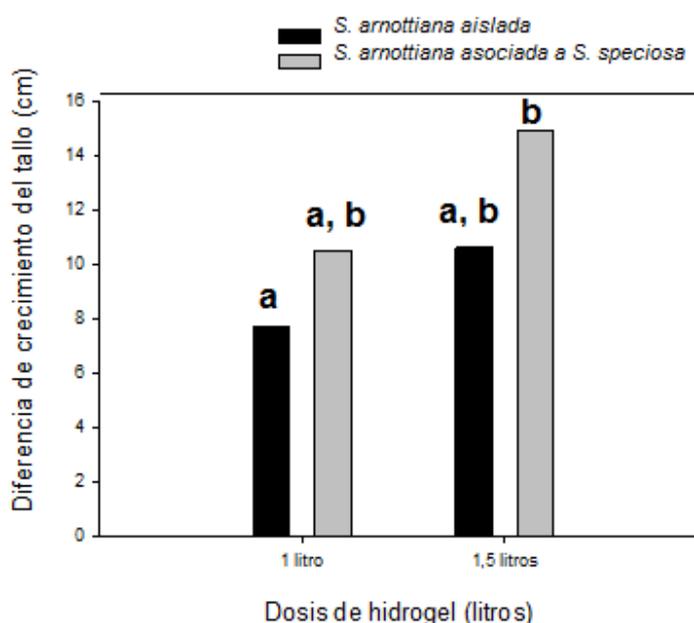


Figura 23: Diferencia de crecimiento del tallo en cm, para los tratamientos de *S. arnottiana* aislada y asociada a *S. speciosa* var. *speciosa* bajo distintas dosis de hidrogel (1 y 1,5 l), en la cantera 1. Las barras grises representan a *S. arnottiana* aislada y las barras negras a *S. arnottiana* asociada a *S. speciosa* var. *speciosa*. Letras iguales indican que no hay diferencias estadística significativas entre tratamientos y letras distintas indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

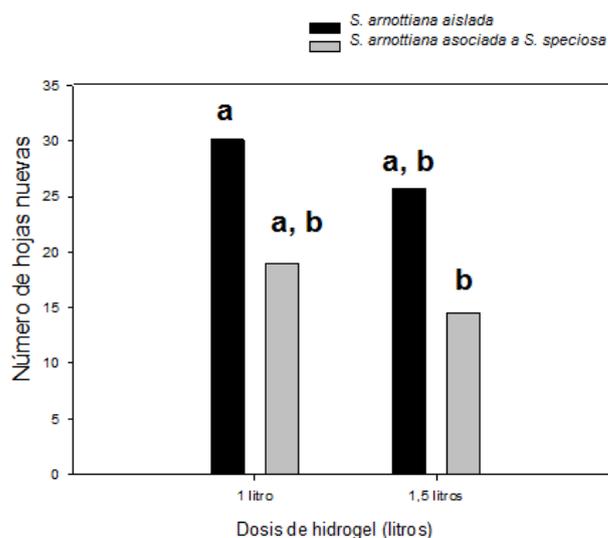


Figura 24: Número de hojas nuevas para los tratamientos de *S. arnottiana* aislada y asociada a *S. speciosa* var. *speciosa* a distintas dosis de hidrogel (1 y 1,5 l) en la cantera 1. Las barras grises representan a *S. arnottiana* aislada y las barras negras a *S. arnottiana* asociada a *S. speciosa* var. *speciosa*. Letras iguales indican que no hay diferencias estadística significativas entre tratamientos y letras distintas indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

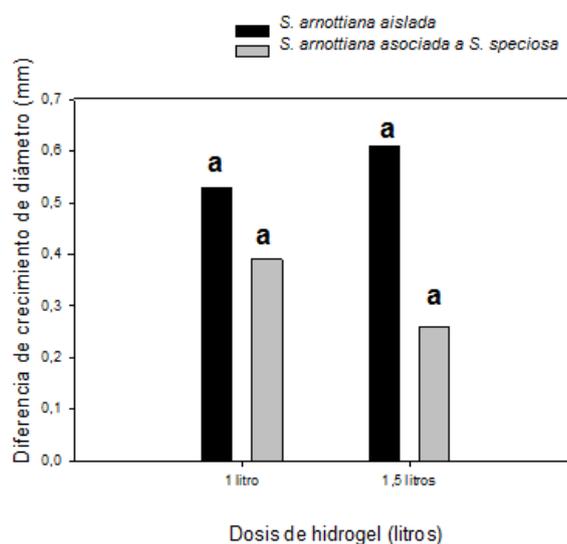


Figura 25: Crecimiento del diámetro del tallo en la cantera 2, para los tratamientos de *S. arnottiana* aislada y asociada a *S. speciosa* var. *speciosa* a distintas dosis de hidrogel (1 y 1,5 l). Las barras grises representan a *S. arnottiana* aislada y las barras negras a *S. arnottiana* asociada a *S. speciosa* var. *speciosa*. Las letras iguales indican que no hay diferencias estadística significativas entre los tratamientos

DISCUSIÓN:

El análisis de vegetación realizado permitió demostrar la escasa recuperación natural (restauración pasiva) en el interior de las canteras de extracción de áridos, lo que evidencia la importancia de la implementación de técnicas de rehabilitación o restauración activa en las mismas. Los resultados muestran que en el interior de la cantera la cobertura fue muy baja (0,11 %), consiguientemente con altos porcentajes de suelo desnudo (99,89 %). Con respecto a la riqueza de especies dentro de la cantera, también los valores fueron muy bajos, con únicamente 2 especies (*Grindelia chilensis* y una especie probablemente exótica que no se pudo determinar). Esta situación es similar a la encontrada en otras áreas degradadas por disturbios severos en Aguada Pichana (Neuquén), donde los porcentajes de cobertura en el interior de las canteras resultaron inferiores al 1 % y un bajo valor de riqueza de 4 especies (*Atriplex lampa*, *Grindelia chilensis*, *Hyalis argentea* var. *latisquama* y *Larrea divaricata*), (Farinaccio & Pérez, 2010). En la cantera de Auca Mahuida analizada en este trabajo, al igual que en las canteras analizadas en Aguada Pichana, aparece la especie nativa *Grindelia chilensis* como principal colonizadora. Este resultado es coincidente con Fiori & Zalba (2003) quienes citan a esta especie como colonizadora de suelo desnudo en la reserva Auca Mahuida.

En el presente estudio la cobertura de la vegetación del ecosistema de referencia fue del 39 %, levemente menor a la descrita por Fiori & Zalba (2000) para la misma zona, quienes mencionan valores de cobertura que oscilan entre el 40 % y el 70 %.

En relación al área sometida periódicamente a disturbios (bordes de caminos), el porcentaje de cobertura fue de 27 %, valor intermedio entre el interior de la cantera y el área de referencia. La mayor cobertura en estas áreas sometidas a disturbio periódicos, están representadas por arbustos, entre los que se pueden mencionar en orden de importancia *G. chilensis* (10,25%), *Fabiana* sp (2,02%) y *S. arnottiana* (1,97%).

De acuerdo a la experiencia de trasplante directo de individuos adultos de *Stipa speciosa* var. *speciosa*, se concluye que dicha práctica es una alternativa útil cuando se quiere priorizar el uso de los ecotipos locales y no existe disponibilidad de semillas o cuando los tiempos de desarrollo de los ejemplares son muy largos para los objetivos del proyecto. Ello es particularmente importante, en los trabajos de restauración o rehabilitación que se realizan en áreas protegidas. Sin embargo el abuso del trasplante directo puede afectar el

ecosistema de referencia, por lo tanto se debe evitar la extracción intensiva de plantas, a fin de no modificar la cobertura ni generar focos de erosión.

Producto de los resultados obtenidos en la experiencia realizada en la cantera 2 se resalta la importancia de la puesta a punto de las técnicas de trasplante directo y de manipulación de plantines al momento de realizar tareas de rehabilitación y restauración, ya que debido a ello, pueden obtenerse altos valores de mortandad.

Con respecto a los resultados de supervivencia de *Stipa speciosa* var. *speciosa*, la misma fue alta, alcanzando valores del 99,5% tanto con baja o alta dosis de hidrogel.

La supervivencia de *S. arnottiana* promedio de todos los tratamientos fue de 84,75% y no se vio condicionada por estar asociada o aislada a *S. speciosa* var. *speciosa* o tener baja o alta dosis de hidrogel. En relación al desarrollo, se registraron diferencias inversas en el crecimiento del tallo de la planta y el número de hojas nuevas entre dos tratamientos: *S. arnottiana* asociada, con 1,5 l de hidrogel y *S. arnottiana* aislada, con 1l de hidrogel.

Los resultados muestran que cuando *S. arnottiana* se encuentra aislada, sin protección frente al viento y a la radiación solar y con menor dosis de hidrogel, las mismas tienden al achaparramiento, es decir poseen una estructura más baja con mayor número de hojas. Sin embargo, cuando están protegidas por el pasto de los factores climáticos antes mencionados y con la aplicación de mayores dosis de hidrogel, los ejemplares desarrollan mayor altura y menor cantidad de hojas. Esto indicaría que el hidrogel habría anulado la potencial competencia por el agua entre las dos especies, de manera de que *S. speciosa* var. *speciosa* se comportó como una especie nodriza que facilita el desarrollo de *S. arnottiana* al generar un microclima favorable que provocaría una disminución de la pérdida de agua (Callaway & Pugnaire, 1999; Maestre, 2002; Padilla & Pugnaire, 2006).

En relación al hidrogel varios autores (Ciano 1998, 2000a, 200b; Peterson 2002; Thomas, 2008; Nittman *et al.* 2009) mencionan las ventajas de su uso, entre las que se destacan: mayor supervivencia de los plantines, mejor desarrollo (mayor tamaño y número de estructuras reproductivas), aumento en la nodulación de raíces de especies fijadoras de nitrógeno, aumento del tamaño de los agregados del suelo lo cual disminuye la erosión del mismo, y la consecuente reducción en la pérdida de nutrientes y sedimentos. En el presente trabajo el uso de hidrogel sirvió para disminuir el estrés hídrico y permitir que las dos

especies se establezcan en el área degradada, con valores altos de supervivencia, sin que se observaran diferencias significativas en la supervivencia de *S. arnottiana* entre las distintas dosis de hidrogel utilizadas (1 l y 1,5 l) plantas aisladas o en asociación a *S. speciosa* var. *speciosa*. Ello se explica porque la respuesta de las plantas frente a la aplicación de hidrogel es distinta en función del comportamiento de la especie, así como también al estadio de desarrollo de la misma (Peterson, 2002). Por ejemplo, Ciano *et al.* (1998, 2000a, 2000b) mencionaron resultados exitosos en la supervivencia de especies nativas (*Atriplex lampa* y *Atriplex sagittifolia*) y exóticas (*Atriplex nummularia* y *Atriplex semibaccata*) con el uso de hidrogel. Por otra parte, González (2010) y Quezada & Pérez (2010) no encontraron diferencias significativas en la supervivencia de especies nativas (*Senna aphylla* y *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, respectivamente) plantadas en períodos de alta humedad con y sin hidrogel.

Respecto a la introducción de dos especies de distintos grupos funcionales simultáneamente, numerosos autores (Aguiar & Sala 1994, 1998; Soriano *et al.*, 1994) plantean que la colonización natural de sitios desnudos se inicia con la instalación de arbustos que mejorarían las condiciones ambientales de manera que faciliten la recolonización por parte de gramíneas. La presente experiencia muestra que no sólo es posible reintroducir dos grupos funcionales asociados, sino que ello también puede presentar algunos beneficios, para las especies en evaluación. Las matas de *S. speciosa* var *speciosa* transplantadas favorecerían el desarrollo de *S. arnottiana* al brindar un microclima favorable y al aportar nutrientes y microorganismos presentes en el ecosistema de referencia. A su vez, se puede pensar que *S. speciosa* var. *speciosa* podría beneficiarse por el enriquecimiento del suelo que produce la presencia de *S. arnottiana* como especie fijadora de nitrógeno. De esta forma, las leguminosas pioneras o introducidas en las primeras etapas de rehabilitación en las áreas degradadas podrían aumentar la tasa de colonización y el crecimiento de otras especies, acelerando la sucesión, tal como ocurre en suelos pobres en nutrientes (Armas *et al.*, 2008).

Aunque, los resultados indicarían que *S. arnottiana* es una especie pionera ya que se la encontró en ambientes sometidos a disturbios y su supervivencia no se vio condicionada por los distintos tratamientos, es necesario realizar seguimientos de la experiencia a largo plazo para evaluar que tratamiento es más favorable para el desarrollo de estructuras reproductivas y/o una rápida cobertura del suelo. Debido a que en trabajos de restauración y/o rehabilitación no solo es importante que las especies introducidas intencionalmente sobrevivan, sino que también es trascendental que las mismas crezcan y se desarrollen de



manera óptima, a fin de aumentar la cobertura del suelo y a futuro desarrollar estructuras reproductivas. De esta forma, las plantas introducidas que alcancen dichos objetivos, podrán actuar como fuente de propágulos, que promuevan naturalmente la colonización de áreas y la conectividad del paisaje.

CONCLUSIONES:

En síntesis se puede concluir que:

- La colonización natural en el interior de canteras de extracción de áridos, en zonas áridas es muy baja, por lo que se requieren acciones concretas de restauración activa o rehabilitación ecológica.
- El estudio de la vegetación que se establece naturalmente en áreas aledañas a las canteras y que se encuentran bajo un régimen de disturbios periódicos, da una información útil sobre las especies pioneras que se podrían utilizar para comenzar los ensayos de rehabilitación. En el sitio de estudio son: *Fabiana sp.*, *Grindelia chilensis*, *Larrea sp.*, *Mulinun spinosum*, *Senna arnottiana*, *Poa ligularis*, *Stipa speciosa var. major* y *Stipa speciosa var. speciosa*.
- Es viable y beneficiosa la reintroducción de dos especies de distintos grupos funcionales asociadas en sitios severamente degradados. Con este tipo de técnica de rehabilitación se lograría reducir el tiempo de la sucesión natural y se podrían recuperar las áreas desnudas del interior de las canteras con vegetación nativa.
- *Senna arnottiana* es una especie apta para su introducción como especie facilitadora de la sucesión natural en estos ambientes áridos y degradados, ya que presentó una alta supervivencia.
- El trasplante directo de *S. speciosa var. speciosa* es una alternativa útil y exitosa en áreas protegidas donde se priorizan los germoplasmas locales.
- Conocer aspectos técnicos relativos a la influencia de la manipulación de los plantines durante la plantación, es esencial en los ensayos de reintroducción de especies nativas a campo, con el fin de evitar errores en la interpretación de los datos.
- Evaluaciones a largo plazo, permitirán conocer si los beneficios de la introducción simultánea de especies se mantienen en estadios más avanzados del desarrollo de las mismas y evaluar que tratamiento es más favorable para el desarrollo de estructuras reproductivas y/o una rápida cobertura del suelo

BIBLIOGRAFIA

- Acuña, A., O. Pucci & G. Pucci. 2008. Caracterización de un proceso de biorremediación de hidrocarburos en deficiencia de nitrógeno en un suelo de Patagonia Argentina. Revista ecosistemas online. Vol 17. N° 2. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=548>.
- Aguiar, M. & O. Sala. 1994. Competition, facilitation, seed distribution and the origin of patches in a Patagonian steppe. *Oikos*, 70:26–34.
- Aguiar, M. & O. Salas. 1998. Interactions among grasses, shrubs, and herbivores in Patagonian grass-shrub steppes. *Ecología Austral*, 8:201-210.
- Aguiar, M., A. Soriano & O. Sala. 1992. Competition and facilitation in the recruitment of seedlings in Patagonian steppe. *Functional Ecology*, 6:66–70.
- Altamirano, A. & D. Pérez. 2010. Supervivencia temprana de *Cercidium praecox* (Fabaceae). Pág.:49-55. En: Pérez D., A. Rovere & F. Farinaccio. (eds). Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina. Vázquez Mazzini Editores. 80 pp.
- Anthelme, F. & R. Michalet. 2009. Grass-to-tree facilitation in an arid grazed environment (Air Mountains, Sahara). *Basic and Applied Ecology*, 10:437-446.
- Aparcian, A., C. Aruani, P. Schmid, P. Broquen & P.A. Imbellone. 2002. Prácticas de Rehabilitación de Aridisoles y Entisoles del Norte de la Patagonia Afectados por la Apertura de Líneas Sísmicas. *Ciencias del Suelo*, 20(2):88-97.
- Armas, C., F. Pugnaire & O. Sala O. 2008. Patched structure and mechanism of cyclical succession in Patagonian steppe (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 72:1552-1561
- Armesto, J., M. Bustamante & N. Nuñez. 2006. Principios y prácticas de Restauración ecológica. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Arroyo, J. 1980. Relevamiento y priorización de áreas con posibilidades de riego. Provincia del Neuquén. Volumen II: Clima Consejo Federal de Inversiones. Tomo 2. 131 pp.
- Aronson, J., C. Floret, E. Lefloc'h, C. Valle & R. Pontainer. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semiarid lands. I. A view from the south. *Restoration ecology*, 1:8-17.
- Bainbridge, D. 2007. A Guide for Desert and Dryland Restoration. New hope for Arid Lands. Island press. Washington. USA. 391pp.

- Barchuk, A & M. Díaz. 2000. Vigor de crecimiento y supervivencia de plantaciones de *Aspidosperma quebracho-blanco* y de *Prosopis chilensis* en el chaco árido. *Quebracho*, 8:17-29.
- Becker, G., C. Bustos & A. Marcolín. 1997. Ensayos de Revegetación en Veranadas Degradadas por Sobrepastoreo de Lonco Luán, (Provincia de Neuquén). Seminario Taller Internacional Argentino Chileno. Resúmenes del Taller de Actualización Sobre Métodos de Evaluación, Monitoreo y Recuperación de Pastizales Naturales Patagónicos. INTA-FAO-INIA. 57-60 pp.
- Bertiller, M. 1996. Grazing effects on sustainable semiarid rangelands in Patagonia. The state and dynamics of the soil seed bank. *Environmental Management*, 20:123-132.
- Bertiller, M. & A. Bisigato. 1998. Vegetation dynamics under grazing disturbances. The estate and transition model for the Patagonian steppes. *Ecología Austral*, 8:191-199.
- Bertiller, M., A. Bisigato, A. Carrera & H. del Valle. 2004. Estructura de la vegetación y funcionamiento de los ecosistemas del Monte Chubutense. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 39 (3-4):139-158.
- Bisigato, A. & M. Bertiller. 1997. Grazing effects on patchy dryland vegetation in northern Patagonia. *Journal of Arid Environments*, 36:639-653.
- Borelli, P., C. Cheppi, M. Lacomini & A. Ramström. 1984. Terms of grassland in the terrace site of Rio Gallegos. *Revista Argentina de Producción Animal*, 4:879-897.
- Bradshaw, C., S. Boutin & D. Hebert. 1997. Effects of petroleum exploration on woodland caribou in northeastern Alberta. *Journal of Wildlife Management*, 61:1127–1133.
- Cabrera, A. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Buenos Aires.
- Callaghan, T., D. Lindley, O. Ali, H. Abd El Nour & P. Bacon. 1989. The effect of water-absorbing synthetic polymers on the stomatal conductance, growth and survival of transplanted *Eucalyptus microtheca* seedlings in the Sudan. *Journal Applied Ecology*, 26:663-72.
- Callaway, R. & F. Pugnaire. 1999. Facilitation in plant communities. Pag: 623-648. En: F. Pugnaire & F. Valladares (eds.). *Handbook of functional plant ecology*. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, Estados Unidos.
- Callaway, R. & L. Walker. 1997. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology*, 78 (7) 1958-1965.
- Charley, J. & S. Cowling. 1968. Changes in soil nutrient status resulting from overgrazing and their consequences in plant communities of semi-arid areas. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, 3:23–38.

- Ciano, N., V. Nakamatsu, J. Luque, M. Amari, O. Mackeprang & C. Lisoni. 1998. 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.; V Nakamatsu; J Luque; M Amari; M Owen & C Lisoni. 2000a. Revegetación de áreas disturbadas por la actividad petrolera en la Patagonia Extrandina (Argentina). XI Conferencia de la Internacional: Soil Conservation Organization (ISCO 2000). Buenos Aires, Argentina.
- Ciano, N., V. Nakamatsu, J. Luque, M. Amari & C. Lisoni. 2000b. 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.
- Clements, F. 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Carnegie Inst. Washington Pub, 242:1-512.
- Clewell, A. & J. Aronson. 2007. Ecological restoration: Principles, values, and structure of an emerging profession, Island Press, Washington, DC. 216 pp.
- Comín, F.A. 2002. Restauración ecológica: teoría versus práctica. Ecosistemas, XI (1).
- Comín, F.A. 2007. Restauración Ecológica: Integración de aspectos científico-técnicos, económicos y sociales para recorrer el camino de la práctica a la teoría y viceversa. II Simposio Internacional de Restauración ecológica. Santa Clara, Cuba.
- Consejo Parques Nacionales Canadiense, 2008. Principios y directrices para la restauración ecológica en las áreas protegidas naturales de Canadá (en línea) <http://www.globalrestorationnetwork.org/wp-content/uploads/2009/03/Principios-y-directrices.pdf> [Acceso Diciembre 2009].
- Correa, M. 1984a. Dicotiledoneas Diapetalas. En: Flora Patagónica. Tomo 8, parte IVb. Colección Científica del INTA.
- Correa, M. 1984b. Gramineae. En: Flora Patagónica. Tomo 8, parte III. Colección Científica del INTA.
- Cortina, J., J. Bellot, A. Vilagrosa, R. Caturla, F. Maestre, E. Rubio, J. Ortíz de Urbina & A. Bonet. 2004. Restauración en Semiárido en: Vallejo V.R., Alloza J.A. editores. Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo. Fundación CEAM. Págs. 345-406.
- Dalmaso, A., E. Martinez Carretero & E. Console. 2002. Reclamación de Áreas Degradadas por la Actividad Petrolera. El Portón, Buta Ranquil (Neuquén).

- Del Valle, A.E., R. Gader, M.C. Funes, & S. Llewellyn Lewis. 1989. Censo aéreo de guanacos (*Lama guanicoe* Muller) en una unidad fitogeográfica patagónica en el departamento Collón Cura, Neuquén. En: Actas Primeras Jornadas Nacionales de Fauna Silvestre. Santa Rosa, La Pampa. pp. 415-443.
- Del Valle, H., N. Elissalde, D., Gagliardini & J. Milovich. 1998. Desertificación del Neuquén. Página disponible en: <http://www.inta.gov.ar/bariloche/nqn/recursos/m09.htm>. [Acceso Octubre 2009].
- Defossé, G., M. Bertiller & J. Area. 1990. Above-ground phytomass dynamics in a grassland steppe of Patagonia, Argentina. *Journal of Range Management*, 43 (2):157-160.
- El sayed, H., C. Kirkwood & N. Graham. 1991. The effects of hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. *Journal Expert. Botany*, 42:891-99.
- Ezcurra, E.; E Mellink, E Wehncke, CH. González y S Morrison. 2006. Natural History and Evolution of the World's. Pág: 2-26. En: Ezcurra, E. (ed.). *Deserts Global Desert Outlook*. United Nations Environment Programme.
- Farinaccio, F. & D. Pérez. 2010. Características del Monte y del área de estudio. Pag.: 24-33. En: Pérez D.; A. Rovere & F. Farinaccio (eds.). *Rehabilitación en el desierto: Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Patagonia*. Vazquez Mazzini Editores. 80 pp.
- Fiori, S. & S. Zalba. 2000. Conservar y recuperar los suelos y la cubierta vegetal (Objetivo 3). En: S. Fiori & S. Zalba (eds), *Plan de Manejo Reserva Provincial Auca Mahuida (Neuquén). Diagnóstico Específico, Taller y Asambleas Públicas Vol. II*. Secretaría de Estado del COPADE y Consejo Federal de Inversiones, Bahía Blanca, Argentina.
- Fiori, S & S. Zalba. 2003. Potential impacts of petroleum exploration and exploitation on biodiversity in a Patagonian Nature Reserve, Argentina. *Biodiversity and Conservation*, 12:1261–1270.
- Funes, M. 2000. Conservar el ensamble de herbívoros (guanaco, choique, mara, chinchillón) y carnívoros (cánidos, félidos, mustélidos y rapaces) nativos de zonas áridas (Objetivo 7) y proteger los ambientes basálticos (bardas, acantilados) y la fauna asociada, especialmente saurios, microroedores y aves altoandinas (Objetivo 8). En: S. Fiori & S. Zalba (eds), *Plan de Manejo Reserva Provincial Auca Mahuida (Neuquén). Diagnóstico Específico, Taller y Asambleas Públicas, Vol. II*. Secretaría de Estado del COPADE y Consejo Federal de Inversiones, Bahía Blanca, Argentina.

- García-Sánchez, R. 2005. Restauración de la cubierta vegetal de los matorrales semiáridos del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. Cuba. Disponible en: www.dama.gov.ar.
- García, D., R. Zamora, J. Hódar, J. Gómez & J. Castro. 2000. Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. *Biological Conservation*, 95:31-38
- Gehring, J. & A. Lewis. 1980. Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. *Journal American Society Horticulture Science*, 105: 511-513.
- González, F. 2010. Supervivencia temprana de *Senna aphylla* (Fabaceae) plantada aislada y asociada a un sub-arbusto nativo. Pág.: 61-65. En: Pérez D., A. Rovere & F. Farinaccio (eds). *Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina*. Vázquez Mazzini Editores. 80 pp.
- González, F., D. Pérez & A. Rovere. 2009. Evaluación de la facilitación ecológica para la recuperación de canteras, en zonas áridas. I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Colombia, Bogotá.
- Gratzfeld, J. 2004. Industrias extractivas en zonas áridas y semiáridas. Planificación y gestión ambientales. UICN: Gland, Suiza, y Reino Unido. 122 pp
- Hobbs, R. & D. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*, 4:93-110.
- Hobbs, R., E. Higgs & J. Harris. 2009. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology and Evolution*, 24 (11):599-605.
- Holling, C. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 4:1-23.
- Holtz, W. 2003. La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) y su dimensión política. COP 6. Bonn. Alemania.
- Instituto Botánico Darwinion. 2008. *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina*. <http://www.darwin.edu.ar>. [Acceso Mayo 2009].
- Jorba, M. & R. Vallejo. 2008. La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Revista ecosistemas*, 17 (3):119-132.
- Jordano, P., R. Zamora, T. Marañón & J. Arroyo. 2002. Claves ecológicas para la restauración del Bosque Mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Revista Ecosistemas*, 11(1). Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=312>.
- Krebs, C. 1999. *Ecological Methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc., California. 581 pp.

- Lagos, J., D. Pérez & A. Rovere. 2009. Influencia del sustrato en los procesos de recuperación de la cubierta vegetal en zonas semiáridas degradadas de la Patagonia (Argentina). I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Colombia, Bogotá.
- Lamb, D. & D. Gilmour. 2003. Rehabilitation and restoration of degraded forests: issues in forest conservation. The World Conservation Union, Gland, Suiza.
- Long, M. 2000. Flora Vascular y Vegetación. Pág:35-57. En: Fiori, S. & S. Zalba (Eds.). Plan de manejo Reserva Provincial Auca Mahuida (Neuquén). Volumen I – Diagnóstico Regional Secretaría de Estado del COPADE y Consejo Federal de Inversiones. Plan de Manejo. 205 pp.
- Maestre, F. 2002. La restauración de la cubierta vegetal en zonas semiáridas en función del patrón espacial de factores bióticos y abióticos. Tesis doctoral. Biblioteca virtual Miguel D. Cervantes.
- Maestre, F., F. Reynolds, E. Huber-Sannwald, J. Herrick & M. Stafford-Smith. 2006. Understanding global desertification. Pag.: 315-332. En: Drylands ecohydrology. P. D' Odorico y A. Porporato (eds), 358pp.
- Magurran, A. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton Univ. Press. Princeton. 179 pp.
- Malkinson, D., R. Kadmon & D. Cohen. 2003. Pattern analysis in successional communities- An approach for studying shifts in ecological interactions. Journal of ecology science, 14:213-222.
- Matteucci, S. & A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Sec. Gral. OEA, Washington DC. 168 p.
- Martínez Carretero, E. 2004. La provincia fitogeográfica de La Payunia. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 39 (3-4):195-226.
- Mazzarino, M., M. Bertiller , T. Schlichter & M. Gobbi. 1998. Nutrient cycling in Patagonian ecosystems. Ecología Austral, 8:167-181.
- Navarro, E. 2000. Controlar los procesos de erosión hídrica (Objetivo 4). pp. 57–63. En: S. Fiori & S. Zalba (eds), Plan de Manejo Reserva Provincial Auca Mahuida (Neuquén). Diagnóstico Específico, Taller y Asambleas Públicas Vol. II. Secretaría de Estado del COPADE y Consejo Federal de Inversiones, Bahía Blanca, Argentina.
- Nittmann, J., D. Pérez, F. Farinaccio & A. Rovere. 2009. Ensayos de rehabilitación de canteras degradadas a partir de trasplante directo en la provincia de Neuquén (Argentina). Congreso Iberoamericano y del Caribe sobre restauración Ecológica. Curitiba. Brasil
- Noy-Meir I. 1973. Desert ecosystems: Environment and producers. Annual review of Ecology and systematic, 4: 25-51.

- Padilla, F. & F. Pugnaire. 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers Ecology Environmental*: 4:196–202.
- Padilla, M., R. Ortega, J. Sánchez & F. Pugnaire (en prensa). Rethinking species selection for restoration of arid shrublands. *Basic and Applied Ecology*.
- Paruelo, J., M. Bertiller, T. Schlichter & F. Coronato. 1993. Secuencias de deterioro en distintos ambientes patagónicos. Su caracterización mediante el modelo de estados y transiciones. Convenio Argentino-Alemán. Cooperación Técnica INTA-GTZ.
- Paruelo, J., S. Pütz, G. Weber, M. Bertiller, R. Golluscio, M. Aguiar & T. Wiegand. 2008. Long-term dynamics of a semiarid grass steppe under stochastic climate and different grazin regimes: A simulation analysis. *Journal of Arid Environments*, 72:2211-2231.
- Pérez, D., F. Farinaccio, F. González, L. Lagos, A. Rovere & M. Díaz. 2009a. Rehabilitation and restoration: a concrete possibility to combat desertification in arid and semi-arid ecosystems of Patagonia. COP9: Convención de las Naciones Unidas sobre la lucha contra la Desertificación. Buenos Aires.
- Pérez, D R; F M Farinaccio y L J Lagos. 2009b. Informe de avance del proyecto: Rehabilitación ecológica y protección de la biodiversidad en canteras abandonadas con disturbio severo. Auca Mahuida, Neuquén-Argentina. 155 pp.
- Pérez D., A. Rovere & F. Farinaccio. 2010. Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina. Vázquez Mazzini Editores. 80 pp.
- Peterson, D. 2002. Hydrophilic polymers - effects and uses in the landscape. *Restoration and Reclamation Review*. Vol 7. Disponible en: <http://horticulture.coafes.umn.edu/vd/h5015/01papers/hydrogel.htm> [Acceso Mayo de 2010].
- Picket, S., M. Caldenasso & S. Barthe. 2001. Implications from the buell-small succession study for vegetation restoration. *Applied Vegetation Science*, 4:41-52.
- Ponte, P. 2009. Remediación en la Cuenca Neuquina: La Búsqueda de Consenso. *Futuro Sustentable*, 26:28-30.
- PRODOC, 2005. Sustainable Management of Arid and Semi Arid Ecosystems to Combat Desertification in Patagonia. PIMS 2891. UNDP Project Document Government of Argentina. Secretariat for Environment and Sustainable Development United Nations Development Programme. http://www.gefweb.org/Documents/Work_Progrms/documents/Argentina_Patagonia.Desertification_ProDoc_9_30-05.pdf.

- PNUD, 2007. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Manejo Sustentable de Ecosistemas Áridos y Semiáridos para el Control de la Desertificación en la Patagonia. Resumen del Proyecto ejecutivo. Argentina.
- Pugnaire, F., C. Armas & F. Valladares. 2004. Soil as mediator in plant-plant interactions in a semi-arid community. *Journals of Vegetation Science*, 15:85-92.
- Quezada, A & D. Pérez. 2010. Establecimiento inicial de *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Fabaceae) en diferentes tipos de suelo. Pág: 56-60. En: Pérez D., A. Rovere & F. Farinaccio (eds). *Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina*. Vázquez Mazzini Editores. 80 pp.
- Reynolds, J., R. Fernández & P. Kemp. 2000. Dry lands and global change: rainfall variability and sustainable rangeland production. Pág: 73-86. En: K. Watanabe & A. Komanine (eds.), *Challenge of Plant and Agricultural sciences to the crisis of Biosphere on the Earth in te 21st Century*. Lands Biosciences, Georgetown, Estados Unidos.
- Reynolds, J. & D. Stafford-Smith. 2002. Do humans cause deserts?. En: *Global Desertification. Dahlem Workshop Report 88*, Dahlem University Press, Berlin, 1-21.
- Rovere, A. 2006. *Cultivo de Plantas Nativas Patagónicas: árboles y arbustos*. Editorial Caleuche. 54pp.
- Rovere, A. & C. Echeverría. 2008. *Conceptos de Restauración Ecológica, Metodología y Antecedentes en Nothofagus*. *Eco-nothofagus*, Esquel, Argentina. *Eco-nothofagus*, 182 - 187 pp.
- Rovere, A. 2010. *Conceptos de restauración ecológica y rehabilitación*. Pág.: 21-23. En: Pérez, D; A. Rovere & F. Farinaccio. *Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina*. Editorial Vázquez Mazzini Editores. 80 pp.
- Sanchez, A., C. Zenteno, L. Zamora & E. Reyes. 2002. Modelo para la restauración ecológica de áreas degradadas. *Kuxulkab' Revista de Divulgación*, 14:48-60.
- SER, 2004. Society for Ecological Restoration. *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. Disponible en: www.ser.org.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1999. *Introducción a la bioestadística*. México. Editorial Reverté, S.A.
- Soriano, A. & O. Sala. 1983. Ecological strategies in a Patagonian arid steppe. *Vegetation*, 59: 9–15.

- Soriano, A., O. Sala & R. León. 1980. Vegetación actual y vegetación potencial en el pastizal de coirón amargo (*Stipa* sp.) del SW de Chubut. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 19:309-314.
- Soriano, A., O. Sala & S. Perelman. 1994. Patch structure and dynamics in a Patagonian arid steppe. *Vegetation*, 111:127–135.
- Steibel, P. 1995. Acerca de Auca Mahuida y la Región Sudoccidental del Monte. Informe. Universidad Nacional de La Pampa. 5 pp.
- Taylor, K., & R. Hallacre. 1986. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. *Horticulture Science*, 21:1159-1161.
- Thomas, D. 2008. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. *Forest and Management*, 255:1305-1314.
- Ulian, T., A. Rovere & B. Muñoz. 2008. Taller sobre conservación de semillas para la restauración ecológica. *Ecosistemas*, 17 (3):147-148.
- Urzúa, H. 2000. Fijación simbiótica de nitrógeno en Chile. Importante herramienta para una agricultura sustentable. *Proceeding XX Reunión Latinoamericana de Rhizobiología*, Arequipa, Perú. 211–227.
- Urzúa, H. 2005. Beneficios de la fijación simbiótica de nitrógeno en Chile. *Ciencia e investigación agraria*, 32 (2):133–150.
- Valdora, E. & C. Jáimez. 2000. Propuesta de forestación con *Prosopis alba* en la región árida de Tucumán, Argentina. *Multequina*, 9:155-160.
- Verzino, G., J. Joseau, M. Diaz & M. Dorado. 2004. Comportamiento inicial del Chaco Occidental en plantaciones en zonas de pastizales de altura de las Sierras de Córdoba, Argentina. *Bosque*, 25 (1):53-67.
- Westoby, M., B. Walker & I. Noy Meir. 1989. Opportunistic management for rangelands not equilibrium. *Journal of Range Management*, 42(2):266-274.
- Whisenant, S. 1995. Landscape dynamics and arid land restoration. Pág: 26-34. En: B. Roundy, E. Mc Arthur, J. Haley & D. Mann (compiladores). *Proceedings: Wildland Shrub and Arid Land Restoration Symposium*. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Odgen, Estados Unidos.
- Whisenant, S. 1999. *Repairing damaged wildlands*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yang, L., N. Liu, H. Ren & J. Wang. 2009. Facilitation by two exotic *Acacia*: *Acacia auriculiformis* and *Acacia mangium* as nurse plants in South China. *Forest Ecology and Management*, 257:1786-1793.



- Zuleta, G., M. Cagnoni, P. Tchilingüirian, M. Bellocq, L. Denapole, M. Li Puma, C. Asorey, D. Kesselman, A. Fernández & S. Wharton. 2001. Regeneración ecogeomorfológica de estepas arbustivas del monte en explanadas petroleras abandonadas de NorPatagonia. XXI Reunión Argentina de Ecología, Bariloche.