

## REVEGETACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS CON ESPECIES NATIVAS

ANTONIO DANIEL DALMASSO <sup>1</sup>

**Summary:** Revegetation of degraded areas with native species. The area of work is located in the South of Malargüe, Mendoza. The climate is arid, mean annual rainfall is 134 mm, and mean annual temperature 13.3°C. An assessment is made of the results of revegetation with native species in lands degraded by oil production, aimed at achieving higher stability in disturbed ecosystems for them to revert to conditions prior to the impact. A geomorphological and vegetation survey was conducted, and dynamic hypotheses were established regarding vegetation. Through a geosynphytosociological approach, and according to plant dynamics, a total of 10 species were selected, reproduced in greenhouse and established in three oil well areas, in both autumn and spring. The experimental design consisted of random plots with 10 species and 20 repetitions in each oil well area. The soil was plowed and the plants established in all three trial areas. After four years of records, a statistical analysis was performed of the temporal evolution of the variables height, canopy diameter and percentage of survival per species. For these same variables, the average behaviours of the different species were compared using ANOVA and Fisher's LSD test ( $\alpha=5\%$ ). Plant populations used in the trial were fitted to a normal distribution with non-homogeneous variances (Kolmogorov-Smirnov and Bartlett). On the fourth year after plant establishment, the degree of plant cover in oil well areas was assessed, as compared to the natural Monte. Analyses showed statistically significant differences among planted species, with *Atriplex lampa*, *Prosopis flexuosa* var. *depressa* and *Cercidium praecox* ssp. *glaucum* being outstanding for their great ability to cover the ground in all three trial areas. In one oil well area, plant diversity four years after establishment represented 61% of the diversity in the Monte, whereas in the other two areas the level of diversity reached was higher than or close to that of the natural Monte. It is concluded that selecting native species within the theoretical framework of geosynphytosociology is effective for the recovery of degraded lands, that assisted establishment of native species in these lands reduces the time for recovery of plant cover and structure, and that planting of plant species in the area generates appropriate conditions for the spontaneous establishment of other species from contact communities.

**Key words:** revegetation, recovery, degraded areas, native species.

**Resumen:** El área de trabajo se localiza al sur de Malargüe-Mendoza; es un clima árido, con una precipitación media anual de 134 mm y una temperatura media anual de 13,3°C. Se evalúan los resultados de la revegetación con especies nativas en áreas degradadas por la actividad petrolera propendiendo que los ecosistemas alterados alcancen una mayor estabilidad, en lo posible similar a la situación previa al impacto. Se realizó un inventario geomorfológico y de vegetación estableciéndose hipótesis dinámicas de vegetación. A través del enfoque geosinfitosociológico, y en función de la dinámica vegetal, se seleccionaron un total de 10 especies que fueron reproducidas en vivero y establecidas en tres plataformas petroleras del área, tanto en otoño como en primavera. El diseño experimental fue de bloques al azar con 10 especies y 20 repeticiones dentro de cada plataforma. En todas ellas se roturó el suelo y se establecieron las plantas y luego de cuatro años de registros, se

---

<sup>1</sup> Profesional Principal del CONICET. Grupo Geobotánica y Fitogeografía, IADIZA- CRICYT.  
Email: adalmass@lab.cricyt.edu.ar

realizó el análisis estadístico de la evolución temporal de las variables altura, diámetro de copa y porcentaje de supervivencia por especie. Para las mismas variables se comparó el comportamiento medio de las distintas especies mediante ANAVA y prueba de LSD de Fisher ( $\alpha=5\%$ ). Las poblaciones de plantas del ensayo se ajustaron a una distribución normal con varianzas no homogéneas (Kolmogorov- Smirnov y Bartlett). Al cuarto año de establecidas las plantas se evaluó el grado de recubrimiento de las plataformas asistidas respecto del Monte Natural. Los análisis mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las especies plantadas; destacándose por su alto poder de recubrimiento, en todas las plataformas, *Atriplex lampa*, *Prosopis flexuosa* var. *depressa* y *Cercidium praecox* ssp. *glaucum*. En una plataforma, la diversidad vegetal a los cuatro años de implantación representó el 61% de la diversidad del monte, mientras que en las otras se alcanzó un nivel de diversidad superior y próxima a la del monte. Se concluye que la selección de especies nativas en el marco teórico de la geosinfitosociología resulta efectiva para recuperar áreas degradadas; el establecimiento asistido de especies vegetales nativas en estas áreas reduce el tiempo de recuperación de la cobertura y estructura de la vegetación; la plantación de las especies en el terreno genera condiciones adecuadas para la instalación espontánea de otras especies de las comunidades de contacto.

**Palabras clave:** revegetación, recuperación, áreas degradadas, especies nativas.

## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de la satisfacción de sus necesidades el hombre interactúa con la naturaleza generando diversos tipos de impacto, por lo general negativos. La vegetación es el componente que más rápidamente evidencia los impactos y el que mejor permite acciones de recuperación. Al conjunto de acciones que se llevan a cabo para recuperar la cobertura vegetal de un área degradada, y por ende a una mejora del sistema natural, se la denomina restauración ecológica.

La restauración ecológica ha avanzado en una permanente relación entre la teoría y la aplicación práctica (King & Hobbs, 2006). La recuperación de la vegetación a través de la sucesión natural puede ser considerablemente larga, especialmente cuando se afecta la estructura del suelo (Knapp, 1991). El principal objetivo de la restauración es reparar el ecosistema de la manera más integral posible (Society for Ecological and self-sustainability International Science and Policy Working, 2004).

La revegetación, como una forma de restauración, intenta restablecer las comunidades vegetales llevándolas a un estado lo más próximo posible al que existía previo al impacto (Bradshaw, 1997). La revegetación en un sitio específico intenta cambiar la composición de la vegetación actual y orientarla hacia estados más deseables (Westoby *et al.*, 1989). Trabajar con plantines permite generar una mayor diversidad estructural y de composición, alcanzando más rápidamente estados más maduros (Mahood,

2003). Para ello es necesario conocer la composición florística actual y su dinámica.

En América Latina, Argentina es el país que posee mayor porcentaje de tierras en zonas secas (70%), con 60.000.000 ha afectadas por procesos erosivos de moderados a graves (Abraham, 2003).

La utilización del concepto de madurez o de estabilidad está directamente indicado para el manejo de terrenos alterados que se quieren restaurar. Sin embargo, los cambios ocurridos en las comunidades en el espacio y en el tiempo son mucho más complejos: cambios en el suelo, migraciones, ecesis, competencia y estabilización (Aguilo, 1984). La revegetación se propone revertir las condiciones de las áreas degradadas con la plantación de especies vegetales nativas, que lleven a restituir la estructura y la cobertura vegetal.

Para Rolling & Walter (2000) las sucesiones de los desiertos ocurren en muy bajas tasas y fuertemente influenciadas por la naturaleza y la intensidad del disturbio.

La sucesión vegetal es direccional, y en ocasiones es posible hipotetizar que especies serán reemplazadas por otras en el transcurso de la sucesión (Platt & Connell, 2003). La teoría de la sucesión supone una combinación de especies para determinadas características climáticas y edáficas regionales.

La Geosinfitosociología intenta alcanzar una concepción paisajística en el estudio de la vegetación y su relación con la geomorfología. Los paisajes surgen así de la relación estrecha entre unidades geomorfológicas y unidades de vegetación.

## A. D. Dalmasso - Revegetación de áreas degradadas con especies nativas

Para la “Society of Ecological Restoration Internacional and Policy Working Group” (2004), un ecosistema restaurado debe contener los siguientes atributos: 1- Una diversidad y estructura de la comunidad similar con la presente en el sitio, 2- Presencia de especies nativas, 3- La participación de grupos funcionales para el mantenimiento de la estabilidad en el tiempo, 4- Capacidad de un medio físico que permita sostener las poblaciones en forma reproductivas, 5- Un funcionamiento normal, 6- Integración con el paisaje, 7- Eliminación del potencial de riesgo, 8- Resiliencia a disturbios naturales y 9- Autosustentabilidad.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la recuperación de áreas degradadas por la explotación petrolera en Mendoza, utilizando especies nativas, propendiendo a que el ecosistema alcance la mayor estabilidad y la potencialidad de uso previo al impacto.

### MATERIAL Y MÉTODO

*Área de estudio:* El área de estudio se localiza al Este de las Sierras de Reyes y el Cañadón Amarillo (37°09' de Latitud sur y 69°66' de Longitud oeste), a 160 km al S-SE, en línea recta desde la ciudad de Malargüe, coincidente con el centro sur del departamento y colindante con el centro norte de la provincia del Neuquén, cuyo límite es el Río Colorado (Fig. 1).

*Localización de las parcelas experimentales:* La revegetación analizada responde a tres parcelas experimentales: EL PORTON X-1017 (EP), RINCON de CORREA (RC) y EL ZAINO X-1001 (EZ), las cuales se ubican en el extremo sur del departamento de Malargüe, y tomando como referencia la perpendicular hacia el norte del Río Colorado, se ubican a 2 km, 5 km y 12 km, respectivamente.

*Clima:* La limitante principal para el crecimiento y el desarrollo de los vegetales es el clima, y dentro de éste el agua disponible para las plantas. El área de trabajo pertenece a un clima árido (Koeppen, 1948) -la evapotranspiración potencial supera a la precipitación media anual- con precipitaciones anuales inferiores a los 250 mm, frío y seco, con temperatura anual por debajo de los 18°C (Grupo B-

Subgrupo W, Tipo K). La Fig. 2 nos muestra la distribución de las precipitaciones de Buta Ranquil, marcadamente invernal con un valor medio de 134,09 mm/año, ubicada a sólo 25 km de distancia del área de trabajo.

Para las temperaturas se consideró la estación de Chos Malal (Neuquén), ubicada a 70 km hacia el sudoeste del área de trabajo con registros continuos (1951-60). La temperatura media anual es de 13,4 °C, la máxima absoluta en los meses de enero y febrero (39,5°C) y la mínima absoluta en el mes de junio de -11,3°C.

Un factor importante del clima lo constituyen los vientos, las direcciones predominantes son del cuadrante oeste noroeste y noreste (datos correspondientes a Ranquil Norte, años 1971/ 78- (Estrella *et al.*, 1980). Le Houérou (1999) para las zonas áridas y semiáridas de Argentina, cita para Chos Malal, a 70 km del área de estudio, la frecuencia media anual de las direcciones del viento, en escala de 1.000. Período 1901-1950 (Fuente Servicio Meteorológico Nacional).

Para las estaciones de Ranquil Norte y Chos Malal la mayor frecuencia de los vientos proceden del NW y W; mientras que en Ranquil Norte también tienen influencia los del NE. Los vientos procedentes del Océano Pacífico son secos y cálidos tipo föhen, originados por la bajada adiabática de masas de aire del oeste al este desde el océano Pacífico.

*Geología y Geomorfología:* Se denomina Payunia (o Payenia) a la región volcánica que ocupa el sur de Mendoza y norte de Neuquén que se deriva del núcleo volcánico Payén. En esta área convergen, de acuerdo con distintos autores cuatro provincias fitogeográficas: Patagónica, del Monte, Altoandina y Payunia. Esta región se encuentra entre los esfuerzos compresivos de los volcanismos andesítico del Arco Volcánico Andino y del extraandino, Retroarco (Delpino, 1992). Ramos (1992), menciona que al sur de los 33° de la Cordillera Principal se ubica el volcanismo de arco cuaternario y en dirección al este, el volcanismo de retroarco que se extiende por el sur de Mendoza y Norte de Neuquén.

Los médanos y arenales eólicos son de origen holocénico, así como los depósitos fluviales con depositación calcárea en conos de deyección. Los elementos más antiguos de la región en su mayor

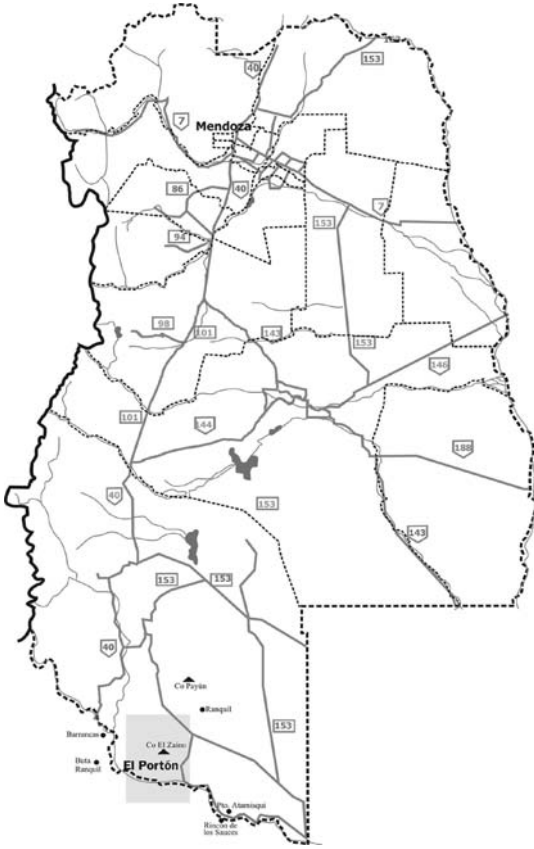


Fig. 1. Ubicación del área de estudio.

amplitud corresponden al Triásico, Jurásico y Cretácico, con predominio de sedimentos de origen marino. Stipanovic & Boretti (1969), los sedimentos triásicos del sur de Mendoza-Cuenca Neuquina, corresponden al denominado Triásico de Llantensis. Las formaciones terciarias y cuaternarias cubren menor superficie.

El área de trabajo que comprende montañas, serranías y piedemontes, cuenta con elevaciones de cierta altura (1500 m), junto con zonas deprimidas y de llanura, en contacto con La Payunia. Polanski (1954) excluye La Payunia del componente de montañas y serranías, por tratarse de un encumbrado relieve local, con significativa cobertura de basaltos. Desde el punto de vista geomorfológico el área es compleja, observándose relieves de plegamiento, fracturación y productos del volcanismo. La zona manifiesta una alta complejidad debida a la intensa actividad tectónica. Estas fases de plegamiento llevaron a la formación de amplios anticlinales y sin-

clinales elongados en el sentido norte- sur, afectados por fallas de distintos tipos. El relieve en general es juvenil avanzado, con un diseño de avenamiento dendrítico, con cauces de escurrimiento incipiente e intermitentes, consecuentes, subsecuentes y resecentes, delineados bajo el control de afloramientos basálticos (Pombo *et al.*, 1998).

En toda el área se destaca una morfología de plegamientos. La región está afectada por fenómenos kársticos, con derrumbamientos y deslizamientos asociados, coincidentes con el faldeo oriental del sinclinal del C° Pequeno, donde afloran materiales yesíferos.

*Suelos:* Los suelos de la región en estudio poseen escasos a nulos horizontes pedogenéticos, con escasa materia orgánica y con presencia variable de carbonatos en el subsuelo (Entisoles y Aridisoles). Son de textura arenosa a franco arenoso con abundantes gravas y clastos gruesos de vulcanitas en superficie. En los piedemontes abundan los de consistencia suelta y profundos (Psamments). Las principales variaciones en las propiedades del suelo se relacionan con la concentración de carbonatos a distintas profundidades. En los sectores donde esta presente el limo o en relieves cóncavos, el calcáreo aparece más cercano de la superficie.

*Inventario de unidades geomorfológicas y de vegetación:* Sobre la base de los trabajos de Holmberg (1976), Carta geológico- económica de la República Argentina (Hoja 32 c, Buta Ranquil, Escala 1:200.000), y Cartas topográficas de IGM-Chos Malal y Barrancas (Escala 1:250.000) y con los pares fotográficos del IGM (Escala 1: 40.000-vuelo 1963) y la Imagen Landsat (resol. 30 x 30 m) (Escala 1. 250.000, órbita 232.081 (8 de marzo 1997 y 231.086 con fecha 2 de abril de 1997); junto con los antecedentes bibliográficos de la zona e inventario de campo se elaboró el mapa de las unidades geomorfológicas del área de estudio, como base para la evaluación integrada del paisaje natural. Para la elaboración del mapa geomorfológico se utilizó la clasificación jerárquica de Sayago (1982).

Se trabajó sobre plataformas de explotación petrolera del departamento de Malargüe, Mendoza. Entre los principales daños que puede provocar la actividad petrolera, se destaca fundamentalmente la contaminación química del suelo y del agua. Las áreas conocidas como plataformas de pozos son

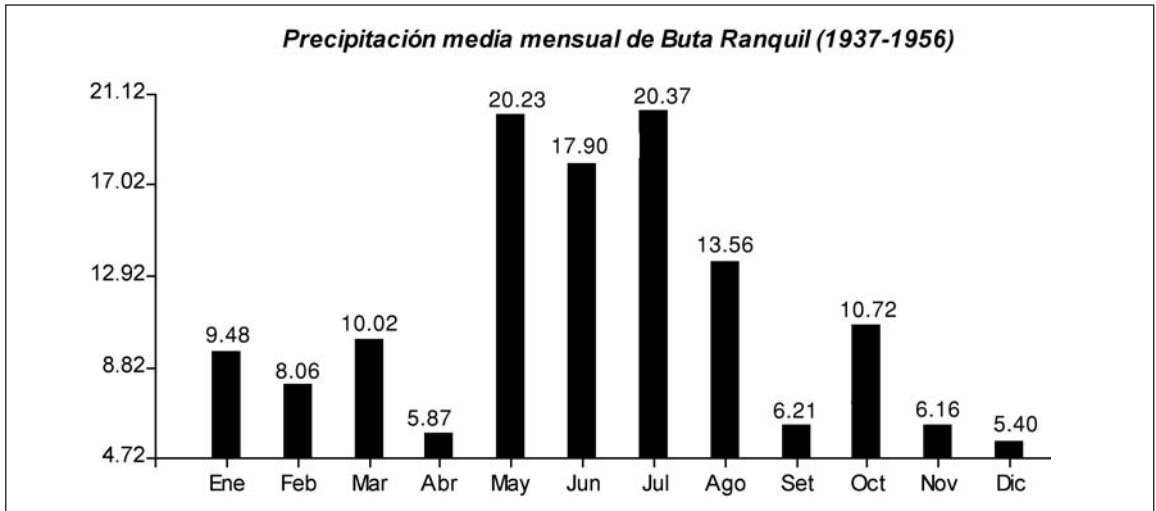


Fig. 2. Valores de precipitación media mensual durante un período de 13 años de Buta Ranquil (Fuente SMN).

explanadas de exploración o explotación petrolera abandonadas, en general por agotamiento del recurso, que por su alta compactación permanecen durante años sin cobertura vegetal. Cada plataforma de explotación petrolera posee una superficie de aproximadamente 0,75 ha.

En cada geoforma se analizaron los distintos estados de la vegetación a través de los relevamientos florísticos. El análisis e interpretación de los distintos grados de alteración de las geoformas y la determinación de su serie dinámica vegetal, surgen del cuadro comparativo de dichos relevamientos (Roig, 1973). Se parte de la premisa que a cada elemento del relieve le corresponde una serie dinámica propia. Las unidades dinámicas de vegetación son: etapa y sere. Cada geotopo, dentro de una geoforma, posee su propia vegetación dominante o característica y su propia sere dinámica. Basado en la teoría de los complejos, eucomplejos en la terminología propuesta por Vigo (1998), donde todo paisaje está formado por comunidades vegetales dinámicamente relacionadas, que se distribuyen dentro de él, según sus distintos ambientes formando complejos.

Bolós (1963) la tesela o sigmetum es la pieza elemental de un mosaico, siendo un área geográfica lo bastante uniforme ecológicamente como para soportar la misma comunidad potencial. A cada elemento del relieve le corresponde una serie dinámica propia. En función de la composición florística de un área degradada, es posible conocer

en que momento de la sere se encuentra el área, y de esa manera coadyuvar a la naturaleza en su recuperación, muchas veces adelantando etapas que de otra manera involucrarían demasiado tiempo.

Inferida la vegetación asociada a cada geotopo, es posible identificar y jerarquizar aquellas especies nativas con mayor potencialidad para recuperar los diversos ambientes degradados. Este conocimiento se alcanza mediante los estudios florísticos en el marco geosinfitosociológico del área a recuperar. Se considera que en el área puede haber más de una geoforma. Cada una de ellas está constituida por una o más geotopos (unidades elementales de trabajo). A cada geotopo le corresponde una serie dinámica de vegetación, que se debe determinar. El análisis Geosinfitosociológico brinda una herramienta para intentar las tareas de revegetación bajo estas consideraciones.

Se relevó florísticamente una superficie aproximada de 10.000 ha con una altitud inferior a los 1500 m, perteneciente a la Provincia Fitogeográfica del Monte del sur de Mendoza y Norte de Neuquén. A partir del análisis geosinfitosociológico de la vegetación (Martínez Carretero & Roig, 1992) se caracterizaron las comunidades vegetales del área. Dentro de cada elemento del relieve se efectuaron los relevamientos que se volcaron en una matriz de datos. En una región cada geotopo tiene su propia vegetación asociada. El análisis e interpretación de los distintos grados de alteración de los geotopos y

la determinación de sus series dinámicas, surgirán del cuadro comparativo Tabla 1. Para cada geotopo se analizaron florísticamente, los distintos estados de la vegetación. Se determinó el espectro biológico de las comunidades vegetales del área de estudio.

Considerando los dinamismos de la vegetación en cada geoforma y las posibles etapas, se elaboró un Índice de Selección de Especies (ISE), a partir del cual se preseleccionaron 17 especies, de las cuales se reducirían finalmente 10 para el ensayo. Para la ponderación de las mismas se elaboró una grilla, en cuya columna izquierda se registró una lista tentativa de especies perennes presentes en las distintas geoformas relevadas. Las columnas restantes representan 8 atributos deseables que deben reunir las especies destinadas a revegetar áreas críticas.

Cada atributo posee tres valores: 1: bajo, 2: medio y 3: alto. A partir de la ponderación de las especies y en base a la información disponible, se elaboró un Índice de Selección de Especies (ISE), destacando las cualidades de las mismas para la revegetación. El numerador corresponde a los siguientes atributos: Áreas críticas (Ac), Disponibilidad de semillas (Ds), Factibilidad de vivero (Fv), Expresión de copa (Ec) y Abundancia en el área (Aa); mientras que para el denominador se consideraron los siguientes atributos: Sistema radical (Sr), No forrajeras (Nf) y Tolerancia a la salinidad de Suelo (Tss). Estos últimos se ponderan: 1-alto, 2: medio, 3: bajo.

$$ISE = \frac{Ac + Ds + Fv + Ec + Aa}{Sr + Nf + Tss} \times 10$$

En el desarrollo del Índice propuesto se siguió el criterio de ubicar en el numerador aquellos atributos que hacen a la facilidad del manejo de la especie; mientras que en el denominador los atributos más relevantes desde el punto de vista del valor de la especie. Así los índices más elevados corresponden a las especies con características destacadas para la selección.

Áreas críticas: presencia de la especie en las etapas más erosionadas de las geotopos, siendo común encontrarlas en terrenos de muy baja cobertura vegetal, donde las condiciones de crecimiento son muy limitantes.

Disponibilidad de semillas: es referida a la facilidad de cosechar la cantidad de al menos 1 kg de semillas de la especie y su disponibilidad para la producción de plantines.

Factibilidad de vivero: se determinó el poder germinativo de las semillas de cada especie, así como la producción de plantines. Desde el inicio del proyecto fue posible realizar la cosecha de semillas y la reproducción de plantines. A partir de ello se dedujo la facilidad o no de la obtención de los ejemplares para el terreno definitivo.

Expresión de copa: se consideró el tipo de copa de cada especie, es decir, si se trata de una copa densa o rala, extendida, con abundante o escaso follaje, la altura y la extensión a partir del eje central. Esta manifestación tiene relación directa con el grado de cobertura vegetal, la resistencia a los vientos, la proyección de sombra en el terreno, etc.

Abundancia en el área: a escala regional, a partir de los censos se rescataron las especies que manifestaron altos valores en abundancia-dominancia.

Sistema radical: se priorizó la mayor expresión radical de las especies al estado adulto, de acuerdo con las observaciones de campo, donde por efectos de la erosión hídrica fue posible su observación en terreno.

No forrajeras: en el momento de la plantación se priorizan aquellas especies no palatables, con el objeto de evitar daños por los distintos tipos de ganado. Este atributo permitiría la recuperación de áreas sin el cercado perimetral, disminuyendo significativamente los costos de recuperación de áreas.

Tolerancia a la salinidad: se trabajó con las especies de las zonas más altas y xéricas, alejadas de la influencia del Río Colorado, por cuanto es coincidente con el mayor número de plataformas de explotación petrolera. Dentro de estos terrenos de mayor altura se ponderaron aquellas especies que toleran ciertos niveles de salinidad.

*Diseño experimental usado en la experiencia:* Se trabajó sobre tres parcelas experimentales: EL PORTÓN X-1017, RINCÓN DE CORREA y EL ZAINO X-1001. Cada una de ellas forma parte de una plataforma de explotación petrolera, con un cercado perimetral (alambrado tradicional y tela romboidal) de una superficie aproximada de 4.000 m<sup>2</sup>. El cierre perimetral en las plataformas no impidió la

## A. D. Dalmasso - Revegetación de áreas degradadas con especies nativas

incidencia de roedores (caviomorfos y lagomorfos en general). La excepción fue El Portón- otoño, sin cierre perimetral, quedando expuesto a la acción del ganado caprino, bovino y equino. El diseño experimental fue de bloques al azar con 10 especies (tratamientos) y 20 repeticiones (plantas) por especie. El suelo altamente compactado debió acondicionarse para facilitar el establecimiento de los plantines. Se efectuó la roturación con dos pasadas en sentido perpendicular, con una máquina topadora D8 con un escardeador (subsulado profundo de 0,35 m) para favorecer el crecimiento radical, parte fue plantado según ensayo y el resto sin intervención. Luego se construyeron los pozos de plantación a 0,50 m de profundidad y las tazas de recepción del agua de lluvia con un ancho de 1 m alrededor del eje. Cada hoyo destinado a los plantines se rellenó con un volumen de 2 dm<sup>3</sup>, con tierra de textura franco arenosa no salina, con un contenido del 2% de materia orgánica, obtenida de las cercanías del Río Colorado. Los plantines fueron regados a capacidad de campo, se les retiró el envase plástico, manteniendo el pan de tierra, el cual fue acondicionado en el hoyo de plantación, de modo que el cuello de la planta estuviera 20 cm por debajo del nivel del suelo, con el objeto de favorecer la recepción de agua. Luego se apisona bien la tierra sobre el plantin y se efectúa el riego de plantación con el agregado de 5 litros de agua por planta. Un segundo riego de similar volumen se agregó a los 15 días del riego de establecimiento.

Paralelamente y mediante censos de vegetación en detalle y el método de Point Quadrat Modificado (Passera *et al.*, 1983) se evaluó la cobertura vegetal y la contribución específica, tanto en el Monte Natural (Testigo), como en las parcelas roturadas y no roturadas.

La densidad de plantas inicial del ensayo se consideró que no debería ser inferior a la natural (la densidad natural media es de 4x4m, es decir 625 plantas/ha); por ello la distancia de plantación empleada fue de 2,5 m x 2,5 m, resultando 1.600 plantas/ha, especulando con una alta probabilidad de fallas (Dalmasso *et al.*, 2.000).

En cada plataforma se evaluó al cuarto año la cobertura vegetal con transectas fijas (método de Point Quadrat) de 100 m de largo con lecturas cada 0,3 m en áreas con suelos roturados y sin plantación (márgenes de la clausura). También se midió al

cuarto año de establecidas la densidad de plantas arbustivas y herbáceas por metro cuadrado. Se utilizó para cada plataforma un área de 5 m x 2 m y tres repeticiones.

A partir de la plantación, con una frecuencia semestral se registraron las etapas fenológicas, altura de planta, diámetro mayor de copa y porcentaje de supervivencia. Paralelamente en las plataformas cercadas y sin roturación se relevaron las especies de establecimiento espontáneo. Se cuantificó la biodiversidad vegetal en las unidades experimentales y en el Monte Natural (Índice de Shannon & Weaver). Se determinó semestralmente por observación directa, el número de plantas/especie dañadas durante los primeros dos años, debido a roedores o lagomorfos. Se determinó el Índice de Similitud de Sørensen entre las plataformas de ensayo y el Monte Natural.

Para la determinación de la cobertura vegetal de las parcelas plantadas respecto del testigo no implantado (sólo roturado), anualmente se registro la cobertura vegetal específica a través de transectas fijas por el método de Point Quadrat modificado (Levy & Maden, 1933, modif. Daget & Poissonet, 1971 y Passera *et al.*, 1983). Se graficó la secuencia anual de las coberturas de las especies arbustivas y herbáceas perennes, las anuales y el mantillo para el área de estudio. Se analizó también la contribución de aquellas especies de instalación espontánea, que contribuyeron a la cobertura vegetal total. Las parcelas de ensayo (El Portón, Rincón de Correa y El Zaino) fueron muestreadas contemplando la heterogeneidad de suelo de 0- 50 cm de profundidad con el correspondiente análisis de textura y químico.

Para analizar el comportamiento de las especies, durante un período de cuatro años desde la implantación, se realizó el análisis de la varianza y la comparación de medias por la prueba de la mínima diferencia significativa de Fisher (nivel de significación del 5%) según los valores alcanzados a los 4 años de implantación. El objetivo fue determinar comportamiento diferencial de las especies seleccionadas. Para los cálculos y graficaciones se utilizó el software estadístico InfoStat (2004). A los cuatro años de efectuada la plantación se midió como porcentaje el reemplazo de las especies en las tazas vacías en cada parcela de ensayo.

**Tabla 1.** Cuadro comparativo de relevamientos de la vegetación y la geomorfología asociada

<i>Nº Censo</i>	19	25	9	23	26	2	27	38	30	31	36	28	13	20	29	22	17	24	14	1	6	5	12	15	18
<i>Altura ms.m.</i>	1600	800	980	1200	1000	1300	1200	900	950	950	1200	880	1050	1100	1100	1450	1400	1000	890	1000	950	970	900	850	940
<i>% Cobertura vegetal</i>	60	40	30	40	45	30	45	40	45	30	30	30	45	40	30	40	20	50	20	25	30	45	40	30	50
<i>Suelo</i>	Arped	ArePed	ArePed	ArePed	Are	Are	Are	Are	Arepe	Arepe	Are	Arearc	Are	Ped	Ped	Areli	Arearc	Are	Are	Are	Are	Are	Arearc	Arearc	Arearc
<i>Pendiente (%)</i>	20	20	20	5	3	5	5	10	5	5	6	4	5	20	5	7	15		20	5	30	10	5	10	10
<i>Exposición</i>	E	NW	NW					N						NW		S		NW		W	N	NW	W	N	
<i>Geotopos</i>	CUMBRES Y BAJADAS										BAJADA PROXIMAL										SUELO REMOVIDO				
<i>Geoformas</i>	Cerro Morado y Pequeno										Piedemonte proximal														
<i>Geosigmeta</i>	P3- AFLORAMIENTOS BASÁLTICOS					P1- AFLORAMIENTOS CRETÁVICOS					P2- MANTOS ALUVIALES														
<i>Especies</i>																								Textura gruesa	
<i>Neosparton aphyllum</i>	3.3	3.3	1.1	2.2	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senna aphylla</i>	+	.	.	+	.	.	.	+	+	.	+	.	+	.	.	.	.	+	+	.	.	2.2	.	.	.
<i>Schinus fasciculata</i>	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Maihueiopsis ovata</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Colliguaja integerrima</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gutierrezia gilliesii</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ephedra ochreatea</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Junellia conatibracteata</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Larrea divaricata</i>	+	2.2	2.2	.	2.2	1.1	1.1	2.2	2.2	2.2	2.2	1.1	2.2	2.2	.	2.2	.	2.2	2.2	2.2	3.3	2.2	1.1	+	.
<i>Montea aphylla</i>	.	.	.	.	2.2	2.2	2.2	+	.	.	.	.	.	.	1.1	.	1.1	.	.	2.2	.	.	.	.	.
<i>Atriplex lampa</i>	+	1.1	2.2	2.2	.	.	.	1.1	1.1	1.1	+	2.2	.	.	2.2	2.2	.	2.2	.	2.2	1.1	.	.	+	.
<i>Prosopis flexuosa var. depressa</i>	.	+	.	+	.	.	.	1.1	+	+	+	.	.	1.1	1.1	+	.	+	.	.	.	+	.	.	.
<i>Stipa speciosa var. media</i>	.	.	+	+	1.1	1.1	1.1	+	.	.	.	+	+	.	+	.	.	+	+	1.1	.	.	.	.	.
<i>Chuquiraga erinacea ssp hystrix</i>	+	1.1	+	+	1.1	1.1	1.1	.	.	.	+	1.1	.	1.1	1.1	+	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.
<i>Lycium gilliesianum</i>	.	.	.	.	+	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	1.1	+	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Prosopidastrum globosum</i>	1.1	.	.	.	2.2	.	.	.	+	.	+	2.2	.	.	2.2	+	.	+	+	2.2	.	.	+	+	1.1
<i>Tricycla spinosa</i>	.	+	+	1.1	+	.	.	+	+	.	+	.	+	.	.	+	.	2.2	.	+	+	+	1.1	+	+
<i>Hyalis argentea var. latisquama</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	3.3	+	+	.	.	2.2	+	+	.	.	.	.	.
<i>Fabiana peckii</i>	2.2	.	.	.	+	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Schinus Johnstonii</i>	.	.	.	.	1.1	+	.	.	+	.	.	.	.	+	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.
<i>Schismus barbatus</i>	.	+	1.1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	4.4	.	.	+	+	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.
<i>Acantholippia seriphoides</i>	+	.	.	+	1.1	.	.	.	+	+	+	.	.	1.1	.	.	.	+	+	.	.	1.1	.	.	.
<i>Chuquiraga oppositifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Junellia ligustrina var.lorenzii</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	1.1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Prosopis ruizlealii</i>	1.1	.	.	.	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gutierrezia spathulata</i>	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	1.1	.	+	.	+	1.1	.	.	.
<i>Sphaeralcea philippiana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Grindelia chiloensis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Glandularia chrithmifolia</i>	.	.	+	+	+	+	+	+	.	+	+	.	+	+	+	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Hoffmannseggia eremophylla</i>	.	.	1.1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.
<i>Senecio filaginoides var. lobulatus</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prostia cuneifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.









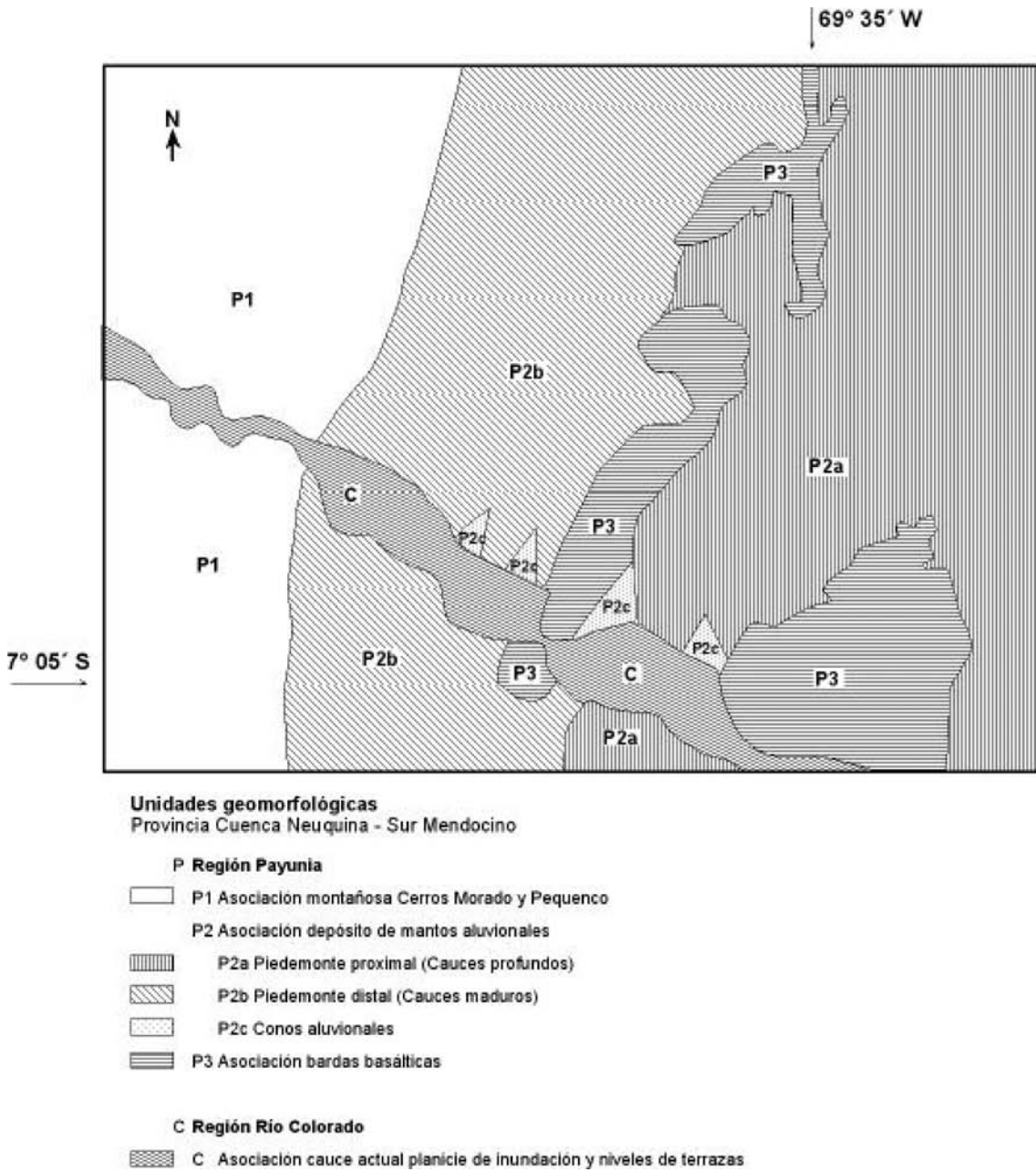


Fig. 3. Croquis con la zonificación geomorfológica. El Portón- Mendoza- Neuquén.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se describen las unidades geomorfológicas del área (Fig. 3). En la Tabla 2 se observa el cuadro de las unidades geomorfológicas y de vegetación asociada.

### *Suelo de las plataformas experimentales*

Los suelos son Arentes, es decir, originados por rellenos de materiales de distintas procedencias y alta compactación. La plataforma experimental Rincón de Correa y en menor grado la de El Zaino, poseen suelos sódicos con relativo bajo contenido en Ca, lo que ofrece condiciones más limitantes para el crecimiento vegetal.

Para las 127 especies registradas en el área del ensayo y una cobertura vegetal media del 50%, se determinó el espectro biológico compensado de la región (Fig. 4).

El espectro biológico compensado del área de trabajo muestra el predominio del tipo Nanofanerófito con coberturas superiores al 70% y hemicriptófito con cobertura que superan el 15%, le siguen caméfitas y terófitas. Denota un fitoclima de ambiente templado (con períodos fríos) y secos, con una sola especie de suculenta.

La presencia de especies exóticas sólo alcanzó el 6% del total. El poder germinativo de todas las especies superó el 41% como valor medio. En relación con las fases fenológicas, todas las herbáceas florecieron y fructificaron al primer año de plantación, mientras que los arbustos lo hicieron al segundo año, con excepción de *Trycicla spinosa*, que lo hizo al cuarto año.

### *Reemplazos de especies en las plataformas*

Se consideraron reemplazos a aquellas plantas establecidas espontáneamente en las tazas vacías dejadas por las especies plantadas. Podemos observar que a partir del establecimiento de las especies seleccionadas, se facilitó la presencia espontánea de numerosas especies, entre ellas, *Atriplex sagittifolia*, con alto valor de cobertura en los reemplazos (El Portón: 20%, Rincón de Correa: 26,5% y El Zaino: 42,5%). La presencia *Larrea cuneifolia* y *L. divaricata* al segundo año fue muy importante, por ser ambas indicadoras de comunidades con alto grado de madurez, más exigentes en relación con las especies pioneras o intermedias. Es una prueba de la recuperación de la comunidad preexistente, aporta-

do por el efecto de borde con la vegetación local (Ruiz-Jaen & Mitchell Aide, 2005; Cipollini *et al.*, 2005). El efecto de borde con la comunidad local.

### *Observaciones sobre daños por roedores*

Pese a que las clausuras poseían un cierre con alambrado romboidal hasta nivel de piso, se detectaron signos de la presencia de lagomorfos y roedores, entre ellos la liebre europea (*Lepus europaeus*) y los tucos tucos (*Ctenomys* sp.). *Grindelia chilensis* fue afectada por los tucos tucos, con daños en la raíz y follaje, con una pérdida del 40%.

### *Selección de especies*

A partir del Índice de Selección Específico (ISE), se elaboró una lista de 17 especies posibles de uso, de las cuales se seleccionaron las 10 con mejor puntaje. A partir de la geosinfitosociología se seleccionaron las siguientes especies nativas del monte: 1- *Cercidium praecox* ssp. *glaucum*, 2- *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, 3- *Grindelia chilensis*, 4- *Stipa speciosa* var. *media*, 5- *Atriplex lampa*, 6- *Hyalis argentea* var. *latisquama*, 7- *Senecio subulatus* var. *erectus*, 8- *Prosopidastrum globosum*, 9- *Senecio filaginoides* var. *lobulatus*, 10- *Trycicla spinosa*.

### *Revegetación. Análisis estadístico*

Para cada plataforma, época de plantación y las variables altura de planta y diámetro mayor de copa, se realizó un ANAVA ( $\alpha=5\%$ ) y la comparación de

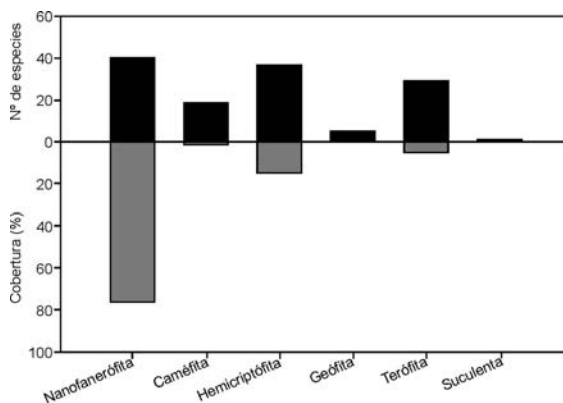
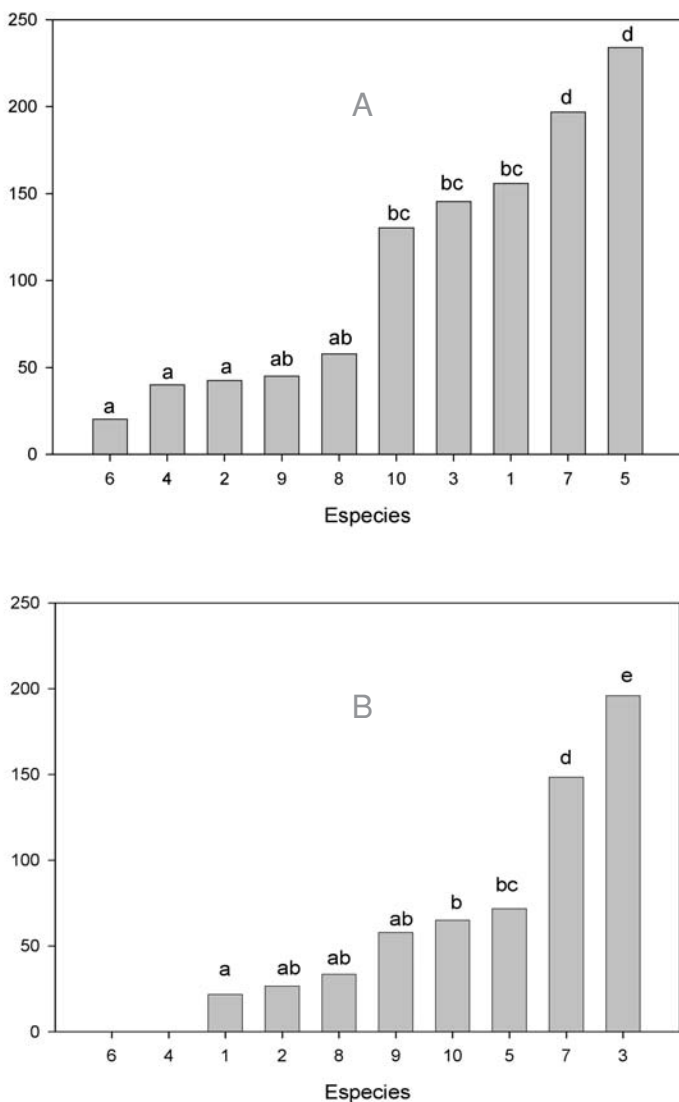


Fig. 4. Espectro Biológico compensado relativo de la vegetación natural del área de estudio para una cobertura vegetal del 50%, Malargue, Mendoza.

Tabla 2. Unidades geomorfológicas y de vegetación asociadas de El Portón, Malargüe Mendoza.

Provincia Geomorfológica	Región Geomorfológica	Asociación Geomorfológica	Geoforma	Facetas de Relieve o geotopo			
Complejo de mosaicos	Mosaico de catenas	Geosigmetum o catena	Subgeosigmetum	Sigmetum			
<b>CUENCA NEUQUINA - SUR MENDOCINO</b>	<b>PAYUNIA (P)</b>	P1 Afloramientos cretácicos	Cerros Morado y C°Pequenco	I- Cumbres con <i>Larrea divaricata</i>	COMUNIDADES CLIMÁTICAS ↓		
				II- Bajadas con <i>Cercidium praecox</i> ssp. <i>glaucum</i> y <i>Senecio gilliesianus</i>			
		P2 Mantos aluviales de textura gruesa	P2a Piedemonte proximal	III- Bajada proximal con <i>Larrea divaricata</i>		IV- Surcos de erosión de <i>Cercidium praecox</i> y <i>Senecio gilliesianus</i>	V- Suelo removido con <i>Senecio subulatus</i> var. <i>erectus</i>
				VI- Nebkas de <i>Panicum urvilleanum</i> (CE)			
				P2b Piedemonte distal			
		P2c Conos aluviales	VIII- Cauces profundos con <i>Larrea divaricata</i>	IX- Interfluvios con <i>Larrea cuneifolia</i>		X- Nebkas de <i>Panicum urvilleanum</i>	
							XI- Cumbres con <i>Neosparton aphyllum</i> y <i>Fabiana imbricata</i> (suelos someros)
		P3 Derrames basálticos	P3 Bardas basálticas	XII- Cubetas basálticas con <i>Schinus fasciculata</i> (suelos profundos)			
						XIII- Nivel de terraza alta <i>Suaeda divaricata</i> y <i>Atriplex sagittifolia</i>	
	<b>RÍO COLORADO (C)</b>	C Terrazas del río	C1 Terraza alta	XIV- Nivel de terraza baja <i>Baccharis spartioides</i> y <i>Distichlis scoparia</i>	COMUNIDADES EDÁFICAS (CE) ↑		
			C2 Terraza baja	XV- Embanque con <i>Tamarix gallica</i>			
			C3 Cauce				

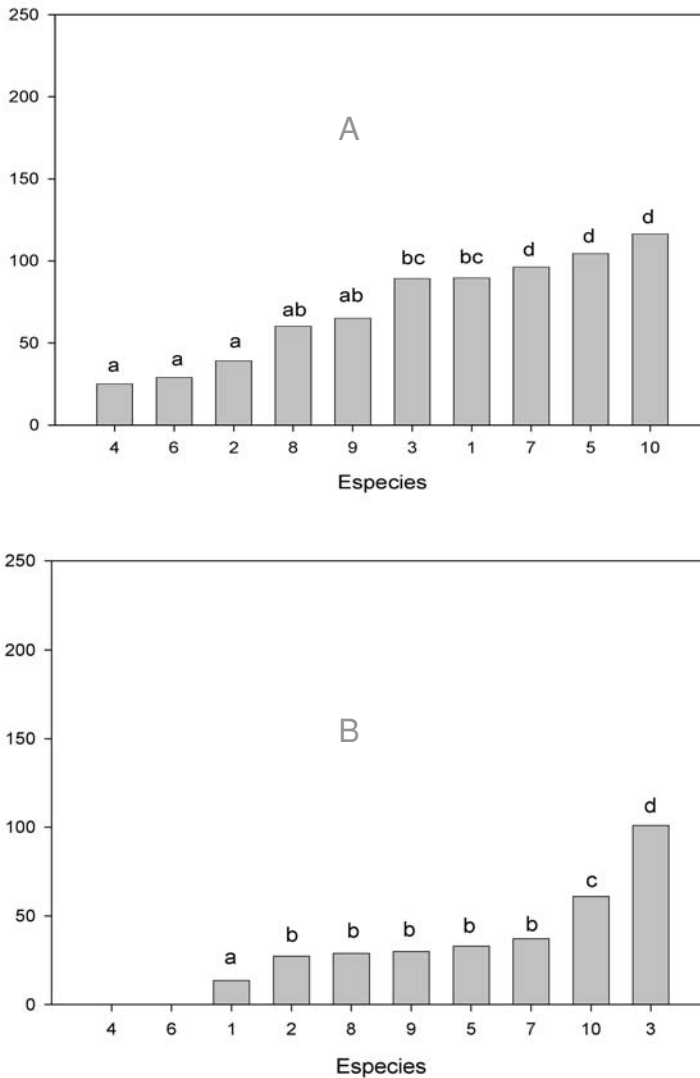


**Fig. 5.** Medias de diámetro mayor en plataforma El Portón, plantación de verano (A) y plantación de otoño (B). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha=5\%$ ). Especies: 1: *Hyalis argentea* var. *latisquama*, 2: *Tricycla spinosa*, 3: *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, 4: *Grindelia chilensis*, 5: *Senecio subulatus* var. *erectus*, 6: *Stipa speciosa* var. *media*, 7: *Atriplex lampa*, 8: *Prosopidastrum globosum*, 9: *Senecio filaginoides* var. *lobulatus*, 10: *Cercidium praecox* ssp. *glaucum*.

medias por la prueba de la diferencia mínima significativa de Fisher. Se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov, y Bartlett. Si bien la distribución de los residuos de ANAVA se ajusta a una distribución normal, en algunos casos las varianzas de los mismos no fueron homogéneas según el test de Bartlett, con un nivel de significación del 5%, no realizándose transformación de los datos.

La distribución de los residuos del ANAVA se ajusta a una distribución normal. En las Figs. 5-9 se observan los resultados de las tres plataformas (verano-otoño).

Las especies que presentaron un mayor diámetro en la plantación de verano fueron: *Senecio subulatus* var. *erectus* y *Atriplex lampa* respecto del resto de las especies. Le siguen *Hyalis argentea* var. *latis-*



**Fig. 6.** Medias de altura de planta en plataforma El Portón, plantación de verano (A) y plantación de otoño (B). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha = 5\%$ ). Especies: 1: *Hyalis argentea* var. *latisquama*, 2: *Tricycla spinosa*, 3: *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, 4: *Grindelia chiloensis*, 5: *Senecio subulatus* var. *erectus*, 6: *Stipa speciosa* var. *media*, 7: *Atriplex lampa*, 8: *Prosopidastrum globosum*, 9: *Senecio filaginoides* var. *lobulatus*, 10: *Cercidium praecox* ssp. *glaucum*.

*quama*, *Prosopis flexuosa* var. *depressa* y *Cercidium praecox* ssp. *glaucum*.

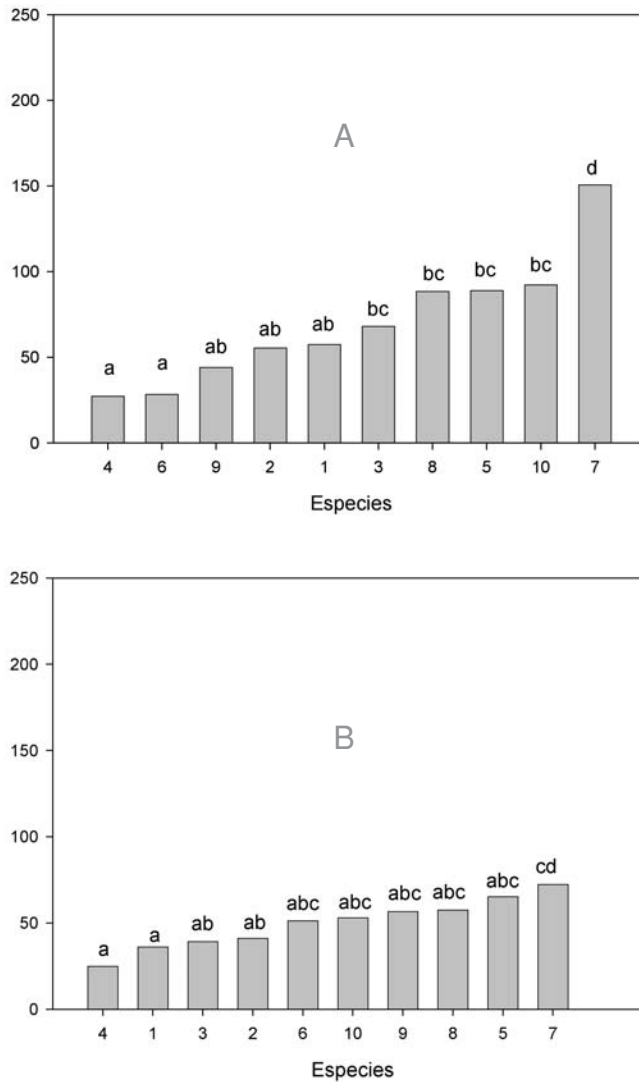
Para la plantación de otoño sin cierre perimetral, *Prosopis flexuosa* var. *depressa* alcanzó los mayores diámetros con diferencias estadísticamente significativas respecto de todas las especies. Le sigue *Atriplex lampa* que mostró diferencias significativas respecto del resto. Es notable como la especie *Hyalis argentea* var. *latisquama* la cual fue palatable al ganado

doméstico, mostró muy pequeño diámetro, con valores medios que no superó los 0,20 m; mientras que que *Stipa speciosa* var. *media* no sobrevivió al pastoreo. Estos resultados demuestran que la incidencia del ganado sobre la vegetación, en el caso de no existir el cierre perimetral, lleva a una selección de las especies, limitando en forma notable el éxito de las mismas en la revegetación de un área.

Sabemos que gran parte del establecimiento de



## A. D. Dalmaso - Revegetación de áreas degradadas con especies nativas



**Fig. 7.** Medias de diámetro mayor en plataforma Rincón de Correa, plantación verano (A) y plantación otoño (B). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha=5\%$ ). Especies: 1: *Hyalis argentea* var. *latisquama*, 2: *Trycicla spinosa*, 3: *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, 4: *Grindelia chiloensis*, 5: *Senecio subulatus* var. *erectus*, 6: *Stipa speciosa* var. *media*, 7: *Atriplex lampa*, 8: *Prosopidastrum globosum*, 9: *Senecio filaginoides* var. *lobulatus*, 10: *Cercidium praecox* ssp. *glaucum*.

las especies se debe a la precipitación efectiva, junto con la capacidad de exploración de las raíces que manifieste cada especie (Fernández, 2007).

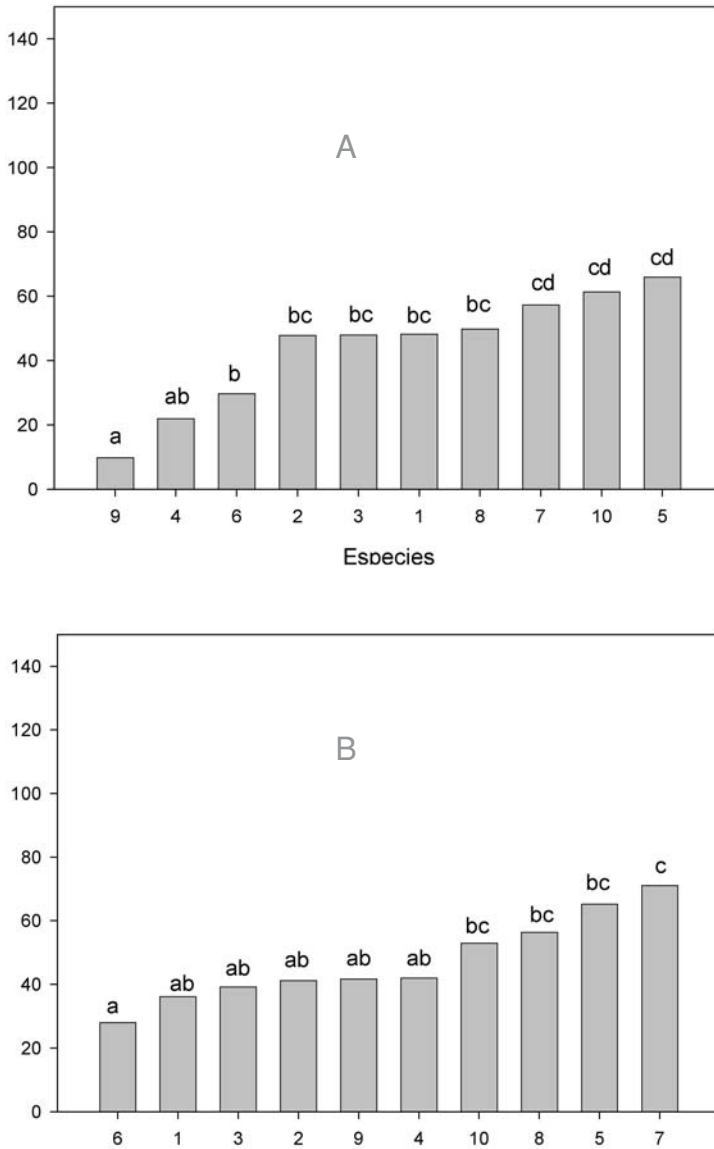
### Análisis de la cobertura vegetal

A los cuatro años de la plantación de los plantines, el porcentaje de cobertura vegetal media de las parcelas experimentales fueron los siguientes: El Portón: 27,5% (Monte Natural 27%), Rincón de Correa: 34% (Monte Natural 24%) y El Zaino: 18%

(Monte Natural: 23%), mientras que el tratamiento sin roturar: 0% y suelo roturado: 3%, respectivamente. La densidad de plantas media para las plataformas experimentales fue de 0,06 plantas  $m^{-2}$  para arbustos y de 0,04 plantas  $m^{-2}$  de herbáceas.

### Variación anual de la cobertura vegetal en las plataformas experimentales y el Monte Natural

Se evaluó el porcentaje de suelo desnudo, mantillo y cobertura vegetal (método de Point Quadrat



**Fig. 8.** Medias de altura de planta en plataforma Rincón de Correa, plantación verano (A) y otoño (B). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha = 5\%$ ). Especies: 1: *Hyalis argentea* var. *latisquama*, 2: *Tricycla spinosa*, 3: *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, 4: *Grindelia chilensis*, 5: *Senecio subulatus* var. *erectus*, 6: *Stipa speciosa* var. *media*, 7: *Atriplex lampa*, 8: *Prosopidastrum globosum*, 9: *Senecio filaginoides* var. *lobulatus*, 10: *Cercidium praecox* ssp. *glaucum*.

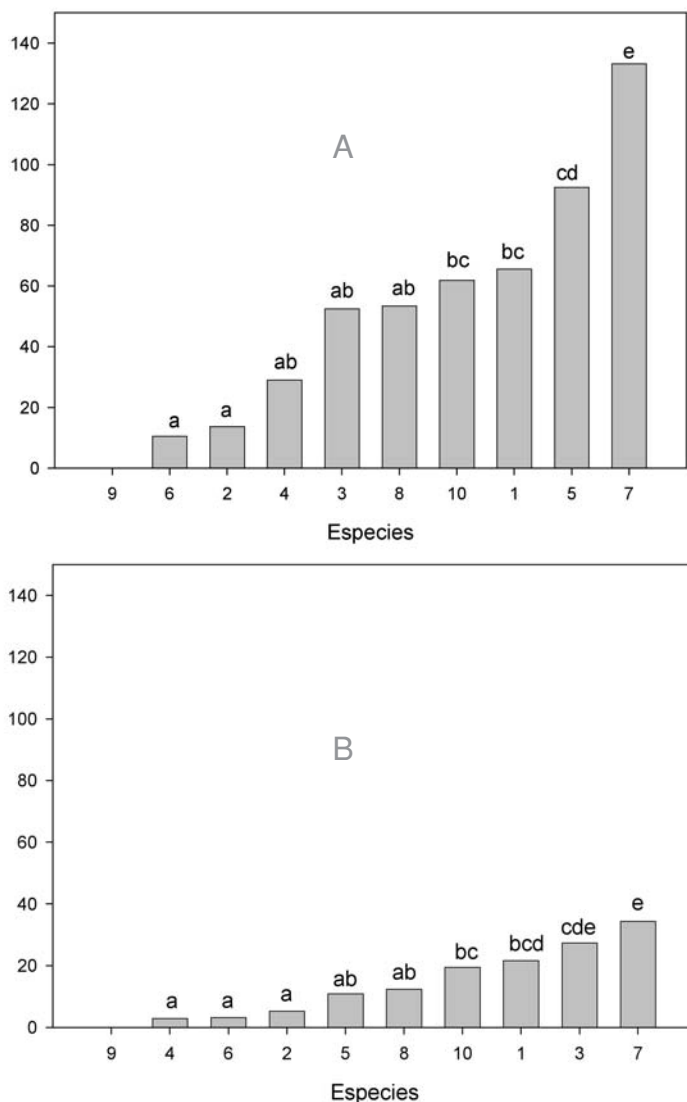
Modificado), de manera comparativa en las tres situaciones: plataformas revegetadas, el Monte Natural y el Suelo roturado (Fig. 10).

Los valores de cobertura vegetal de las plataformas revegetadas y del Monte Natural de las transectas fijas, no difieren estadísticamente a nivel del 5%. Los valores medios de ambos tratamientos presen-

tan diferencias altamente significativas respecto de los de suelo roturado sin plantación.

*Comparación del crecimiento de las especies revegetadas respecto de las del Monte Natural*

Todas las especies plantadas a los 4 años del ensayo alcanzaron y superaron el 40% del diámetro



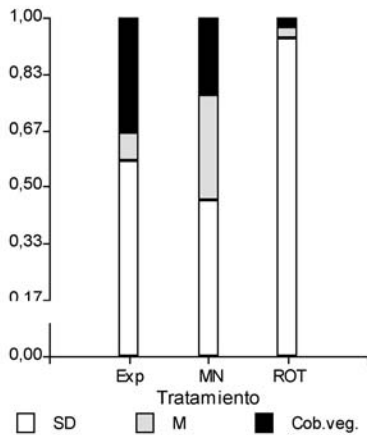
**Fig. 9.** Medias de diámetro mayor de plataforma El Zaino, verano diámetro mayor de copa y altura (B). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha=5\%$ ). Especies: 1: *Hyalis argentea* var. *latisquama*, 2: *Tricycla spinosa*, 3: *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, 4: *Grindelia chilensis*, 5: *Senecio subulatus* var. *erectus*, 6: *Stipa speciosa* var. *media*, 7: *Atriplex lampa*, 8: *Prosopidastrum globosum*, 9: *Senecio filaginoides* var. *lobulatus*, 10: *Cercidium praecox* ssp. *glaucum*.

de copa y el 30% de la altura, respecto de los mismos testigos del Monte Natural.

*Cobertura jerarquizada de especies perennes en las plataformas y el monte*

Maina & Howe (2000) sostienen que en general en las comunidades maduras, la abundancia de las

especies en función del número de individuos se distribuye siguiendo una función log-normal. Este patrón refleja el elevado porcentaje de taxones que aparecen representados con una abundancia o frecuencia muy baja, aspecto que recibe el nombre de rareza inherente de la comunidad. La heterogeneidad ambiental en el seno de la comunidad incrementa el



**Fig. 10.** Proporciones acumuladas de suelo desnudo (SD), Mantillo (M) y Cobertura vegetal (Cob.veg.) de los tratamientos Experimental (Exp.), Monte Natural (MN) y Suelo roturado (ROT).

porcentaje de especies poco frecuentes. A partir de los registros de cobertura específica jerarquizada de especies perennes inventariadas se evaluó el ajuste del modelo log-normal mediante la prueba Chi-cuadrado y se concluyó que esta es una función apropiada para modelar la distribución de coberturas de las especies en los montes naturales (Chi-cuadrado,  $P > 0,05$ ), pero no en las áreas revegetadas donde la distribución es más exponencial debido a la tendencia de unas pocas especies a dominar en cobertura. El modelo log-normal es generalmente bueno para distribuciones jerarquizadas de comunidades naturales extensas, maduras y variadas; probablemente el ajuste a este tipo de distribución en las áreas naturales se asocia a una menor intervención antrópica en ellos.

*Biodiversidad vegetal. Índice de Shannon-Weaver*

La diversidad florística de las plataformas revegetadas, a los cuatro años, alcanzó valores similares a la del Monte Natural Testigo. Analizando las tres plataformas experimentales respecto del Monte Natural, se observa que El Portón sólo alcanzó el 61% de los valores del Monte Natural, Rincón de Correa superó en un 41,6% al control y El Zaino fue inferior, alcanzando un 73% del Monte Natural. En el caso del suelo roturado por efecto del escardeador profundo (0,5 m), para una superficie similar a la revegetada, sólo registró una especie (*Atriplex lampa*) con una cobertura total del 3%.

Esto es coincidente con los resultados obtenidos por Reichmann *et al.* (2003), en cuanto a mejora de cobertura y número de especies, en relación con el tiempo transcurrido.

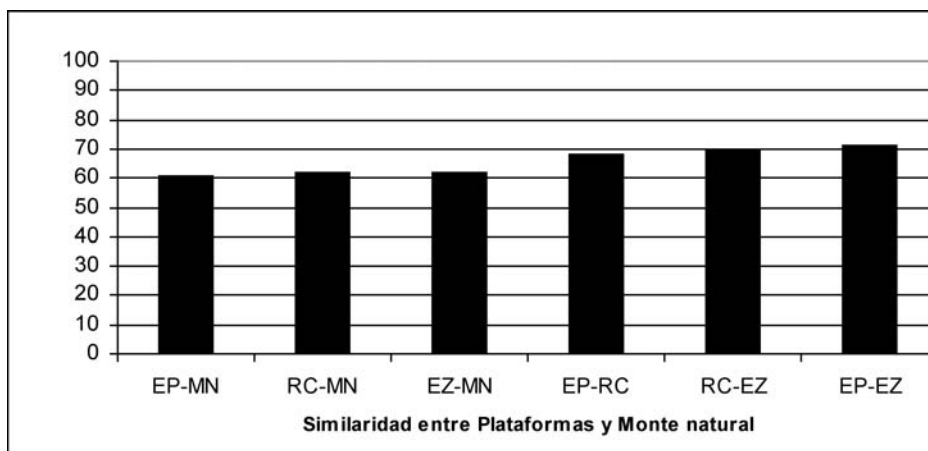
De acuerdo con Yang *et al.* (2006), en trabajos sobre revegetación sobre médanos en tres condiciones (testigo degradado, con revegetación asistida y un referente maduro), la mayor diversidad fue alcanzada en la revegetación asistida, mientras que fue bajo en el estado inicial y el referente maduro, por lo que se deduce que el índice de biodiversidad no debe ser visto como determinante del proceso de restauración.

Analizada la riqueza específica de las perennes para el total de las áreas revegetadas (con cierre perimetral y sin cierre perimetral y el monte natural). La plataforma sin cierre perimetral sólo alcanzó el 30%, 38% y 36% del total de especies de El Portón, Rincón de Correa y el Zaino, respectivamente.

Cuando las especies plantadas arraigaron, fundamentalmente los arbustos, aparecen en forma espontánea otras especies herbáceas y arbustivas. A partir de un total de 10 especies plantadas, pertenecientes a los dos estratos, y luego de cuatro años se establecieron espontáneamente el siguiente número de especies perennes en las distintas plataformas: El Portón: 33, Rincón de Correa: 26 y El Zaino: 28.

En la Fig. 11 se observan los valores del Coeficiente de similaridad de Sørensen (Coeficiente cuantitativo de Sørensen) para las especies perennes de las plataformas experimentales respecto del Monte Natural.

Tanto las Plataformas revegetadas como el Monte Natural manifestaron un coeficiente de Similaridad que fluctúa entre el 61 y el 71%. Esta elevada similaridad nos permite inferir que la práctica de la revegetación con especies nativas tiende a una comunidad semejante a la natural. Carric & Krüger (2006) y de Villiers *et al.* (1998, 2001), consideran como satisfactorio el alcanzar al menos el 60% de la riqueza de especies originales como meta para una restauración. Thompson & Thompson (2004), trabajando en la rehabilitación de terrenos mineros, considera que el manejo de los procesos sucesionales deben ser concretados con la creación de ecosistemas que sean compatibles con el existente antes del disturbio o de las áreas no disturbadas. En nuestro caso particular, la modificación en la salinidad de suelo favoreció a aquellas especies tolerantes y afectó el crecimiento de aquellas sensibles.



**Fig. 11.** Valores del Coeficiente de Sørensen de especies perennes entre las plataformas de las áreas revegetadas, el Monte Natural y entre las áreas revegetadas entre si: El Portón (EP), Rincón de Correa (RC), El Zaino (EZ) y el Monte Natural (MN).

## CONCLUSIONES

El análisis integrado de la geomorfología, suelos y aspectos autoecológicos de las especies permite generar valiosa información y ajustar la selección de éstas para la revegetación. En la experiencia, la plantación de verano superó a la de otoño. De las 10 especies nativas establecidas en verano, entre las arbustivas se destacaron: *Cercidium praecox* ssp. *glaucum*, *Atriplex lampa* y *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, con un porcentaje de sobrevivencia superior al 75% para las plataformas de El Portón y Rincón de Correa; mientras que para El Zaino, *Cercidium praecox* ssp. *glaucum* sólo sobrevivió el 30% de las plantas, las otras dos mantuvieron el nivel de supervivencia. De las herbáceas se destacó *Hyalis argentea* var. *latisquama*, quien en las tres parcelas experimentales superó el 50% de sobrevivencia.

A partir de la hipótesis dinámicas de la vegetación del área fue posible conocer las diferentes etapas entre el estado inicial y el maduro (estable). La presencia de *Larrea cuneifolia* y *L. divaricata* al segundo año de iniciada la plantación en el área de ensayo, demuestra que la revegetación asistida actúa como facilitadora en la incorporación de especies maduras de las comunidades colindantes.

Al considerarse las especies más rústicas y de los ambientes edáficos más críticos, observamos

que los resultados han sido satisfactorios, tanto en cobertura vegetal como en índices de diversidad, respecto del Monte Natural.

De acuerdo con el nivel de alteración (impacto) de las áreas a revegetar, no siempre es posible seleccionar las especies a una etapa de dinamismo. Esto es evidente cuando, además de la compactación edáfica, entran como variables, la salinidad del suelo u otras, a través del cual se ve reducido el número de especies factibles de utilizar. En general todas las especies leñosas se comportaron tolerantes a niveles de salinidad de hasta 10 DeciSiemens/cm. Cuando estos valores de salinidad se superan, es evidente que las especies seleccionadas dejan de funcionar eficientemente y manifiestan elevada mortalidad.

En las plataformas compactadas, sin roturar, sólo se observó presencia de especies anuales y excepcionalmente especies perennes, con coberturas inferiores al 1%, como *Atriplex lampa* e *Hyalis argentea* var. *latisquama*. Cuando la plataforma fue roturada, el sólo corrugado del suelo permitió registrar al 4to año de evaluación, un valor de cobertura del 3% con la especie *A. lampa*.

El esfuerzo para favorecer la cobertura vegetal en la revegetación asistida se deberá volcar sobre las especies perennes. La recuperación de la cobertura vegetal con especies perennes leñosas hace que

sean facilitadoras de la instalación de otras especies provenientes de las comunidades de contacto. A partir del establecimiento de éstas, se crean condiciones muy favorables para la incorporación natural de especies de las comunidades aledañas. Prueba de ello fue la presencia de *Atriplex sagittifolia*, de características azonal, que al 4to año alcanzó una cobertura variable entre el 20% y 42,5%.

La producción de plantines y la plantación de campo, debe considerar la densidad específica en el Monte Natural

La aplicación de técnicas culturales mínimas, marcación de tazas, riego de plantación, cercado perimetral son determinantes en los resultados

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Fidel Roig<sup>+</sup>, Dra Mónica Balzarini y Dr. Carlos Passera, así como el trabajo de equipo sin el cual no hubiera sido posible concretarlo: Dr. Eduardo Martínez Carretero, Ing. Luis A. Schuhwerk, Lic. Omar Console, Ing. Carmelo Ganci, Ing. Paula Somlai, Ing. Ramón Martínez, Guardaparque Carlos Fernandez, Prof. Cecilia Scoones, Prof. Nélica Horak, Oscar Estévez, Téc. Julio Mercado, Lic. Amneris Bodegas y Edgardo Corona.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM, E. M. 2003. Desertificación. En: Abraham E., D. Tomasini y P. Maccagno (eds.), *Indicadores y puntos de referencia en América Latina y el Caribe*, pp. 11- 15. Mendoza, Argentina.
- AGUILO, M. 1984. Guía para la elaboración del medio físico: contenido y metodología. CEOTMA-MOPU, Madrid.
- BOLÓS, O. de. 1963. Botánica y Geografía. *Memorias Real Acad. Ci. Artes, Barcelona* 34: 443-480.
- BRADSHAW, A. D. 1997. What do we mean by restoration? In: K. M. Urbanska, N. R. Webb & P. J. Edwards (eds.), *Restoration Ecology and Sustainable Development*, pp. 8-16. Cambridge University Press, Cambridge.
- CARRIC, P. J. & R. KRÜGER. 2007. Restoring degraded landscapes in lowland Namaqualand: Lessons from the mining experience and from regional ecological dynamic. *J. Arid Environ.* 70: 767-781.
- CIPOLLINI, K. A., A. L. MARUYAMA & C. L. ZIMMERMAN. 2005. Planning for Restoration: a decision analysis approach to prioritization. *Restoration Ecol.* 13: 460-470.
- DAGET, P. & J. POISSONET. 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, criteres d'application. *Annales Agronomiques* 22: 5-41.
- DALMASSO, A. D., E. MARTÍNEZ CARRETERO & O. CONSOLE. 2000. Reclamación de áreas degradadas por la actividad petrolera, El Portón, Buta Ranquil (Neuquén). 4tas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas: 225- 230. Salta, Argentina.
- DELPINO, D. H. 1992. Fue el sur mendocino similar a Hawai?. Evidencias del pasado para entender el presente. Actas. Primeras Jornadas Nacionales de Vulcanología: 67- 80. Medio Ambiente y Defensa Civil, Mendoza.
- DE VILLIERS, A. J., M. W. VAN ROOYEN, G. K. THERON & N. VAN ROOYEN. 1998. Vegetation diversity of the Brandse-Baai coastal dune area. West coast, South Africa: a premining benchmark survey for rehabilitation. *Land Degrad. Develop.* 10: 207-224.
- DE VILLIERS, A. J., M. W. VAN ROOYEN & G. K. THERON. 2001. Seedbank phytosociology of the Strandveld Succulent Karoo, South Africa: a premining benchmark survey for rehabilitation. *Land Degrad. Develop.* 12: 119-130.
- ESTRELLA, H. A., V. A. HERAS & V. A. GUZZETTA. 1980. Registro de elementos climáticos en áreas críticas de la provincia de Mendoza. *Cuaderno Técnico IADIZA* 2: 49-72.
- FERNÁNDEZ, R. J. 2007. On the frequent lack of response of plants to rainfall events in arid áreas. *J. Arid Environ.* 68: 688-691.
- HOLMBERG, E. 1976. Descripción geológica de la Hoja 32 c, Buta Ranquil. Provincia del Neuquen. Carta Geológica-Económica de la República Argentina. Escala 1:200.000.
- KING, E. G. & R. J. HOBBS. 2006. Identifying linkages among conceptual models of ecosystem degradation and restoration. Towards an integrative framework. *Restoration Ecol.* 14: 369-378.
- KNAPP, P. A. 1991. The response of semi-arid vegetation assemblages following the abandonment of mining towns in south- western Montana. *J. Arid Environ.* 20: 205-222.
- KOEPPEN, W. 1948. Climatología. Con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica, México, Buenos Aires.
- LE HOUEROU, H. 1999. Estudios e investigaciones ecológicas de las zonas áridas y semiáridas de la Argentina. Informe de IADIZA.
- LEVY, B. & E. MADDEN. 1933. The point method of pasture analysis. *New Zealand J. Agric.* 46: 267-279.
- MAINA, G. G. & H. F. HOWE. 2000. Inherent rarity in community restoration. *Conserv. Biol.* 14: 1335-1340.
- MAHOOD, K. 2003. Strip mining rehabilitation by translocation in arid coastal Namaqualand, South Africa. M.Sc. Tesis University of Stellenbosch, Stellenbosch.
- MARTÍNEZ CARRETERO, E. & F. ROIG. 1992. El paisaje en los estudios de vegetación. Un ensayo para la patagonia mendocina. *Parodiaria* 7: 165-178.
- PASSERA, C. B., A. D. DALMASSO & O. BORSETTO. 1983. Método de 'Point Quadrat Modificado'. In: R. J. CANDIA & R. H. Braun (eds.), *Taller de Arbustos Forrajeros para Zonas*

## A. D. Dalmasso - Revegetación de áreas degradadas con especies nativas

- Áridas y Semiáridas*, pp. 71-79. Subcomité Asesor del Árido Subtropical Argentino, Buenos Aires.
- PLATT, W. J. & J. H. CONNELL. 2003. Natural disturbances and directional replacement of species. *Ecol. Monogr.* 73: 507-522.
- POLANSKI, J. 1954. Rasgos geomorfológicos del territorio de la provincia de Mendoza. Cuadernos de Investigaciones y Estudios 4: 4-10. Ministerio de Economía, Instituto de Investigaciones Económicas y Tecnológicas, Mendoza.
- POMBO, R., V. FERRANTE, J. MAZA & O. CONSOLE, 1998. Análisis de riesgo hídrico y plan de prevención. Yacimientos El Portón. Chihuido de la Salina. 3ras Jornadas de preservación de agua, aire y suelo en la industria del petróleo y gas, Comodoro Rivadavia.
- RAMOS, V. 1992. Marco tectónico del volcanismo cuaternario de Mendoza. Actas Primeras Jornadas Nacionales de Vulcanología, pp. 33- 38. Medio Ambiente y Defensa Civil, Mendoza.
- REICHMANN, L. G., G. A. ZULETA & S. B. PERELMAN. 2003. Floristic changes and natural habitat regeneration of semiarid shrub steppes in abandoned oil fields. Patagonia Argentina. 15<sup>th</sup> Annual International Conference of the Society for Ecological Restoration. Austin, Texas.
- ROIG, F. A. 1973. El cuadro fitosociológico en el estudio de la vegetación. *Deserta* 4: 45- 67.
- ROIG, F. A. 1989. Análisis de la vegetación. En: Detección y Control de la Desertificación. Conferencias, trabajos y resultados del Curso Latinoamericano: 86-90. CONICET, IADIZA, CRICYT, Mendoza.
- ROLLING, J. D. & L. R. WALKER. 2000. Plant and soil recovery a series of abandoned desert roads. *J. Arid Environ.* 46: 1-24.
- RUIZ- JAEN, M. C. & T. MITCHELL AIDE. 2005. Restoration Success: How is it being measured?. *Restoration Ecol.* 13: 569- 577.
- SAYAGO, J. M. 1982. Las Unidades geomorfológicas como base para la evaluación integrada del paisaje natural. *Acta Geol. Lilloana* 16: 169-180.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNACIONAL SCIENCE & POLICY WORKING GROUP. 2004. The SER Internacional Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration Internacional, Tucson, Arizona. <http://www.ser.org>, Julio 2005.
- STIPANICIC, P. N. & M. I. R. BORETTI. 1969. Consideraciones sobre la cronología de los terrenos triásicos argentinos. En: La estratigrafía de Gondwana. Coloquio de la UICG, Buenos Aires, 1967: 1081-1120, UNESCO, Paris. Citado en: RAMOS, V. 1993. Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Relatorio XII Congreso Geológico Argentino, II Congreso Exploración de Hidrocarburos.
- TANSLEY, A. G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16: 284-307.
- THOMPSON, S. & G. G. THOMPSON. 2004. Adequacy of rehabilitation monitoring practices in the Western Australian mining industry. *Ecol. Manag. Restor.* 5: 30-33.
- VIGO, J. 1998. Some reflections on Geobotany and vegetation mapping. *Acta Bot. Barc.* 45: 535- 556.
- WESTOBY, M., B. WALKER, & I. NOY-MEIR. 1989. Opportunistic management for rangeland not at equilibrium. *J. Range Manag.* 42: 266-274.
- YANG, H., Q. LU, B. WU, H. YANG, J. ZHANG & Y. LIN. 2006. Vegetation diversity and its application in sandy desert revegetation on Tibetan Plateau. *J. Arid Environ.* 65: 819-831.

Recibido el 4 de diciembre de 2008, aceptado el 9 de febrero de 2010.

