

(EFH): 30 días a 4° C (heladera) previamente humedecidas y 3) Testigo: Sin tratamiento hasta el inicio del ensayo. Para la evaluación del banco de semillas se aplicó la metodología de banco germinable. Los ensayos se realizaron en invernáculo bajo condiciones controladas, las bandejas fueron mantenidas a capacidad de campo durante 120 días y semanalmente se contabilizaron e identificaron las plántulas emergidas.

✓ ENSAYOS DE SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO

En condiciones de vivero, se trasplantaron en macetas plásticas conteniendo las diferentes mezclas y plantines de especies nativas. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 5 tratamientos (mezclas), 3 especies y 10 repeticiones por tratamiento y por especie. Al momento del trasplante y cada 30 días se realizó recuento de plantas vivas y se midió altura y diámetro mayor y menor de copa de cada planta.

✓ PLANTACIÓN A CAMPO

En las diferentes locaciones seleccionadas se realizó un escarificado a 30 cm de profundidad y se distribuyó superficialmente la mezcla (previamente realizada) conteniendo 50 % de RP y 50 % SS de la propia locación. Luego se escarificó nuevamente en dirección perpendicular a los vientos predominantes. La plantación se realizó con un diseño en línea y una densidad de 1 planta cada 1 m y una separación entre líneas de 1 m. Las plantas fueron producidas convencionalmente en los viveros institucionales, se llevaron a campo en macetas de 300 cc y recibieron riegos de apoyo al momento de la plantación (otoño) y a mediados y fines del verano siguiente. A fines de verano, otoño y primavera se realizó el recuento de plantas vivas y se midió altura, diámetro mayor y menor de copa de cada planta.

Capítulo I

PROVINCIA DE MENDOZA DIAGONAL ÁRIDA DE LA ARGENTINA

Antonio D. Dalmaso¹, Victoria Parera¹, Eduardo Martínez Carretero¹,
Carina Elmida¹, Daniela Moreno¹ y María Elena Oneto²
Asesoramiento del Proyecto: Joaquín Llera³ y Carlos Parera⁴
Colaboradores tareas de vivero y campo:
Francisco Fernández¹, Yanina Rivas¹ y Darío Bustamante¹
YPF: Rodrigo Contreras⁵

INTRODUCCIÓN

Los recortes de perforación base agua (RP) o cutting son una mezcla de los fluidos de perforación y el material geológico triturado, proveniente de las formaciones que van atravesando las operaciones de perforación de los pozos. Actualmente estos recortes de las empresas petroleras, luego del proceso de control de sólidos por circuito cerrado, se transportan en volquetes desde el pozo de perforación hasta un repositorio o cuttinera de carácter transitorio. Una vez descargado es secado por aireación natural o mediante volteos con maquinaria vial. Finalizado este proceso de elevado costo, se realiza un muestreo para analizar los parámetros acordados con la autoridad de aplicación. Cuando el resultado obtenido demuestra que el material se encuentra por debajo de los límites de referencia, queda disponible para su traslado y utilización como árido. El uso actual predominante, para este caso, es la recuperación topográfica de canteras, caminos, etc. En caso contrario, el material se destina a un repositorio para su posterior tratamiento.

Debido a las grandes cantidades de este material que se generan (120 a 450 m³ por pozo) y los costos ambientales y de seguridad asociados al transporte desde los pozos

- 1 Conicet - Iadiza. Grupo de Geobotánica y Fitogeografía
- 2 Responsable coordinación Y-TEC (YPF Tecnología)
- 3 Facultad de Ciencias Agrarias - U.N. de Cuyo
- 4 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - EEA - Luján de Cuyo
- 5 Responsable ambiental Yacimiento el Portón

al repositorio y su posterior tratamiento, surge la necesidad de desarrollar opciones de reutilización de estos materiales. Con la investigación se buscó que los RP no sean almacenados en un repositorio sino que sean incorporados en los pozos de exploración como un material acondicionado con el *suelo superficial* (SS) o topsoil, de modo de generar un sustrato que permita recuperar en los sitios impactados el crecimiento y desarrollo de la flora nativa. Considerando que el RP se caracteriza por retener elevados porcentajes de humedad, podría favorecer su uso potencial en tareas de revegetación in situ, como así también de otras áreas degradadas como antiguas locaciones, canteras y picadas, facilitando el retorno del ecosistema degradado a su trayectoria deseada y reanudar los procesos ecológicos.

El proceso de restauración en las áreas degradadas por actividades extractivas en las diferentes regiones debe iniciarse propiciando las condiciones para el establecimiento de la vegetación. Una vez acondicionado el sustrato se procederá al establecimiento de las especies nativas y la realización conjunta de prácticas de facilitación, con el objeto de acompañar el proceso natural de la sucesión vegetal.

En este marco se plantea un ensayo experimental destinado a la evaluación de posibles usos de estos materiales, usualmente no considerados como sustrato, para proyectos de rehabilitación y/o restauración "in situ", con la finalidad de buscar una práctica ambiental sustentable que evite los traslados del residuo (locación-repositorio-sitio final de disposición).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad de uso del RP para la generación de un sustrato que favorezca la restauración ecológica de la locación que generó el material (reuso in situ), y otros ambientes degradados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterizar el RP, SS y mezclas en parámetros físico-químicos, ambientales y el ecosistema de referencia.
- ✓ Evaluar el ecosistema de referencia y analizar su banco de semillas.

- ✓ Evaluar la capacidad del RP y/o mezclas de RP y SS para sostener la vegetación.
- ✓ Determinar experimentalmente la supervivencia en campo de especies nativas implantadas en mezcla de RP con SS.
- ✓ Generar un procedimiento de trabajo para la reutilización del RP como sustrato para sostener la vegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Las muestras para la preparación de los ensayos (objetivos 1 y 2) se extrajeron de Chachahuén, ubicado a 100 km al Norte del Yacimiento El Portón, Neuquén. Se trabajó en el sur del Dpto. de Malargüe, Mendoza, en locaciones de pozos de Desfiladero Bayo (objetivo 3), perteneciente al Yacimiento El Portón (Figura 1).

La precipitación media anual en el área de estudio es de 134,09 mm.año⁻¹ para 13 años de registro. La concentración de las precipitaciones es invierno- primaveral, con veranos tórridos (Estación Meteorológica Buta Ranquil, SMN); mientras que hacia el SE (Rincón de los Sauces), las lluvias tienden a ser primavera-estivales. La temperatura media anual es de 13,4°C y la máxima absoluta en los meses de enero y febrero (39,5°C), con una mínima absoluta en el mes de junio de -11,3°C (Estación Chos Malal, Neuquén, SMN). Los vientos predominantes son los del oeste noroeste y noreste (Ranquil Norte- IADIZA, años 1971/78, Estrella et al, 1980; Chos Malal, Neuquén, SMN). 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, los que inciden aumentando la temperatura y bajando la humedad en la zona, mientras que descargan la humedad en el oeste.

El área de trabajo perteneciente a la Diagonal Árida Argentina (Martinez Carretero, 2013) comprende montañas, serranías y piedemontes, junto con zonas deprimidas y llanuras en contacto con La Payunia (Polanski, 1954).



Figura 1. Ubicación del área de estudio

La metodología aplicada se detalla en el Anexo Protocolo. Sólo se incluyen pequeñas modificaciones metodológicas en los ensayos específicos que lo requieran.

Para la denominación de las especies vegetales se consultó a Zuloaga & Morrone (1996, 1999) y Zuloaga *et al.* (2008).

ETAPA 1

Caracterización del material y ecosistema de referencia

Esta etapa busca cumplir con los objetivos específicos 1 y 2. Se caracterizó el SS, el RP y sus mezclas (tecnosoles) de las diferentes zonas en aspectos físico-químicos, ambientales, y de fertilidad. Además se caracterizó el ecosistema de referencia y se elaboró un listado de especies con potencialidad para la restauración.

Recortes de perforación (RP) y suelo superficial (SS)

MUESTREO DE RP Y DE SS

Los recortes de perforación en el caso de Mendoza, se obtuvieron de un repositorio (cuttinera) con RP de tres locaciones provenientes de Chachahuén, identificadas como Chus_30 (37° 20'17.45''S/68° 53'32.19''O), Chus_45 (37° 20'32.43''S/68° 52'49.16''O) y Chus_46 (37° 21'12.63''S/68° 53'32.19''O (Foto 1). El SS se colectó de los alrededores de



Foto 1. Detalle de repositorios de las locaciones de Chachahuén

las tres locaciones. En ambos casos se tomaron 200 litros de muestra correspondientes a las locaciones (Foto 2).

Con muestras de RP y SS se realizaron mezclas (tratamientos) en distintas proporciones para realizar los ensayos de germinación y vivero.

M0: 100 % SS (testigo);

M1: 75 % SS + 25 % de RP;

M2: 50 % SS + 50 % de RP y;

M3: 25 % SS + 75 % de RP.

M4: 100 % RP

A los RP, SS y mezclas se les efectuaron análisis físico químicos: pH (1:2,5- procedimiento RILSAV INTA), conductividad eléctrica (conductimetría en el extracto de la pasta de satu-

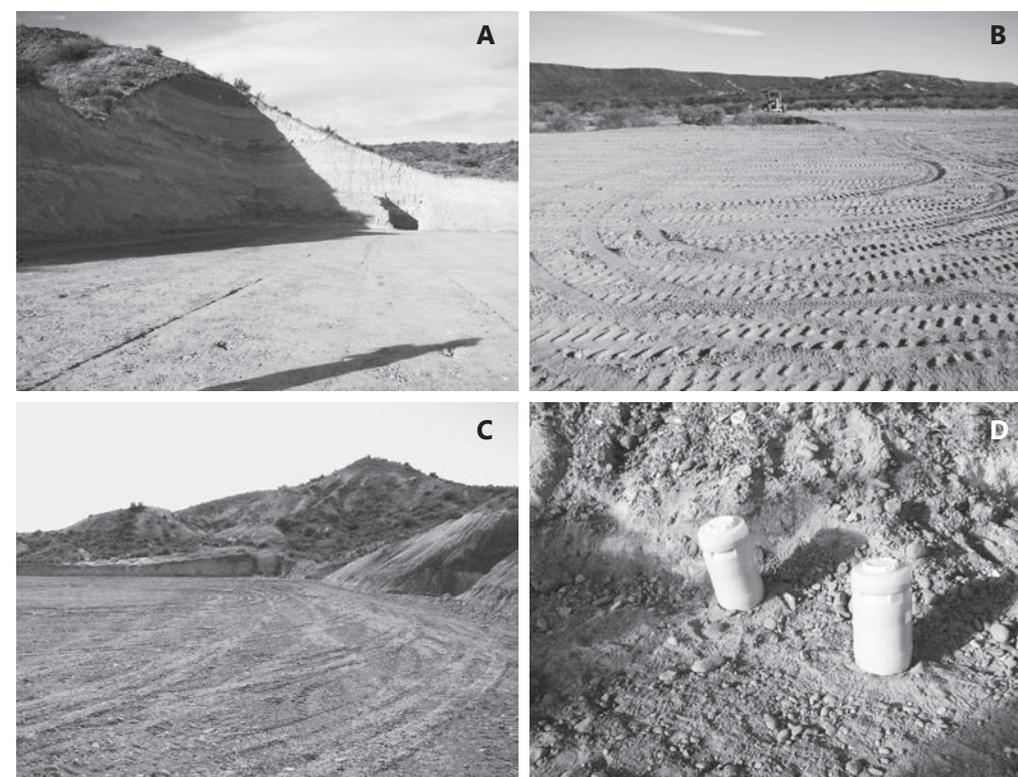


Foto 2. A)- Locación Chus_30. B)- Locación Chus_46. C)- Locación Chus_45. D)- Muestras de SS

ración de suelo), sodio (determinación de sodio en extracto de suelo por fotometría de llama), textura con el hidrómetro de Bouyoucos- (LS-PT-03), de fertilidad y ambientales.

A los RP se le efectuaron además análisis ambientales (Laboratorio INDUSER, Neuquén).

Resultados

ANÁLISIS AMBIENTAL, FÍSICOQUÍMICOS Y DE FERTILIDAD DE SS, RP Y MEZCLAS

Análisis ambiental de recortes de perforación (RP)

Todos los valores de toxicidad se encuentran por debajo de las exigencias legales de la Provincia de Mendoza. Los hidrocarburos totales, aceite y materia grasa de los RP son aceptables en las muestras de Chus 30, 45 y 46 (Tabla 1).

Tabla 1: Resultados del análisis químicoambiental sobre muestra compuesta tal cual y lixiviada de RP de las locaciones Chus_30, Chus_45 y Chus_46 (Laboratorio INDUSER, Neuquén)

Parámetros	Método	Unidad	Chus_30	Chus_45	Chus_46	Límites Admisibles
pH relación 1:1	EPA 9045 D	UpH	12.5	10.0	9.6	
Inflamabilidad	AST M D93	°C	>100	>100	>100	
Arsénico	EPA 3050 B/6010 C	mg/kg	<10	<10	<10	40
Bario	EPA 3050 B/6010 C	mg/kg	887	161	217	2000
Cadmio	EPA 3050 B/6010 C	mg/kg	<1	<1	<1	2
Zinc	EPA 3050 B/6010 C	mg/kg	<5	<5	<5	1500
Cobre Total	EPA 3050 B/6010 C	mg/kg	21	<5	25.5	500
Cromo	EPA 3050 B/6010 C	mg/kg	23.8	<5	<5	800
Mercurio	EPA 7471 B	mg/kg	<0.8	<0.8	<0.8	20
Níquel	EPA 3050 B/6010 C	mg/kg	<5	<5	<5	500
Plata	EPA 3050 B/6010 C	mg/kg	121.4	10.3	<5	40
Hidrocarburos Totales (GRO+DRO)	EPA 5021 a 3550 C/ 8015 C	mg/kg	5839	1509	5929	
Aceite y Materia Grasa*	EPA 3050 C/ 413.2	mg/kg	6800	1870	6230	
Benceno	EPA 5021 A/8260 C	mg/kg	0.26	<0.05	<0.05	5
Tolueno	EPA 5021 A/8260 C	mg/kg	3.63	0.13	0.47	30
Etilbenceno	EPA 5021 A/8260 C	mg/kg	1.57	0.13	0.54	50
m,p-Xileno	EPA 5021 A/8260 C	mg/kg	8.06	0.97	5.02	No detalla
o-Xileno	EPA 5021 A/8260 C	mg/kg	3.1	0.32	1.91	

Parámetros	Método	Unidad	Chus_30	Chus_45	Chus_46	Límites Admisibles
Xilenos Totales						50
Humedad	SM 2540 G	mg/kg	75.2	38.8	63.6	No detalla
SOBRE LIXIVIADO	EPA 1310 B					No detalla
Selenio	EPA 3010 A/6010 C	mg/kg	<0.10	<0.10	<0.10	10
Antimonio	EPA 3010 A/6010 C	mg/kg	<0.10	<0.10	<0.10	40
Compuestos Fenólicos no clorados	SM 5530 B/C	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	10

Todas las muestras de SS se manifiestan con una marcada alcalinidad (Tabla 2), con predominio de un suelo con textura arenosa con cierta susceptibilidad a erosión eólica. Ambas características no representan una barrera como soporte para la flora nativa. Mientras que las muestras de RP de las tres locaciones manifiestan salinidad y fuerte sodicidad (Tabla 3), con una textura arenosa a franco arenosa.

Tabla 2. Análisis físico-químicos de SS de las locaciones Chus_30, Chus_45 y Chus_46

ID muestra	pH (1:2,5)		Salinidad (mmhos/cm)		Sodicidad	
	Dato	Clasificación	Dato	Clasificación	Dato	Clasificación
Chus_30	7.85	Med. alcalino	3.21	Lev. problemas	0.46	Sin problemas
Chus_46	8.04	Med. alcalino	2.49	Sin. problemas	0.93	Sin problemas
Chus_45	7.09	Mod. alcalino	3.36	Lev. problemas	4.9	Lev. problemas

	A+L	Arcilla	Limo	Arena	Textura
	%				
Chus_30	12,56	5,00	7,56	87,44	Arenosa
Chus_45	6,56	2,00	4,56	93,44	Arenosa
Chus_46	8,56	2,00	6,56	91,44	Arenosa

Tabla 3. Análisis de conductividad del extracto a saturación (dS/m) y pH de las mezclas M0, M1, M2, M3 y M4 de las locaciones Chus_30, Chus_45 y Chus_46

Identificación	ICEes dS/m	pH
*NDBE-103 M0	5,03	7,37
Chus_30 M1	5,28	7,91
Chus_30 M2	7,06	7,82
Chus_30 M3	8,13	7,87
Chus_30 M4	9,24	7,90
*NDBR-48 M0	6,21	7,31
Chus_45 M1	4,53	7,86

Identificación	ICEes dS/m	pH
Chus_45 M2	5,65	7,78
Chus_45 M3	7,20	7,90
Chus_45 M4	7,79	7,83
*LaCo X-1 M0	3,28	7,65
Chus_46 M1	6,84	7,83
Chus_46 M2	8,50	7,75
Chus_46 M3	9,25	7,76
Chus_46 M4	10,7	7,83

Fuente: Laboratorio EEA INTA- Luján

*Fuente: Laboratorio IADIZA

Los resultados de fertilidad muestran que el SS presenta muy baja fertilidad ya que posee escasa materia orgánica y bajo a muy bajo contenido de potasio intercambiable. Las mezclas tienen una baja proporción de materia orgánica, muy bajos niveles de nitrógeno, bajo a medio contenido de fósforo y bajos niveles de potasio presentes (Tabla 4).

Tabla 4. Contenidos de materia orgánica y fertilidad de las mezclas SS y RP en las locaciones de Chachahuén

Muestra	Mezcla	Materia orgánica (%)		Nitrógeno total (%)		Fósforo disponible (ppm)		Potasio intercambiable (meq/100g)	
		Dato	Clasificación	Dato	Clasificación	Dato	Clasificación	Dato	Clasificación
Chus_30	M0	1.06	Muy Bajo	0.039	Extrem. bajo	7.1	Muy Bajo	0.25	Muy Bajo
Chus_30	M1	0.41	Extrem. bajo	0.039	Extrem. bajo	3.9	Extrem. bajo	0.50	Bajo
Chus_30	M2	0.67	Extrem. bajo	0.024	Extrem. bajo	4.2	Extrem. bajo	0.50	Bajo
Chus_30	M3	0.91	Muy Bajo	0.017	Extrem. bajo	5.0	Muy bajo	0.25	Muy Bajo
Chus_46	M0	0.14	Muy Bajo	0.036	Extrem. bajo	12.6	Medio	0.25	Muy Bajo
Chus_46	M1	0.28	Extrem. bajo	0.021	Extrem. bajo	4.8	Extrem. bajo	0.25	Muy Bajo
Chus_46	M2	0.38	Extrem. bajo	0.017	Extrem. bajo	6.3	Muy bajo	0.25	Muy Bajo
Chus_46	M3	0.33	Extrem. bajo	0.013	Extrem. bajo	5.3	Muy bajo	0.25	Muy Bajo
Chus_45	M0	0.31	Muy Bajo	0.044	Extrem. bajo	8.9	Bajo	0.25	Muy Bajo
Chus_45	M1	0.48	Extrem. bajo	0.015	Extrem. bajo	7.6	Muy bajo	0.25	Muy Bajo
Chus_45	M2	0.35	Extrem. bajo	0.014	Extrem. bajo	3.5	Extrem. bajo	0.25	Muy Bajo
Chus_45	M3	1.25	Bajo	0.015	Extrem. bajo	5.8	Muy bajo	0.25	Muy Bajo

Fuente: Laboratorio IADIZA

ANÁLISIS DE MICROORGANISMOS EN RP Y SS

Se observó que la cantidad de bacterias en el RP es similar a las halladas en las respectivas muestras de SS, lo que convierte al mismo en un material representativo del área en cuanto a comunidad microbiana para utilizar como sustrato de la vegetación.

Resultados

En los RP sólo se determinó la cantidad de bacterias ($2,6 \times 10^4$ a $1,6 \times 10^6$), no contabilizándose las esporas por dificultades que ofrece el material. Los resultados muestran una importante cantidad de microorganismos presentes que podrían cumplir una función de inóculo microbiano cuando este elemento sea utilizado como sustrato. Sin embargo, se desconoce si las bacterias encontradas son promotoras del crecimiento vegetal (Tabla 5).

Tabla 5. Resultado del análisis microbiológico de las muestras del área de Mendoza (Universidad del Comahue)

MUESTRA		Bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales (microorganismos)	Esporas de HMA (esporas/100)
Chus_30 - Plataforma 1 (37°20'17,45" - 68°53'32,19") (MDZ) Especie dominante <i>Monttea aphylla</i>	Sotavento	8,7 x 10 ⁴	100
	Barlovento	6,9 x 10 ⁴	120
	Interparche	8,8 x 10 ⁴	90
	SS	2 x 10 ³	80
	RP (1)	3,5 x 10 ⁵	No corresponde
Chus_46 - Plataforma 2 (37°21'12,63" - 68°53'32,19") (MDZ) Especie dominante <i>Larrea divaricata</i>	Sotavento	3,8 x 10 ⁴	120
	Barlovento	4,5 x 10 ⁴	100
	Interparche	3,4 x 10 ⁴	70
	SS	6,5 x 10 ⁴	90
	RP (2)	2,6 x 10 ⁴	No corresponde
Chus_45 - Plataforma 3 (37°20'32,43" - 68°52'49,16") (MDZ) Especie dominante <i>Larrea divaricata</i>	Sotavento	7,3 x 10 ⁴	200
	Barlovento	1,2 x 10 ⁵	150
	Interparche	1,9 x 10 ⁴	100
	SS	9,1 x 10 ⁴	120
	RP (3)	2,4 x 10 ⁵	No corresponde

La muestra de RP tiene aspecto pastoso; (2) La muestra de RP tiene aspecto de suelo seco; (3) La muestra de RP tiene aspecto acuoso

ANÁLISIS DE BANCO DE SEMILLAS

Se realizó el muestreo del banco de semillas en las comunidades de referencia (parche e interparche) y SS de las locaciones (Chus_30, Chus_45 y Chus_46) atendiendo a cada exposición (N, S, E y O) (Foto 3). Los pre-tratamientos fueron: EFH (estratificación fría húmeda a 4°C), EFS (estratificación fría seca a 4°C) y T (testigo, sin tratamiento). Las mismas permanecieron un mes en las respectivas condiciones, según Protocolo Anexo. Luego fueron colocadas en bandejas de 12x16x1cm para su posterior determinación al estado de plántula (5 meses). Se realizaron lecturas semanales contando las plántulas emergidas y repicándolas a macetas para su posterior identificación.



Foto 3. Extracción de muestras del Banco de Semillas

Antes de someter las muestras a los respectivos tratamientos, las mismas fueron procesadas a través de tamices de distinto calibre para separar semillas, eliminar rocas y material no deseado (Foto 4). El material retenido luego se observó bajo la lupa, para extraer y contar las semillas. Las semillas se clasificaron en viable (que germinó) y semilla no viable (dañada o que no germinó). Se contabilizó el número de semillas en cada categoría.



Foto 4. Colocación de las muestras en las bandejas para la determinación del banco de semillas

Resultados

Los resultados obtenidos arrojaron que la única especie que emergió en las tres locaciones fue *Schismus barbatus* (Foto 5). En la locación Chus_30 se observó la emergencia de esta especie en el parche, en la exposición norte (testigo y tratamiento EFS). En la exposición sur (Parche) sólo se observó emergencia en el tratamiento EFS. En la locación Chus_45 emergieron plántulas en el Interparche de las exposiciones sur (tratamiento EFS) y oeste (testigo). En la locación Chus_46 la emergencia ocurrió en el parche correspondiente al tratamiento EFS (Figura 2).

Las semillas clasificadas como no viables correspondieron a las familias Zygophyllaceae y Asteraceae (Figura 3). En la locación Chus_30 se observaron semillas de Zygophyllaceae en las exposiciones oeste, norte y sur (mayormente en el parche). Las semillas de Asteraceae se encontraron en todas las exposiciones (parche e interparche), destacándose la exposición este; y en el SS. En la locación Chus_45 las semillas de Zygophyllaceae se encontraron en todas las exposiciones (parche e interparche), destacándose la exposición sur. La familia Asteraceae se observó en gran número en todas las exposiciones (parche e interparche), destacándose la exposición oeste y norte. En la locación Chus_46 (sólo llanura) se registró una gran cantidad de semillas de Zygophyllaceae en el parche y en menor medida en el interparche. Las semillas de Asteraceae sólo se observaron en el interparche.

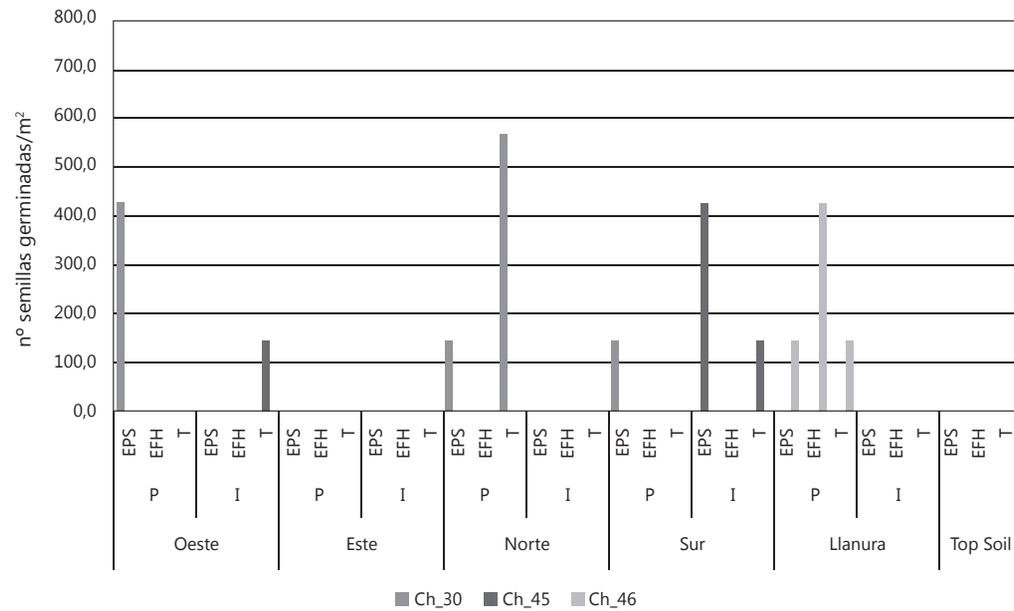


Figura 2. Número de semillas germinadas de *Schismus barbatus* por m², para las distintas locaciones (Chus_30, Chus_45 y Chus_46), exposiciones (oeste, este, norte, sur, llanura, SS), sectores de suelo (parche e interparche) y tratamientos (EFS, EFH y Testigo)

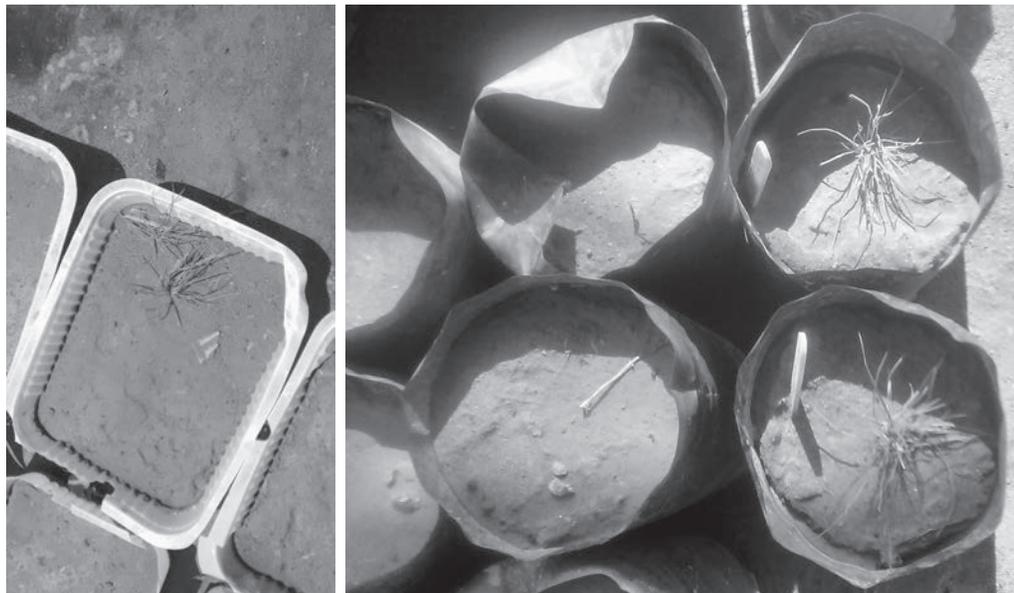


Foto 5. Plántulas de *Schismus barbatus* en bandejas del banco de semillas y repique de las mismas a macetas para su posterior identificación

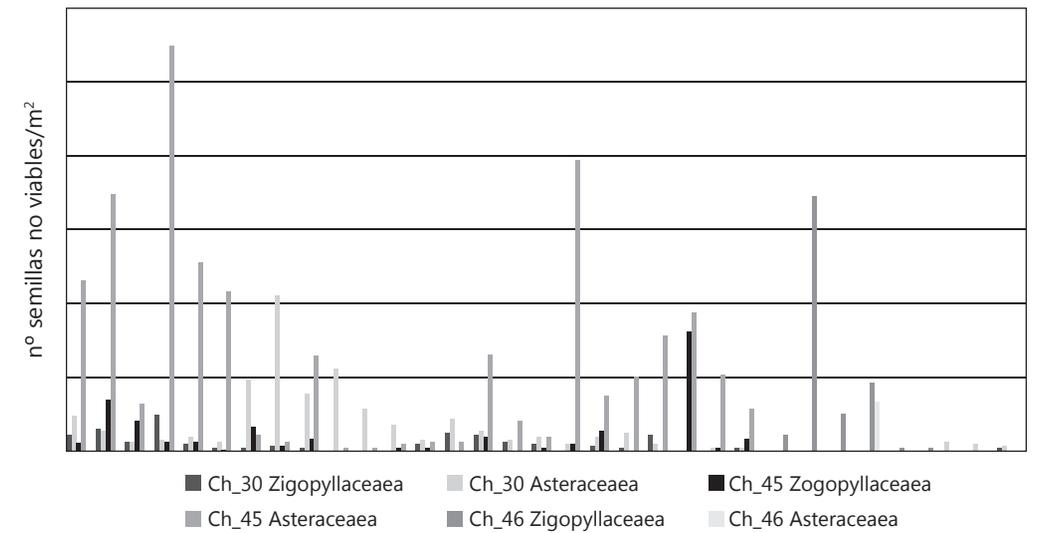


Figura 3. Número de semillas no viables de las familias Zygophyllaceae y Asteraceae por m², para las distintas locaciones (Chus_30, Chus_45 y Chus_46), exposiciones (oeste, este, norte, sur, llanura, SS), sectores de suelo (parche e interparche) y tratamientos (EFS, EFH y Testigo)

Conclusiones

A pesar del gran número de semillas registradas, el aporte del banco de diseminulos viables de las comunidades de contacto resulta ser muy bajo, con dominancia de la especie anual *Schismus barbatus*. Para este caso particular, la escasez de propágulos en el SS no sería un aporte que favorezca la recuperación natural del sitio, por lo que se requerirá de la reintroducción de simientes o plantines viverizados y técnicas que favorezcan la captura de semillas dispersadas por el viento.

Selección de especies. Ecosistema de referencia. Comunidades Vegetales asociadas a cada Geoforma

A partir del inventario geomorfológico del área (Holmberg, 1976), la fotointerpretación y los relevamientos florísticos se elaboró una lista de especies de los geotopos maduros, degradados y salinizados (Tabla 6).

Tabla 6. Listado de especies de las comunidades maduras, degradadas y salinizadas

Especies relevadas	Comunidad Madura o estable	Comunidad de área por erosión hídrica	Comunidad de suelo salino
<i>Larrea divaricata</i>	15 *	2,5 *	- *
<i>Monttea aphylla</i>	15	-	-
<i>Prosopis flexuosa</i> var. <i>depressa</i>	2,5	-	-
<i>Prosopidastrum globosum</i>	2,5	-	-
<i>Bougainvillea spinosa</i>	0,1	-	-
<i>Senecio filaginoides</i>	0,1	-	-
<i>Prosopis ruizleali</i>	2,5	-	-
<i>Larrea cuneifolia</i>	15	-	-
<i>Atriplex lampa</i>	0,1	-	2,5
<i>Gochnatia glutinosa</i>	2,5	-	-
<i>Senecio pinnatus</i>	2,5	2,5	-
<i>Fabiana imbricata</i>	2,5	0,1	-
<i>Larrea nitida</i>	2,5	15	-
<i>Schinus johnstonii</i>	0,1	0,1	-
<i>Parkinsonia praecox</i> ssp. <i>glaucum</i>	5	15	-
<i>Junellia spathulata</i> var. <i>glauca</i>	-	0,1	-
<i>Hyalis argentea</i> var. <i>latisquama</i>	5	15	-
<i>Neosparton aphyllum</i>	15	15	-
<i>Chuquiraga erinacea</i> ssp. <i>Hhystrhystrix</i>	-	0,1	15
<i>Prosopis strombulifera</i>	-	-	2,5
<i>Atriplex sagittifolia</i>	-	-	15
<i>Suaeda divaricata</i>	-	-	15

Obs.* los valores corresponden al porcentaje medio de recubrimiento vegetal.

EJECUCIÓN DE TRABAJOS DE CAMPO

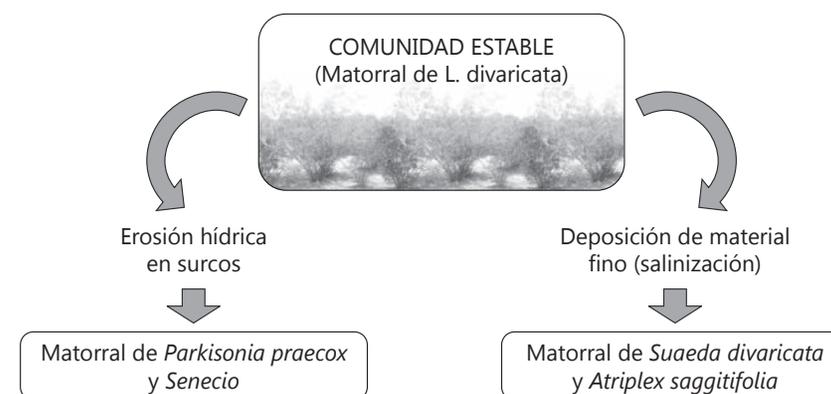
En Mendoza Sur se relevó florísticamente una superficie aproximada de 800 km² con una altitud inferior a los 1200 msnm, perteneciente a la Provincia Fitogeográfica del Monte (Dalmaso et al., 2007; Dalmaso, 2010) (Foto 6).

Considerando las grandes Unidades Geomorfológicas se encontraron como Geoformas subordinadas dominantes los Piedemontes, dentro de la cual se reconocen los geotopos: piedemonte proximal y distal.



Foto 6. Área de estudio Mendoza Sur, Región Payunia, Malargüe

Del análisis conjunto de la Tabla 6 (surge del cuadro de relevamientos) y de las observaciones de campo se puede generar una hipótesis dinámica como la siguiente:



La comparación de las condiciones mesológicas del área a revegetar junto con la variedad de ambientes del área problema, brinda las herramientas necesarias para una selección previa de las especies potenciales de uso (Martínez Carretero & Antonio Dalmaso, 2015).

Resultados

Considerando las condiciones de salinidad y erosión se recurre a especies que se encuentran en condiciones muy limitantes como salinas o áreas muy disturbadas.

En general la comunidad vegetal zonal es pobre en especies, con gran parte de suelo desnudo, superior al 50 %. Sin embargo se considera indispensable la selección de especies nativas *in situ* y el uso de simiente en los alrededores del área problema.

Teniendo en cuenta otros aspectos inherentes a las especies: arbustivas y herbáceas perennes, producción de semillas, factibilidad de colecta de semillas, conocimiento previo de la germinación y viverización, se ponderaron y seleccionaron aquellas que reunieron las mejores condiciones (Tabla 7).

Tabla 7. Listado de especies según factibilidad de colecta y producción de semillas

Especies	Factibilidad de colecta de semillas	Producción de semillas
<i>Larrea divaricata</i>	2	2
<i>Prosopis flexuosa</i> var. <i>depressa</i>	3	3
<i>Prosopidastrum globosum</i>	1	2
<i>Chuquiraga erinacea</i> ssp. <i>hystrix</i>	3	3
<i>Schinus johnstonii</i>	3	3
<i>Prosopis ruizleali</i>	3	3
<i>Senecio filaginoides</i> var. <i>lobulatus</i>	1	2
<i>Hyalis argentea</i> var. <i>latisquama</i>	3	3
<i>Senecio pinnatus</i>	2	2
<i>Larrea cuneifolia</i>	2	2
<i>Gochnatia glutinosa</i>	2	3
<i>Suaeda divaricata</i>	2	2
<i>Prosopis strombulifera</i>	2	2
<i>Atriplex lampa</i>	3	3
<i>Atriplex sagittifolia</i>	3	3
<i>Larrea nitida</i>	2	2
<i>Neosparton aphyllum</i>	1	2
<i>Fabiana imbricata</i>	1	2

Valores de referencia: 1: regular, 2: bueno y 3: muy bueno

En base a la metodología utilizada se seleccionan las siguientes especies:

- ✓ Ambientes con niveles de salinidad altos: *Suaeda divaricata*, *Prosopis strombulifera*.

- ✓ Ambientes con bajos niveles de salinidad: *Atriplex lampa*.

- ✓ Para ambientes con erosión hídrica: *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, *Prosopis ruizleali*, *Schinus johnstonii* e *Hyalis argentea* var. *latisquama*.

Colecta de semillas

Luego de seleccionadas las especies la cosecha de semillas se efectuó en los alrededores del área problema. Para ello se tuvo en consideración la fenología de las especies con barridos desde el mes de diciembre hasta el mes de marzo, coincidente con la fructificación de la gran mayoría de las especies del Monte.

Las especies cosechadas fueron: *Atriplex lampa*, *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, *Prosopis ruizleali*, *Schinus johnstonii*, *Hyalis argentea* var. *latisquama*, *Suaeda divaricata* y *Prosopis strombulifera*. (Tabla 8).

Tabla 8. Procedencia de las especies colectadas en los alrededores de El Portón en el año 2013

Especie	Sitios de colecta	Latitud (S)	Longitud (W)	Fecha de colecta
<i>Atriplex lampa</i>	El Portón	38°25'41.68"	68°45'20.39"	27-11-13
		38°24'41.47"	68°43'22.22"	12-12-13
<i>Hyalis argentea</i> var. <i>latisquama</i>	El Portón	36°14'11.5"	69°20'57.7"	12-12-13 *
<i>Prosopis ruizleali</i>	El Portón	37° 05'48"	69° 22'55"	12-02-14
<i>Prosopis flexuosa</i> var. <i>depressa</i>	El Portón	37° 07'30"	69° 23'17"	12-02-14
<i>Schinus johnstonii</i>	Fortunoso	36° 13'14"	69° 21'49"	05-02-13
<i>Suaeda divaricata</i>	El Portón	37° 07' 60"	69° 38'50,6"	20-04-14
<i>Prosopis strombulifera</i>	El Portón	37° 07' 45,9"	69° 38'43"	20-04-14

Limpieza y acondicionamiento de las semillas (Foto 7)

Se descartaron aquellas semillas que presentaban evidencia de daños físicos observables o vanas (vacías). Una vez eliminada la mayor parte de las impurezas se procedió a guardar las semillas limpias en sobres de papel o envases rotulados con el nombre de la especie, lugar de colecta (punto GPS), fecha, cantidad de individuos de los cuales se recolectó y nombres de los recolectores. Los sobres y envases fueron almacenados en un refrigerador a temperatura inferior a 8 °C.

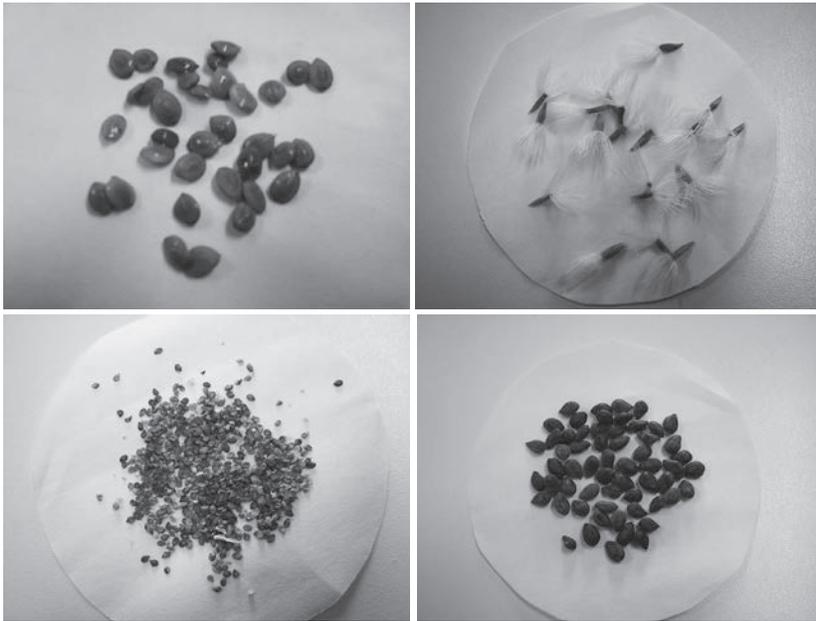


Foto 7. Limpieza y acondicionamiento de semillas



CONCLUSIONES ETAPA 1

El SS de las locaciones presenta características similares a los suelos de las áreas de referencia.

El RP se encuentra dentro de los parámetros de la legislación vigente por lo que no presenta limitantes ambientales para su utilización.

La granulometría del RP mejoraría la textura del SS, lo que permitiría una mejor estructuración del sustrato, logrando una mayor retención de humedad y disminuyendo la susceptibilidad frente a la erosión eólica.

La mezcla de SS y RP atenuaría los valores de pH y de sales y sodio. La alta permeabilidad de las mezclas permitiría disminuir esos valores por lixiviado de sales.

La mezcla de RP y SS mantiene, y en algunos aspectos mejora, la fertilidad natural de los suelos del área.

A pesar del gran número de semillas observadas bajo la lupa, el aporte del banco de semillas viables de las comunidades de contacto resulta ser muy bajo.

Las especies preseleccionadas estarían adaptadas a las condiciones físicas, químicas y de fertilidad de las mezclas a utilizar como sustrato, por provenir de ambientes con similares limitaciones.

Dichas plantaciones no supondrían un riesgo ambiental ya que el sustrato no presenta limitantes en ese sentido, y las especies a utilizar son nativas.

ETAPA 2

Evaluación de la capacidad del material para sostener vegetación

Se busca cumplir con el objetivo específico 3. Se realizaron ensayos de germinación en condiciones controladas de laboratorio y ensayos de crecimiento de plantines en vivero de las especies nativas preseleccionadas, con las diferentes mezclas. Esto permitió obtener la mezcla más adecuada de SS y RP, como así también la selección de las especies nativas apropiadas para la revegetación del área degradada.

DISEÑO Y PREPARACIÓN DE LOS ENSAYOS

Con el material de SS y RP recolectado de cada una de las locaciones (Chus_30, Chus_45 y Chus_46), y los plantines producidos en el vivero del Grupo Geobotánica y Fitogeografía del IADIZA, se diseñó el siguiente ensayo para evaluar el establecimiento de 5 especies (*Atriplex lampa*, *Prosopis ruizleali*, *Prosopis flexuosa depressa*, *Schinus johnstonii*, *Hyalis argentea* var. *latisquama*, *Suaeda divaricata* y *Prosopis strombulifera*), en 5 mezclas (Tratamientos), con 10 repeticiones de cada uno.

Tratamientos: M0 100 % SS; M1 25 % RP, 75 % SS, M2 50 % RP, 50 % SS, M3 75 % RP, 25 % SS y M4 100 % RP.

Las semillas de los sitios de colecta fueron sembradas en bandejas de speedling de 120 cm³ y se produjeron los plantines en número suficiente para realizar los tratamientos en función de las repeticiones planteadas (Foto 8).

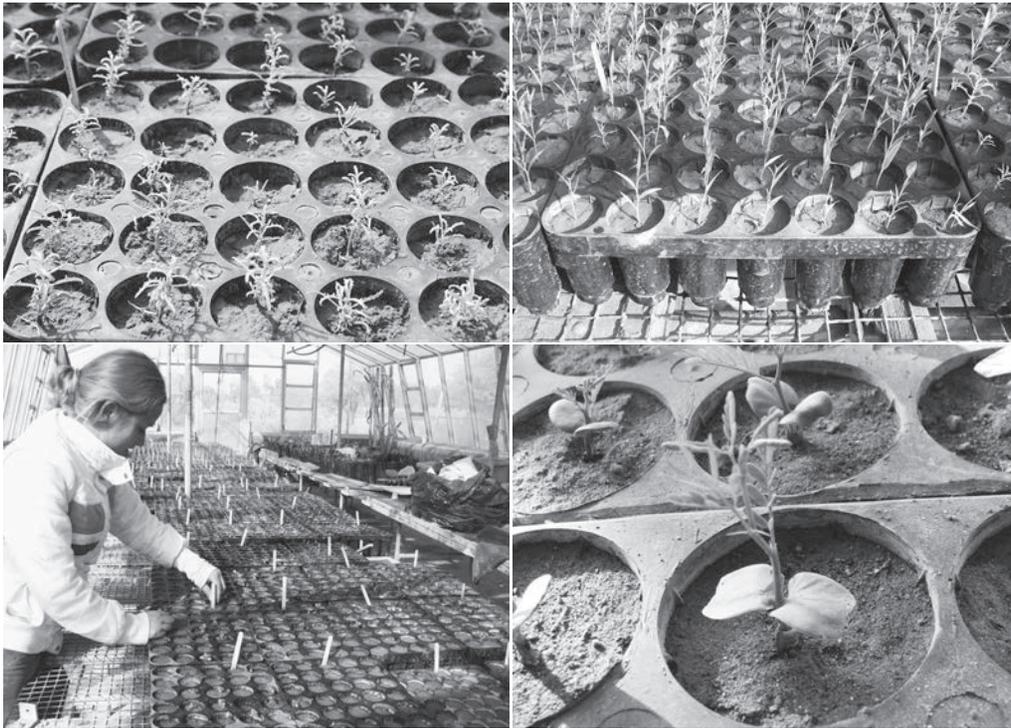


Foto 8. Preparación de los plantines en bandejas de siembra

INSTALACIÓN DE LOS ENSAYOS EN VIVERO

A partir de la preparación de las mezclas en las proporciones correspondientes a cada tratamiento se procedió al llenado de las macetas (Foto 9) y la plantación de los plantines (repique con pan de tierra) (Foto 10).



Fotos 9. Llenado y disposición de los envases con las mezclas de los tratamientos correspondientes



Fotos 10. Siembra y plantación de las especies en los diferentes tratamientos y locaciones

TOMA DE DATOS

Los plantines, a partir de la fecha de plantación fueron evaluados cada 30 días tomando registros de porcentaje de supervivencia, altura, diámetro mayor y menor de copa (Foto 11).



Foto 11. Evaluación periódica del ensayo, toma de datos

RESULTADOS

Supervivencia

Los resultados obtenidos muestran que las especies que mayor supervivencia tuvieron, cualquiera sea la locación, fueron las del género *Prosopis*. Este género podría considerarse como uno de los más convenientes para la revegetación en estos tipos de sustratos. Sin embargo, la supervivencia disminuyó significativamente (20 %) en el tratamiento M4 (100 % de RP) para la locación Chus_30 (Figura 4).

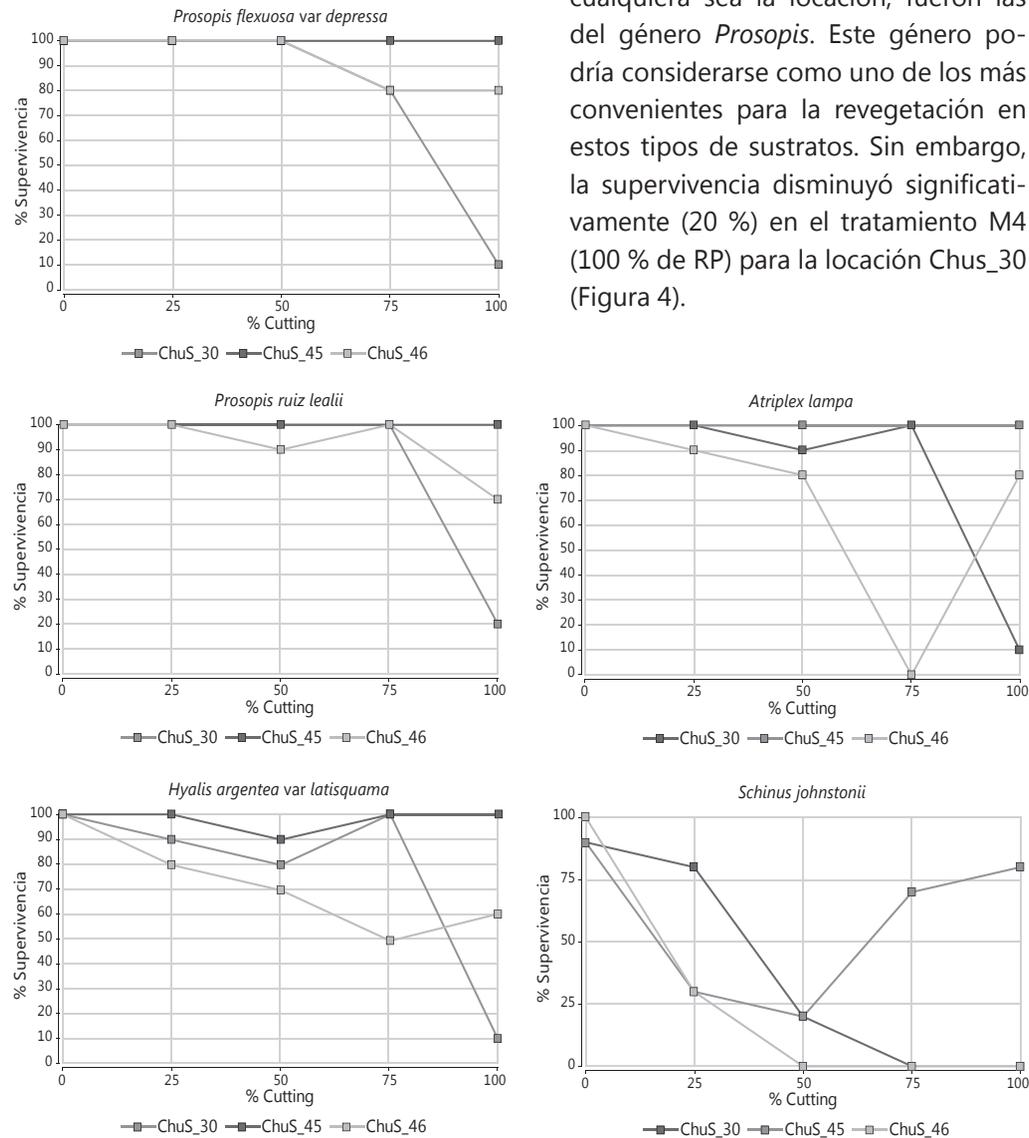


Figura 4. Porcentaje de supervivencia de *Prosopis flexuosa var. depressa*, *Prosopis ruizleali*, *Hyalis argentea var. latisquama*, *Atriplex lampa*, *Schinus johnstonii*, a los 120 días desde la plantación, en los tratamientos M0 (0 % RP), M1 (25 % RP), M2 (50 % RP), M3 (75 % RP) y M4 (100 % RP)

La supervivencia de las especies *Hyalis argentea var. latisquama* y *Atriplex lampa*, en las plataformas Chus_30 y Chus_46, fue disminuyendo a medida que aumentó el porcentaje de RP en las mezclas. Mientras que en la plataforma Chus_45 se mantuvo constante.

La especie *Schinus johnstonii*, en las tres locaciones, demostró una supervivencia muy baja a partir del tratamiento M1 (25 % de RP), por lo que podría considerarse como una especie no apta para la restauración en este tipo de sustrato.

También fueron evaluadas *Suaeda divaricata* y *Prosopis strombulifera*, cuyos resultados fueron muy deficientes en relación con el resto de las especies a prueba.

En las Fotos 12, 13 y 14 se observan todos los tratamientos a los 120 días de la plantación.

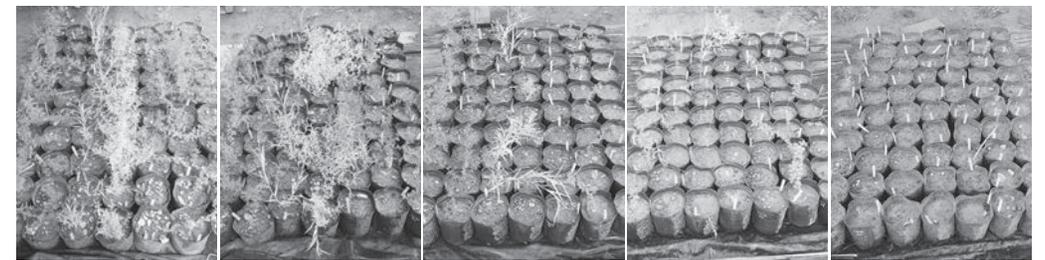


Foto 12. Chus_30. De izquierda a derecha tratamientos M0, M1, M2, M3 y M4

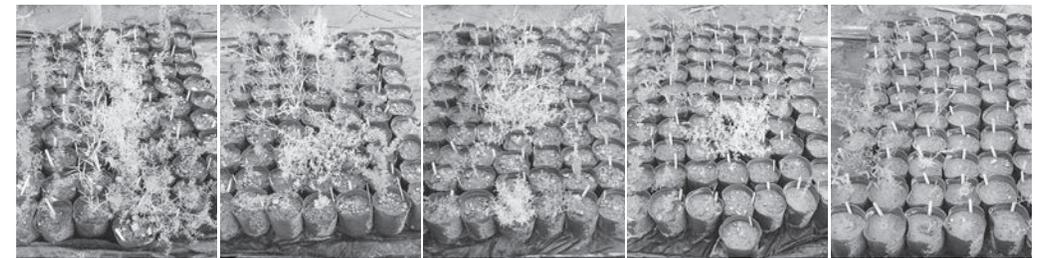


Foto 13. Chus_45. De izquierda a derecha tratamientos M0, M1, M2, M3 y M4



Foto 14. Chus_46. De izquierda a derecha tratamientos M0, M1, M2, M3 y M4

Crecimiento (altura y diámetro)

Luego de 120 días de la plantación se evaluaron sólo los tratamientos que presentaron una supervivencia mayor del 50 %. Los datos obtenidos fueron analizados a través del Análisis de la Varianza (ANAVA) a dos vías considerando locación y tratamiento como factores. Para la comparación de medias se utilizó el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05. Para el diámetro de copa se trabajó como un promedio representativo entre diámetro mayor y menor, al que se denominó ancho.

En la especie *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, no se encontraron diferencias significativas en la interacción Locación*Tratamiento para la variable altura de planta (Tabla 9), tampoco se encontraron diferencias significativas entre las locaciones mostrando que la altura de esta especie no varía entre locaciones. La altura varía significativamente entre tratamientos, donde el tratamiento M3 (75 % de RP) no se recomendaría como un sustrato adecuado para la plantación (Figura 5).

Tabla 9. Análisis de la varianza para altura y ancho de copa de *Prosopis flexuosa* var. *depressa*

Variable	Altura	Ancho
	p-valor	p-valor
Locación	0,5232 ns	0,1314 ns
Tratamiento	< 0,0001 *	< 0,0001 *
Locación*Tratamiento	0,4335 ns	0,1027 ns

Obs.: * Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativa ($p > 0,05$).

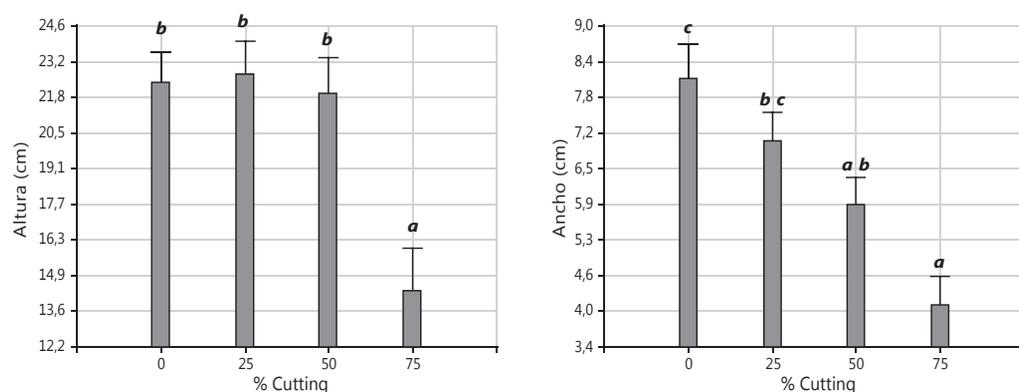


Figura 5. Altura y ancho de copa de *Prosopis flexuosa* var. *depressa* a los 120 días desde la plantación, en los tratamientos M0 (0 % RP), M1 (25 % RP), M2 (50 % RP), M3 (75 % RP) y M4 (100 % RP). Las barras indican el error estándar

En la especie *Prosopis ruizleali*, no se encontraron diferencias significativas en la interacción Locación*Tratamiento para la variable altura de planta (Tabla 10), tampoco se encontraron diferencias significativas entre las locaciones. La altura de planta varía significativamente entre tratamientos, donde el 75 % de RP no se recomendaría como sustrato para la plantación (Figura 6). El ancho de copa varía significativamente entre tratamientos, donde la mezcla entre 50 % y 75 % de RP no se recomendaría para la plantación de esta especie.

Tabla 10. Análisis de la varianza para altura y ancho de copa de *Prosopis ruizleali*

Variable	Altura	Ancho
	p-valor	p-valor
Locación	0,1789 ns	0,2550 ns
Tratamiento	0,0007 *	0,0028 *
Locación*Tratamiento	0,2102ns	0,1825ns

Obs.: * Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativa ($p > 0,05$).

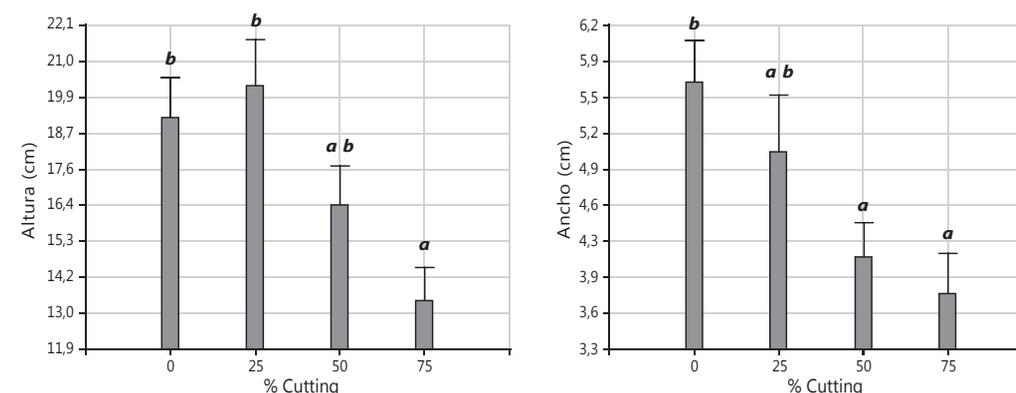


Figura 6. Altura y ancho de copa de *Prosopis ruizleali* a los 120 días desde la plantación, en los tratamientos M0 (0 % RP), M1 (25 % RP), M2 (50 % RP) y M3 (75 % RP)

En la especie *Hyalis argentea* var. *latisquama*, se encontraron diferencias significativas en la interacción Locación*Tratamiento para la variable altura de planta (Tabla 11), no se encontraron diferencias significativas entre las locaciones. La altura de planta varía significativamente entre tratamientos, a medida que aumenta la concentración de RP en las mezclas disminuye la altura de la especie, por lo tanto no se recomendaría el

tratamiento M3 para la plantación (Figura 7). El ancho de copa varía significativamente entre tratamientos y al igual que para la altura, no se recomendaría el tratamiento M3 para la plantación.

Tabla 11. Análisis de la varianza para altura de planta y ancho de copa de *Hyalis argentea* var. *latisquama*

Variable	Altura	Ancho
	p-valor	p-valor
Locación	0,2653 ns	0,8595 ns
Tratamiento	< 0,0001 *	< 0,0001 *
Locación*Tratamiento	0,0002 *	0,0002 *

Obs.: *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ^{ns}: no significativa ($p > 0,05$).

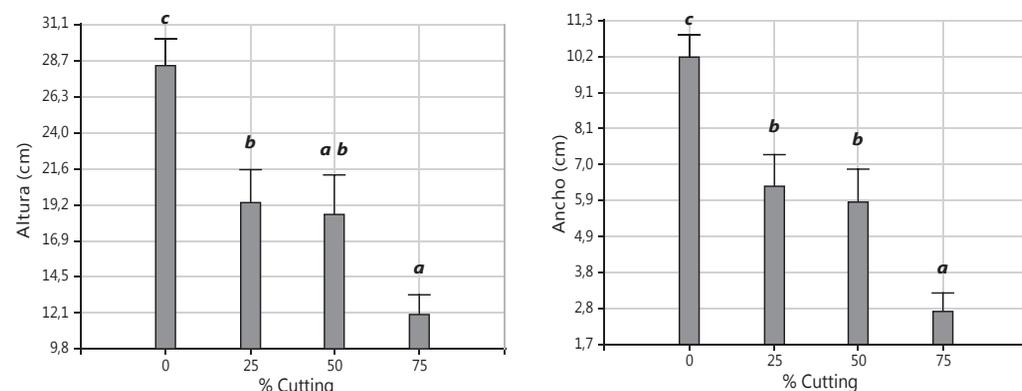


Figura 7. Altura y ancho de copa de *Hyalis argentea* var. *latisquama* a los 120 días desde la plantación, en los tratamientos M0 (0 % RP), M1 (25 % RP), M2 (50 % RP) y M3 (75 % RP)

En la especie *Atriplex lampa*, no se encontraron diferencias significativas en la interacción Locación*Tratamiento para la variable altura de planta (Tabla 12), tampoco se encontraron diferencias significativas entre las locaciones.

Tabla 12. Análisis de la varianza para altura y ancho de copa de *Atriplex lampa*

Variable	Altura	Ancho
	p-valor	p-valor
Locación	0,3905 ns	0,2650 ns
Tratamiento	< 0,0001 *	< 0,0001 *
Locación*Tratamiento	0,0551 ns	0,1929 ns

Obs.: *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ^{ns}: no significativa ($p > 0,05$).

La altura de planta varía significativamente entre tratamientos, donde a partir del 25 % de RP no se recomendaría para la plantación (Figura 8). El ancho de copa varía significativamente entre tratamientos, donde la mezcla a partir de 25 % de RP no se recomendaría para la plantación de esta especie.

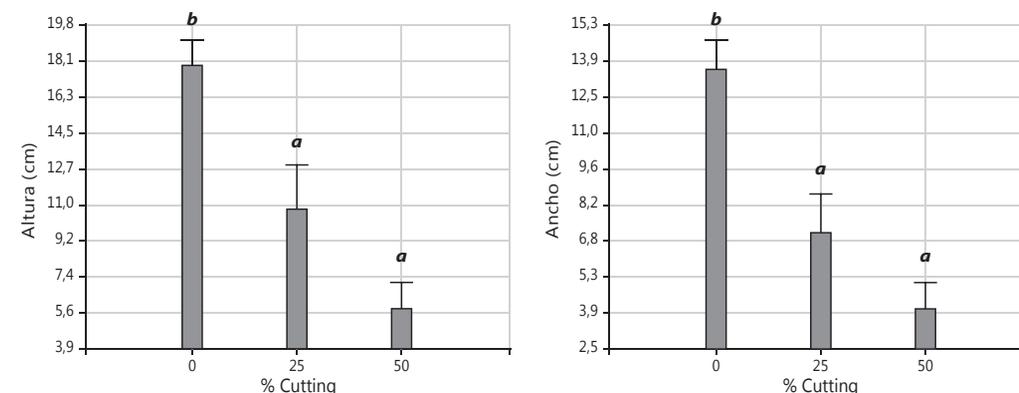


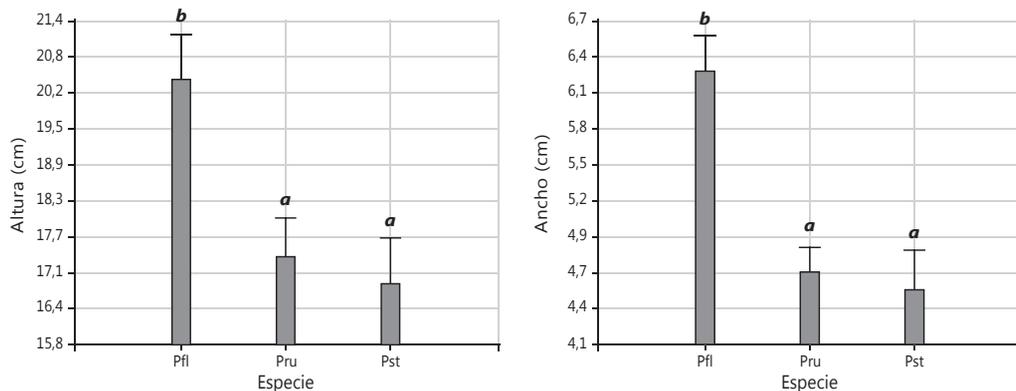
Figura 8. Altura y ancho de copa de *Atriplex lampa* a los 120 días desde la plantación, en los tratamientos M0 (0 % RP), M1 (25 % RP) y M2 (50 % RP)

Cabe destacar que en el caso de la especie *Atriplex lampa* el análisis de los datos no alcanzó la normalidad de residuos y/o homogeneidad de varianzas para todas las locaciones. Esto se debió a que hubo errores experimentales en el ensayo, derivados de la plantación (compactación del suelo de la maceta por el sistema de hoyadura), que produjo un impedimento físico para la expansión radical de esta especie semileñosa.

En la especie *Schinus johnstonii*, debido a la alta mortalidad de plantas en la mayoría de los tratamientos no se realizó análisis estadístico de las variables altura de planta y ancho de copa. Dado el resultado contradictorio de supervivencia mayor del 65 % en los tratamientos 75 % y 100 % de RP en la locación ChuS_45 el ensayo se está repitiendo en esta especie.

Análisis comparativo entre especies

Respecto de cuáles podrían ser las especies más apropiadas para la revegetación en sustrato con RP se realizó un análisis comparativo entre las especies leñosas entre sí (*Prosopis flexuosa* var. *depressa*, *Prosopis ruizlealii*, *Prosopis strombulifera*) y especies herbáceas (*Hyalis argentea* var. *latisquama*), y las semileñosas *Atriplex lampa* y *Suaeda divaricata* (Figura 9).



Figuras 9. Altura y ancho de copa para las distintas especies leñosas. Letras distintas indican diferencias significativas

En las especies leñosas se encontraron diferencias significativas en la interacción Especie*Locación*RP para la variable altura y ancho de copa (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis de la varianza para altura y ancho de copa de especies leñosas

Variable	Altura	Ancho
Especie	0,0001 *	<0,0001 *
Locación	0,8505 ns	0,2323 ns
RP	<0,0001 *	<0,0001 *
Especie*Locación	0,0149 *	0,1872 ns
Especie*RP	0,0041 *	0,2553 ns
Locación*RP	0,0012 *	0,0013 *
Especie*Locación*RP	0,0036 *	0,0194 *

*: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ^{ns}: no significativa ($p > 0,05$).

La interacción Especie*Locación no dio significativa para la variable altura, tampoco se encontraron diferencias significativas entre las locaciones (Tabla 14). La altura y ancho de copa varían significativamente entre especies, la especie *Prosopis flexuosa* var. *depressa* sería la más recomendada entre las leñosas para la revegetación en sustrato con RP (Tabla 15).

La interacción Locación*RP dio significativa para la variable altura y ancho, no se encontraron diferencias significativas entre las locaciones para ambas variables. La altura y el ancho varían significativamente entre tratamientos, cuando aumenta el contenido de RP.

Tabla 14. Análisis de la varianza para altura de especies leñosas

Variable	Altura
Especie	0,0013 *
Locación	0,8889 ns
Especie*Locación	0,0602 ns

Obs.: *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ^{ns}: no significativa ($p > 0,05$).

Tabla 15. Análisis de la varianza para altura y ancho de copa de especies leñosas

Variable	Altura	Ancho
Especie	0,0014 *	<0,0001 *

Obs.: *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ^{ns}: no significativa ($p > 0,05$).

La interacción Especie*RP dio significativa sólo para la variable altura (Tabla 16), (Figura 10), encontrándose también diferencias significativas entre tratamientos y entre especies (Tabla 17).

Tabla 16. Análisis de la varianza para altura y ancho de copa de especies leñosas

Variable	Altura	Ancho
Locación	0,8700 ns	0,2774 ns
RP	<0,0001 *	<0,0001 *
Locación*RP	0,0041 *	0,0037 *

Obs.: *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ^{ns}: no significativa ($p > 0,05$).

Tabla 17. Análisis de la varianza para altura de especies leñosas

Variable	Altura
Especie	0,0003 *
RP	<0,0001 *
Especie*RP	0,0089 *

Obs.: *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ^{ns}: no significativa ($p > 0,05$).

De acuerdo a lo expuesto se puede concluir que entre las leñosas se podría recomendar la especie *Prosopis flexuosa* var. *depressa* y como sustrato para la plantación no serían aconsejables mezclas a partir de 50 % de RP.

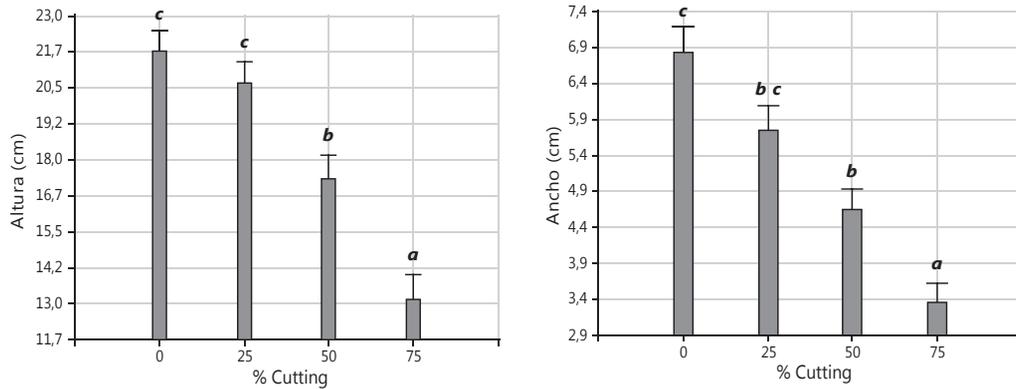


Figura 10. Altura y ancho de copa de especies leñosas para los distintos tratamientos: M0 (0 % RP), M1 (25 % RP), M2 (50 % RP) y M3 (75 % RP). Letras distintas indican diferencias significativas

En las especies semileñosas y herbáceas se encontraron diferencias significativas en la interacción Especie*Locación*RP para la variable altura y ancho (Tabla 18). Las interacciones Especie*Locación y Especie*RP no dieron significativas tanto para la variable altura como la variable ancho.

Tabla 18. Análisis de la varianza para altura y ancho de copa de especies semileñosas y herbáceas

Variable	Altura	Ancho
Especie	<0,0001 *	0,0007 *
Locación	0,2460 ns	0,5992 ns
RP	<0,0001 *	<0,0001 *
Especie*Locación	0,6266 ns	0,5746 ns
Especie*RP	0,7075 ns	0,2047 ns
Locación*RP	0,0001 *	0,0034 *
Especie*Locación*RP	0,1125 ns	0,7113 ns

Obs.: *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativa ($p > 0,05$).

La interacción Locación*RP dio significativa para la variable altura y ancho. No se encontraron diferencias significativas entre las locaciones para ambas variables (Tabla 19). La altura y el ancho de copa varían significativamente entre tratamientos cuando aumenta el contenido de RP.

La altura y ancho de copa también varían significativamente entre especies (Tabla 20), la especie *Hyalis argentea* var. *latisquama* sería la más recomendada para la revegetación en sustrato con RP (Figura 11).

De acuerdo a lo expuesto se puede concluir que entre las semileñosas y herbáceas se podría recomendar la especie *Hyalis argentea* var. *latisquama* y como sustrato para la plantación no serían aconsejables mezclas a partir de 25 % de RP.

Tabla 19. Análisis de la varianza para altura y ancho de copa de especies semileñosas y herbáceas

Variable	Altura	Ancho
Locación	0,3362 ns	0,6120 ns
RP	<0,0001 *	<0,0001 *
Locación*RP	0,0008 *	0,0044 *

Obs.: *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativa ($p > 0,05$).

Tabla 20. Análisis de la varianza para altura y ancho de copa de especies semileñosas y herbáceas

Variable	Altura	Ancho
Especie	<0,0001 *	0,0026 *

Obs.: *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativa ($p > 0,05$).

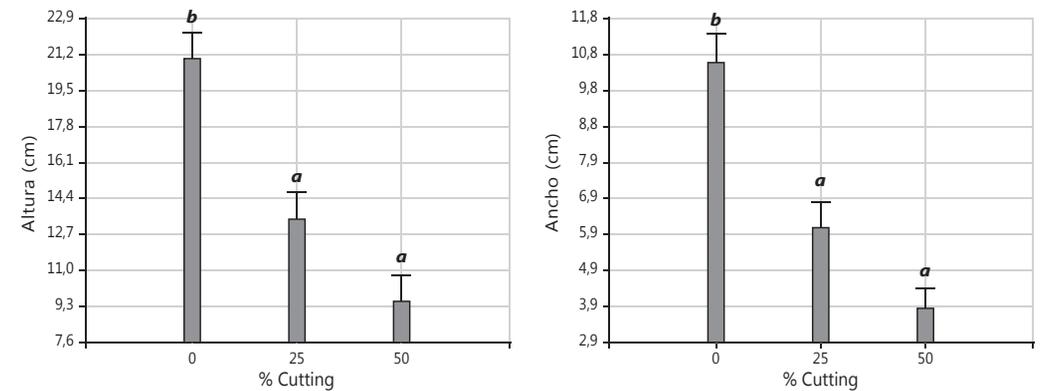


Figura 11. Altura y ancho de copa de especies semileñosas y herbáceas para los distintos tratamientos: M0 (0 % RP), M1 (25 % RP) y M2 (50 % RP). Letras distintas indican diferencias significativas

El comportamiento de las especies se observa en la Figura 12.

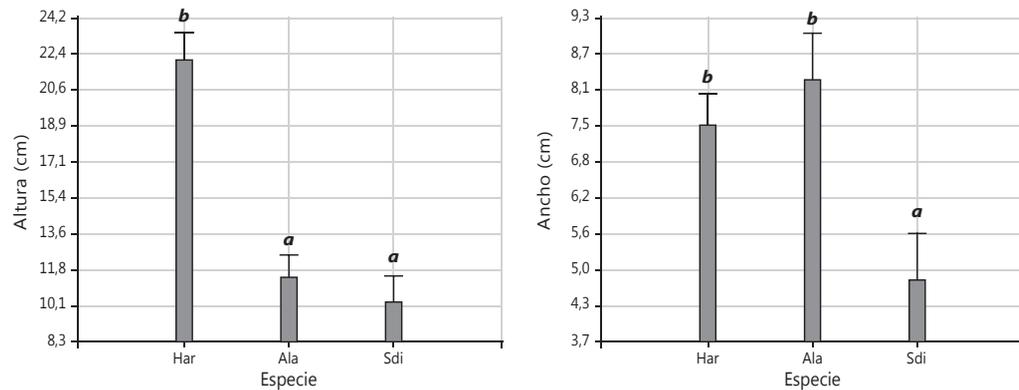


Figura 12. Altura y ancho de copa para las distintas especies semileñosas y herbáceas. Letras distintas indican diferencias significativas

GERMINACIÓN DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS EN LA MEZCLA DE SUSTRATO

Los ensayos de germinación se efectuaron bajo condiciones controladas de temperatura (25° C) y fotoperíodo (12 hs luz y 12 hs de oscuridad) en una cámara de germinación. Las semillas de las especies (*Atriplex lampa*, *Prosopis ruizleali*, *Prosopis flexuosa depressa*, *Schinus johnstonii*, *Hyalis argentea* var. *latisquama*, *Suaeda divaricata* y *Prosopis strombulifera*), fueron colocadas en bandejas plásticas de 12 x 16 cm con las mezclas M0, M1, M2, M3, y M4. En cada bandeja se colocaron 25 semillas con cinco réplicas por tratamiento. El recuento de las semillas germinadas se realizó diariamente durante 30 días, considerando semilla germinada aquella cuya plúmula fuera mayor a 5 mm de largo.

Análisis de datos

Con los registros obtenidos se calculó el porcentaje de germinación. Los datos fueron analizados a través del análisis de la varianza (ANOVA) a dos vías considerando tratamiento y especie como factores. Para la separación de medias se utilizó el test de LSD Fisher con un nivel de significancia de $p=0,05$.

Resultados

Locación Chus_30: se encontraron diferencias significativas en la interacción Especie*Tratamiento para el porcentaje de germinación (Tabla 21). Por esta razón se procedió al análisis de cada especie por separado en relación a los niveles de RP (tratamiento). Las especies alcanzan un mayor porcentaje de germinación en los tratamientos con 0 % de RP (M0) y 25 % de RP (M1), disminuyendo a medida que aumenta el porcen-

taje de RP en la mezcla, pero siempre manteniéndose en valores por encima del 50 % de germinación. Se observa que la germinación de *Schinus johnstonii* siempre fue inferior a las demás especies, no superando el 30 % en ninguno de los tratamientos (Figura 13).

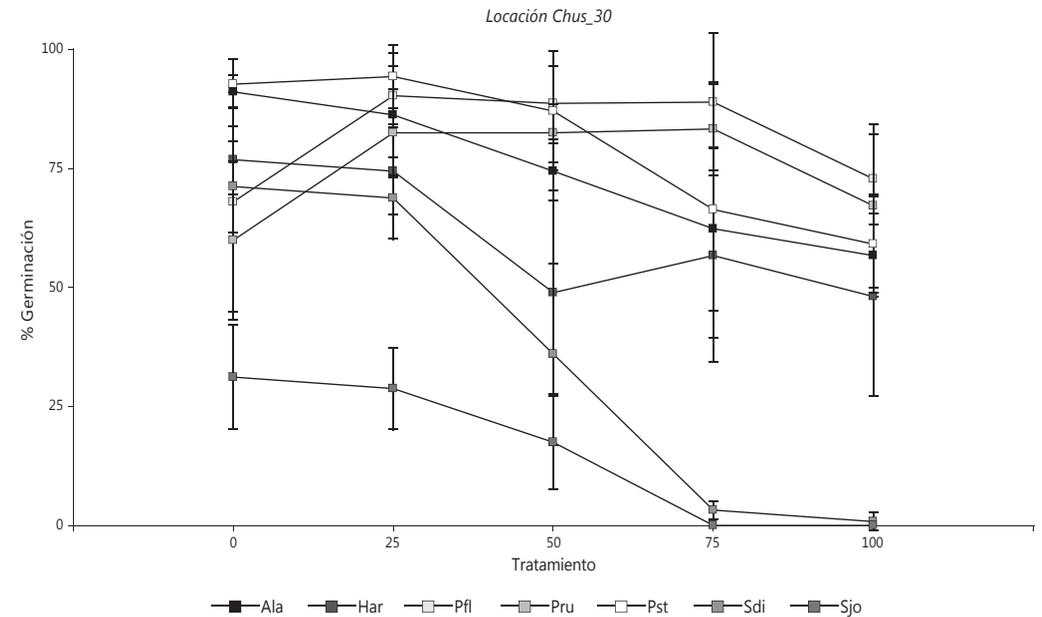


Figura 13. Porcentaje de germinación en la locación Ch_30 de *Atriplex lampa* (Ala), *Hyalis argentea* var. *latisquama* (Har), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Pfl), *Prosopis ruizleali* (Pru), *Prosopis strombulifera* (Pst), *Suaeda divaricata* (Sdi), en los tratamientos M0 (0 % RP), M1 (25 % RP), M2 (50 % RP), M3 (75 % RP) y M4 (100 % RP). Letras desiguales indican diferencias significativas ($\alpha= 0,05$)

Al analizar la respuesta de cada especie en los diferentes tratamientos se observan respuestas diferenciales. Las especies *Prosopis flexuosa* var. *depressa* y *Prosopis ruizleali* germinaron con valores superiores al 60 % en todos los tratamientos, presentando los valores más altos en los tratamientos M1-M3. En *Prosopis strombulifera* la germinación disminuye significativamente a partir del tratamiento M3 (75 % RP) a diferencia de las otras especies de *Prosopis*. Observándose una germinación del 90 % en los tratamientos M0, M1 y M3. En *Suaeda divaricata* se presentan valores similares en porcentaje de germinación en el tratamiento M0 y M1, disminuyendo significativamente a partir del tratamiento M2 (36 %), siendo mínimas (menos del 4 %) en los tratamientos M3 y M4. En *Atriplex lampa* superó el 50 % de germinación con 100 % RP (M4) y alcanzó su máxima germinación en el M0 (91.2 %). El comportamiento de *Hyalis argentea* var. *latisquama* fue similar a *Atriplex lampa*, observando en M4 una germinación del 48 % y alcanzando

la máxima germinación en el tratamiento M0 (91.2 %). La especie *Schinus johnstonii* no superó el 50 % de germinación en los tratamientos con RP.

Tabla 21. Análisis de la varianza del efecto del % de RP en el porcentaje de germinación (%), en tres locaciones (Chus_30; Chus_45 y Chus_46)

Variable	Germinación %		
	Chus_30	Chus_45	Chus_46
	p-valor		
Especie	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
Tratamiento	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
Especie* Tratamiento	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*

Obs. *: Diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativa ($p > 0,05$).

Locación Chus_45: se encontraron diferencias significativas en la interacción Especie*Tratamiento para el porcentaje de germinación (Tabla 21). Por esta razón se procedió al análisis de cada especie por separado en relación a los niveles de RP (tratamiento). Las especies alcanzan el mayor porcentaje de germinación entre los tratamientos M1 y M2, manteniéndose en valores por arriba del 50 % en todos los tratamientos. Sin embargo la especie *S. johnstonii* presentó valores de germinación que no superaron el 34 %.

Al analizar la respuesta de cada especie en los diferentes tratamientos se observan respuestas diferenciales. *Prosopis flexuosa* var. *depressa* y *Prosopis strombulifera* expresaron valores altos de germinación en todos sus tratamientos superando el 72 % en todos sus tratamientos. *Prosopis ruizleali* no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, alcanzando el valor máximo de germinación en M2 (77 %). La especie *Suaeda divaricata* y *Hyalis argentea* presentaron valores de germinación significativamente más bajos en el tratamiento M4 (38 % y 10 % respectivamente). El porcentaje de germinación de *Atriplex lampa* superó el 76 % en todos los tratamientos no observándose diferencias significativas. La especie *Schinus johnstonii* no superó el 34 % de germinación en los tratamientos con RP (Figura 14).

Locación Chus_46: se encontraron diferencias significativas en la interacción Especie*Tratamiento para el porcentaje de germinación (Tabla 21). Por esta razón se procedió al análisis de cada especie por separado en relación a los niveles de RP (tratamiento). Las especies alcanzan el mayor porcentaje de germinación entre los tratamientos M0 al M2, disminuyendo a medida que aumenta el porcentaje de RP en la mezcla, pero siempre manteniéndose en valores por encima del 45 % de germinación (Figura

15). La especie *S. johnstonii* siempre fue inferior a las demás y a partir del M1 disminuye su germinación significativamente, comportándose como no tolerante a las sales.

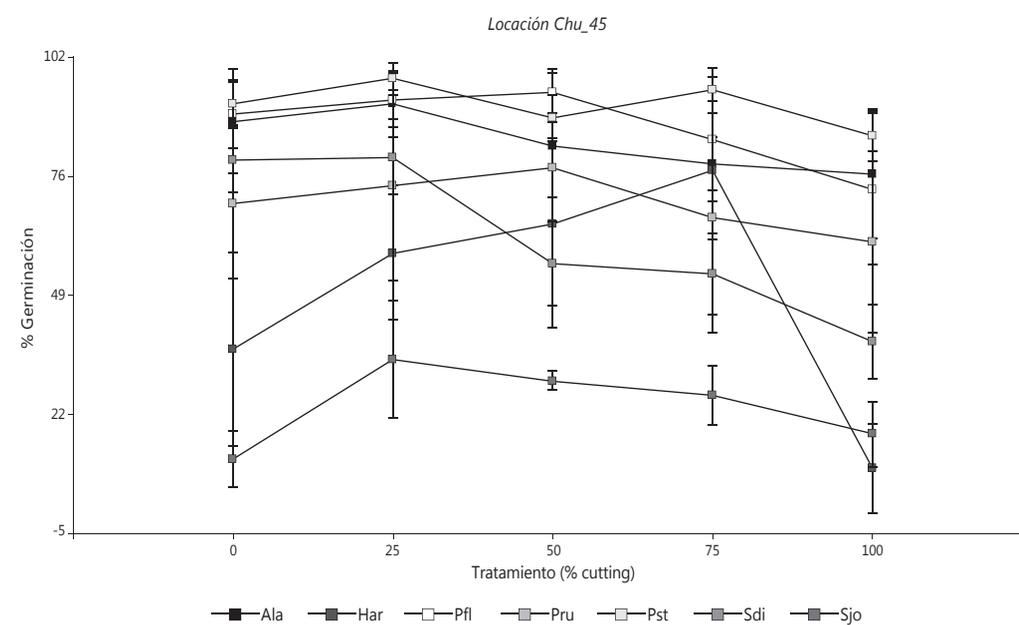


Figura 14. Porcentaje de germinación en la locación Chus_45 para las especies *Atriplex lampa* (Ala), *Hyalis argentea* var. *latisquama* (Har), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Pfl), *Prosopis ruizleali* (Pru), *Prosopis strombulifera* (Pst), *Suaeda divaricata* (Sdi), en los tratamientos M0 (0 % RP), M1 (25 % RP), M2 (50 % RP), M3 (75 % RP) y M4 (100 % RP). Letras desiguales indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$)

Al analizar la respuesta de cada especie en los diferentes tratamientos se observan respuestas diferenciales: *Prosopis flexuosa* var. *depressa* superó el 80 % de germinación en los tratamientos M1, M2 y M3, sin embargo presentó el menor valor en el tratamiento sin RP (M0). *Prosopis ruizleali* presenta menores porcentajes de germinación en el tratamiento M4 y M1, alcanzando valores máximos de germinación en los otros tratamientos. La especie *Atriplex lampa* germinó con valores superiores al 48 % en todos los tratamientos, no observándose diferencias significativas. *Hyalis argentea* var. *latisquama* presenta mejores valores de porcentaje de germinación con un 25 % de RP (M1), mientras que los valores más bajos se presentan en M0.

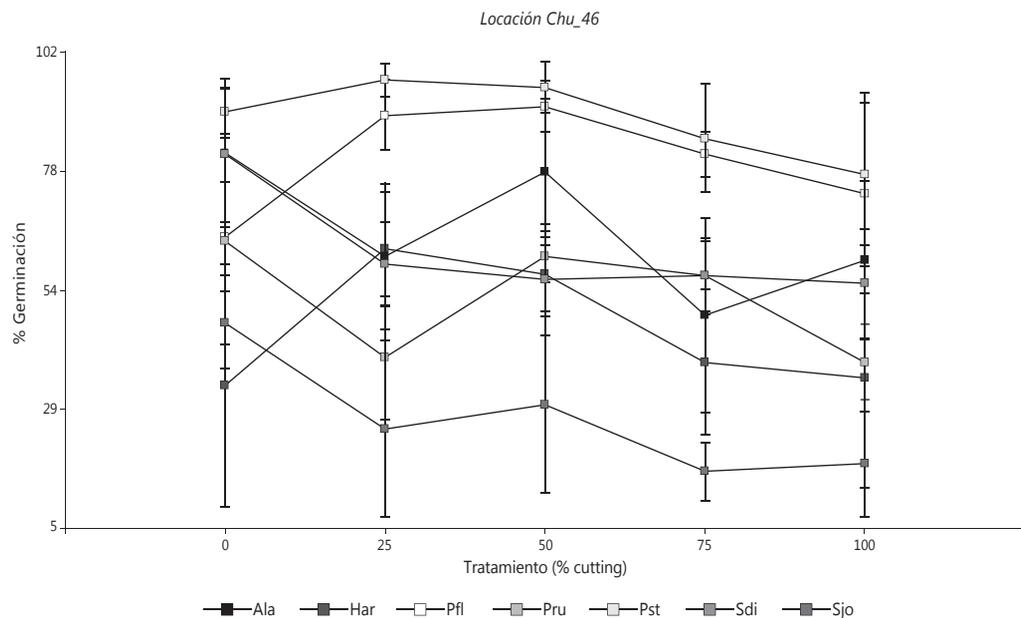


Figura 15. Porcentaje de germinación en la locación Chus_46 para las especies *Atriplex lampa* (Ala), *Hyalis argentea* var. *latisquama* (Har), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Pfl), *Prosopis ruizleali* (Pru), *Prosopis strombulifera* (Pst), *Suaeda divaricata* (Sdi), en los tratamientos M0 (0 % RP), M1 (25 % RP), M2 (50 % RP), M3 (75 % RP) y M4 (100 % RP). Letras desiguales indican diferencias significativas ($\alpha= 0,05$)

A continuación las bandejas de germinación de semillas (Foto 15), cámara de crecimiento e identificación de bandejas de las especies y tratamientos (Foto 16).

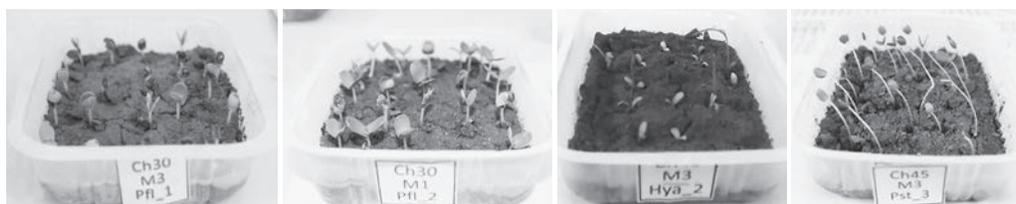


Foto 15. Germinación de especies *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Pfl), *Prosopis ruizleali* (Pru), *Hyalis argentea* var. *latisquama* (Har), y *Prosopis strombulifera* (Pst en el tratamiento M3 (75 % RP)



Foto 16. Cámara de crecimiento e identificación de los tratamientos con las semillas

Conclusiones ETAPA 2

En todas las especies el porcentaje de germinación disminuye con el incremento de RP.

Las especies leñosas (*Prosopis* spp.) presentan altos porcentajes de germinación en todos los tratamientos.

La especie *Schinus johnstonii* presenta valores muy bajos de germinación en todos los tratamientos.

Los porcentajes de germinación de las especies semileñosas (*Suaeda divaricata* y *Atriplex lampa*) y la herbácea (*Hyalis argentea* var. *latisquama*) se ven más afectadas por la presencia de mayor cantidad de RP en las mezclas, derivando en porcentajes de germinación más bajos en comparación con las del género *Prosopis*.

Los porcentajes de germinación en M0 fueron afectados parcialmente por la formación de costra salina que impedía la emisión de la plúmula.

De acuerdo a lo expuesto se concluye que entre las leñosas la especie *Prosopis flexuosa* var. *depressa* es la recomendada para revegetar con sustrato de hasta 50 % de RP (M2), dado que su expresión vegetativa se ve afectada a partir de una mayor concentración de RP.

Entre las herbáceas se podría recomendar la especie *Hyalis argentea* var. *latisquama*, que comienza a resentir la expresión vegetativa de una mayor dosis de RP, resultando la más conveniente en sustratos de hasta el 50 % de RP (M2 respectivamente).

ETAPA 3

Revegetación de campo en locaciones

Esta etapa busca cumplir con los objetivos 4 y 5. La mezcla más adecuada de SS y RP y la selección de especies que surgieron de la etapa 2, fueron reproducidas y plantadas en las locaciones a restaurar. Sobre la mezcla distribuida en el área a revegetar se aplicaron diferentes prácticas culturales, diseño y técnicas de plantación (poceo y corrugado de suelo, barreras físicas, etc.) a fin de determinar la más adecuada para la instalación de los individuos plantados y que faciliten el establecimiento natural de las especies presentes en áreas circundantes. Se realizó el monitoreo del establecimiento natural de especies en los diferentes tratamientos de facilitación, y la evolución de las especies plantadas.

► Selección de los sitios

Se eligieron tres locaciones abandonadas: NDBE 103 (37° 18'18.37" S/68° 58'54.25" O), NDBE-48 (37° 17'15.28" S/68° 59'42.69" O) y NLaCo x-1 (37° 17'54.71" S/68°58'45.50" O) ubicadas en el Yacimiento Desfiladero Bayo, Malargüe, Mendoza. Para la selección de las

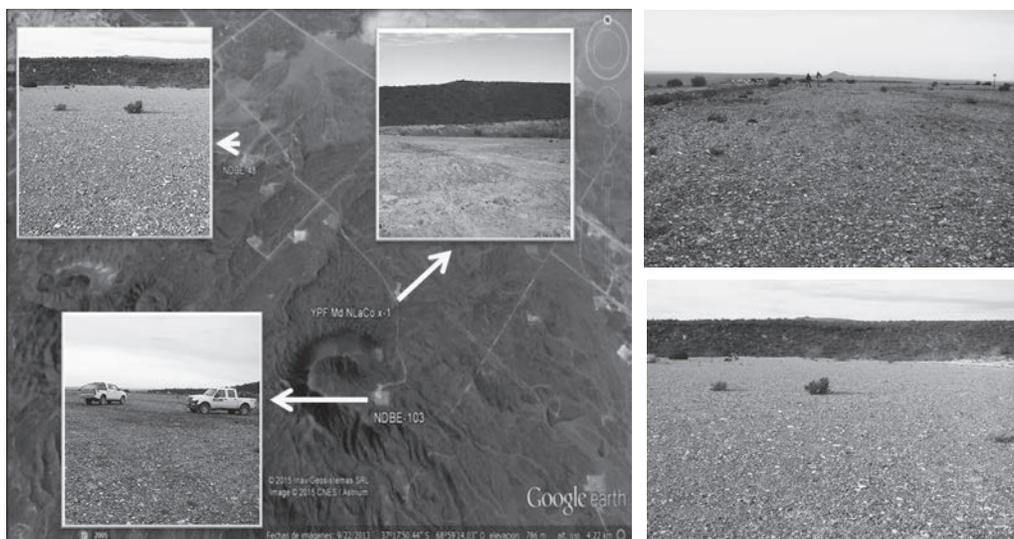


Foto 17. Detalle de los sitios donde se realizaron las experiencias a campo

locaciones se tuvo en cuenta que estos sitios estén nivelados, de fácil acceso y desprovistos mayormente de vegetación natural (Foto 17).

PREPARACIÓN IN SITU DE LOS SUSTRATOS Y DEL TERRENO

Se seleccionó dentro de cada locación una zona apropiada para la preparación de la mezcla, teniendo en cuenta el acceso de vehículos y maquinaria necesaria para las actividades a realizar. El SS utilizado se obtuvo de las zonas aledañas a la locación, mientras que el RP fue trasladado desde los repositorios en camiones. Antes de iniciar el proceso de mezclado, se realizó el análisis ambiental del RP, para asegurar que las condiciones sean adecuadas para su distribución en la locación. Una vez que los resultados de los análisis mostraron que el RP era ambientalmente seguro, se procedió a realizar la mezcla en una proporción de 1:1 (proporción seleccionada de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de germinación y vivero). Con una pala cargadora se formó una corona utilizando el SS, dejando una depresión en el centro donde se descargó el RP (en la proporción 1:1) y se trató de que la mezcla quede lo más homogénea posible (Fotos 18 y 19).



Foto 18. Preparación de la mezcla M2 con retroexcavadora

Para descompactar la superficie de la locación, se realizó el escarificado del área donde se iba distribuir la mezcla utilizando un escarificador vial. Luego con una máquina motoniveladora se realizó la distribución del sustrato hasta armar la cama de plantación con un espesor de 20 cm. Luego se escarificó nuevamente en sentido contrario para que los surcos formados funcionen como zonas de protección de las plantas y áreas de captación de suelo, semillas y humedad.

Para la preparación del tratamiento M0 se procedió del mismo modo.



Foto 19. (A) Distribución en campo del sustrato con la proporción 1:1 de DS/SS (M2). (B) Escarificado del terreno

► Diseño de plantación

El diseño de plantación fue bloques aleatorizados distribuidos en tres locaciones. Se utilizaron un total de 672 plantines para las tres locaciones. La distancia entre plantas fue de 1,5 m y 1,5 m entre hileras. El número de repeticiones por tratamiento fue de 14. La superficie de la parcela de ensayo resultó de 378 m². La parcela propuesta se observa en la Figura 16.

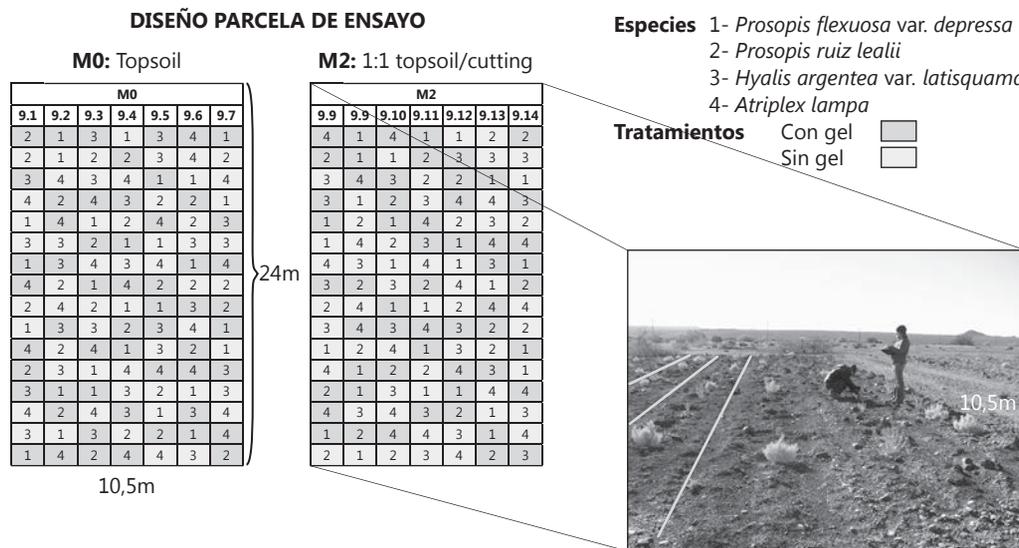


Figura 16. Esquema diseño de ensayo de revegetación a campo

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de germinación y vivero, las especies seleccionadas para la revegetación en terreno fueron: *Atriplex lampa* (Ala), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Pfl), *Prosopis ruizleali* (Pru) e *Hyalis argentea* var. *latisquama* (Har).

Tratamientos aplicados: **M0**: SS con y sin el agregado de hidrogel; **M2**: mezcla 1:1 (RP/SS), con y sin el agregado de hidrogel. En todos los casos se aplicó un riego de establecimiento de 3 a 4 litros /planta.

► Plantación propiamente dicha

Los plantines viverizados se trasladaron y plantaron en capacidad de campo. Los hoyos de plantación tuvieron una profundidad aproximada de 40 cm y se hicieron a través del uso de palas manuales y de hoyadora mecánica (Foto 20). Los plantines quedaron sin ningún tipo de protección, bajo influencia del ganado y la fauna.



Foto 20. Etapa de hoyado y plantación de ejemplares

► Riego

Se aplicó un riego de establecimiento al momento de plantación y otros dos a los 20 y 40 días desde la plantación de 3 a 4 litros/planta (Foto 21).



Foto 21. Aplicación de riego en los plantines de las distintas especies establecidas

REGISTRO Y ANÁLISIS DE DATOS DEL SEGUNDO CICLO VEGETATIVO

Supervivencia de plantas según locaciones

► Locación NDBE-103

De las 224 plantas ubicadas en la locación NDBE-103, se observó que 219 plantas sobrevivieron después del 2° ciclo vegetativo (97.7 %), valor similar a la supervivencia del 1° ciclo vegetativo (99.1 %). Dentro del grupo de plantas se analizó la interacción entre especie*mezcla. Hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0002$) entre especies para la supervivencia tanto en la mezcla M2 como en M0. *Prosopis ruizleali* (Pru) fue la única que presentó una proporción ligeramente diferente al resto de supervivencia (0,11) en M0 respecto del total de todas las plantas (219). En la Foto 22 se observa la supervivencia *A. lampa* al segundo año de crecimiento de las especies en las plataformas.



Foto 22. Supervivencia y crecimiento de plantas en la Locación NDBE-103 en Mezcla M2 (1:1 RP/SS). A- Primer Ciclo vegetativo B- Respuesta en el segundo ciclo

COMPORTAMIENTO DEL 1ER Y 2DO CICLO VEGETATIVO

La Figura 17 permite apreciar los valores de altura de las especies estudiadas en el primer y segundo ciclo vegetativo.

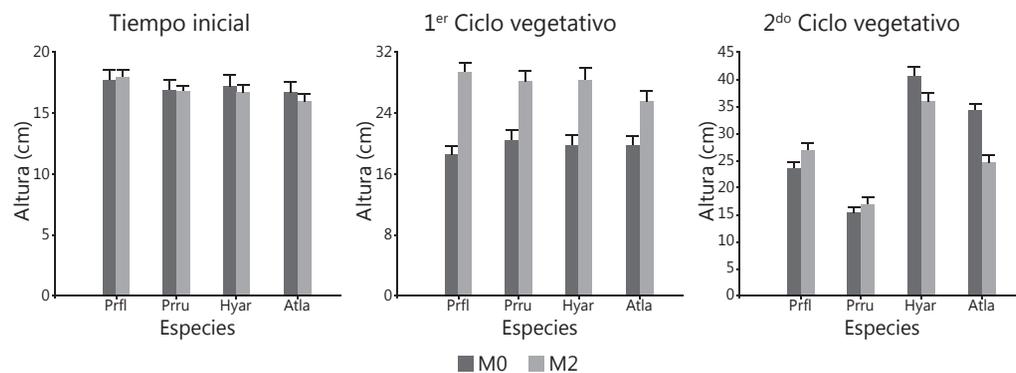


Figura 17. Altura media en cm de las especies ensayadas desde la plantación, primero y segundo ciclo vegetativo

► Locación NDBE-48

Al término del segundo ciclo vegetativo, de las 224 plantas ubicadas en las locaciones se registró la supervivencia de un total de 195 individuos (87 %), solo 5 plantas menos que la supervivencia registrada en el primer ciclo vegetativo (89,7 %). Se analizó la interacción especie*mezcla. Se observó que las proporciones de supervivencias para el grado de mezcla M2 y M0 muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0207$). La menor proporción de supervivencia fue en las especies *Atriplex lampa* (Ala) en el tratamiento M2 (0,08), y *Prosopis ruizleali* (Pru) en el tratamiento M2 (0,09) y M0 (0,08) con respecto al total de plantas (195).

► Locación NLaCoX-1

Transcurrido el segundo ciclo vegetativo se observó que de las 224 especies plantadas, el 96,4 % (216) sobrevivió. Un 2 % (221) menos que lo registrado en el primer ciclo vegetativo.

Se encontraron diferencias significativas para la interacción especie*mezcla ($p < 0,0207$). La menor proporción de supervivencia fue para las especies *Prosopis ruizlealii* (Pru) en los tratamientos M0 (0,11) y M2 (0,11) y para *Atriplex lampa* (Ala) en el tratamiento M2 (0,11).

La supervivencia al segundo ciclo vegetativo de las cuatro especies seleccionadas en las distintas locaciones de pozos, se observan en las Figuras 18, 19 y 20, cuyos valores superan el 80 %.

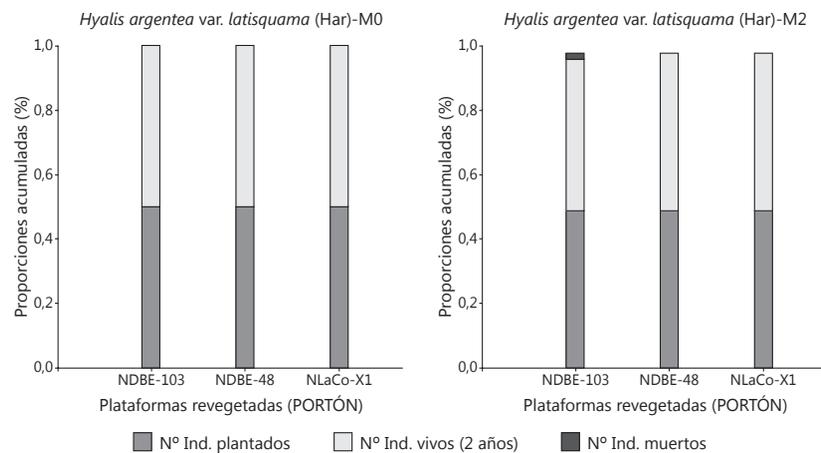


Figura 18. Supervivencia del total (219 plantas) de plantas (%), según la mezcla y especie **Har** (*Hyalis argentea*) implantada en la locación de NDBE-103. M2 (1:1 RP/SS), M0 (SS)

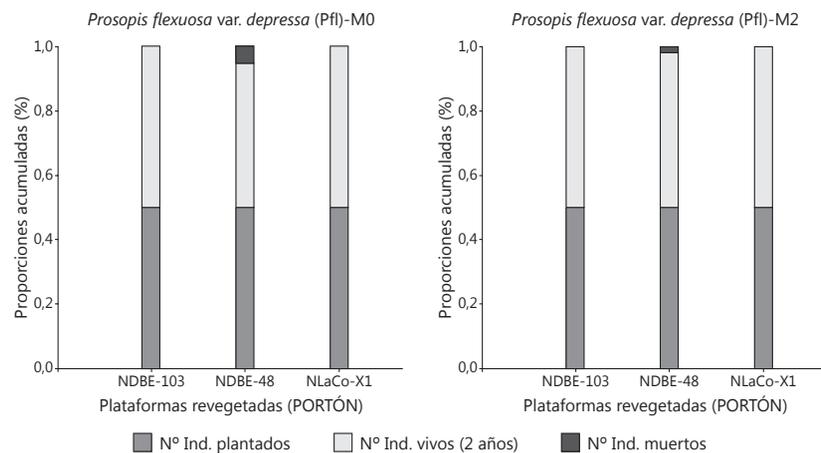


Figura 20. Supervivencia del total (216 plantas) de plantas (Proporción), según la mezcla M2 (1:1 RP/SS) y M0 (SS) de la especie implantada de **Pfl** (*Prosopis flexuosa var. depressa*)

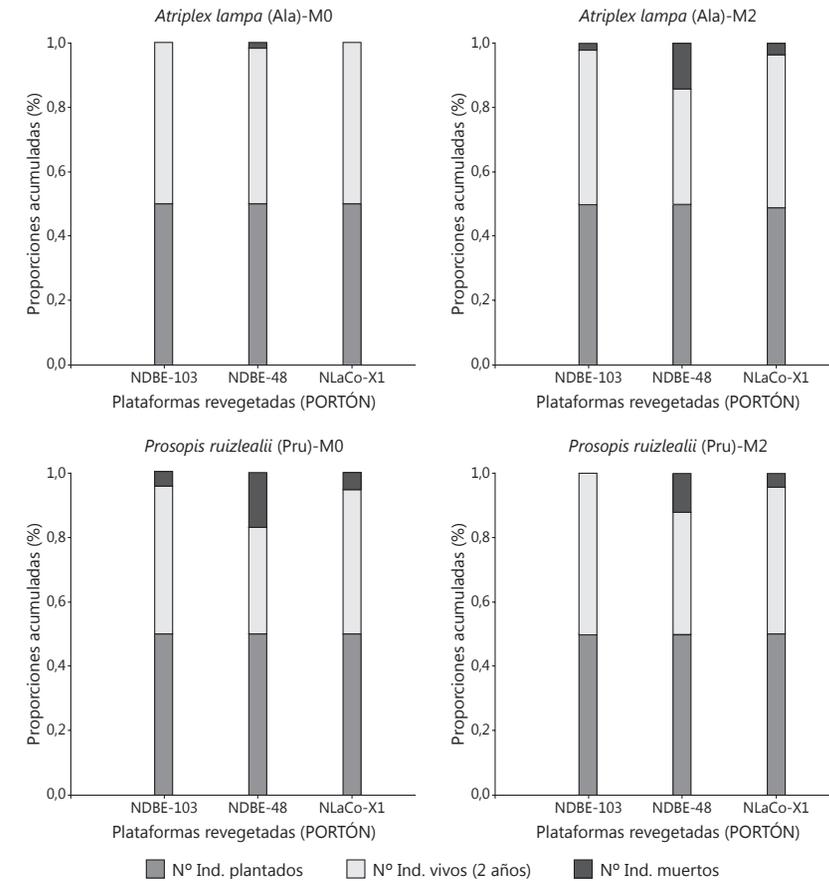


Figura 19. Supervivencia del total (195 plantas), según la mezcla M2 (1:1 RP/SS), M0 (SS) y la especie implantada de **Ala** (*Atriplex lampa*), **Pru** (*Prosopis ruizlealii*) en la locación de NDBE-48

Análisis de la variación de las alturas de plantas

► Locación NDBE-103

El ANOVA a dos vías mostró diferencias significativas en la interacción especie*mezcla para la altura ($p = 0,0001$) en la locación NDBE-103. Razón por la cual se procedió al análisis de cada especie por separado en relación a la variación de los niveles del factor mezcla. La especie Ala alcanzó una altura promedio mayor para ambos tipos de mezclas, M0 (34,10cm) y para la mezcla M2 (42,64cm). En el caso de Har, presentó alturas en promedio más altas, solo para M0. Mientras que Pfl manifestó las alturas promedio mayores con la mezcla M2. A diferencia de Har, que en presencia de RP al 50 % las plantas

desarrollaron menor altura (26,1cm). Siendo Pru el que presentó las alturas en promedio más bajas, tanto en M2 (23,53cm) como en M0 (17,89) (Figura 21).

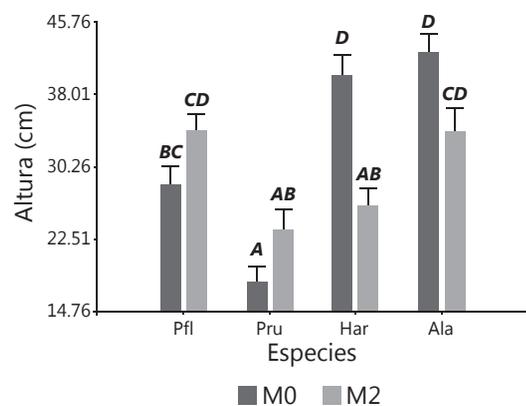


Figura 21. Altura promedio (cm) de plantas para las distintas especies: *Atriplex lampa* (Ala), *Hyalis argentea* (Har), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Pfl), *Prosopis ruizleali* (Pru); en dos tipos de mezcla: M2 (1:1 RP/SS), M0 (SS) de la Locación NDBE-103. Letras distintas indican diferencias significativas entre mezclas para cada especie según test de Tukey ($p < 0,05$)

Respecto a los diámetros (mayores y menores) se observó la misma tendencia de las alturas, siendo diferente la respuesta de la vegetación para las mezclas M0 y M2. El efecto de la interacción especie * RP para diámetro mayor ($p < 0,0001$) y diámetro menor ($p < 0,0001$) fue significativo. Se encontró que en el análisis de vectores promedio de las tres variables, Ala supera el valor del vector medio (Alt.=30,88 cm; D= 55,21 cm y d= 44,33 cm) de todos los datos. Por el contrario, las plantas de Pru presentaron vectores promedios menores de las tres variables (Figura 22).

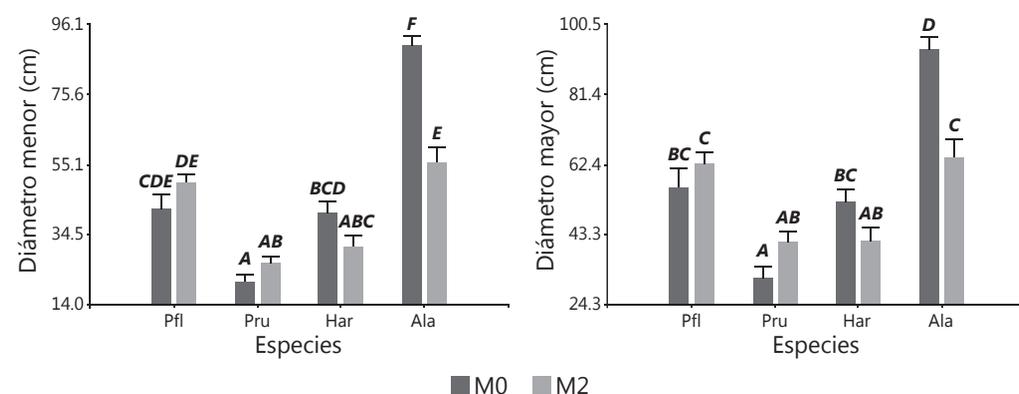


Figura 22. 1-Diámetro mayor y 2-diámetro menor de copas de plantas para las distintas especies: *Atriplex lampa* (Ala), *Hyalis argentea* (Hya), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Pfl), *Prosopis ruizleali* (Pru); en dos tipos de mezcla: M2 (1:1 RP/SS), M0 (SS) de la Locación NDBE-103. Letras distintas indican diferencias significativas entre mezclas para cada especie según test de Tukey ($p < 0,05$)

Siendo los promedios de diámetro de copa, mayor y menor, los más altos para Ala en M0. Mientras que los promedios de diámetro de copa mayor en Pfl fueron altos en ambos mezclas (M0 y M2), encontrándose, los diámetros de copa menor, más altos en M2. Por su parte Har, bajo el tratamiento con 50 % RP, mostró promedios de diámetro de copa, mayor y menor, bajos; y valores altos para los diámetros de copa mayor en M0. Mientras que Pru, fue el que presentó un menor desarrollo en las mezclas propuestas; manifestando los promedios de diámetro de copa, mayor y menor, más bajos.

► Locación NDBE-48

El ANOVA a dos vías de la interacción especie*mezcla mostró diferencias significativas ($p < 0,0001$) para las alturas. Por esta razón se procedió al análisis de cada especie por separado en relación a la variación de los niveles del factor mezcla. Siendo Har la especie con mejor respuesta, cuyas alturas promedios fueron superiores para ambas mezclas (M0=35,5 y M2=31,25). Seguida por Ala que alcanzó una altura marcadamente mayor en la mezcla M0 (27,2cm) distinta a la mezcla M2 (13,3cm). Las plantas con promedios menores de altura fueron las de las especies Pfl (M0=12,3 y M2=16 cm) y Pru (M0= 7,64 y M2=9,11), estas no presentaron diferencias para los dos tipos de mezclas (Figura 23). Cabe destacar que Pru presenta variaciones de alturas muy altas en sus respuestas, al igual que Ala para el tratamiento 50 % RP.

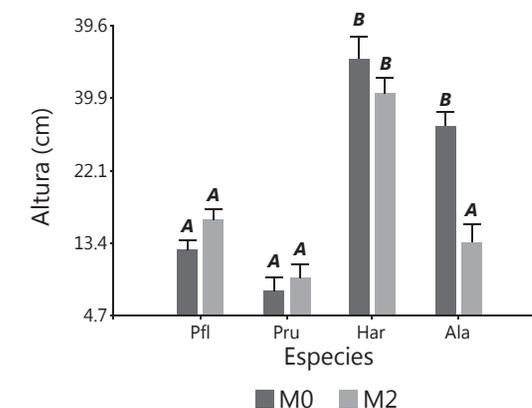


Figura 23: Altura promedio (cm) de plantas para las distintas especies: de *Atriplex lampa* (Ala), *Hyalis argentea* (Har), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Pfl), *Prosopis ruizleali* (Pru) en dos tipos de mezcla: M2 (1:1 RP/SS), M0 (SS) de la Locación NDBE-48. Letras distintas indican diferencias significativas entre mezclas para cada especie según test de Tukey ($p < 0,05$)

En cuanto al análisis de los diámetros de copas (D y d), se halló diferencia en la respuesta de la vegetación para las mezclas. Dado que el efecto de la interacción especie*RP, fue significativo para los diámetros, mayor ($p < 0,0001$) y menor ($p < 0,0001$) de las plantas. Se encontró que en el análisis de vectores promedio de las tres variables, Har presenta los vectores promedio mayores de las tres variables, superando el valor del vector me-

dio (Alt.=19,05 cm; D= 30,99 cm y d=22,75 cm) de todos los datos. Presentando Ala los vectores promedio más altos de las tres variables en M0. Por el contrario, las plantas de Pru presentaron vectores promedios más bajos de las tres variables (Figura 24).

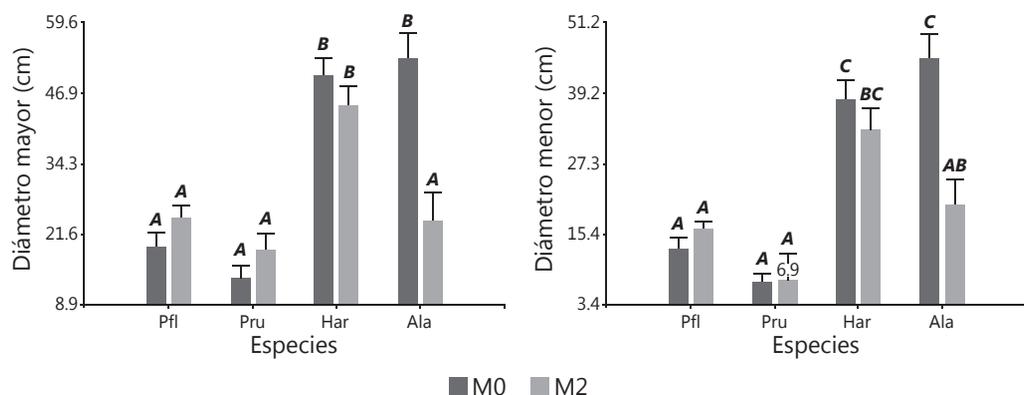


Figura 24. Diámetro mayor y 2-diámetro menor de copas de plantas para las distintas especies: *Atriplex lampa* (Atla), *Hyalis argentea* (Hyar), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Prfl), *Prosopis ruizleali* (Praru); en dos tipos de mezcla: M2 (1:1 RP/SS), M0 (SS) de la Locación NDBE-103. Letras distintas indican diferencias significativas entre mezclas para cada especie según test de Tukey ($p < 0,05$)

La especie Har mostró los promedios de diámetro de copa, mayor (M0=50 y M2=44,54 cm) y menor (M0=37,9 y M2=32,9 cm), más altos en ambas mezclas, mientras que Ala los registró para M0. Contrariamente, las plantas con los diámetros promedio más bajos (D y d), fueron las de las especies Pfl y Pru. Pru manifestó variaciones muy altas en sus diámetros, para ambas mezclas; los mismo sucedió con Ala para el tratamiento 50 % RP.

► Locación NLaCo X-1

Solamente el efecto principal de la especie para la plataforma NLaCo x-1 fue significativo ($p < 0,0001$). Los promedios de altura (para ambos niveles de mezcla) de plantas de la especie Har resultaron ser las más altas (50,4 cm) en comparación con el resto de las especies (Figura 25). Las plantas con promedios menores de altura fueron las de las especies Pru (M0= 20,2 y M2= 18,39cm).

Es de relevancia indicar que el valor del vector medio de las tres variables conjuntas, más alto, se registró para la plataforma NLaCo-x1. Las especies que alcanzaron los valores promedio mayores del vector medio de las tres variables conjuntas, fueron Har en ambos tratamientos (M2 y M0); para la mezcla M2 y con polímero apareció Pfl, seguido por Ala para la condición control (M0).

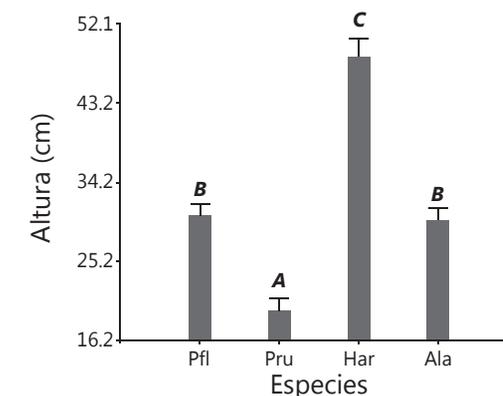


Figura 25. Altura promedio (cm) de plantas para las distintas especies: *Atriplex lampa* (Ala), *Hyalis argentea* (Har), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Pfl), *Prosopis ruizleali* (Pru) en dos tipos de mezcla: M2 (1:1 RP/SS), M0 (SS) de la Locación NDBE-103. Letras distintas indican diferencias significativas entre mezclas para cada especie según test de Tukey ($p < 0,05$)

La especie Har mostró los promedios de diámetro de copa, mayor (M0= 71,2 y M2=71,44 cm) y menor (M0=58,1 y M2=59,3 cm), más altos en ambas mezclas, mientras que Ala los registró para M0. Por el contrario, las plantas con los diámetros promedio más bajos (D y d), fueron las de las especies Pru, en ambas mezclas. Resaltando que Pru manifestó variaciones muy altas en sus diámetros, para ambos tratamientos, 0 y 50 % RP.

Establecimiento espontáneo de especies

Plataforma NDBE-103- M0: *Conyza* sp., **M2:** *Parkinsonia praecox*. Especies en ambos tratamiento: *Pappostipa speciosa*, *Salsola kali*, *Larrea cuneifolia*.

Plataforma NDBE-48- M0: *Parkinsonia praecox*, *Hyalis argentea* var. *latisquama*. **M2:** *Pappostipa speciosa*, *Conyza* sp., *Hyalis argentea* var. *tatisquama*.

Plataforma NLaCo-X1- M0: *Atriplex lampa*, *Salsola kali*, *Glandularia chrithmifolia*, *Larrea divaricata*, *Phacelia artemisioides*. **M2:** *Parkinsonia praecox*, *Prosopis flexuosa*, *Schinus johnstonii* y *Atriplex sagittifolia*. Especies en ambos tratamientos: *Larrea cuneifolia*, *Pappostipa speciosa*.

Conclusiones ETAPA 3

- La revegetación realizada con la mezcla seleccionada (50 % RP) fue satisfactoria, pudiéndose llevar a cabo todos los pasos establecidos en el protocolo 07. A los 2 meses de plantación se observó casi un 100 % de supervivencia de todas las especies, sin embargo, se advirtió la presencia de daño por herbivoría en las especies *Hyalis argentea* var. *latisquama* y *Atriplex lampa*.

- La utilización de polímero en la plantación fue indiferente en la supervivencia y altura de todas las especies.
- La utilización de RP al 50 % tiene los mismos resultados de supervivencia para todas las especies en comparación al control (M0).
- La baja supervivencia de *Atriplex lampa* en la plataforma NDBE-48 podría deberse a errores experimentales en la ejecución de la plantación.
- La baja supervivencia de *Prosopis ruizlealii* en la plataforma NDBE-48 podría deberse a un fuerte ramoneo por parte de la fauna silvestre y ganado doméstico.
- Las especies pertenecientes al género *Prosopis* han sido las más afectadas por la fauna en su primer ciclo vegetativo, por lo que se recomienda el empleo de formas de protección contra la herbivoría. Sin embargo, éstas rebrotan y se recuperan al segundo ciclo vegetativo.
- La altura de las especies arbustivas no se ve afectada por la presencia de RP en el sustrato en las cuales fueron plantadas.
- La altura de las especies herbáceas se ve afectada por la presencia de RP en el sustrato en las cuales fueron plantadas, dando como resultado plantas más pequeñas.
- La presencia de un terreno corrugado, pozos y especies implantadas ha generado la posibilidad de establecimiento de otras especies, como así también la presencia de semillas de las comunidades de contacto.

Conclusiones finales

- Los análisis ambientales de los RP presentan niveles de toxicidad por debajo de las exigencias legales. El SS de textura arenosa manifiesta una marcada alcalinidad con susceptibilidad a erosión eólica. Los análisis de fertilidad dieron muy baja proporción de nitrógeno, potasio y materia orgánica, con contenido medio a bajo en fósforo.
- Se realizó la caracterización del ecosistema de referencia identificando especies destinadas para suelos degradados y alcalinos. En base a la metodología usada se seleccionaron las siguientes especies: *Atriplex lampa*, *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, *P. ruizlealii*, *Hyalis argentea* var. *latisquama*.
- El análisis del banco de semillas de las comunidades de contacto arrojó como resultado, un aporte semillas viables muy bajo, a pesar del gran número de diseminulos

presentes. Sólo se encontró como viable *Schismus barbatus* en las todas locaciones y como no viables se identificaron semillas de *Zigophyllaceae* y *Asteraceae*.

- Se analizó la presencia de bacterias heterótrofas en el SS, resultando en una importante cantidad de microorganismos, desconociéndose si los mismos son promotores del crecimiento vegetal.
- Al realizarse las mezclas de RP y SS, tanto la alcalinidad como la salinidad aumentan al aumentar el contenido de RP, el PSI resultó muy alto en general en el RP, y la textura mejora de arenosa a franco arenosa a medida que aumenta el porcentaje de RP en la mezcla, lo que permitiría una mejor estructuración del sustrato, logrando una mayor retención de humedad y disminuyendo la susceptibilidad frente a la erosión eólica.
- En los ensayos de vivero se comprobó que las proporciones crecientes de RP agudizan los problemas de textura y salinidad, lo que se manifiesta en una menor sobrevivencia de plantines. Por otro lado las mezclas mejoran la textura del sustrato, logrando una mayor retención de humedad y disminuyendo la susceptibilidad frente a la erosión eólica.
- Los ensayos de germinación en los sustratos mostraron que el incremento de RP disminuyó el porcentaje de germinación. Las especies leñosas del género *Prosopis* spp. presentaron altos porcentajes de germinación en todos los tratamientos. *Schinus johnstonii* mostró una supervivencia muy baja por lo que se consideró como una especie no apta para la restauración de este tipo de sustrato.
- En el primer ciclo vegetativo, las especies pertenecientes al género *Prosopis* fueron las más afectadas por la herbívora. Sin embargo, luego del segundo ciclo vegetativo, estas especies evidenciaron su capacidad de respuesta a partir del rebrote. Dicha supervivencia podría estar dada por la rusticidad de las especies ensayadas y la emisión de una raíz pivotante y profusa.
- La altura de las especies arbustivas de *Prosopis* no se vieron afectadas por la presencia de RP en el sustrato en las cuales fueron plantadas.
- Se advirtió la presencia de daño por herbivoría en el primer año en las especies *Hyalis argentea* var. *latisquama* y *Atriplex lampa*. Sin embargo, al cabo de 2 años tanto *Hyalis* como *Atriplex* presentaron un notable incremento en las alturas. *Hyalis* además manifestó floración en numerosos individuos.

- En el terreno, transcurrido 2 años desde la plantación, se observó un elevado porcentaje de supervivencia en todas las especies superando el 85 %. No habiéndose hallado discrepancia entre las especies bajo los tratamientos ensayados 100 % SS (M0), y 50 % SS con 50 % de RP (M2). La revegetación realizada con la mezcla seleccionada (50 % RP) ha sido favorable, pudiéndose llevar a cabo los pasos establecidos en el Protocolo Anexo 07.
- El efecto de facilitación, mediante técnicas de corrugado y tazas de plantación de las especies plantadas, ha generado la posibilidad de la captación de semillas y el reclutamiento de plántulas de las comunidades de contacto.
- En el ensayo no hubo efecto de clausura y durante el relevamiento del primer ciclo vegetativo las que se registraron como fallidas (debido principalmente al ramoneo por la fauna), rebrotaron en el segundo ciclo. El daño provocado el primer año, si bien retrasó la expresión vegetativa de las especies, los rebrotes del segundo año hicieron que las plantas se recuperaran y vegetaran con una incidencia menor de la herbivoría.

Recomendaciones

Suelo: primer recurso a recuperar.

Es factible la restauración de locaciones utilizando como sustrato la combinación de los RP con el SS. El establecimiento asistido de especies vegetales nativas en este sustrato permite la recuperación de la cobertura vegetal en las locaciones en un menor tiempo. Hay evidencias que el efecto de la revegetación requiere de un número de 3 años para conocer los resultados (Rapoport et al., 2001). Por lo que es prioritario que las evaluaciones se realicen en largos periodos de observación, ya que la inferencia sobre el repoblamiento vegetal es un proceso que se manifiesta en mediano a largo plazo y tiene una respuesta dinámica en función del grado de deterioro del área problema.

Para la restauración vegetal, primero se buscará restablecer en lo posible los aspectos funcionales del suelo (morfología, salinidad, condiciones del subsuelo, drenaje, cantidad y calidad del suelo) y seguidamente se procederá a la recuperación o reposición de la vegetación seleccionada.

La aplicación de laboreos del terreno como surcos en línea, corrugado, pozos y tazas de plantación, generan condiciones favorables para el establecimiento de nuevas especies de las comunidades de contacto.

El tipo de restauración que se plantee en cada caso tendrá que ser coherente, tanto desde el punto de vista ecológico como paisajístico e insertado en el territorio y en función de los usos actuales y potenciales del área. Esto implica que deberá tratarse el terreno alterado con las técnicas apropiadas y atendiendo a la composición vegetal predominante, propendiendo en lo posible alcanzar el ecosistema de referencia previo al inicio de las obras. La composición específica responderá a la integración con el entorno en cada caso concreto.

En la práctica el concepto de "Planta nativa" responderá a aquellas autóctonas que se hallen en la zona o cercanías al área problema y en proporciones significativas con anterioridad a la alteración, por tratarse de plantas pertenecientes a los ecosistemas locales. Esto permite derivar en un ecosistema con propiedades autosostenibles.

En el ensayo no hubo efecto de clausura por lo que el impacto del ganado doméstico y la fauna incidió sobre los plantines. Entre las especies más afectadas se destacó el género *Prosopis*. Sin embargo, al segundo ciclo vegetativo las plantas rebrotaron y mostraron una rusticación hacia los herbívoros, como se observa en las especies equivalentes de las comunidades de contacto.