



Universidad Nacional del Comahue
Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud

**“Supervivencia y establecimiento de especies nativas
reintroducidas en sitios con disturbios severos”**

TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE GRADO
LICENCIATURA EN SANEAMIENTO Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

Autor:

Günther Grant

Director: Lic. Fernando Farinaccio

Co-Director: Dr. Daniel Pérez

2022



Agradecimientos

A mi Director y Codirector, por la paciencia y dedicación.

A la Lic. Maira Kraser por su invaluable aporte.

A la Universidad Pública.

Contenido

1.	Introducción	6
2.	Objetivos	9
2.1.	Objetivo general.....	9
2.2.	Objetivos específicos.....	9
3.	Antecedentes	10
4.	Marco teórico.....	17
5.	Materiales y métodos	21
5.1.	Área de estudio	21
5.2.	Diseño experimental	22
5.3.	Mediciones ambientales	23
5.4.	Método experimental	24
6.	Análisis de los resultados	25
7.	Resultados	26
7.1.	Mediciones ambientales	26
7.2.	Supervivencia y crecimiento	26
8.	DISCUSIÓN.....	30
9.	CONCLUSIONES	32
10.	BIBLIOGRAFIA	33
11.	Material suplementario.....	40

Resumen

La desertificación es uno de los problemas ambientales de mayor gravedad en Argentina, que afecta el 93.6% de la superficie de la Patagonia Argentina. La restauración ecológica se presenta como una promisorio forma de enfrentar la degradación aunque su aplicación práctica presenta dificultades motivadas por desconocimiento de los procesos de regeneración natural de algunos ecosistemas, procedimientos de propagación de especies y costos de aplicación, entre otros. En este estudio se evaluó la efectividad de un sistema de plantación asociado entre tres especies nativas viverizadas de Monte Austral. Para esto se trabajó en tres sitios severamente degradados por la actividad hidrocarburífera donde se realizó la plantación de especies nativas asociadas bajo dos tratamientos: *Atriplex lampa-Neltuma flexuosa*; *A. lampa-Parkinsonia praecox*. Las especies se eligieron por la capacidad de crecimiento en condiciones ambientales estresantes, la tasa de germinación y la palatabilidad para la fauna autóctona. Las variables estudiadas fueron: supervivencia luego de dos años de plantación y crecimiento de los plantines luego de 12 meses. Los resultados mostraron que la asociación de especies no mostró diferencias significativas en cuanto a la supervivencia de los plantines, no obstante, el crecimiento de los plantines se vio afectado de manera distinta, con las menores tasas de crecimiento en *N. flexuosa* asociada a *A. lampa* y con agregado de hidrogel. Se concluye que las prácticas de restauración que consideren integralmente los aspectos abordados en este trabajo como herramienta para revertir la desertificación en tierras áridas de la Patagonia tendrían mayores probabilidades de éxito.

Abstract

Desertification is the most serious environmental problem still unresolved in Argentina, which affects 780,000 km² of the Argentine Patagonia. Ecological restoration is presented as a promising way to deal with degradation, although its practical application presents difficulties due to lack of knowledge. In this study, the effectiveness of an associated plantation system between three nursery native species of Monte Austral was evaluated, determining their growth and survival under two different conditions. Three severely degraded areas due to loss of soil and vegetation, caused by hydrocarbon activity, were chosen as planting sites. For the choice of species, the following were considered: growth capacity under stressful environmental conditions, germination rate and palatability for native fauna. Associated plantings were

made between *Atriplex lampa* and *Neltuma flexuosa*, and between *Atriplex lampa* and *Parkinsonia praecox*. The results were recorded up to two years after planting, in which the highest survival and growth rate was evidenced for the second mentioned association in the three sites. It is concluded that restoration practices that fully consider the aspects addressed in this work as a tool to reverse desertification in arid lands in Patagonia would have greater chances of success.

1. Introducción

Los ecosistemas afectados por la desertificación son las tierras secas (hiperáridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas), las cuales abarcan el 40% del territorio mundial (UNCCD 2011). Según los datos del Programa de Acción Nacional de lucha contra la desertificación (PAN), en Argentina el 30% de las tierras secas están desertificadas (Abraham et al. 2011). En la Patagonia Argentina, estos ecosistemas abarcan 78.5 millones de hectáreas, de las cuales 73.5 millones (93.6%) se encuentran desertificadas en niveles que van de leve a muy grave (Mazzoni y Vázquez 2009). Las principales causas de la desertificación en esta región han sido la ganadería extensiva y la actividad hidrocarburífera (Mazzoni y Vázquez 2009). Estos ambientes presentan características particulares, como infrecuentes, impredecibles y estocásticas precipitaciones, intensos vientos, alta amplitud térmica, alta incidencia de la radiación solar, suelos bajos en materia orgánica, entre otros (Imeson 2012); las cuales los hacen vulnerables ante los diversos procesos de degradación, que dan como resultado la desertificación.

Las consecuencias desde el punto de vista biofísico son el aumento en la erosión hídrica y eólica, pérdida de nutrientes edáficos, compactación del suelo, deforestación, incremento de inundaciones y contaminación química del suelo y el agua (Reynolds et al. 2011); y las consecuencias socioeconómicas son la reducción de la producción de alimentos, pérdidas de especies de interés económico, incremento de la pobreza y migración hacia centros poblados (Fernández et al. 2002; Reynolds et al. 2005).

En la mayoría de los casos la recuperación de estos ambientes degradados a través de procesos naturales, (regeneración natural) es insuficiente debido no solo a su duración, sino también a la envergadura del daño, de modo que el restablecimiento de las condiciones naturales ante disturbios severos es muy lento, como consecuencia de las condiciones ambientales que presentan los ecosistemas áridos (Ezcurra 2006).

Ante esta situación la rehabilitación y restauración ecológica son alternativas válidas para mitigar estos efectos y contrarrestar la degradación de las zonas áridas (Newton y Tejedor 2011). La Sociedad internacional para la Restauración Ecológica (SER 2004), define a la restauración ecológica como el proceso de asistencia en la recomposición de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. La rehabilitación enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema (Aronson 2014). Para poder lograr estos objetivos en tierras secas las

distintas técnicas, estrategias y costos que se aplican varían de acuerdo con la complejidad del proyecto o del nivel de degradación del ecosistema a intervenir (Busso y Pérez 2019). Estos autores han identificado para tierras secas de Argentina, tres tipos principales de restauración, regeneración natural prescripta o asistida, regeneración natural asistida, y reconstrucción completa a través de siembra directa o plantación. Esta última, a través de la plantación a campo con plantines nativos viverizados es una de las más utilizadas y con mayor efectividad en estos ecosistemas. En el Monte Austral, se han realizado diversas experiencias de plantación con plantines nativos viverizados, con supervivencias mayores a 70% luego de dos años (Dalmasso 2010; Becker et al. 2013; Dalmasso y Martínez Carretero 2013; Pérez et al. 2019; Pérez et al. 2020). El establecimiento de las especies depende de una variada gama de factores bióticos y abióticos, así como del conocimiento que existe sobre las técnicas más adecuadas y las especies más convenientes en función al sitio (Cortina et al. 2006, Navarro et al. 2006, Chirino et al. 2009, Dumroese et al. 2009).

La incorporación de nuevas especies en los planes de restauración ecológica, junto con el desconocimiento de las técnicas más adecuadas para su establecimiento y las altas tasas de mortalidad obtenidas con algunas especies han puesto de manifiesto la necesidad de investigar en mejorar las técnicas de plantación, por ejemplo, a través del uso de especies asociadas. Sin embargo, en la mayoría de estos estudios se han realizado plantaciones individuales, o con pocas especies plantadas grupalmente o alternadas, pero no en parejas.

Las interacciones positivas entre plantas han sido utilizadas en proyectos de restauración de tierras secas ya que las plantas nodrizas mejoran las condiciones microambientales para especies menos tolerantes al estrés (Padilla y Pugnaire 2006). Esto se debe a que 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 y Walker 1997; Callaway y Pugnaire 1999; Maestre 2002).

Sólo se cuenta con la experiencia realizada en Chubut, en la cual se ha ensayado con la plantación de dos individuos de distintas especies en el mismo hoyo (Ciano 2013). Hasta ahora con esta técnica se han logrado mejoras en la composición de la biodiversidad de los sitios a rehabilitar, y en el control de la herbivoría, pero aún requiere aumentar o replicarla en otros tipos de suelos, climas, como así también la



Supervivencia y establecimiento de especies nativas reintroducidas en sitios con disturbios severos



puesta a prueba de otros posibles beneficios como la facilitación ecológica y mejoras en la calidad en el suelo como la que pueden brindar las especies fabáceas. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de un sistema de plantación asociado entre tres especies nativas viverizadas en un sector severamente degradado del Monte Austral.

2. Objetivos e Hipótesis

Objetivo general

Evaluar la efectividad de un sistema de plantación asociado entre tres especies nativas viverizadas del Monte Austral, y su aporte para proyectos de rehabilitación y restauración ecológica.

Objetivos específicos

- Evaluar la supervivencia y el crecimiento de tres especies, *Atriplex lampa*, *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, y *Parkinsonia praecox*, plantadas asociadas.
- Evaluar la representatividad de los resultados de supervivencia y crecimiento de las tres especies, de acuerdo con el promedio histórico de precipitaciones, temperaturas, y humedad edáfica.
- Evaluar los beneficios potenciales del uso de hidrogel en la plantación de especies nativas viverizadas, con estrategias diferentes de crecimiento plantadas en conjunto.

Hipótesis general

La plantación de ejemplares de vivero en simultáneo no afecta la supervivencia de cada una de las especies ya que superaron períodos de crecimiento crítico, almacenaron reservas, desarrollaron estructuras vegetativas eficientes para la fotosíntesis y tienen capacidad de explorar mayor superficie y profundidades de suelo que disminuirían la interacción competitiva en campo.

3. Antecedentes

A continuación, se presentan, de manera cronológica, los casos de estudio más relevantes en el Monte Austral de Patagonia Argentina, en cuanto a experiencias de restauración en zonas áridas aplicadas en sitios degradados por la actividad hidrocarburífera, donde se utilizaron plantines nativos viverizados.

Evaluación del éxito de varias intervenciones de restauración, a través de la recolección de datos en campo y el uso de drones, en seis especies marco en la Patagonia Argentina (Pérez et al. 2020)

Se utilizaron datos de campo y vehículos aéreos no tripulados, también conocidos como drones, para analizar un experimento a largo plazo en un área severamente degradada del Monte Austral. Se realizaron comparaciones entre dos métodos: toma de datos directos en campo, y análisis de imágenes de drone, las cuales se obtuvieron a través de vuelos a 20 y 40 m. El objetivo fue comparar parcelas de plantación versus recuperación natural en sitios escarificados. Se evaluó la supervivencia y desarrollo en campo de seis especies con distintos tratamientos. Luego de cinco años post plantación, en suelos con baja materia orgánica y con una precipitación media anual de 145 mm, la supervivencia en todas las especies fue mayor al 65%. Las tasas de supervivencia más altas se encontraron en *Neltuma flexuosa* var. *depressa* (88% \pm 14.8) y *Atriplex lampa* (84% \pm 14.8). Asimismo, según las imágenes de dron y los datos de campo, se comprobó que estas dos posibles especies obtuvieron mayor cobertura vegetal. Por otro lado, se evidenció una recuperación muy baja (<2%) y un marcado contraste entre los sitios con escarificación mecánica y sin plantar, en comparación con los sitios plantados con los tratamientos más efectivos. Este estudio demostró que las imágenes de drones proporcionan una herramienta nueva y muy valiosa para evaluar y monitorear las intervenciones en restauración de tierras secas.

Hacia un enfoque de especies marco de tierras secas. Investigación en progreso en el Monte Austral de Argentina (Pérez et al. 2019)

En este estudio se discutieron las estrategias y los primeros resultados de un proyecto de restauración en Monte Austral en Patagonia Argentina. Se propuso un nuevo enfoque en la elección de especies marco en tierras secas (denominado DFSA), para la restauración ecológica. El DFSA se basó en el "enfoque de especies marco" desarrollado en biomas de bosques tropicales megadiversos de Australia y el sur de

Asia durante los últimos 20 años. En el DFSA propuesto en este estudio, se tuvieron en cuenta cuatro consideraciones: a tener: 1) la selección de especies; 2) el conocimiento local; 3) los diferentes diseños espaciales y los micrositos diseñados mecánicamente; 4) el monitoreo eficiente a través del uso de drones para el manejo adaptativo. Además, se destacó la incorporación de tres atributos: a) altas tasas de supervivencia y crecimiento; b) atractividad para la fauna; y c) facilidad de germinación. Por otra parte, se presentaron los resultados de los ensayos en campo de tres especies marco candidatas. De las tres especies candidatas, *Atriplex lampa* e *Hyalis argentea* var. *latisquama* mostraron alta y uniforme performance, mientras que los resultados con *Senecio subulatus* var. *subulatus* fueron variables según los sustratos. También se discutió el uso de drones y otras herramientas tanto para la investigación como para la acción en conjunto con DFSA.

Oportunidades, limitaciones y vacíos en la restauración ecológica de zonas áridas en Argentina (Busso y Pérez 2018)

En este estudio se analizaron distintas propuestas y oportunidades de restauración ecológica de tierras secas degradadas en Argentina. Se discutieron los beneficios y limitaciones documentadas sobre restauración ecológica de tierras secas en Argentina. Las distintas formas de restauración analizadas se agruparon en: regeneración natural prescrita, regeneración natural asistida, reconstrucción parcial y restauración completa. Con base en la comparación con los resultados de otras tierras secas del mundo, se evaluaron las posibilidades de aplicar algunas prácticas para llenar los vacíos ecológicos. Finalmente, se discutieron los costos y aspectos sociales para la restauración de la región estudiada.

Utilización de recortes de perforación petrolera para la restauración ecológica de zonas áridas y semiáridas (Dalmasso 2018)

El objetivo de este trabajo fue determinar la factibilidad de uso de recortes de perforación en base agua, como sustrato para la revegetación y la identificación de especies vegetales nativas con potencial para establecerse en estos sustratos. Se trabajó con un protocolo establecido conjuntamente en tres provincias, Neuquén, Chubut y Mendoza. Se realizaron experiencias de vivero y campo con distintas especies nativas y sustratos (mezcla de suelo superficial y recortes en varias proporciones). Para la elección de las especies se partió del análisis de la vegetación del ecosistema de referencia. Para las especies preseleccionadas se evaluó el

porcentaje de germinación y su capacidad de establecimiento en las mezclas. Estos resultados permitieron elegir las especies y mezcla óptima para implementar la rehabilitación ecológica en campo. La mezcla más adecuada fue la que tuvo 50% de suelo superficial y 50% de recortes de perforación. Las especies con mejor aptitud (supervivencia >90%) para rehabilitar sitios degradados en las tres provincias, con uso de recortes de perforación fueron, *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, *N. ruizleali*, *Hyalis argentea* var. *latisquama*, *Atriplex lampa*, *A. sagitifolia* y *Schinus johnstonii*.

Uso de plantas nativas en la restauración y recuperación productiva de ambientes salinos de las zonas áridas de la región del Monte, Argentina (Villagra et al. 2017)

En este trabajo se postuló que es posible la restauración y la recuperación productiva de ambientes salinos a través del uso integrado de especies herbáceas, arbustivas, arbóreas y de musgos, cianobacterias y líquenes presentes en las costras biológicas del suelo. Se realizó una revisión sobre las especies nativas del Monte que pueden ser potencialmente útiles para la restauración de zonas salinas. En una variedad de especies de distintas formas de vida se detectaron adaptaciones que las hacen aptas para tolerar tanto los efectos tóxicos de la salinidad como los efectos osmóticos. También se observó una gran variabilidad en muchas de estas especies que hace posible pensar en la selección y mejoramiento de variedades adaptadas a la salinidad. La restauración puede orientarse a establecer un sistema pastoril que utilice forrajeras nativas seleccionadas por los animales. El uso de especies del género *Neltuma*, adaptadas a condiciones de estrés salino, pueden permitir el uso forestal (producción de postes, madera para combustible y madera para tableado) y beneficios ambientales, (fijación de N, ciclaje de nutrientes, entre otros). Con varias de las especies mencionadas en este trabajo se desarrollaron “paquetes tecnológicos” para revegetar áreas degradadas impactadas por la actividad minera cuyos suelos presentan elevada salinidad. La planificación de programas de restauración y recuperación productiva requiere tanto del conocimiento de las potencialidades y requerimientos de cada especie a utilizar como del conocimiento detallado de las características ambientales y la distribución espacial de la salinidad.

Introducción de plantines de especies nativas en sitios degradados del ecosistema de Monte (Pérez et al. 2014)

En este trabajo se presentan resultados de supervivencia en plantaciones realizadas en Neuquén en ocho sitios en donde se produjeron desmontes para explotación hidrocarburífera.

Se utilizaron plantines viverizados de especies nativas del ecosistema de referencia como por ejemplo *Atriplex lampa*, *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, *Parkinsonia praecox*.

Las altas mortandades en la revegetación de sitios degradados del Monte, registradas en el año 2011 en todas las especies y en el 2012 en una de las especies, implican una alerta para los gestores ambientales y los organismos de control, debido a que los resultados de la rehabilitación ecológica pueden tener alta variabilidad.

Uso de *Cercidium praecox* (Fabaceae) para la recuperación en sitios con disturbio severo del Monte Austral de Argentina: evaluación de su supervivencia en campo y crecimiento en zonas áridas de la Patagonia (Zúñiga y Pérez 2014)

Se evaluó la supervivencia y el crecimiento de una plantación de Chañar brea (*Parkinsonia praecox*; Fabaceae) tendiente a promover la recuperación de un sitio severamente degradado. La experiencia se desarrolló en una cantera de extracción de áridos con cinco años de abandono, escarificada mecánicamente y sin cobertura vegetal, situada en el yacimiento hidrocarburífero Aguada Pichana. Provincia fitogeográfica del Monte.

En agosto de 2009 se plantaron como parte de un estudio de supervivencia temprana (Altamirano 2011), 150 ejemplares de *C. praecox* de 15 meses de viverización separados se evaluó la supervivencia transcurridos 20 meses posteriores a la plantación y el crecimiento luego de 20 meses y 46 meses post-

La lentitud del crecimiento de *C. praecox* evidenciado en este estudio podría relacionarse con características propias de la especie, de gran capacidad de adaptación al clima árido del monte, y/o con limitaciones impuestas por la disponibilidad de agua como se ha observado para otras especies de fabáceas (López Lauenstein et al. 2005). Estos resultados plantean nuevos desafíos para el logro de condiciones microambientales que favorezcan un mayor desarrollo y aporte de micrositios aptos para posibles efectos de facilitación ecológica en los ecosistemas áridos y semiáridos de la Patagonia.

Rehabilitación de áreas degradadas por la actividad petrolera (Ciano 2013)

Se presenta un resumen sobre los principales disturbios producidos por la actividad hidrocarburífera en Patagonia. Asimismo, se plantean distintas formas y estrategias de abordaje de esta problemática, entre las que se plantean distintas técnicas de laboreo del suelo, y plantación. Entre ellas se destaca la técnica de plantación en parejas, utilizando una especie forrajera y otra no palatable. En este caso lo que se buscó controlar es el efecto negativo que produce la fauna silvestre. Se observó que las plantas forrajeras fueron ramoneadas inicialmente hasta la base, lo que generó el desarrollo de la especie no forrajera. Por debajo de esta última y protegida por su copa, comenzó el desarrollo de la planta forrajera, que logró restablecerse, y comenzó a ser ramoneada nuevamente. Esta secuencia de crecimiento/ramoneo se produjo de manera alternada, hasta que las plantas lograron su establecimiento. Se realizaron parcelas de plantación con esta técnica, cuyas especies plantadas en pareja fueron, *Atriplex lampa* (forrajera), *Grindelia chilensis* (no forrajera), *A. sagitifolia* (forrajera), *Senecio filaginoides* (no forrajera), donde se lograron establecimientos mayores al 80% luego de tres años.

Reintroducción de especies nativas de dos grupos funcionales en zonas degradadas del Área Natural Protegida Auca Mahuida, Neuquén, Argentina (González et al. 2013)

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la reintroducción de dos especies de grupos funcionales diferentes en canteras abandonadas, una leguminosa arbustiva *Senna arnottiana* y una gramínea *Pappostipa speciosa* var. *speciosa*. Se aplicaron cuatro tratamientos con distintas asociaciones y cantidades de hidrogel. Los resultados mostraron una alta supervivencia (85%) de la especie *S. arnottiana* aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Se concluyó que *S. arnottiana* es una especie facilitadora de la sucesión natural en ambientes áridos degradados.

Revegetación de áreas degradadas. Estudio de caso en plataformas petroleras en Malargüe, Mendoza (Dalmasso y Martínez Carretero 2013)

Este trabajo tuvo como objetivo el estudio de la recuperación de la cobertura y la distribución espacial de la vegetación en plataformas petroleras en el departamento de Malargüe, Mendoza. Se usaron 10 especies nativas, de las que se colectó semillas en la misma zona para la generación de plantines. Se evaluó la cobertura vegetal durante 4 años con el método Point Quadrat Modificado y mediante relevamientos florísticos.

Los resultados de crecimiento en diámetro mayor de copa y altura de planta se compararon con lo de las mismas especies que crecen en el monte natural (arbustal testigo) permitiendo destacar a *Parkinsonia praecox*, *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, *Atriplex lampa* y *Hyalis argentea* var. *latisquama*, como especies de alto valor en la revegetación.

Experiencias de revegetación de explanadas con especies nativas (Becker et al. 2013)

El objetivo del trabajo fue intervenir dos explanadas abandonadas, con diferentes grados de dificultad de acuerdo con las características fisicoquímicas de sus suelos determinadas previamente. Los trabajos se realizaron en Challaco, Neuquén (Monte Austral). Tomando como base información previa sobre caracterización de la vegetación y los suelos, recomendaciones sobre técnicas y especies a utilizar y grado de dificultad fisicoquímica de los suelos, se revegetaron dos explanadas aplicando técnicas específicas de laboreo de suelos y de instalación de plantines. Las especies utilizadas fueron: *Atriplex lampa*, *Grindelia chilensis*, *Pappostipa* spp., *Schinus johnstonii*, *Lycium chilense*, *Neltuma alpataco* y *Suaeda divaricata*. Se evaluaron parámetros de crecimiento y supervivencia. Las especies utilizadas demostraron alta capacidad de adaptación para instalarse y crecer en condiciones con severas limitaciones.

Rehabilitación con *Pappostipa speciosa* (poaceae), en canteras abandonadas por actividad petrolera en zonas áridas de Neuquén, Argentina (Farinaccio et al. 2013)

El objetivo general fue evaluar la revegetación con *Pappostipa speciosa* var. *speciosa* en una cantera abandonada. La plantación se realizó en la Reserva Provincial Auca Mahuida en octubre de 2010. Se plantaron con 0.5 litros de hidrogel, 195 y 216 plantas en taludes y en la planicie respectivamente. La sobrevivencia a los cinco meses fue similar estadísticamente en planicie y taludes. Se registró una mayor supervivencia en los sectores más bajos con respecto a los más altos del talud norte. No se encontraron diferencias entre el sector bajo y alto en la orientación noreste.

Reintroducción de especies nativas de dos grupos funcionales en zonas degradadas del área natural protegida Auca Mahuida, Neuquén, Argentina (González et al. 2013)

El objetivo del trabajo fue evaluar la reintroducción de dos especies de grupos funcionales diferentes en canteras abandonadas una leguminosa arbustiva *Senna arnottiana* y la gramínea *Pappostipa speciosa* var. *speciosa*. Se efectuaron cuatro tratamientos: *S. arnottiana* asociada a *P. speciosa* con 1 l de hidrogel, *S. arnottiana* asociada a *P. speciosa* con 1.5 l, *S. arnottiana* aislada con 1 l de hidrogel y *S. arnottiana* aislada con 1.5 l de hidrogel. Al año de la plantación se evaluó la supervivencia y crecimiento de *S. arnottiana*. Los resultados muestran alta supervivencia de la especie, 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.

Plan de abandono de canteras y picadas en la cuenca del Golfo San Jorge - Patagonia Argentina (Luque et al. 2012)

Esta investigación tuvo como finalidad la elaboración de pautas y recomendaciones para el abandono de canteras y picadas, para atenuar los procesos erosivos y disminuir el riesgo de degradación del suelo, recomponer la cobertura vegetal para recuperar la estructura y la funcionalidad de los pastizales. Se basó en dos estrategias: aumentar la rugosidad del terreno mediante laboreos conservacionistas y acelerar el restablecimiento de la cobertura vegetal mediante prácticas de siembra y/o plantación con especies vegetales nativas y/o naturalizadas (principalmente pastos y arbustos). Tanto la plantación de especies arbustivas nativas como los procesos de revegetación natural que se desencadenan a partir de los trabajos realizados, tienden a aumentar la biodiversidad vegetal del sitio.

Ensayos de rehabilitación de canteras degradadas a partir de trasplante directo en provincia de Neuquén (Argentina) (Nittmann et al. 2009)

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la reintroducción de dos especies de grupos funcionales diferentes en canteras abandonadas, una leguminosa arbustiva *Senna arnottiana* y una gramínea *Pappostipa speciosa* var. *speciosa*. Se aplicaron cuatro tratamientos con distintas asociaciones y cantidades de hidrogel. Los resultados mostraron una alta supervivencia (85%) de la especie *Senna arnottiana* aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Se concluyó que *S. arnottiana* es una especie facilitadora de la sucesión natural en ambientes áridos degradados.

4. Marco teórico

En el presente estudio se adopta el concepto de ambiente propuesto por Brailovsky y Foguelman (1991), quienes lo definen como la consecuencia de interacciones entre sistemas ecológicos y socioeconómicos, capaces de provocar efectos sobre los seres vivos y las actividades humanas. Asimismo, lo ambiental hace referencia a una conexión dinámica entre la sociedad y el ecosistema natural, donde interactúan elementos físicos, biológicos y humanos; como también procesos naturales, sociales y culturales. Esta relación dinámica sociedad-naturaleza ha ido cambiando a lo largo de los años y ha conducido a grandes problemas ambientales. Teniendo en cuenta estos aspectos, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Eco '92), consideró a la desertificación como uno de los mayores retos para el desarrollo sustentable junto al cambio climático y la pérdida de biodiversidad. La desertificación es la degradación de las tierras secas resultante de diversos factores, como las variaciones climáticas y las actividades humanas (UNCCD 1994). La degradación de las tierras secas es una consecuencia de la pérdida de resiliencia del ambiente ocasionada por la deforestación, el pastoreo excesivo, las prácticas de riego inadecuadas, la pobreza y la inestabilidad política (Morales 2005).

Este fenómeno tiene importantes consecuencias desde el punto de vista biofísico, como la degradación del suelo y pérdida de la cubierta vegetal, que desencadenan otras pérdidas dentro del ecosistema deteriorando su funcionamiento y estructura. Desde el punto de vista socioeconómico se genera la pérdida de suelo fértil y de la capacidad de producción animal, pobreza, movimientos migratorios, y modificaciones en las actividades económicas; visibles a distintas escalas espaciotemporales (Reynolds et al. 2005). La evaluación simultánea de las causas y consecuencias biofísicas y socioeconómicas de la desertificación ha sido reconocida como uno de los principales retos en la investigación sobre esta problemática (Reynolds 2001). En función a ello, Reynolds y Stafford Smith (2002), propusieron el Paradigma de la Desertificación de Dahlem, entendido como un nuevo marco conceptual que tiene dos características principales, pretende englobar las distintas interrelaciones dentro de los sistemas biofísicos y ambientales que originan la desertificación utilizando un único marco conceptual sintético y, puede ser evaluado empíricamente, lo que asegura que sea un marco conceptual dinámico, que puede ser revisado y mejorado.

En cambio, Safriel y Adeel (2008), en su análisis de lo que denominan el paradigma clásico de la desertificación, sintetizan la visión tradicional de la misma como un proceso que ocurre a partir de la presión antrópica que reduce la productividad de la tierra, y que consecuentemente lleva a la reducción de los ingresos, la malnutrición, mala calidad de salud, hambre y aumento en las tasas de mortalidad. De esta forma, para estos autores el paradigma tradicional de la desertificación se basa en un pensamiento simplista y mecanicista de las respuestas humanas a los ambientes de las tierras secas y a los procesos de desertificación. Afirman que es importante tener en cuenta que el paradigma tiene su raíz en las ciencias del suelo, la agronomía y, en menor medida la ciencia forestal, y está fuertemente influenciado por el pensamiento malthusiano sobre la población y el ambiente.

Otros autores recalcan que la desertificación es un problema complejo y de vinculación social/natural, y que es imperativo que las acciones para combatir este problema promuevan el diálogo entre distintos actores, como la comunidad científica, tomadores de decisiones, agencias de financiamiento y poblaciones locales (Torres et al. 2015), Asimismo será necesario que la comunidad científica acompañe y se involucre en los procesos de toma de decisiones, aportando estudios interdisciplinarios e integrales que valoran las dimensiones biofísica, socioeconómica y política de este proceso (Reynolds et al. 2007; Stringer et al. 2011).

La utilización de técnicas específicas que permitan la recuperación de áreas degradadas de tierras secas es una solución poco explorada y de desarrollo creciente, que se basan en principios teóricos de la ecología de la restauración (Young et al. 2005). Según la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER) la recuperación de un ecosistema degradado en términos genéricos implica al menos tres opciones: restauración ecológica, rehabilitación y revegetación.

La SER (2004), define la restauración ecológica como “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido”. En otras palabras, es el esfuerzo práctico por recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas históricos o nativos de una región. La rehabilitación ecológica implica cualquier acto de mejoramiento desde un estado degradado, sin tener como objetivo final producir el ecosistema original (Bradshaw, 1993). Se focaliza en acciones que buscan rápidamente reparar funciones de los ecosistemas dañados, sobre todo la productividad, sin recuperar completamente su estructura como sí lo plantea la

restauración ecológica (Aronson et al. 1993; Walker y Moral 2015). Por último, la revegetación es un término utilizado para describir el proceso por el cual las plantas colonizan un área de la cual ha sido removida su cobertura vegetal original por efecto de un disturbio (SER 2004). Podría significar el establecimiento de sólo una o unas pocas especies sin metas planificadas para el restablecimiento de la biodiversidad y productividad del ecosistema (Vargas 2011).

Asimismo, la SER, definió “Estándares Internacionales para la Práctica de la Restauración Ecológica”, los cuales han sido desarrollados para brindar apoyo en la aplicación técnica de tratamientos de restauración ecológica en todas las áreas geográficas y ecológicas (sean éstas terrestres, de agua dulce, costeras o marinas), de modo de mejorar los resultados de la conservación de la biodiversidad para todos los ecosistemas, asegurar la provisión de servicios ecosistémicos, garantizar la integración de los proyectos con las necesidades y realidades socioculturales, y contribuir a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (McDonald et al. 2016). Dentro de los puntos claves que se establecieron en los Estándares se detallaron principalmente mejoras prácticas de restauración, basadas en un ecosistema nativo local de referencia, teniendo en consideración los cambios ambientales; atributos ecosistémicos clave, asistencia en los procesos de recuperación natural, la búsqueda en el mayor y mejor esfuerzo hacia la recuperación completa, el uso y aprovechamiento todo el conocimiento relevante, y el compromiso temprano, genuino y activo con todas las partes interesadas para sustentar la restauración exitosa a largo plazo.

A nivel internacional las acciones de restauración en tierras secas se han centrado tradicionalmente en las variables biofísicas, especialmente destinadas a aumentar la cobertura vegetal y detener la erosión del suelo (Reynolds et al. 2007). Uno de los principales referentes en esta temática es Bainbridge (2007), quien resume 25 años de experiencia en restauración en estos ambientes, enfocada principalmente en Estados Unidos. En esta obra se destaca la utilización de distintas técnicas como colecta, limpieza y manejo de semillas, control de la erosión, producción de plantines, plantación, siembra directa, riego y protección de plantas contra herbívoros. Sin embargo, a pesar de décadas de investigación, los avances en la comprensión de la ecología de las tierras secas no han producido avances proporcionales en la capacidad para restaurar estos ambientes (Yirdaw et al. 2017). En este contexto, estos autores desarrollaron modelos de sistemas cuantitativos para acelerar enormemente la comprensión y el desarrollo de soluciones de gestión prácticas para desafíos de

restauración específicos (Yirdaw et al. 2017). Estos modelos comprenden componentes jerárquicos basados en la tasa de crecimiento poblacional de especies, los procesos ecológicos clave que influyen en los estados de transición demográficos (como por ejemplo banco de semillas y semillas germinadas), y las herramientas de gestión y estrategias que pueden alterar y mitigar procesos y condiciones ecológicas específicas que influyan en las probabilidades de transición entre las etapas demográficas.

5. Materiales y métodos

5.1. Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en uno de los ecosistemas más áridos de Argentina, llamado 'Monte', más específicamente 'Monte Austral' (Busso y Fernández 2017). Este ecosistema cubre el 40% (aproximadamente 3.8 millones de ha) de la Provincia de Neuquén (Figura 1). El Monte Austral se caracteriza por un clima templado árido a semiárido con una temperatura media anual de 15°C. Las precipitaciones medias anuales varían entre 100 mm y 300 mm, ocurren con mayor frecuencia en invierno, y se caracterizan por una alta variabilidad anual e interanual (Morello et al. 2012). En particular en el área de estudio, entre los años 2006 y 2016 las precipitaciones medias anuales variaron entre 13.8 mm y 55.7 mm, con un promedio anual de 38.9 mm (AIC 2020). Predominan los suelos de los órdenes aridisoles y entisoles, los cuales se caracterizan por un régimen hidrotérmico arídico, alto pH y contenido de CO₃, y bajos niveles de materia orgánica (Busso y Fernández 2017).

Las especies arbustivas más abundantes son: *Larrea divaricata* Cav., *L. cuneifolia* Cav., *Monttea aphylla* (Miers.) Benth. & Gancho. var. *aphylla* y *Atriplex lampa* (Moq.) D. Dietr. Las plantas herbáceas más comunes que generalmente se desarrollan bajo el dosel de los arbustos son las gramíneas perennes *Pappostipa speciosa* (Trin. & Rupr.) Romasch y *Poa ligularis* Ness Ap. Steudel. En terrenos bajos, con suelos arcillosos (a veces compactados y semipermeables), las especies más abundantes son Chenopodiaceae y Halophytaceae de los géneros *Atriplex*, *Suaeda*, *Allenrolfea* y *Halophytum* (Gandullo et al. 2010). La fauna típica incluye aves granívoras, grandes herbívoros y roedores (López de Casenave, 2001; Sassi et al. 2007).

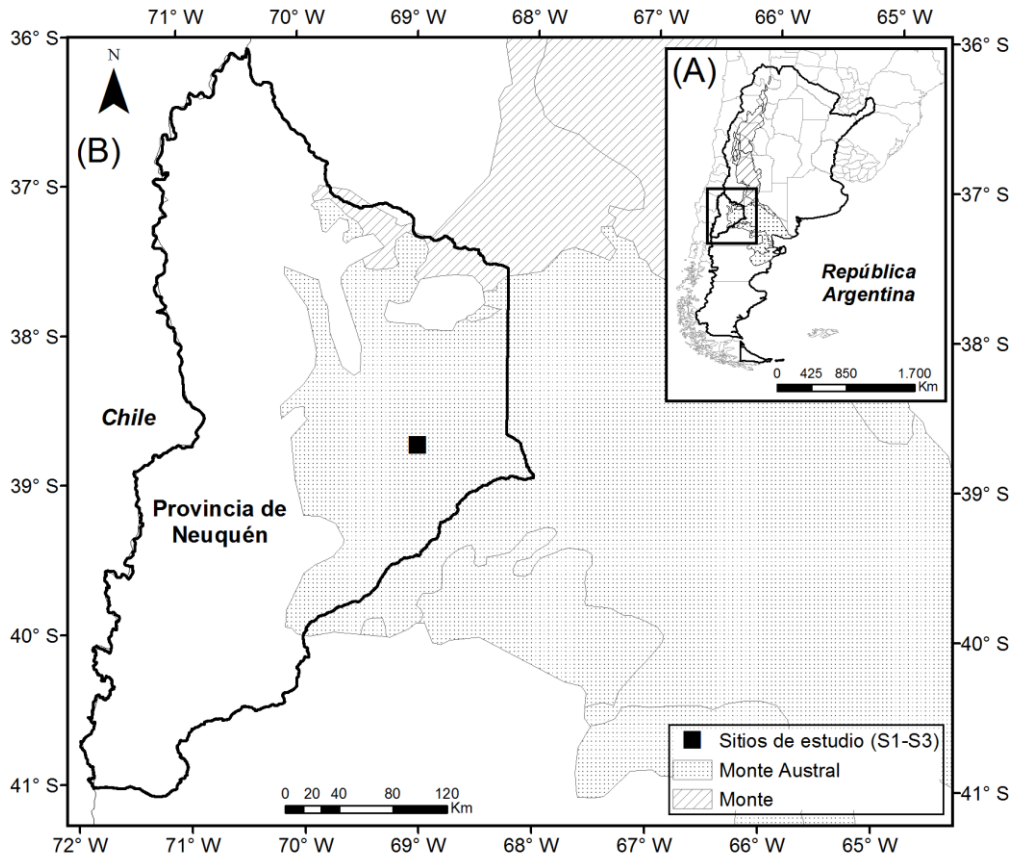


Figura 1. (A) Ubicación de la Provincia de Neuquén en la República Argentina. (B) Localización de los sitios de estudio, y los ecosistemas del Monte y el Monte Austral. Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 84.

5.2. *Diseño experimental*

El experimento se llevó a cabo durante los años 2014 al 2016. Se aplicó un diseño factorial aleatorizado, con tres factores, sitio, asociación de especies y riego. En el caso del factor asociación de especies, se seleccionaron dos combinaciones con tres especies, *Atriplex lampa* (Moq.) D. Dietr. (Chenopodiaceae)- *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav. Ex Hook.) Hawkins (Fabaceae), y *A. lampa*-*Neltuma flexuosa* (DC.) C.E. Hughes & G.P. Lewis var. *depressa* (F.A. Roig) C.E. Hughes & G.P. Lewis (Fabaceae). Estas especies se destacan por su importancia para la restauración y rehabilitación en zonas degradadas de la región de estudio (Pérez et al. 2019; 2020) (ver mayor detalle

de cada una de ellas en material suplementario). Para el factor riego, se aplicó 500 ml de hidrogel de poliacrilamida (GELFOREST®) y 1 litro de agua en cada orificio donde se plantaron las especies asociadas. En total el experimento multifactorial incluyó doce tratamientos y 25 réplicas de cada uno de ellos (n=300) (Figura 2).

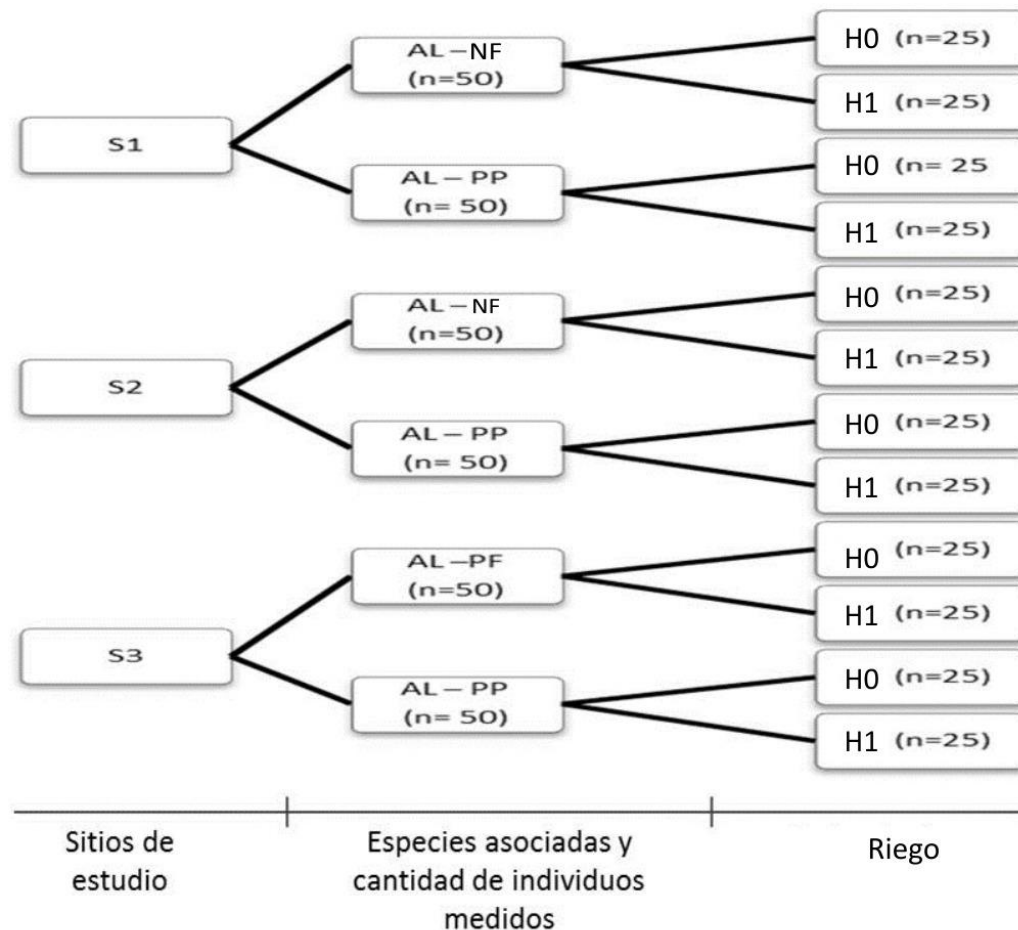


Figura 2. Esquema metodológico aplicado en el experimento. Se aplicó un diseño factorial de tres factores, sitio (representado en la figura como S1, S2, S3), asociación de especies (AL-PP: *Atriplex lampa-Parkinsonia praecox*, y AL-NF: *A. lampa-Neltuma flexuosa* var. *depressa*), y riego (H1: con hidrogel, H0: sin hidrogel).

5.3. Mediciones ambientales

Para caracterizar el ambiente abiótico durante el experimento, se realizaron mensualmente mediciones de precipitación, humedad y temperatura edáfica. A través del uso de pluviómetros de lectura directa, se obtuvieron los datos de precipitaciones. La humedad edáfica (contenido volumétrico de agua) se tomó a una profundidad del

suelo de 20 cm, en tres puntos aleatorios, en cada uno de los sitios S1-S2-S3. Para ello se utilizó un sensor de reflectometría directa, TDR (Time Domain Reflectometry-modelo Fieldscout 300). La temperatura del suelo se registró con sensores data loggers de botón (Sensores ThermoChron iButton). Se colocó un sensor por sitio de estudio.

5.4. Método experimental

En el experimento se utilizaron en total 600 plantines viverizados de ocho meses de edad, de *Atriplex lampa* (n=300), *Neltuma flexuosa* var. *depressa* (n=150), y *Parkinsonia praecox* (n=150). La producción de los mismos se llevó a cabo en el vivero del Laboratorio de Rehabilitación y Restauración Ecológica de Ecosistemas Áridos y Semiáridos (LARREA), de la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud (FACIAS), Universidad Nacional del Comahue (UNCo).

Los plantines se trasplantaron a campo en el mes de agosto 2014, en tres sitios degradados, de 1 a 1.5 ha de superficie, separados por una distancia promedio de 5 km. Estos sitios se utilizaron para la actividad hidrocarburífera, y luego fueron abandonados. Inicialmente carecían de vegetación, no contenían residuos de hidrocarburos y el suelo fue escarificado, es decir que se realizó la descompactación del mismo, a través del uso de maquinaria pesada, con la adición de un escarificador con dientes de 0.6 m. Los hoyos de plantación se hicieron con una máquina hoyadora manual (modelo Seery HT10®); con una dimensión de 40 cm de profundidad y 20 cm de diámetro. Para los casos donde se aplicó el tratamiento con riego, en cada hoyo se agregó 500 ml de hidrogel de poliacrilamida. Una vez realizadas las plantaciones en parejas, todos los individuos se protegieron con mallas metálicas, para evitar daños por herbivoría.

La supervivencia se registró de manera mensual durante dos años consecutivos (septiembre de 2014 a septiembre de 2016). Para ello se tomaron datos de todos los individuos de las tres especies plantadas asociadas, para cada uno de los tratamientos. El crecimiento se evaluó a través de la medición de altura de las plantas, en dos períodos, al primer mes y luego de cumplirse doce meses post plantación (octubre 2014 y 2015 respectivamente). En cada uno de los sitios de estudio (S1-S3) se tomó una muestra aleatoria de 25 asociaciones de especies, es decir 50 individuos de *A. lampa*, 25 de *P. praecox* y 25 de *N. flexuosa* var. *depressa*. Para medir la altura (cm), se utilizó una regla milimetrada, y se consideró la longitud entre la base de la planta, al ras del suelo, y el extremo superior de la hoja o rama extendida más alejada.

6. Análisis de los resultados

Para evaluar la supervivencia de los plantines de *Atriplex lampa*, *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, y *Parkinsonia praecox*, por cada tratamiento, se utilizaron tablas de contingencia bajo el test de Chi-Cuadrado de Pearson. Para analizar el crecimiento (altura), se aplicó el test de análisis de varianza no-paramétricos (Kruskal – Wallis), debido a que se comprobó que la distribución de las varianzas no fue homogénea. El nivel de significancia utilizado en todos casos fue del 5% ($p=0.05$), y se utilizó el software InfoStat versión libre 2016.

7. Resultados

7.1. Mediciones ambientales

Durante el período en el cual se realizó este estudio se observó una marcada diferencia en las precipitaciones. En el primer año la precipitación total acumulada fue de 94 mm, mientras que el segundo fue de 238 mm (Tabla 1). La temperatura edáfica en promedio varió entre 18.7 (11.8°C) y 22.4 (12.1°C) dependiendo el año y el sitio (Tabla 1). En el primer año el valor máximo de temperatura fue de 63°C, mientras que el mínimo fue de -3°C. En el segundo año la temperatura máxima fue de 53°C, mientras que la mínima fue de -3.5°C.

En cuanto al contenido de humedad en el suelo, en promedio varió entre 35 y 36.1% en el primer año, y de 35.2 y 37.1% (Tabla 1).

Tabla 1 Descripción de los resultados de precipitación, temperatura y humedad edáfica por sitio de estudio (S1-S3).

Parámetro ambiental	Unidad de medida	Sitios de plantación		
		S1	S2	S3
Precipitación 1er año (mm)	Total acumulado	94		
Precipitación 2do año (mm)		238		
Temperatura edáfica 1er año (°C)	Promedio y desvío	20.2 (±11.4)	22.1 (±8.6)	21.2 (±10.3)
	Máximo	60	63	62
	Mínimo	-3	-1.5	-1
Temperatura edáfica 2do año (°C)	Promedio y desvío	22.4 (±12.1)	18.5 (±11.2)	18.7 (±11.8)
	Máximo	53	46.5	49.5
	Mínimo	-1.5	-3	-3.5
Humedad edáfica 1er año (%)	Promedio y desvío	35.2 (±10)	36.1 (±8.6)	35 (±9.8)
	Máximo	57.3	49.3	49.4
	Mínimo	20	20.4	17.7
Humedad edáfica 2do año (%)	Promedio y desvío	35.2 (±8.7)	37.1 (±10.4)	36.8 (±8.7)
	Máximo	49.8	49.6	49.9
	Mínimo	20.3	17.7	19.4

7.2. Supervivencia y crecimiento

En el primer y segundo año post plantación las tasas de supervivencia fueron similares entre las especies asociadas *Atriplex lampa-Parkinsonia praecox*, y *A. lampa-Neltuma flexuosa*, con porcentajes que variaron entre 82.8 y 82.5% para el primer año, y 62.8 y

63.1, respectivamente (Figura 3A). Para ese mismo período no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la supervivencia de las especies plantadas asociadas *Atriplex lampa*- *Parkinsonia praecox*, *A. lampa*-*N. flexuosa* var. *depressa*, en cuanto a sitio de estudio ni adición de hidrogel ($p=0.87$) (Figura 4A, B).

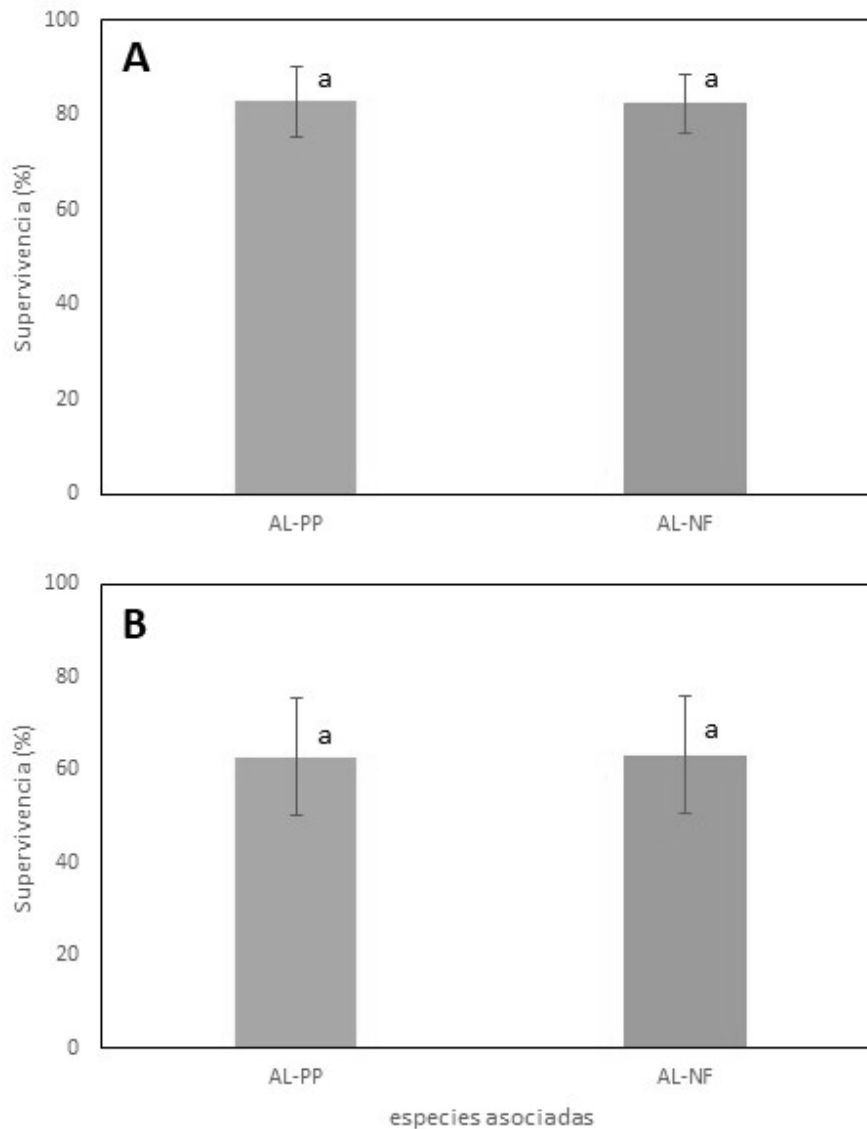


Figura 3. A: supervivencia promedio (%) luego de un año post plantación en los tres sitios de estudio (S1-S3), de las especies asociadas *Atriplex lampa*-*Parkinsonia praecox* (AL-PP), y *A. lampa*-*Neltuma flexuosa* (AL-NF). B: supervivencia promedio (%) a los dos años post plantación de las especies asociadas AL-PP y AL-NF. Las barras representan los desvíos estándar y las letras iguales que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p \geq 0.05$).

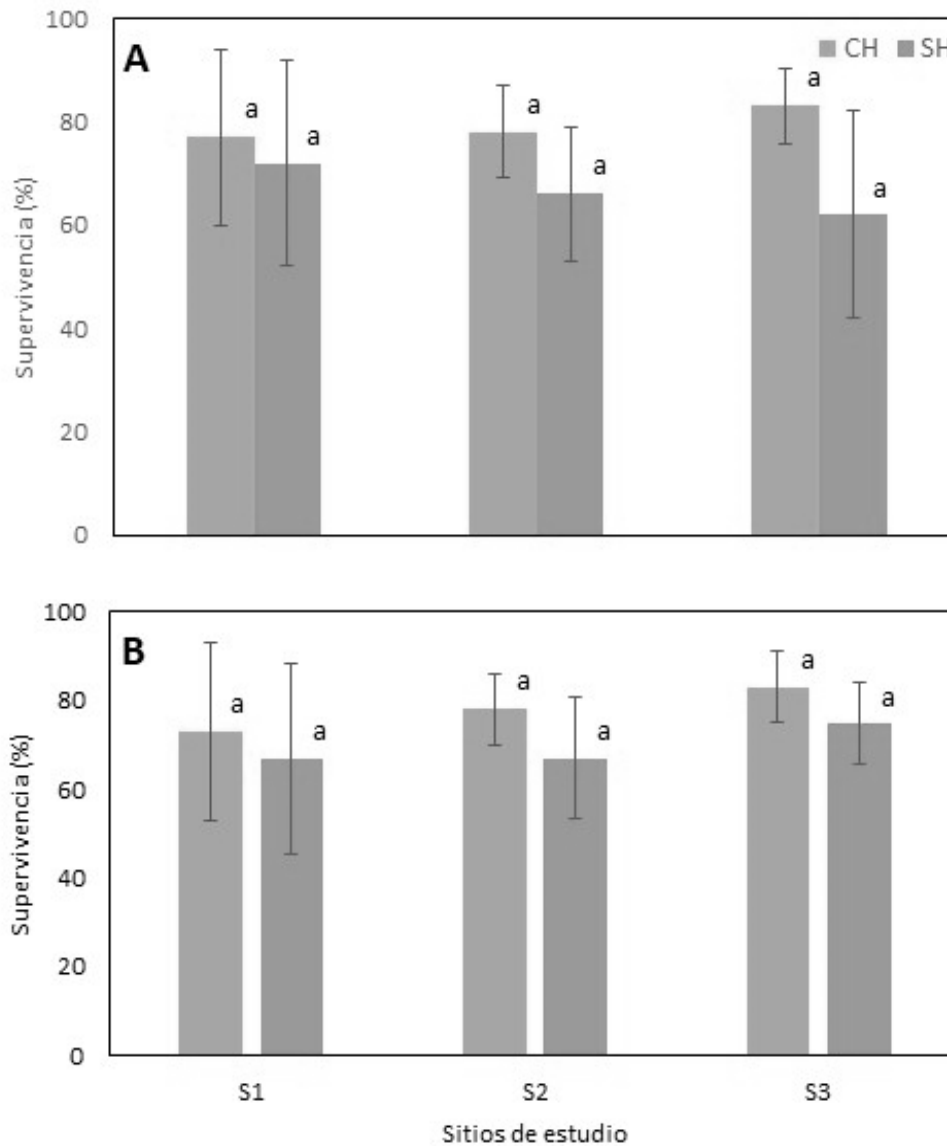


Figura 4. A: supervivencia a los dos años (%) de las especies asociadas *Atriplex lampa-Parkinsonia praecox*, por sitio de estudio (S1-S3), y tipo de riego, con hidrogel (CH) y sin hidrogel (SH). B: supervivencia a los dos años de las especies asociadas *A. lampa-Neltuma flexuosa var. depressa*, por sitio de estudio (S1-S3), y tipo de riego (CH, SH). Los valores se presentan como media y desvío estándar. Letras iguales que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p \geq 0.05$).

Luego de un año post plantación, el crecimiento de *A. lampa* fue similar cuando estuvo asociada a *N. flexuosa* y *P. praecox* con y sin agregado de hidrogel. Mientras que las especies fabáceas tuvieron distinto crecimiento, con los menores valores en *N. flexuosa* y *P. praecox* asociadas a *A. lampa* y con agregado de hidrogel ($p=0,019$). (Figura 6).

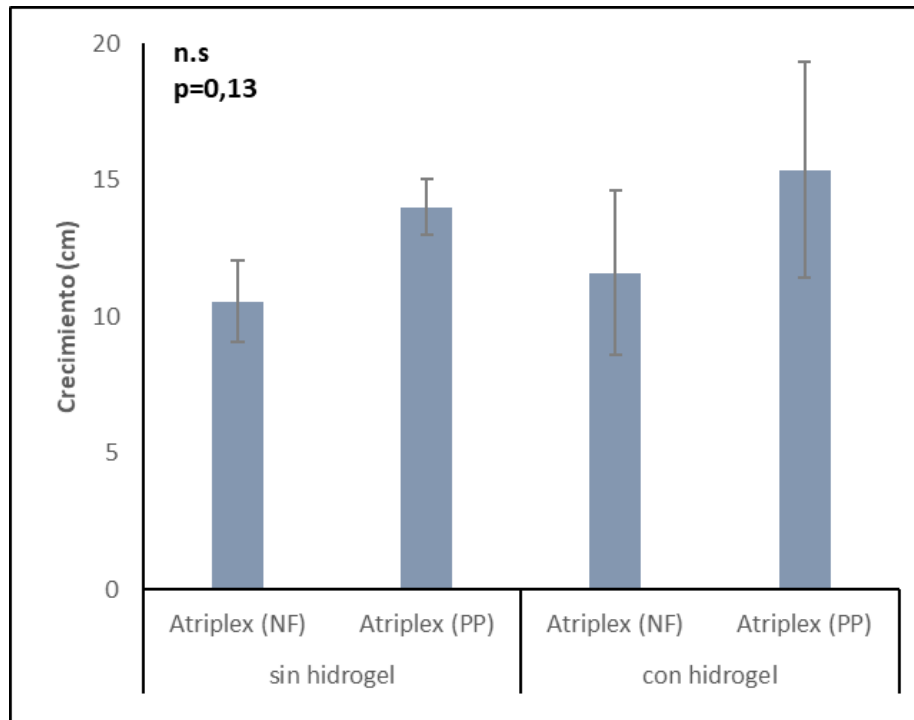


Figura 5. Crecimiento individual de los plantines de *A. lampa* según los tratamientos de plantación: *A. lampa* asociado a *N. flexuosa*- *Atriplex* (NF)- sin y con hidrogel; *A. lampa* asociado a *P. praecox* – *Atriplex* (PP) – sin y con hidrogel.

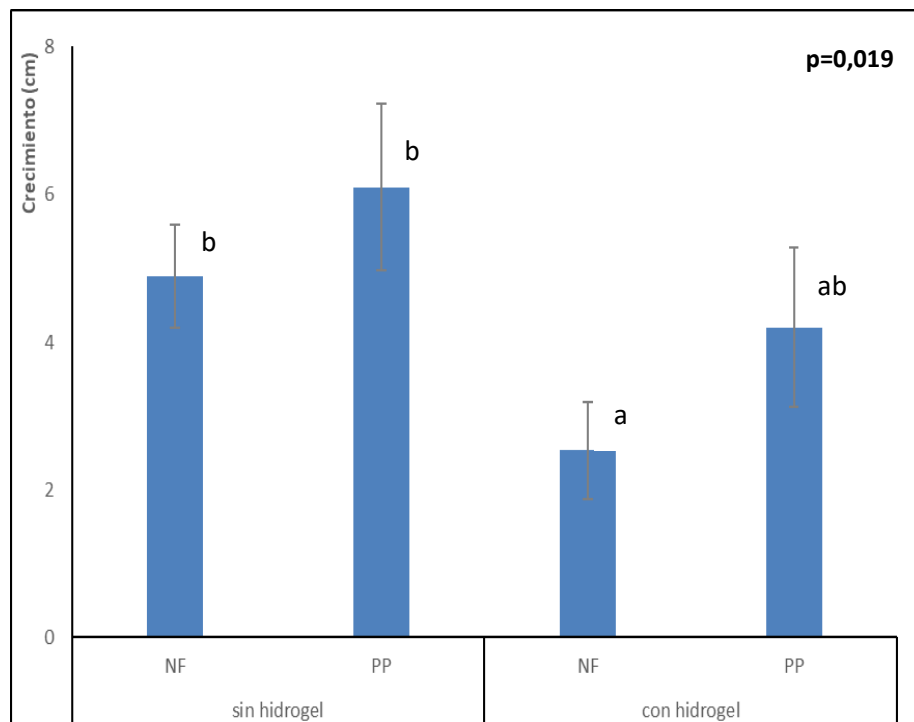


Figura 6. Crecimiento de los plantines de especies Fabaceas asociados a *A. lampa* sin y con hidrogel. NF: *N. flexuosa* asociada a *A. lampa*; PP: *P. parkinsonia* asociada a *A. lampa*. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre los tratamientos y especies ($p < 0.05$)

8. DISCUSIÓN

En términos generales, al transcurrir dos años de la plantación de *Atriplex lampa* en conjunto con *Parkinsonia praecox* los porcentajes de supervivencia obtenidos fueron similares. Si bien los resultados en cuanto a supervivencia y desarrollo de las especies utilizadas, comparativamente con estudios que realizaron plantaciones individuales no mejoraron sustantivamente los porcentajes, esto puede relacionarse directamente con parámetros microclimáticos de los sitios de estudio. Tanto, la temperatura, las precipitaciones oscilantes como las condiciones edáficas restrictivas, son condiciones limitantes tanto para el crecimiento como para el establecimiento de las especies (Pérez et al. 2014). La supervivencia de los plantines pudo verse afectada por el incremento de la temperatura del sustrato durante los meses que se llevó a cabo el ensayo. Varios autores señalan la relación entre la mortandad de los plantines con el incremento de la temperatura edáfica (González Chávez et al. 2001; Cortina et al. 2006; Sáenz Reyes et al. 2010). En este sentido, se requieren futuras investigaciones para confirmar la incidencia de la temperatura del sustrato en la supervivencia de los plantines utilizados en esta investigación.

En relación con la altura, *Atriplex lampa* se comportó de manera similar y los individuos de esta especie crecieron más que las Fabáceas. *A. lampa*, al igual que otras especies del género *Atriplex*, se destacan por su rápido crecimiento, por lo cual son consideradas de importancia para el control de la erosión, la rehabilitación de suelos degradados, y mejorar las condiciones microclimáticas y edáficas (efecto nodriza) (Le Houérou 1992; Ma et al. 2022). Con respecto a las Fabáceas, *P. praecox* creció más que *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, e incluso ambas especies crecieron más cuando no se les agregó hidrogel. Estos resultados fueron coincidentes con otros estudios de similares características, lo que indica que el agregado de hidrogel no siempre favorecería los parámetros de crecimiento (Rivera Fernández et al. 2018; Nieri et al. 2019). Esto podría deberse a que estas especies presentan características morfo-fisiológicas diferentes a *Atriplex*, por lo que podrían haber aprovechado mejor el agua proveniente de las precipitaciones. En particular *N. flexuosa* var. *depressa*, aprovecha mejor la adquisición del agua de lluvia debido a que presenta un sistema radicular dimórfico, lo que le permite poder obtener el agua a distintas profundidades del suelo (Villagra et al. 2011).

Para proyectos de restauración de zonas áridas es deseable que los plantines presenten buen desarrollo en general. Por esto, una de las estrategias más utilizadas en trabajos de restauración ecológica de zonas áridas y semiáridas susceptibles a desertificación es la recomposición de la cubierta vegetal, utilizando como técnica la plantación de especies nativas producidas en vivero (Pérez et al. 2010, Becker et al. 2013, Dalmaso y Martínez Carretero 2013, Farinaccio et al. 2013, González et al. 2013). Esta práctica requiere contar con material vegetal en cantidad, calidad, y diversidad; que garanticen o aumenten la chance de supervivencia en campo (Cortina et al. 2004). Los porcentajes de supervivencia hacen inferir que está técnica es valorable, no solo en lo que hace a su efectividad en el fin último para el que fue diseñada, sino también en cuanto a la menor utilización de recursos para llevarla a cabo. Ya que permite la plantación del doble de plantines con la mitad de las excavaciones.

9. CONCLUSIONES

El uso de la facilitación como estrategia para restaurar zonas severamente degradadas por la actividad hidrocarburífera requiere, en primer lugar, de una adecuada selección de las especies nodrizas, y por tanto de una clara diferenciación entre plantas que son meras pioneras y aquellas que pueden facilitar aún más especies menos tolerantes al estrés. En este sentido, el presente estudio ha demostrado que es posible la utilización de especies asociadas, con distintas estrategias de crecimiento.

El desarrollo del tema de investigación de esta tesis genera nuevos conocimientos inéditos sobre la performance de tres especies nativas de Monte, con una técnica de rehabilitación ecológica poco explorada en los ecosistemas áridos de Argentina. Es un aporte más al conocimiento existente sobre estas especies, con un enfoque novedoso que evalúa nuevas alternativas de uso y su contribución a la rehabilitación de sitios severamente degradados.

10. BIBLIOGRAFIA

- Abraham E. 2007. Desertificación, cambio global y sociedad (Argentina). En: Laboratorio de Desertificación y Ordenamiento Territorial, del Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas.
- Abraham E.M, Carso M.L. y Maccagno P. 2011. Tierras secas y Desertificación en Argentina. En: Evaluación de la Desertificación en Argentina. Gráfica latina.
- Abraham E., Del Valle H., Roig F., Torres L., Ares J., Coronato F. y Godagnone R. 2009. Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments*.
- Álvarez A. 2014. El aporte de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en interacción con especies vegetales de interés en procesos de restauración ecológica de zonas áridas y semiáridas. Aspectos ecológicos, microbiológicos y fisiológicos de la restauración de ambientes degradados de zonas áridas. Aportes de investigaciones de Argentina, Chile, Venezuela y México. 112 p.
- Aronson J., Le Floch E., Ovalle C. y Pontanier R. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands I. A view from the south. *Restoration Ecology*. 1: 8-17.
- Bainbridge D. 2007. Restoration approaches and planning. En: *A Guide for Desert and Dryland Restoration*. New hope for Arid Lands. Island press. Washington. USA. 90-111 p.
- Becker G.F., Bustos J.C., López C.R. y J. A. Ayesa J.A. 2013. Experiencias de revegetación de explanadas con especies nativas. En: Pérez D.R., Rovere A.E. y Rodríguez Araujo M.E. (eds). *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. Vázquez Mazzini. Argentina. 202-212 p.
- Beider A., Ciano N. y Zerrizuela R. 2013. Revegetación artificial de taludes de locaciones en corte en la cuenca del Golfo San Jorge. En: Pérez D. R., Rovere A. E. y Rodríguez Araujo M. E. (eds). *Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina*. Vazquez Mazzini Editores. 520 p.
- Brailovsky A.L. y Foguelman D. 2007. Memoria verde. Historia ecológica de la Argentina. Quinta Edición. De bolsillo bajo licencia de Editorial Sudamericana S.A. Buenos Aires. Argentina.
- Bradshaw A.D. 1993. Restoration ecology as a science. *Restoration Ecology*. 1:71-73.

- Cabrera A.L. 1976. Territorios Fitogeográficos de la República Argentina. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Buenos Aires. 85p.
- Chirino E., Vilagrosa A., Cortina J., Valdecantos A., Fuentes D., Trubat R., Puértolas J., Bautista S., Baeza M.J., Peñuelas J. y Vallejo V. 2009. Ecological restoration in degraded drylands: the need to improve the seedling quality and site conditions in the field. En: Steven P. Grossberg (ed.). Forest Management. 348 p.
- Cortina J., Maestre F.T. y Ramírez D. 2009. Innovations in semiarid restoration. The case of *Stipa tenacissima* L. steppes. In: Bautista S, J Aronson y R Vallejo (eds) Land restoration to combat desertification. Innovative approaches, quality control and project evaluation: 121-144.
- Cortina J., Bellot J., Vilagrosa A., Caturla R., Maestre F., Rubio E., Ortiz de Urbina J. y Bonet A. 2004. Restauración en Semiárido. En Vallejo V. y Alloza J. (Eds). Avances en el estudio de la gestión del Monte Mediterráneo. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). La imprenta comunicación gráfica SL. 407-436 p.
- Cortina J., Navarro R.M. y Campo A.D. 2006. Evaluación del éxito de la reintroducción de especies leñosas en ambientes Mediterráneos. Cap. 1. En: Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Vilagrosa A. y Savé R. (eds.). Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Dalmaso A. y Martínez Carretero E. 2013. Revegetación de áreas degradadas. Estudio de caso en plataformas petroleras en Malargüe, Mendoza. En: Pérez D., Rovere A.E. y Rodríguez Araujo M.E. (eds). Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. Vazquez Mazzini Editores. 275-292 p.
- Dalmaso A (ed.). 2018. Experimentia 6. Revista de transferencia científica. Inca Editorial y Talleres Gráficos Cooperativa de Trabajo Limitada, Mendoza, Argentina. ISSN 1853-905X.
- Del Valle, H.F., Elissalde N.O., Gagliardini D.A. y Milovich J. 1998. Status of Desertification in the Patagonian Region: Assessment and Mapping from Satellite Imagery. Arid Soil Research and Reahabilitation. 12: 95-122. Dirección Nacional de Geología y Minería, 1963. Mapa Hidrogeológico de la Rep. Argentina. Ministerio de Economía de la Nación. Bs. As. 45 p.

- Disposición 226/11. 2011. Subsecretaría de Medioambiente de la Provincia de Neuquén.
- Dumroese R.K., Luna T. y Landis T.H. 2009. Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries. Vol. 1. Nursery management. Agriculture Handbook 730. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, D.C. Estados Unidos. 302 p.
- Ezcurra E. 2006. Global Desert Outlook. United Nations Environment Programme. UK. 161p.
- Farinaccio F.M., Rovere A.E. y Pérez D. 2013. Rehabilitación con *Pappostipa speciosa* (Poaceae), en canteras abandonadas por actividad petrolera en zonas áridas de Neuquén, Argentina. Cap. 22. En: Pérez D., Rovere A.E. y Rodríguez Araujo M.E. (eds). Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. Vazquez Mazzini Editores. 520 p.
- Fernández A. 2002. Respuesta de la fauna modificadora del suelo a la regeneración natural de explanadas petroleras del Monte. Universidad Maimónides. Buenos Aires. 54 págs
- Gandullo R., Coscaron Arias, C. 2004. Flora típica de las Bardas de los Alrededores de Neuquén. Edición de Petrobras.
- Gandullo R, Gastiazoro J, Schmid P. 2010. Barriales vegetation from northern central Neuquén province. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales. 12(1):1–4. doi:10.22179/REVMACN.12.246.
- González F.M., D. Pérez y A.E. Rovere. 2013. Reintroducción de especies nativas de dos grupos funcionales en zonas áridas degradadas del Área Natural Protegida Auca Mahuida, Neuquén, Argentina. En: Pérez D. R., Rovere A. E. y Rodríguez Araujo M. E. (eds). Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. Vazquez Mazzini Editores. 320-323 p.
- Holtz U. 2003. La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) y su dimensión política.
- Imeson A. 2012. Desertification, Land Degradation and Sustainability. John Wiley y Sons. UK. 326 p.
- Le Houérou H.N. 1992. The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: a review. Agroforestry systems, 18(2), 107-148.

- López de Casenave J. 2001. Estructura gremial y organización de un ensamble de aves del desierto del Monte. Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Luque J.L., Ciano N.F., Nakamatsu V., Lisoni C.V. y Lisoni, C. 2012. Plan de abandono de canteras y picadas en la cuenca del Golfo San Jorge. Patagonia Argentina.
- Ma D., He Z., Bai X., Wang W., Zhao P., Lin P., y Zhou H. 2022. *Atriplex canescens*, a valuable plant in soil rehabilitation and forage production. A review. *Science of The Total Environment*. 804: 150287.
- Matteucci S.D. 2012. Ecorregión Monte de Llanuras y Mesetas. Cap. 10. En: Morello J., Matteucci S. y Rodriguez A. *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. 1° Edición. Orientación Gráfica Editora. 752 p.
- McDonald T., Gann G.D., Jonson J. y Dixon K.W. 2016. International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C.
- Morales C. 2005. Pobreza, desertificación y degradación de tierras. Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales. CEPAL: Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas.
- Morello J. 1958. La provincia fitogeográfica del monte. Universidad Nacional de Tucumán. Instituto Miguel Lillo. 155pp.
- Navarro R.M., del Campo A.D. y Cortina J. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. Cap. 2. En: Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Vilagrosa A. y Savé R. (eds.). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos*. Estado actual de conocimientos. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Newton A.C. y Tejedor N. (eds.). 2011. *Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina*. Gland, Suiza: UICN y Madrid, España: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas. 409 p.
- Nieri, E. M., Teixeira, C. E. S., de Melo, L. A., da Silva, D. S. N., Luz, M. S., & Botelho, S. A. 2019. Water retaining polymer and fertilization in the implantation of *Toona ciliata* M. Roemer. *Sci. For.*, Piracicaba. 47(122): 317-325.

- Pedrini S., Gibson-Roy P., Trivedi C., Gálvez-Ramírez C., Hardwick K., Shaw N., Frischie S., Leverack S., Dixon K. 2020. Collection and production of native seeds for ecological restoration. *Restoration Ecology*. 20(3): 228–238.
- Pérez D., Rovere A.E. y Farinaccio F.M. 2010. Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina. Vázquez Mazzini Editores. 80 p.
- Pérez D.R., Rovere A.E. y Rodríguez Araujo M.E. (eds.). 2013. Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. Vazquez Mazzini Editores. 520 p.
- Pérez D., Farinaccio F. y Aronson J. 2018. Towards a dryland framework species approach. Research in progress in the Monte Austral of Argentina. *Journal of arid environments*.
- Rey Benayas J.M., Newton A.C., Diaz A. y Bullock J.M. 2009. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*. 325: 1121-1124.
- Reynolds J. F. y Stafford Smith D.M. 2002. Do humans cause deserts? En: Reynolds J. F. y Stafford Smith D. M. (eds.). *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* Dahlem Workshop Report 88, Dahlem University Press, Berlin. 1-21 p.
- Reynolds J. F., Grainger A., Stafford Smith D.M., Bastin G., Garcia-Barrios L., Fernández R.J. 2011. Scientific concepts for an integrated analysis of desertification. *Land Degradation Development*. 22:166–183.
- Reynolds J.F., *et al.* 2005. Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas (AEET)*.
- Rivera Fernández R.D., Rodríguez Jarama F., Gallo F.M., y Mendoza Intriago, D.A. 2018. Eficiencia del agua de riego mediante la aplicación de hidrogel en *Capsicum annum* en suelo Fluvisol. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. 50(2): 23-31.
- Roig F.A. 2001. Flora medicinal mendocina. Las plantas medicinales y aromáticas de la provincia de Mendoza (Argentina). (Aborígenes, exóticas espontáneas o naturalizadas y cultivadas) EDIUNC, Mendoza.
- Roig F.A., Roig-Juñent S. y Corbalán V. 2009. Biogeography of the Monte Desert. *Journal of Arid Environment*. 73: 164 – 172.
- Sassi P., Borghi C.E., Bozinovic F. 2007. Spatial and Seasonal Plasticity in Digestive Morphology of Cavies (*microcavia australis*) Inhabiting Habitats with

Different Plant Qualities. *Journal of Mammalogy*. 88(1):165–172.
doi:10.1644/06-MAMM-A-046R1.1.

- SER (Society for Ecological Restoration). 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org. Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Stringer L., Akhtar-Schuster M., Marques M.J., Amiraslani F., Quatrini S., Abraham E. 2011. Combating land degradation and desertification and enhancing food security: towards integrated solutions. *Annals of Arid Zone* 50: 1–23.
- Tellería M.C. y Forcone A. 2000. El polen de las mieles del valle de Río Negro, Provincia Fitogeográfica del Monte (Argentina). *Darwiniana*. 38 (3-4): 273-277.
- UN-CCD / PNUMA. 1995. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África. Texto con anexos. Suiza, UN CCD. 71 p.
- UNCCD. 1994. United Nations Convention to Combat Desertification, Intergovernmental negotiating committee for a convention to combat desertification, Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, particularly in Africa. U.N. Doc. A/AC.241/27,33 I.L.M- 1328. United Nations, New York, USA.
- UNESCO. 2010. Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe. Dentro del marco del proyecto: Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas de América Latina y el Caribe. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 25.
- Vargas O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biológica colombiana*, 16(2), 221-246.
- Villagra P.E., Giordano C., Álvarez J.A., Bruno Cavagnaro J., Guevara A., Sartor C., y Greco S. 2011. Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina. *Ecología austral*. 21(1): 29-42.
- Villagra P.E., Passera C.B., Greco S., Sartor C., Aranibar J.N., Meglioli P.A. y Kozub P.C. 2017. Uso de plantas nativas en la restauración y recuperación productiva de ambientes salinos de las zonas áridas de la región del Monte, Argentina. *Ambientes salinos y alcalinos de la Argentina*. Universidad Católica de Córdoba-Orientación Gráfica Editora, Córdoba, Argentina, 419-444.

- Walker R.L y Del Moral R. 2015. Primary succession and ecosystem rehabilitation. Cambridge, Inglaterra: University Press. ISBN 0-521-80076-5.
- Yirdaw E., Tigabu M. y Monge. A. 2017. Rehabilitation of degraded dryland ecosystems—review. *Silva Fennica*. 51(1b).
- Young T.P., Petersen D.A. y Clary J.J. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology letters*, 8(6), 662-673.
- Zuleta G.A. y Li Puma M.C. 2013. Diseño de enramados para rehabilitar montículos naturales en locaciones petroleras del monte austral, norpatagonia. En: Pérez D. R., Rovere A. E. y Rodríguez Araujo M. E. (eds). *Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina*. Vazquez Mazzini Editores. 520 p.
- Zuñiga D. y Pérez D. 2014. Uso de *Parkinsonia praecox* (Fabaceae) para la recuperación en sitios con disturbio severo del Monte Austral de Argentina: evaluación de su supervivencia en campo y crecimiento en zonas áridas de la Patagonia. Aspectos ecológicos, microbiológicos y fisiológicos de la restauración de ambientes degradados de zonas áridas. *Aportes de investigaciones de Argentina, Chile, Venezuela y México*. 112 p.

11. Material suplementario

De acuerdo al marco de referencia detallado anteriormente en este estudio se trabajó con tres especies, una de la familia Chenopodiaceae, y dos Fabáceae: *Atriplex lampa* (Moq.) D. Dietr., *Neltuma flexuosa* DC. var. *depressa* F.A. Roig y *Parkinsonia praecox*; (Ruiz & Pav.) Hawkins. A continuación, se detallan cada una de ellas:

Atriplex lampa. Es un arbusto ramoso, amarillento o ceniciento de aproximadamente 1 m de altura. Las hojas de 1 a 3 cm de largo son oblongas o pinatipartidas, plegadas sobre el nervio central, con el eje arqueado (Forcone y González 2014) (Figura 2). Es una especie dioica (presenta flores femeninas y masculinas en distintos individuos). Es endémica de Argentina, y se extiende desde la provincia de Tucumán hasta el norte de la provincia de Santa Cruz (Beider 2012).

Es una especie de valor forrajero, ya que su oferta de forraje es sostenida y uniforme en comparación con otras herbáceas nativas. Además, presenta buena digestibilidad y contenido proteico, sobre todo en épocas de sequía, donde la oferta de forraje disminuye (Fernández et al. 1999). En medicina popular se la utiliza como astringente y digestiva (Del Vito et al. 1997). Se realizan sahumados con sus ramas para prevenir enfermedades, para calmar el dolor de cabeza y como expectorante y antitusivo (Montani 2012)



Figura 5. Detalle de un ejemplar de *Atriplex lampa*

***Neltuma flexuosa* var. *depressa*.** Arbusto caducifolio, que alcanza los 3 m de altura. Posee raíces profundas y ramas principales subterráneas, horizontales, de las cuales emergen ramas aéreas erectas flexuosas abarcando un espacio de hasta 10 m de diámetro (Forcone y González 2014). Las ramas poseen espinas de 0.3 a 6 cm de longitud las cuales se disponen de a dos en los nudos. Las hojas son bicompuetas con folíolos pequeños y numerosos. Las flores son pequeñas y se agrupan en racimos de color amarillo (Figura 3). El fruto es una legumbre recta y comprimida, color pajizo, indehiscente. especie endémica del oeste de la Argentina, característica de la provincia del Monte, es común en Mendoza, La Pampa, Río Negro y el extremo sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Beider 2012).

Esta especie produce frutos muy apetecidos por granívoros, principalmente hormigas y roedores, como también por herbívoros nativos y exóticos (Álvarez y Villagra 2009). Son consumidos por los herbívoros tanto el follaje como los frutos (Ramírez y Beloso 2002). *Neltuma flexuosa*, como otras especies del mismo género, tiene importancia como planta melífera y es utilizada por las abejas como fuente de polen y de néctar (Tellería y Forcone 2000; Álvarez y Villagra 2009).

Las especies del género *Neltuma* han sido utilizadas por distintas comunidades para distintos fines, como leña, comestible (chauchas), y medicinal (diurética, espectorante, antidiarreica) (Roig 2001; Álvarez y Villagra 2009).



Figura 6. Detalle de un ejemplar de *Neltuma flexuosa* var. *depressa*

Parkinsonia praecox* var. *glaucum : Es un arbusto de 1.5 a 3 m de altura, y en algunas regiones puede alcanzar hasta 5 m (Forcone y González 2014). Presenta tronco corto con corteza verde y lustrosa. Posee ramas con espinas de 1.5 a 2.5 mm, rara vez solitarias. Exuda naturalmente o en heridas de sus troncos y ramas una goma (Forcone y González 2014). Las hojas son bipinadas, con folíolos secundarios de 2.5 a 3.5 mm. Las flores se agrupan en número de 4 a 6 en racimos corimbiformes, y éstos nacen de los nudos donde se insertan las espinas y las hojas. El fruto es una legumbre comprimida, de 2 a 8 cm, suavemente reticulada. Es una especie endémica del oeste y norte de Argentina, se halla distribuida desde la provincia de Jujuy hasta Río Negro. Habita en lugares de extrema aridez, desde el nivel del mar hasta los 2000 m de altura (Zuloaga et al. 2008) (Figura 4).

En medicina popular esta planta es utilizada en cataplasmas para combatir las afecciones reumáticas (Roig 2002). La goma que exuda el tallo se conoce como goma-brea, la cual se ha demostrado que tiene las mismas aplicaciones que la goma arábica de uso comestible (Spotti et al. 2016). La corteza del tronco y la madera es utilizada para teñir lana de color marrón claro (Stramigioli 2007). Es una planta de interés apícola en el Monte Austral (Tellería y Forcone 2000).



Figura 7. Ejemplar adulto de *Parkinsonia praecox*, en floración