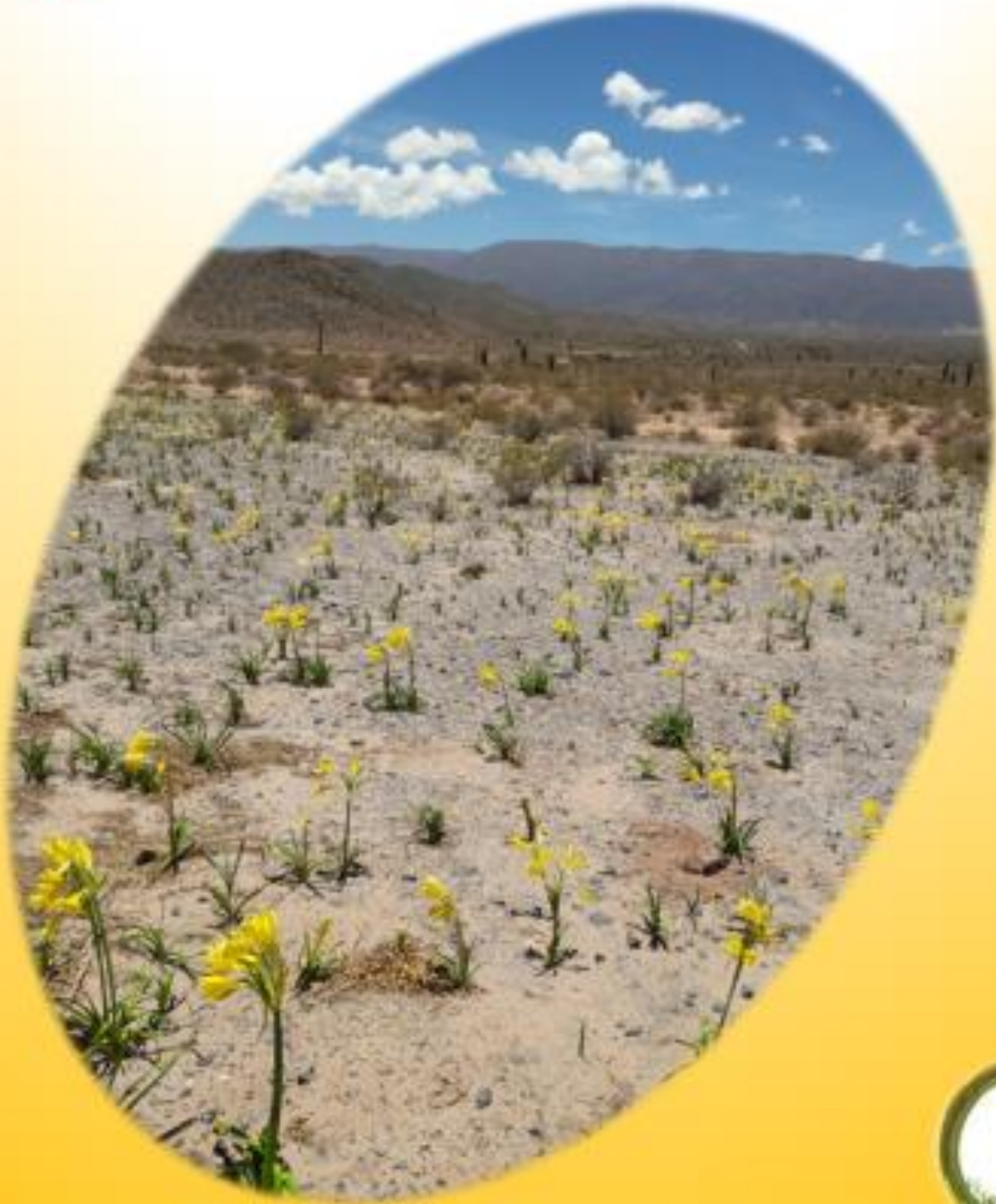




RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA DIAGONAL ÁRIDA DE LA ARGENTINA



4

Adriana Elizabeth Ortín Vujovich – Nélica Marcela Romero – Juan Carlos Godoy – Nora Di Salvo

Editores

RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA DIAGONAL ÁRIDA DE LA ARGENTINA



Editores:

Adriana Elizabeth Ortín Vujovich

Nélida Marcela Romero

Juan Carlos Godoy

Nora Di Salvo

RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA DIAGONAL ÁRIDA DE LA ARGENTINA

1° Edición – Salta 2020

Editores:

Adriana Elizabeth Ortín Vujovich - Nélide Marcela Romero - Juan Carlos Godoy - Nora Di Salvo

Diagramación:

Nélide Marcela Romero

Diseño de tapa y contratapa:

Nora Di Salvo

Diseño de portada de secciones y fotografía contratapa:

Juan Carlos Godoy

Fotografía de tapa:

Adriana Elizabeth Ortín Vujovich

Trabajos voluntarios correspondientes al IV Taller Regional sobre Rehabilitación y Restauración en la Diagonal Árida de la Argentina y I Taller Internacional de Restauración Ecológica – Salta, Argentina, 2018.

Restauración ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina / Adriana Elizabeth Ortín Vujovich... [et al.]; editado por Adriana Elizabeth Ortín Vujovich... [et al.]- 1ª ed.- Salta: Adriana Elizabeth Ortín Vujovich, 2020.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-86-7901-3

1. Restauración. 2. Ecología. 3. Zonas Áridas. I. Ortín Vujovich, Adriana Elizabeth.
CDD 577.0982



REVISORES INVITADOS

Dr. Publio A. ARAUJO

Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Dra. Ana Belén CISNEROS

Instituto de Bionanotecnología del NOA (INBIONATEC).

Dr. Antonio Daniel DALMASSO

Profesional Principal CONICET- Grupo de Geobotánica y Fitogeografía. IADIZA.

Dr. José Antonio DÍAZ ZÍRPOLO

Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE.

Arq. Nora DI SALVO

Restauradora Ecológica de la Escuela Cubana. CITMA.

Dra. Ana Cecilia DUFILHO

Universidad Nacional del Comahue.

Dr. Héctor Daniel ESTELRICH

Prof. Asociado Ecología Vegetal. Facultad de Agronomía. UNLPam.

Dra. Mariela FABBRONI

Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.

Dra. María Eugenia FIGUEROA

Universidad Nacional de Santiago del Estero.

MSc. Juan Carlos GODOY

Universidad Nacional de Salta. Sede Regional Orán.

Dra. Sofía Laura GONZÁLEZ

INIBIOM. Universidad Nacional del Comahue.

Dra. Soledad MOLARES

CIEMEP (Centro de Investigación Esquel de Montaña y Estepa Patagónica). CONICET
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

Dra. Paula MELI

Universidad de La Frontera; Chile.

Dra. Juana MOGLIA
Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Dr. Ernesto Francisco Atilio MORICI
Facultad de Agronomía y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa.

MSc. Adriana E. ORTÍN VUJOVICH
Universidad Nacional de Salta.

Mag. Vivien PENTREATH
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

Mag. Héctor Alejandro REGIDOR
Universidad Nacional de Salta.

Dra. Adriana E. ROVERE
INIBIOMA (CONICET, Universidad Nacional del Comahue). Universidad Nacional de Río Negro.

Dr. Martín Gonzalo SIROMBRA
Facultad de Ciencias Naturales e Inst. Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán.
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca.

Dr. Ramón Alberto SOSA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa.

Dra. Carla Etel SUÁREZ
Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa.

Un especial agradecimiento a la Dra. Adriana Rovere, quien desinteresadamente, además de haber participado como revisora y autora, brindó generosamente su apoyo y colaboración poniendo a disposición su vasta experiencia para lograr la publicación de este libro y aportar así a la restauración de nuestros valiosos ecosistemas nativos.



ÍNDICE

SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN	
Capítulo 1. Presentación y desarrollo del IV Taller Regional de Rehabilitación y Restauración en la Diagonal Árida de Argentina y I Taller Internacional de Restauración Ecológica Rovere, A.E.; Ortín Vujovich, A.E.; Di Salvo, N.A. y Godoy, J.C.	12
Capítulo 2. Salidas post taller: cuatro estudios de caso de restauración o rehabilitación en los alrededores de Salta (Argentina) Godoy, J.C.; Di Salvo, N.A.; Ortín Vujovich, A.E.; Croce, J.; Quintero, D.I.; Marconi, P.; Berrios, V.S. y Abdo, M.	17
Capítulo 3. Desarrollo y actividades de restauración ecológica en el nodo NOA (Argentina) Di Salvo, N.A.; Ortín Vujovich, A.E.; Casimiro, S.A.; Ferreira Padilla, S.E.; Godoy, J.C.; Marconi, P. y Rovere, A.E.	27
SECCIÓN II. INVESTIGACIÓN BÁSICA Y APLICADA PARA LA RESTAURACIÓN	
Capítulo 4. Restauración de bosques incendiados en las Yungas de Jujuy, con énfasis en la recuperación del potencial productivo Balducci, E.D. y Speranza, F.C.	36
Capítulo 5. Restauración de antiguas chacras degradadas para producción silvopastoril Giordano, M.A.; Galeano, V.H. y Carrocino, E.B.	44
Capítulo 6. El efecto de borde en fragmentos de bosque en el Chaco Semiárido de Salta, Argentina Godoy, J.C.; Ortín Vujovich, A.E. y Yucra, B.	53
Capítulo 7. Hacia la identificación de un ecosistema de referencia para la Selva Pedemontana de Yungas Ortín Vujovich, A.E.; Godoy, J.C.; Tolaba, J.; Galarza, M.; Llanos, E.; Guerra, M.; Alcaraz, R.; Caballero, M. y Rodríguez Solano, E.A.	62
Capítulo 8. Explotación de palmares en el noroeste formoseño. Estrategias para un proceso de restauración Regidor, H.A. y Miller, M.	73
Capítulo 9. Cambios de la composición florística en la Selva Pedemontana de la cuenca del río Tartagal, Salta (1977-2018): importancia de su restauración Tinte, A.L.; Ortín Vujovich, A.E. y Ferreira Padilla, S.E.	82
SECCIÓN III. INVESTIGACIÓN EN HUMEDALES Y ÁREAS DE RIBERA	
Capítulo 10. Composición, riqueza, abundancia y diversidad específica de la vegetación riparia de un tramo del río Lorohuasi (Cafayate – Salta - Argentina) Alvarado, A.S.; Ferreira Padilla, S.E. y Fabbroni, M.	91
Capítulo 11. Caracterización de la vegetación del sector sur del salar de Cauchari, Provincia de Salta, Argentina Fiad, D.; Ortega, L.M.; Cardozo, A.L.; Jerez, M. y Pereyra, P.	98
Capítulo 12. Valoración de riberas fluviales en un tramo del río Lorohuasi, Cafayate (Salta, Argentina) Quintero, D.I.; Ferreira Padilla, S.E.; Rovere, A.E. y López de Azarevich, V.	107
SECCIÓN IV. INVESTIGACIÓN EN LA ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA Y MINERA	
Capítulo 13. Ensayo experimental para la restauración de colas de mineral en la explotación del oro, San Juan, Argentina Dalmaso, A.D. y Márquez, J.	116

Capítulo 14. Evaluación de técnicas de restauración en locación petrolera Cerro Veneno, Malargüe, Argentina Navas Romero, A.; Herrera Moratta, M.A.; Duplancic, M.A.; Martínez Carretero, E. y Dalmaso, A.D.	128
Capítulo 15. Ensayos de ecotoxicidad y genotoxicidad para evaluar lodos de perforación derivados de la industria petrolera Pentreath, V.; González, E.; Laztra, E.; Chiarotto, M.; Mutti, C. y Herrera, A.	141
SECCIÓN V. BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS, AVES Y PECES	
Capítulo 16. Principales bienes y servicios que brindaría la ictiofauna del río Atuel (La Pampa, Argentina) en un marco de restauración ambiental Del Ponti, O.D.; Pratts, P.B.; Berguño, A.A.; Marani, J.L. y Castro, M.	151
Capítulo 17. Evaluación temporal de la diversidad de aves en un paisaje fragmentado del Chaco Salteño Godoy, J.C. y Ortín Vujovich, A.E.	159
Capítulo 18. Comparación temporal y espacial de la ictiofauna en dos sitios urbanizados del río Arias (Salta) Romero, N.M.; Araoz, A.A.; Arambarri Salvadores, J.P.; Lamas, M.L. y Ceballos, S.F.	167
Capítulo 19. Diagnóstico de la diversidad de vertebrados de la Diagonal Árida Pampeana Sosa, R.A.; Del Ponti, O.D.; Bragagnolo, L.A. y Galmes, M.A.	174
SECCIÓN VI. PROPAGACIÓN DE PLANTAS E IDENTIFICACIÓN DE PLÁNTULAS	
Capítulo 20. Caracteres morfométricos de frutos y semillas del monte y germinación de <i>Parasenegalia visco</i> para rehabilitación de laderas y riberas Ferreira Padilla, S.E.; Subelza, C.R. y Pérez Arroyo, R.N.	184
Capítulo 21. Viverización de dos especies del género <i>Baccharis</i> con potencial uso en la rehabilitación de ambientes degradados Leyes, P.; Edwards, I.; Sánchez, G. y Riat, M.	191
Capítulo 22. Caracterización de plántulas de especies leñosas de la Selva Pedemontana de Yungas Ortín Vujovich, A.E.; Yapura, M.; Godoy, J.C.; Paniagua, M.; Tinte, A.L.; Alderete, L.; Borja, M. y Espinosa, P.	198
Capítulo 23. Avances en la propagación de <i>Viola columnaris</i> (Violaceae), especie herbácea de altura afectada por actividades recreativas de montaña Rey, M.; Riat, M. y Sánchez, G.	207
Capítulo 24. Metodología de propagación y cultivo de <i>Adesmia corymbosa</i> var. <i>corymbosa</i> (Fabaceae) para su recuperación en sitios alterados de Patagonia Rodríguez, N.; Riat, M. y Sánchez, G.	215
SECCIÓN VII. RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN EN ÁREAS PERIURBANAS	
Capítulo 25. Bancos de semillas en taludes viales de la Estepa Patagónica: implicancias para la restauración Chichizola, G.A.; González, S.L. y Rovere, A.E.	223
Capítulo 26. Restauración de bordes de caminos: revisión de publicaciones, estado de artes y desafíos Chichizola, G.A. y Rovere, A.E.	230
Capítulo 27. Propuesta de restauración ecológica en el área de influencia de Planta Depuradora Norte, ciudad de Salta Moya, A.L. y Pasculli, M.N.	238
Capítulo 28. Xerojardinería en la estepa: capital natural en espacios verdes urbanos de San Carlos de Bariloche (Patagonia) Rovere, A.E. y Martínez, P.	245

Capítulo 29. Análisis de la invasión de <i>Melia azedarach</i> en la reserva municipal Laguna El Saladillo, Orán, Salta Ruiz, M.A.	254
Capítulo 30. Especies nativas potenciales para la remediación del ex vertedero de San Carlos de Bariloche (Argentina) Zenz, E.; Rovere, A.E. y Riat, M.	262
SECCIÓN VIII: DESARROLLO TECNOLÓGICO E INDICADORES	
Capítulo 31. Atributos de las costras biológicas para su uso en la restauración de ecosistemas Navas Romero, A.L.; Martínez Carretero, E. y Herrera Moratta M.A.	270
Capítulo 32. Propuesta de indicadores para el seguimiento de la restauración del río Mojotoro en el área afectada por planta de tratamiento de efluentes cloacales, Ciudad de Salta Pasculli, M.N. y Moya, A.L.	284
Capítulo 33. Especies de gramíneas como indicadoras de procesos de restauración o degradación en pastizales naturales patagónicos Quezada, M.; Rueter, B.; Buzzi, M.A.; González, T. y Rodríguez, F.J.	291
Capítulo 34. Ensayos en microparcels con simulador de lluvias para estimar erosión hídrica en Salta, Capital Ramírez, L.P. y Ferreira Padilla, S.E.	300
Capítulo 35. Validación de una metodología basada en indicadores BACIPS para medir la restauración ecológica en los yacimientos hidrocarbúricos de Patagonia Rueter, B.L.; Rodríguez, F.J.; González, T. y Quezada, M.L.	306
Capítulo 36. Tendencias de los estados de degradación de los pastizales áridos y semiáridos de Chubut Sorondo, M.; Behr, S.; Massara Paletto, V.; Clich, I.; Beider, A.; Bueno, G.; Caruso, C.; García Martínez, G. y Opazo, W.	313
SECCIÓN IX. ASPECTOS SOCIO-CULTURALES Y PRODUCTIVOS	
Capítulo 37. Educación ambiental: herramienta eficaz para el manejo de áreas ocupadas por <i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn (Mimosaceae), en Cuba Ballate Denis, D.	321
Capítulo 38. Hacia una integración: sociología ambiental y restauración Di Salvo, N.A.	325
Capítulo 39. Propuesta de restauración ecológica productiva socio-ambiental con especie nativa "tomate árbol" (<i>Solanum betaceum</i>) Di Salvo, N.A.	331
Capítulo 40. Percepción ambiental de la comunidad de Orán sobre la reserva Laguna El Saladillo e importancia para su restauración Gutiérrez, J.; Barrientos, I.; García, F.; Luna, V.; Ortín Vujovich, A.E. y Rosa, M.V.	336
Capítulo 41. Experiencia de restauración ecológica con participación de adultos mayores Lagos, L.J.; Pérez, D.R.; Farias O.; Gauna M.F.; Sánchez, C. y Fensel, M.	346
Capítulo 42. Actividades de divulgación y concientización para promover el manejo y la restauración de un ambiente degradado de la ciudad de Orán, Salta Nicolópulos, M.C.; Ruiz M.A.; Batallanos, R.; Arjona, L.; Gareca, E.; Ávila, M.; Barrientos, I.; Gutiérrez, J. y Ponce, E.	356

Capítulo 43. Gobernanza de la restauración ecológica a distintas escalas: global, regional, sub-nacional **365**

Zuleta, G.A.; Hamerlynck, O.; Liu, J.; Morales, N.; Dorado, A.; Rovere, A.E.; Espinoza-Mendoza, V.; Rescia, A.J.; Guida-Johnson, B. y Fernández Cuppari, M.

SECCIÓN X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Capítulo 44. Conclusiones y recomendaciones del IV Taller Regional de Rehabilitación y Restauración en la Diagonal Árida de Argentina y I Taller Internacional de Restauración Ecológica **381**

Ortín Vujovich, A.E.; Godoy, J.C.; Di Salvo, N.A.; Rovere, A.E.; Romero, N.M.; Giordano, M.A.; Galeano, V.H.; Carrocino, E.B. y Sirombra, M.



CAPÍTULO 14

EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN EN LOCACIÓN PETROLERA CERRO VENENO, MALARGÜE, ARGENTINA

Evaluation of restoration techniques in Cerro Veneno's oil location,
Malargüe, Argentina

Navas Romero, A.^(1, 2); Herrera Moratta, M.A.^(2, 3); Duplancic, M.A.⁽²⁾;
Martínez Carretero, E.⁽²⁾ y Dalmaso, A.D.⁽²⁾

¹Instituto de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería (UNSJ) - Grupo Vinculado al PROBIEN (CONICET-UNCo), San Juan, Argentina.

²Instituto Argentino de Investigaciones en Zonas Áridas. Grupo Geobotánica y Fitogeografía. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Mendoza, Argentina.

³Instituto de Biotecnología-Facultad de Ingeniería (UNSJ).

analaورانavas@gmail.com

Resumen

La actividad petrolera en la Argentina constituye la base para el desarrollo económico de la Patagonia. El aprovechamiento de este recurso se despliega con una intervención directa sobre el ecosistema. Entre las operaciones más perjudiciales se encuentra la generación de plataformas para la perforación de pozos. La combinación de técnicas que involucren enriquecimiento vegetal, facilitación y siembra podrían ser la práctica adecuada para la recuperación del sistema a mediano y largo plazo. Nuestro objetivo fue evaluar la eficacia de tres técnicas de revegetación en una plataforma abandonada del Yacimiento Fortunoso, Mendoza. El trabajo se llevó a cabo sobre una locación de un pozo petrolero inactivo, denominada Cerro

Veneno. Se ejecutó un diseño de plantación combinando 3 técnicas en forma alternada y sistemática: enriquecimiento vegetal (EV), siembra (S) y testigo (T). Se seleccionaron para plantar 5 especies nativas con 20 repeticiones cada una. Transcurridos dos ciclos vegetativos se registró la cobertura vegetal (Point-Quadrat modificado) y se contabilizó el número de especies establecidas de manera espontánea. Se relevaron 9 especies en el tratamiento EV y T y 4 en el S. La cobertura vegetal fue superior en el tratamiento EV, siendo S el de menor cobertura ($p= 0,0029$). Se establecieron espontáneamente 10 especies pertenecientes a los estratos herbáceos y arbustivos. El tratamiento con mayor número de especies reclutadas fue el tratamiento T, mientras que S y EV

tuvieron un número similar ($p= 0,02$). Es necesario implementar técnicas de restauración combinadas para lograr el restablecimiento del paisaje y disminuir los costos de la actividad.

Palabras clave: enriquecimiento vegetal – petróleo – siembra.

Abstract

Oil activity in Argentina constitutes the basis for the economic development of Patagonia. The use of this resource is deployed with a direct intervention on the ecosystem. Among the most damaging operations is the generation of platforms for drilling wells. The combination of techniques involving plant enrichment, facilitation and planting could be the appropriate practice for the recovery of the system in the medium and long term. Our objective was to evaluate the effectiveness of three revegetation techniques on an abandoned platform in the Fortunoso Deposit, Mendoza. The work was carried out on a location of an inactive oil well, called Cerro Veneno. A plantation design was executed combining 3 techniques alternately and systematically: plant enrichment (EV), seeding (S) and control (T). 5 native species with 20 replicates each were selected for planting. After two vegetative cycles the vegetation cover was recorded (Point-Quadrat modified) and the number of species established spontaneously was counted. 9 species were surveyed in the EV and T treatment and 4 in the S. The vegetation cover was higher in the EV treatment, with S being the least covered ($p = 0.0029$). 10 species belonging to the herbaceous and shrub strata were

spontaneously established. The treatment with the largest number of species recruited was treatment T, while S and EV had a similar number ($p= 0.02$). Combined restoration techniques need to be implemented to achieve landscape restoration and lower activity costs.

Keywords: plant enrichment - oil – sowing.

Introducción

La actividad petrolera en la Argentina constituye la base para el desarrollo económico de una extensa región, la Patagonia, contando en la actualidad con cinco cuencas de explotación. El aprovechamiento de este recurso no renovable se despliega con una intervención directa sobre el ecosistema durante las etapas de exploración y producción (Bran *et al.*, 2002; Ciano, 2013).

Su desarrollo genera un fuerte impacto sobre los recursos naturales, produciendo daños sobre la topografía, el suelo y la vegetación, alterando la estructura y las funciones del paisaje (Varjani y Upasani, 2017). La degradación del suelo es uno de los impactos más negativos de las actividades inherentes a la extracción de petróleo (Martínez *et al.*, 2007). Es causada por la eliminación de la cubierta que proporciona la planta y las capas superiores del suelo durante la construcción de plataformas de perforación, así como por la contaminación de los suelos con hidrocarburos, metales pesados y otras sustancias químicas que se almacenan

como subproductos en celdas de corte de lodo y perforación (Willis *et al.*, 2005).

Entre las operaciones más importantes y perjudiciales que posee la industria petrolera se encuentra la generación de plataformas para la perforación de pozos, estimándose 1260 perforaciones para el año 2020 y 2200 para el 2030 (ANI, 2014). El pozo de petróleo se coloca en el medio de una plataforma, un área plana de aproximadamente 0,7 ha donde se ha eliminado la vegetación y la capa superficial del suelo. Este tipo de erosión no solo reduce la fertilidad del suelo, sino que también cambia su estructura física y biota (Startsev y McNabb, 2000), generalmente creando condiciones muy desfavorables para el crecimiento de las plantas. La construcción de plataformas de perforación se realiza con maquinaria pesada, lo que conduce a la compactación del suelo (Startsev y McNabb, 2000) afectando a su vez las propiedades físicas del mismo (Håkansson y Reeder, 1994) con el agregado expulso de materiales calcáreos y arcillas que favorecen la consolidación del piso. A ello debe sumarse el elevado contenido de sales de los materiales incorporados (Dalmasso y Martínez Carretero, 2013) generando una elevada pérdida de cobertura vegetal y afectando procesos ecosistémicos. Estas condiciones extremas llevan a que permanezcan durante años sin cobertura vegetal (Reichmann *et al.*, 2003; Dalmasso y Martínez Carretero, 2013). Si a estas alteraciones se les suma las condiciones climáticas limitantes del sistema, las posibilidades de revegetación en forma natural se vuelven muy bajas, erráticas e

inciertas (Ciancio *et al.*, 2013). Se considera en estos sistemas un proceso de recuperación natural, ecológicamente aceptable, en un plazo de 40-60 años (Puma y Zuleta, 2003). En tal escenario, se requiere la restauración de la cubierta vegetal y solo se puede lograr a través de programas de revegetación (Vieira y Scariot, 2006).

Existen varios programas de revegetación en sitios de explotación petrolera que actualmente están activos en Argentina. La restauración de la cubierta vegetal generalmente conduce a mejoras en las propiedades del suelo (Ochoa-Cueva *et al.*, 2013; Fialho y Zinn, 2014), como se ha demostrado anteriormente en otros trabajos realizados en el yacimiento y en el país (Dalmasso *et al.*, 2015; Navas *et al.*, 2018). Después de algunos años de revegetación, la materia orgánica aumenta y se estimula la actividad biológica (Jones *et al.*, 2004), restaurando las funciones del suelo. Un proceso de restauración exitoso depende en gran medida de la selección de las especies de plantas y la capacidad de éstas para adaptarse a las condiciones del suelo degradado (Bradshaw y Huttl, 2001). Sin embargo, algunos programas no han tenido éxito debido a los elevados costos que implica su implementación y mantenimiento en el tiempo.

Una de las técnicas posibles para restituir las condiciones ambientales previas al disturbio y promover el crecimiento e instalación de la vegetación es el escarificado (Ciancio *et al.*, 2013). Sin embargo, en sitios con condiciones climáticas muy limitantes y donde las

presiones antrópicas son muy altas, el escarificado por sí solo, puede favorecer la colonización por especies exóticas en los primeros años de aplicada la técnica y contribuir a la dominancia mono específica a lo largo del proceso de recuperación, siendo por lo tanto insuficiente para restaurar ecosistemas (Castro *et al.*, 2013). Además, esta técnica descompacta entre el 30 a 40% de la superficie de la locación y no logra mantenerla en el tiempo por lo que no resulta eficaz su aplicación como técnica única. La combinación de técnicas que involucren no sólo el enriquecimiento vegetal, sino también la facilitación y la siembra podría ser la práctica adecuada para la recuperación del sistema a mediano y largo plazo, ofreciendo una alternativa económicamente sostenible en el tiempo (Terradas y Terradas, 2001).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia de tres técnicas bien diferenciadas de revegetación en plataformas petroleras abandonadas, Yacimiento Fortunoso, Malargüe Mendoza.

Materiales y Métodos

El área de estudio se encuentra ubicada en el Yacimiento Petrolero Cerro Fortunoso (36°13'S y 69°22'O) a 1616 m s.n.m., formando parte de la cuenca Neuquina del departamento de Malargüe, provincia de Mendoza. La cuenca Neuquina, es una de las mayores productoras de hidrocarburos en la porción austral de América del Sur localizada al este de los Andes, en el norte de la Patagonia. Cubre un área de más de 120000 km² en el oeste central de la Argentina y contiene un registro estratigráfico de 6000 metros de espesor,

con edades que van desde el Triásico al Paleógeno. El sitio limita al este y al sur con la Reserva La Payunia, al oeste con la Pampa Palauco y al norte con Cajón de Los Caballos. Considerando los datos climáticos de la estación de Ranquil Norte (1971-1978 fuente IADIZA), ubicada a 50 km de la zona, la precipitación media anual es de 191,2 mm. Las precipitaciones mejoran hacia el este, como se observa en la estación Agua Escondida (1971-1978, fuente IADIZA) con 250 mm/año. El área de trabajo pertenece a un clima árido (Grupo B-Subgrupo W, Tipo K) (Koeppen, 1948), la evaporación supera a la precipitación media anual, con precipitaciones anuales inferiores a los 250 mm, frío y seco, con temperatura anual por debajo de los 18°C. Desde el punto de vista morfoestructural el área se encuentra dentro del ámbito de la provincia geológica de Payenia (Polanski, 1954), definida en superficie por sus extensos campos volcánicos y la presencia de fallamiento extensional (Bermúdez *et al.*, 1993).

Se ubica en la provincia fitogeográfica de la Payunia, estepas de solupe (*Ephedra ochreatea*), acompañado por *Larrea divaricata*, *L. cuneifolia*, *L. nítida*, *Lycium chilense*, *Grindelia chiloensis*, *Junellia seriphoides*, *Stillingia patagonica*, acompañado de un estrato herbáceo de *Panicum urvilleanum*, *Sporobolus rigens*, entre otros. La presencia de elementos del Monte daría a esta comunidad carácter de ecotono entre las provincias del Monte y la Payunia (Martínez Carretero, 2004).

El trabajo se llevó a cabo sobre una locación de pozos petroleros sin actividad,

denominada Cerro Veneno. El Cerro Veneno forma parte del Yacimiento Cerro Fortunoso. La plataforma tenía un área aproximada de 4000 m². El subsuelo está formado por un basalto continuo, el cual fue rellenado con material cuaternario generando un suelo superficial de solo 0,30 m de profundidad. Esto incide directamente en el establecimiento de la vegetación local. Luego de un surcado profundo con máquina pesada se trazaron 15 surcos a una profundidad de 0,25 m, dejando en la brocha del surco algo de cuaternario para el ensayo. La locación fue sometida a diferentes técnicas de restauración. En estas condiciones se ejecutó un diseño de plantación en donde se combinaron 3 técnicas en forma alternada y sistemática: que involucraron enriquecimiento vegetal (EV) o plantación (P), siembra (S) y testigo (T). La técnica de enriquecimiento vegetal consistió en el trazado de 5 líneas con 20 plantas (5 ejemplares por especie) cada línea separadas 2 m entre sí. Las especies seleccionadas para plantar fueron 4 especies nativas: *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, *Hyalis argentea* var. *latisquama*, *Parkinsonia praecox* y *Atriplex lampa*, totalizando 20 repeticiones cada una, resultando en 80 ejemplares por locación. El tamaño de los plantines varió de acuerdo a las condiciones necesarias de cada especie para su traslado a campo. Los hoyos de plantación fueron de 0,2 m de diámetro por 0,2 m de profundidad. Posterior a la plantación se efectuaron 3 riegos de establecimiento con frecuencia quincenal. La técnica de facilitación, consistió en instalar 5 líneas con un surcado

continuo y profundo (0,4-0,6 m de profundidad) cada una de las cuales fueron intercaladas con las de EV. La técnica de facilitación o testigo no tuvo intervención alguna, mientras que la siembra consistió en colocar 4 semillas por golpe compactado a 1,5 cm de profundidad y 5 repeticiones por parcela específica, totalizando 100 semillas por especie sin tratamiento alguno (Figura 1).

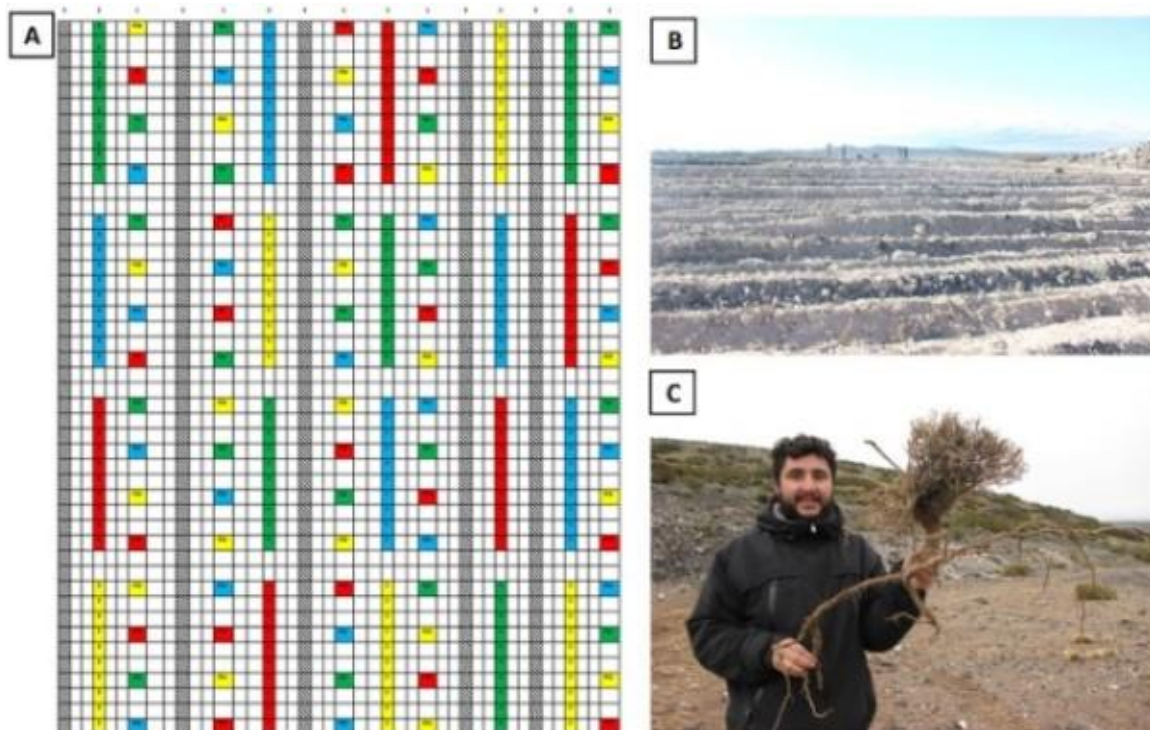
Transcurrido dos ciclos vegetativos completos se registró la cobertura vegetal mediante el método de Point-Quadrat modificado (Passera *et al.*, 1983), ejecutando 5 transectas fijas en la brocha del surco, de 30 m con intercepciones cada 0,3 m en las líneas de EV, T y S. Para evaluar el establecimiento de ejemplares reclutados en los tratamientos, se contabilizó el número y las especies de los individuos establecidos espontáneamente de la comunidad de contacto.

Análisis estadísticos. En todos los casos se aseguró la independencia estadística de los datos, la normalidad se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Para todos los análisis el nivel de significancia fue de $\alpha = 0,05$.

Para detectar si existen diferencias significativas (en la cobertura de suelo desnudo, mantillo, roca y vegetal) entre las diferentes técnicas de revegetación (EV, S y T) se realizaron análisis de la varianza para datos no paramétricos Kruskal-Wallis.

Todos los gráficos se construyeron con el software SigmaPlot v.11. Los análisis se efectuaron con el software Infostat v.16.

Figura 1. A: esquema de diseño de plantación. Rojo: *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, amarillo: *Atriplex lampa*, celeste: *Hyalis argentea*, verde: *Parkinsonia praecox*. B: fotografía de plataforma evaluada. C: fotografía de un ejemplar de *Adesmia volckmannii* en la plataforma, la longitud de las raíces delata la escasa profundidad del suelo en esta locación.



Resultados

Al finalizar el segundo ciclo vegetativo la cobertura vegetal fue marcadamente superior en el tratamiento EV seguida por el tratamiento T, siendo el S el de menor cobertura vegetal (EV \bar{x} = 23,4%; S \bar{x} = 2,4%; T \bar{x} = 12%), encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos EV y S ($H= 11,58$; $p= 0,0029$) (Figura 2).

En cuanto a la cobertura según la forma de vida en cada tratamiento, el S y T mostraron la mayor cobertura promedio de arbustivas (\bar{x} = 66,6; D.E.= 47,1; \bar{x} = 66,9; D.E.= 26,5). La cobertura de subarbustivas fue mayor para el tratamiento EV (\bar{x} = 40,4; D.E.= 9,7). En cuanto a las herbáceas la cobertura fue muy baja y sólo estuvo

presente en los tratamientos T y EV, no encontrándose diferencias entre los tres tratamientos evaluados (Figura 2).

Transcurrido dos ciclos vegetativos en las locaciones revegetadas en el tratamiento EV y T se relevaron 9 especies, mientras que en el tratamiento S sólo 4 (Tabla 1). En EV, las más abundantes fueron *Hyalis argentea* y *Schinus johnstonii*, y la menos abundante *Pappostipa chrysophylla*. Para el tratamiento T las más abundantes fueron *Grindelia chilensis* y *Larrea nitida* y la menos abundante *Astragalus pehuenche* y *Schinus johnstonii*. Finalmente, para el tratamiento S la especie más abundante fue *Larrea nitida* y la menos abundante *Stillingia patagonica*.

Figura 2. A: cobertura de vegetación (V), suelo desnudo (SD), mantillo (M) y roca (R), para los tratamientos Enriquecimiento Vegetal (EV), Siembra (S) y Testigo (T) luego de dos ciclos vegetativos. B: cobertura de arbustivas, subarbustivas y herbáceas para los tratamientos testigo (T), enriquecimiento vegetal (EV) y Siembra (S) luego de dos ciclos vegetativos. Letras distintas indican diferencias significativas con un $\alpha=0,05$.

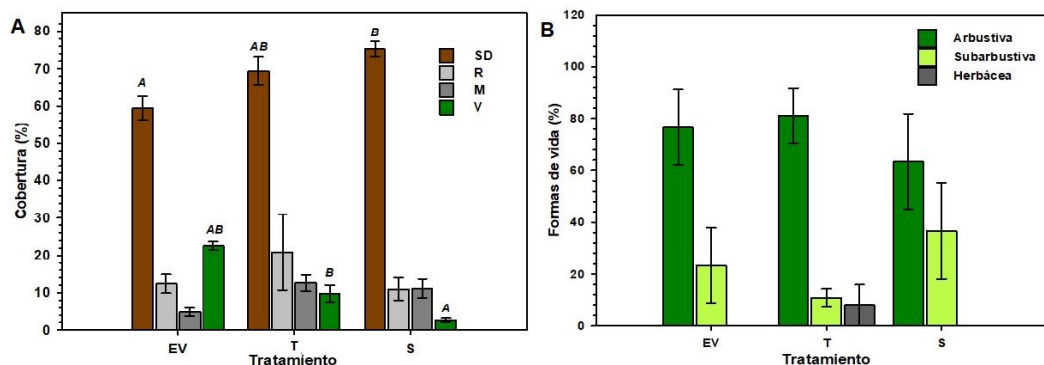


Tabla 1. Listado de las especies presentes en cada uno de los tratamientos evaluados. Enriquecimiento vegetal (EV), Testigo (T) y Siembra (S), Herbácea (H), Arbustiva (A), Subarbustiva (SA).

Familia	Especies	Forma de vida	Origen	T	EV	S
Fabaceae	<i>Astragalus pehuenche</i>	H. perenne	Nativa	X		
	<i>Prosopis flexuosa</i>	A. perenne	Nativa	X	X	
Asteraceae	<i>Grindelia chilensis</i>	SA. perenne	Nativa	X	X	X
	<i>Hyalis argentea</i>	SA. perenne	Nativa		X	
	<i>Senecio filaginoides</i>	A. perenne	Nativa	X	X	
	<i>Senecio subulatus</i>	A. perenne	Nativa		X	
	<i>Adesmia volckmannii</i>	A. perenne	Nativa	X		
Poaceae	<i>Pappostipa chrysophylla</i>	H. perenne	Nativa		X	
Zygophyllaceae	<i>Larrea divaricata</i>	A. perenne	Nativa	X	X	X
	<i>Larrea nitida</i>	A. perenne	Nativa	X	X	X
	<i>Lecanophora ameghinoi</i>		Nativa	X		
Anacardiaceae	<i>Schinus johnstonii</i>	A. perenne	Nativa	X	X	
Euphorbiaceae	<i>Stillingia patagonica</i>	A. perenne	Nativa	X		X

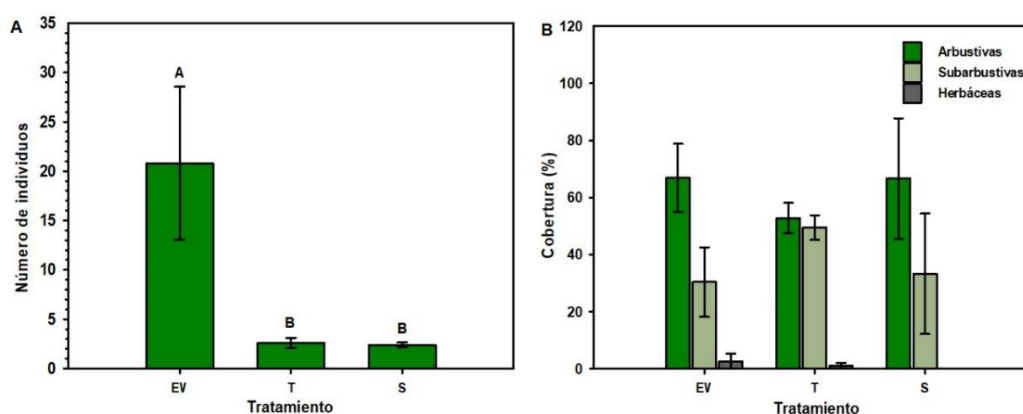
Luego de dos años las cuatro especies plantadas permanecieron vivas, aunque en diferentes proporciones, siendo *H. argentea* y *G. chilensis* las de mayor prendimiento. Además, lograron establecerse espontáneamente 10 especies pertenecientes a los estratos herbáceos y arbustivos.

El tratamiento con mayor número de especies reclutadas fue el tratamiento EV, mientras que S y T tuvieron similar número de especies, encontrándose diferencias significativas entre EV con S y T ($H=7,39$; $p=0,02$) (Figura 3). Para el tratamiento EV, el número de reclutamiento en los surcos de facilitación fue superior a las 20 especies. Según la forma de vida el

tratamiento EV y S mostraron el mayor reclutamiento promedio de arbustivas (\bar{x} = 81%; D.E.= 23,7; 76,7 D.E.= 32,5). El porcentaje de subarbustivas fue mayor para el tratamiento T (\bar{x} = 36,6%; D.E.= 41,5). En cuanto a las herbáceas el número promedio de reclutadas fue muy bajo y sólo se reclutaron para el tratamiento EV y T (\bar{x} = 8%, D.E.= 17,8), no encontrándose

diferencias entre los tres ensayos evaluados (Figura 3). En los tres tratamientos, *Larrea nitida* fue la especie que más se estableció (50%) seguida de *Grindelia chilensis* (18%), siendo las especies menos establecidas *Schinus johnstonii* (0,9%), *Astragalus pehuenche* (0,9%) y *Lecanophora ameghinoi* (0,9%).

Figura 3. A: número de especies reclutadas por tratamiento luego de dos ciclos vegetativos. B: cobertura de arbustivas, subarbustivas y herbáceas para los tratamientos testigo (T), enriquecimiento vegetal (EV) y siembra (S) luego de dos ciclos vegetativos. Letras distintas indican diferencias significativas con un $\alpha=0,05$.



Durante el ensayo se detectó la ventaja de realizar un subsolado profundo, a través de la observación en los surcos de una mayor acumulación de humedad sólida o líquida, facilitando la infiltración hídrica y favoreciendo la germinación de semillas y el establecimiento de los plantines (Figura 4). Esta técnica sería recomendable para ser usada en suelos franco arenosos a arenosos profundos, que permitan el crecimiento radical de la vegetación.

En los alrededores del área, en suelos similares, donde dominó un subsuelo volcánico de ignimbritas a solo 0,30 m de profundidad, se observó la presencia de especies semileñosas como *Stillingia patagonica*, *Senecio filaginoides* y *S.*

subulatus con abundancia de herbáceas rizomatosas como *Panicum urvilleanum* y *Sporobolus rigens*. Estas arbustivas toleran suelos poco profundos y son las que se instalaron naturalmente y en mayor número en la locación ensayada.

Figura 4. Observación de la acumulación y permanencia de la humedad en la brocha del surco luego de una nevada en la locación Cerro Veneno, Yacimiento Fortunoso, Malargüe.



Discusión y Conclusiones

El éxito de una revegetación está fuertemente influenciado por las condiciones iniciales del sistema restaurado. La realización de surcos profundos, previo a las actividades de restauración, presenta ventajas comparativas que contribuyeron al éxito de la plantación. Estos surcos, no sólo descompactan el suelo, favoreciendo la instalación y el enraizamiento de la vegetación, sino que su profundidad favorece la recepción de las escasas precipitaciones. A los 2 años de iniciados los trabajos de revegetación, la conjunción de las tres técnicas permitió recuperar gran parte del área afectada, con la presencia de especies nativas en equilibrio con las condiciones climáticas del área.

Las características del Cerro Veneno con un subsuelo formado por basalto continuo y por ende un suelo superficial no incidieron favorablemente en el establecimiento de la vegetación, sin embargo, se alcanzó una cobertura vegetal superior al 20%. Trabajos previos realizados en el mismo yacimiento, pero con escarificado superficial y profundo, relevaron luego de 3 ciclos vegetativos, una cobertura inferior al 10% para el superficial y cercana al 19% para el profundo (Navas Romero *et al.*, 2018). Estos resultados resaltan una relativa buena cobertura de especies nativas alcanzada en el Cerro Veneno.

De las 4 especies seleccionadas para revegetar la locación dos resultaron ser las más efectivas. De acuerdo con el nivel de alteración (impacto) de las áreas a revegetar, no siempre es posible el seleccionar las especies a una etapa de

dinamismo (Dalmasso *et al.*, 2014). Esto es evidente cuando, además de la compactación edáfica, entran como variables el efecto del viento, la exposición (N, S), a través del cual se ve reducido el número de especies factibles de utilizar.

Coincidente con los trabajos de Dalmasso *et al.* (2014; 2015) y Navas Romero *et al.* (2018), la técnica de EV permitió disminuir rápidamente el impacto visual de las plataformas, integrando y naturalizando a corto plazo las zonas recientemente tratadas y continuó siendo la técnica más eficiente para la recuperación de una plataforma.

La técnica S no resultó ser muy efectiva, alcanzando a instalarse escasas especies de las sembradas inicialmente. Esto es coincidente con los resultados de los trabajos realizados por Balderas *et al.* (2010), en donde la sobrevivencia general de la siembra directa con especies nativas fue de 24,8% que es baja si se considera que en estos sistemas el enriquecimiento vegetal por plantación reportó una sobrevivencia entre el 40-60%. En nuestro sistema, la eficacia de esta técnica se restringió a los eventos de lluvia generadores de superficie para esorrentía, especialmente en zonas como estas donde los eventos de lluvia ligera (1-10 mm) y espaciados en el tiempo, son los que predominan. Sin embargo, se considera que una inferencia a los 2 años no es suficiente para corroborar la efectividad de los tratamientos. Además, la locación en estudio, presentó como inconveniente la escasa profundidad de suelo, con un basalto que impide la penetración de las

raíces vegetales. Es por ello que muchas especies establecidas se localizaron en los interfluvios, donde el perfil de suelo mostraba mayor espesor.

Las técnicas de siembra y facilitación permiten disminuir los costos de revegetación, sin embargo, la eficacia para este caso particular resultó ser baja. El escaso suelo en contacto con el basalto, actúa como una bandeja que acumula agua y puede significar para muchas especies nativas, mortandad de semillas por asfixia. Entre otros inconvenientes se encuentra la exposición directa al consumo de fauna y ganado doméstico, las elevadas amplitudes térmicas y la limitante hídrica durante la germinación. El agregado de mulches (paja de cereal, fibras de madera, restos de poda, papel, cascaras de arroz o trigo) junto con fijadores y retentores de agua, podría ser una alternativa viable que posibilite el incremento en la efectividad de la siembra.

El surcado en la locación, el enriquecimiento vegetal, sumado a la generación de tazas facilitó la instalación espontánea de numerosas especies leñosas y herbáceas de las comunidades de contacto. El reclutamiento de propágulos provenientes de áreas vecinas, la generación de condiciones como sombra y la incorporación de materia orgánica al suelo con la consecuente instalación de detritívoros y descomponedores, podrían ser beneficios proporcionados por la nueva cubierta de arbustivas y herbáceas (Oosterheld y Sala, 1990).

Es necesario implementar técnicas de restauración combinadas para lograr el

restablecimiento del paisaje y disminuir los costos de la actividad para que así resulte económicamente sostenible en el tiempo. Es importante resaltar que la restauración final de una comunidad natural degradada, no sólo implica el restablecimiento de la vegetación sino también la recuperación de procesos ecológicos esenciales (Naveh, 1998).

Agradecimientos

Agradecemos a Yanina Ribas y a Darío Bustamente por su permanente colaboración en las tareas de campo. Este trabajo fue financiado por la UGAP (Unidad de Gestión Ambiental Payunia) con apoyo del personal de YPF del Yacimiento Fortunoso y especialmente del representante ambiental de la empresa, el Téc. Martín Ospitaletche.

Bibliografía

- ANI. 2014. Requerimientos para el desarrollo del reservorio de Vaca Muerta (Neuquén/Argentina). Buenos Aires - República Argentina
- Balderas, J.M.M.; Garza, E.J.T.; Pérez J.J.; Calderón, Ó.A.A.; Rodríguez, E.A. y Castillo, W.E.S. 2010. Evaluación de la siembra directa con especies de pino en la restauración de un ecosistema semiárido-templado. CIENCIA-UANL, 13(1), 72-77. En línea: [Dialnet-EvaluacionDeLaSiembraDirectaConEspeciesDePinoEnLaR-3111023.pdf](#)
- Bermúdez, A.; Delpino, D.; Frey, F. y Saal, A. 1993. Los basaltos de retroarco extrandinos. En: Ramos Ed. Geología y recursos naturales de Mendoza. Relatorio.

- XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso Exploration de Hidrocarburos, Assoc. Geol. Argentina e Instituto Argentino del Petróleo: 161-172
- Bradshaw, A.D. y Huttl, R.F. 2001. Future minesite restoration involves a broader approach. *Ecol. Eng.* 17, 87–90. On line: [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00149-X](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00149-X)
- Bran, D.; Ayesa, J. y López, C. 2002. Áreas ecológicas de Neuquén. Laboratorio de teledetección-SIG. Neuquén. En línea: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35593540/AreasEcologicas_Neuquen.pdf. Buenos Aires. Retrieved from <http://www.geobotanica.net/PUBLICACIONES/LIBROS/DiagonalAridaI.pdf>
- Castro, M.L.; Zuleta, G.A.; Pérez, A.A.; Ciancio, M.E.; Tchilinguirian, P. y Escartín, C.A. 2013. Rehabilitación de estepas arbustivas del Monte Austral en explanadas petroleras. Evaluación de la técnica de escarificado I: Vegetación. En: Rovere, Pérez y Rodríguez Araujo Eds. *Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina* pp. 225–245.
- Ciancio, M.E.; Tchilinguirian, P.; Zuleta, G.; Castro, M.L. y Pérez, A.A. 2013. Rehabilitación de estepas arbustivas del monte Austral en explanadas petroleras. Evaluación de la Técnica de escarificado II: suelo y microtopografía. En *Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina*. pp.: 239–246. Buenos Aires. <http://www.geobotanica.net/PUBLICACIONES/LIBROS/DiagonalAridaI.pdf>.
- Ciano, N. 2013. Rehabilitación de áreas degradadas por la actividad petrolera. En Rovere, Pérez y Rodríguez Araujo Eds. *Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina*. 1^{ra} ed., pp: 261–274. Vázquez Mazzini. Buenos Aires.
- Dalmaso, A. y Martínez Carretero, E. 2013. Revegetación de áreas degradadas. Estudio de caso en plataformas petroleras en Malargue, Mendoza. En Rovere, Pérez y Rodríguez Araujo Eds. *Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina* 1. pp: 275-292. Vázquez Mazzini. Buenos Aires.
- Dalmaso, A.D.; Márquez, J.; José, C.; Scaglia, J.; Hadad, M.; Cáceres, J.; Brizuela, R. y Gómez, A. 2014. Rehabilitación del predio disturbado de la Cementera Loma Negra, ubicado en la Sierra Chica de Zonda, San Juan. Financiado Proyecto de Extensión de la Universidad de San Juan y la Cementera Loma Negra. Departamento de Biología. pp. 11- 130.
- Dalmaso, A.D.; Quattrocchi, G. y Azcurra, C. 2015. Revegetación de taludes viales en la Ruta Nacional 7, Santa Rosa, Mendoza. *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina* 2., 400 pp. E. Martínez Carretero. Mendoza.
- Fialho, R.C. y Zinn, Y.L. 2014. Changes in soil organic carbon under eucalyptus plantations in Brazil: a comparative analysis. *Land Degrad. Dev.* 25 (5), 428–437. On line: <https://doi.org/10.1002/ldr.2158>

- Håkansson, I. y Reeder, R.C. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load-extent, persistence and crop response. *Soil Tillage Res.* 29, 277–304. On line: [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(94\)90065-5](https://doi.org/10.1016/0167-1987(94)90065-5)
- Jones, E.R.; Wishnie, M.H.; Deago, J.; Sautu, A. y Cerezo, A. 2004. Facilitating natural regeneration in *Saccharum spontaneum* (L.) grasslands within the Panama Canal watershed: effects of tree species and tree structure on vegetation recruitment patterns. *For. Ecol. Manag.* 191, 171–183. On line: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.12.002>
- Koepfen, W. 1948. *Climatología: con un estudio de los climas de la tierra*. F. de C. Económica, Ed. 1º Edición. México DC.
- Martínez Carretero, E. 2004. La Provincia Fitogeográfica de la Payunia. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Volumen 39 (3-4). Córdoba, Argentina. En línea: <https://botanicaargentina.org.ar/la-provincia-fitogeografica-de-la-payunia/>
- Martínez, M.O.; Napolitano, D.A.; MacLennan, G.J.; O’Callaghan, C.; Ciborowski, S. y Fabregas, X. 2007. Impacts of petroleum activities for the Achuar people of the Peruvian Amazon: summary of existing evidence and research gaps. *Environmental Research Letters*, 2(4), 045006. On line: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/2/4/045006/meta>
- Navas Romero, A.L.; Duplancic, M.A.; Herrera Moratta, M.A.; Parera, M.V. y Dalmasso, A.D. 2018. Restauración de locaciones petroleras abandonadas en el yacimiento Cerro Fortunoso, Malargüe, Mendoza. *Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina*. 3ª ed., pp. 275–292. Vázquez Mazzini. Buenos Aires:
- Naveh, Z. 1998. Ecological and Cultural Landscape Restoration and the Cultural Evolution towards a Post-Industrial Symbiosis between Human Society and Nature. *Restoration Energy* 6: 135–143.
- Ochoa-Cueva, P.; Fries, A.; Montesinos, P.; Rodríguez-Díaz, J.A. y Boll, J. 2013. Spatial estimation of soil erosion risk by land-cover change in the Andes of southern Ecuador. *Land Degrad. Dev.* 26 (6), 565–573. On line: <https://doi.org/10.1002/ldr.2219>
- Oesterheld, M. y Sala, O.E. 1990. Effects of grazing on seedling establishment: the role of seed and safe-site availability. *Journal of Vegetation Science*, 1(3), 353–358. <https://doi.org/10.2307/3235711>
- Passera, C.B., Dalmasso, A.D. y Borsetto, O. 1983. Método de point quadrat modificado. Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas. Subcomité Asesor del Árido Subtropical Argentino, IADIZA, Mendoza.
- Polanski, J. 1954. Rasgos geomorfológicos del territorio de la provincia de Mendoza. *Cuadernos de Investigaciones y Estudios* 4: 4-10. Ministerio de Economía, Instituto de Investigaciones Económicas y Tecnológicas, Mendoza.
- Puma, M.C.L. y Zuleta, G.A. 2003. Diseño de enramados para reconstruir montículos naturales en explanadas petroleras

- abandonadas del Monte Austral, NWPatagonia. En *Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas*. Vol. 5, pp: 15. Mendoza, Argentina.
- Reichmann, L.G., Zuleta, G.A. y Perelman, S.B. 2003. Floristic changes and natural habitat regeneration of semiarid shrub steppes in abandoned oil fields, Patagonia, Argentina. In *15th Annual International Conference of the Society for Ecological Restoration*. Austin, Texas, EEUU.
- Startsev, A.D. y McNabb, D.H. 2000. Effects of skidding on forest soil infiltration in westcentral Alberta. *Can. J. Soil Sci.* 80, 617–624. On line: <https://doi.org/10.1002/ldr.2219>
- Terradas, J. y Terradas, J. 2001. *Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Ed. Omega. Barcelona.
- Varjani, S.J. y Upasani, V.N. 2017. A new look on factors affecting microbial degradation of petroleum hydrocarbon pollutants. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 120, 71–83. On line: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.02.006>
- Vieira, D.L.M. y Scariot, A. 2006. Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. *Ecology* 14(1): 11–20.
- Willis, S.C., Winemiller, K.O. y López-Fernández, H. 2005. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. *Oecologia* 142: 284–295.