



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

TESIS DE GRADO
LICENCIATURA EN SANEAMIENTO Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

EVALUACIÓN DEL USO DEL *CUTTING* COMO SUSTRATO EN LA
PROPAGACIÓN DE CINCO ESPECIES NATIVAS DE MONTE PARA
SU APLICACIÓN EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

SOSA, CECILIA NOEMÍ

Neuquén, 2019





Tesis de grado para obtener el título de Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental.

Título: "Evaluación del uso del *cutting* como sustrato en la propagación de cinco especies nativas de Monte para su aplicación en restauración ecológica"

Tesista: Sosa, Cecilia Noemí

DNI: 35.655.601

Legajo: 123.491

Directora: Rodriguez Araujo, María Emilia

Co-directora: González Florencia, del Mar

Fecha de aprobación del plan de tesis: 7 julio de 2018.

Fecha de finalización de la tesis: 15 de octubre de 2019.

.....

TESISTA

SOSA, CECILIA NOEMÍ

.....

DIRECTORA

Lic. RODRIGUEZ ARAUJO,
MARÍA EMILIA

.....

CO-DIRECTORA

Lic. GONZÁLEZ,
FLORENCIA DEL MAR



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mi mamá Claudia, papá Juan, hermanas/o Vanina, Damián, Gimena, Brenda, Luna y mi sobrinita Pía por su inmenso amor, comprensión, apoyo incondicional, por ser mi fuente de motivación y el pilar fundamental de mi vida.

A mi abuelo Miguel que, con sus sabios consejos y palabras de aliento, ha sido mi guía desde niña y mi inspiración para superarme día a día.

A mi directora Lic. María Emilia Rodríguez Araujo y Co-directora Lic. Florencia del Mar González, por brindarme su paciencia, comprensión, atención, dedicación y compañía en el desarrollo de mi tesis.

Al equipo de profesionales de LARREA y particularmente, al Dr. Daniel Pérez, por permitirme dar mis primeros pasos, formar parte de este quipo y demostrar mi desempeño.

A mis compañeras/os y amigas/os presentes y pasados, quienes compartieron largas horas de estudio, conocimiento, alegrías, entre otras cosas, como así también estuvieron apoyándome en todo este tiempo, tanto en mi vida universitaria como en lo personal y en mi desarrollo como profesional, Inmensamente agradecida!

A la Universidad Nacional del Comahue por haberme aceptado a ser parte de ella y al área de Residencias Universitarias por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A todas aquellas personas que, de alguna u otra forma, han sido claves en mi vida, en el trascurso de cada año de mi carrera universitaria.



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
ÍNDICE.....	3
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	5
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA EN AMBIENTES ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS	10
1.2. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ECOSISTEMAS ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS.....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. OBJETIVO GENERAL:.....	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	16
3. ANTECEDENTES	17
4. MARCO TEÓRICO.....	19
4.1. AMBIENTE	19
4.2. ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA	19
4.3. <i>CUTTING</i>	19
4.4. GESTIÓN AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA.....	19
4.5. LEGISLACIÓN AMBIENTAL ARGENTINA	20
4.6. DESERTIFICACIÓN.....	21
4.7. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y REHABILITACIÓN ECOLÓGICA	21
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
5.1. ÁREA DE ESTUDIO	22
5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS.....	24
5.2.1 <i>Atriplex lampa</i> (Gill ex Moq) D. Dietrich:.....	24
5.2.2. <i>Atriplex undulata</i> (Moq) Dietrich:	26
5.2.3. <i>Prosopis flexuosa var depressa</i> DC.	26
5.2.4. <i>Prosopis strombulifera</i> (lam) Bentham:	28
5.2.5. <i>Schinus johnstonii</i> Barkley:.....	29
5.3. MATERIAL DE PROPAGACIÓN	30
5.4. TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS	31
5.5. EVALUACIÓN DEL PODER GERMINATIVO.....	32



5.6. SUSTRATOS.....	33
5.6.1 Recolección de <i>cutting</i> y <i>top-soil</i>	33
5.6.2 Elaboración de mezclas de sustratos	33
5.7. SIEMBRA.....	34
5.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	35
6. RESULTADOS	36
6.1. RESULTADOS DEL PODER GERMINATIVO.....	36
6.2. ANÁLISIS FCO-QCOS DE LAS MUESTRAS DE <i>CUTTING</i> , <i>TOP-SOIL</i> Y SUS MEZCLAS.....	37
6.2.1. Análisis físico-químicos de las muestras de <i>cutting</i> y <i>top-soil</i>	38
6.2.2. Análisis ambiental de <i>cutting</i> y <i>top-soil</i>	38
6.3. GERMINACIÓN EN MEZCLAS DE <i>CUTTING</i> Y <i>TOP-SOIL</i>	39
7. DISCUSIÓN.....	45
8. CONCLUSIONES	48
9. BIBLIOGRAFÍA.....	50

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Procedencia y fecha de colecta de las especies seleccionadas	31
Tabla 2: Porcentaje de germinación de las especies ensayadas. Los valores representan promedio \pm error estándar de 5 réplicas	36
Tabla 3: Resultado del análisis físico químico de las muestras de <i>top-soil</i> , <i>cutting 1</i> y <i>cutting 2</i>	38
Tabla 4: Resultados de los análisis ambientales realizados sobre las muestras de las dos procedencias de recortes de perforación base agua (<i>cutting</i>). Los estudios se evaluaron en el marco de la normativa legal ambiental de la Provincia de Neuquén (Ley 2600-Dec. 1905/09). 39	
Figura 1: Elementos constitutivos de una torre de Perforación. (Fuente: Balanzá Chavarría, 2016).	11
Figura 2: Ubicación del sitio de muestreo de <i>cutting</i> y <i>top-soil</i> y Provincia Fitogeográfica del Monte unidad Austral (Cabrera, 1976; Oyarzabal et al., 2018). Sistema de referencia: coordenadas geográficas EPSG: 22182, posgar 94/ Argentina 2.	23
Figura 3: Ejemplar adulto de <i>Atriplex lampa</i> en ambiente natural (Fuente: Banco de fotos LARREA).	25
Figura 4: Fotografías de <i>Atriplex lampa</i> . A la izquierda ejemplar adulto con semillas en ambiente natural (Fuente: Instituto de Botánica Darwinion), a la derecha ejemplar joven en vivero, detalle de las hojas (Fuente: Banco de fotos LARREA).	25
Figura 5: <i>Atriplex undulata</i> . Izquierda: ejemplar adulto (Fuente: Instituto de Botánica Darwinion). Derecha: ejemplar viverizado, detalle de las hojas (Fuente: Banco de fotos LARREA).	26
Figura 6: Fotografía de ejemplar adulto de <i>Prosopis flexuosa</i> (Fuente: Banco de fotos de LARREA).	27
Figura 7: Fotografías de <i>Prosopis flexuosa</i> , a la izquierda ejemplar adulto, detalle de los frutos (Fuente: Gyemant, 2017), a la derecha detalles de las hojas de ejemplar joven en vivero (Fuente: Banco de foto de LARREA).	28
Figura 8: <i>Prosopis strombulifera</i> . Izquierda: ejemplar adulto. Derecha: detalle de las hojas y frutos (Fuente: Banco de fotos de LARREA).	29
Figura 9: Fotografía de ejemplar adulto de <i>Schinus johnstonii</i> (Fuente: Banco de fotos LARREA).	

..... 30

Figura 10: *Schinus johnstonii*. Derecha: detalle de las hojas y frutos. Izquierda: detalles de las hojas de ejemplar joven viverizados (Fuente: Banco de fotos de LARREA)..... 30

Figura 11: Fotografía de evaluación del poder germinativo de *P. strombulifera*. Inicio del ensayo R2 (Réplica 2). 32

Figura 12: Izquierda: Tratamientos con *top-soil* y *cutting* 1. Derecha: tratamientos con *top-soil* y *cutting* 2. T0: 100% TS; T1: 75% TS- 25% C; T2: 50%TS- 50% C; T3: 25% TS- 75% C; T4: 100% C. 34

Figura 13: Izquierda: detalle de la siembra de *Atriplex lampa* en T1 y C1 (75% *top-soil* - 25% *cutting* 1). Derecha: ensayo en cámara de germinación. 34

Figura 14: Germinación de *P. strombulifera* a 8 días de iniciado el ensayo. 36

Figura 15: Porcentaje de germinación promedio y error estándar de *Al: Atriplex lampa*, *Au: Atriplex undulata*, *Pf: Prosopis flexuosa*, *Ps: Prosopis strombulifera* y *Sj: Schinus johnstonii*..... 37

Figura 16: Porcentaje de germinación acumulada en el tiempo del ensayo de *P. strombulifera*, *A. lampa* y *A. undulata*..... 37

Figura 17: Porcentaje de germinación (media y error estándar) por especie (*Pf: P. flexuosa* var *depressa*; *Ps: P. strombulifera*, *Al: A. lampa*; *Au: A. undulata*; y *Sj: johnstonii*). Medias con una letra común no son estadísticamente diferentes ($p>0,05$)..... 40

Figura 18: Porcentaje de germinación de cada especie evaluada (media y error estándar) según la procedencia (C1 y C2), sin distinción de tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$)..... 41

Figura 19: Porcentaje de germinación (media y error estándar) según los tratamientos aplicados con C1 (T0: 100% TS, T1: 75% TS- 25% C; T2: 50% TS- 50% C, T3: 25% TS- 75% C, T4: 100% C) por especie. Medias con una letra común no son estadísticamente diferentes $p>0,05$ 42

Figura 20: Porcentaje de germinación (media y error estándar) según los tratamientos aplicados con C2 (T0: 100% TS, T1: 75% TS- 25% C; T2: 50% TS- 50% C, T3: 25% TS- 75% C, T4: 100% C), para cada una de las especies evaluadas. Medias con una letra común no son estadísticamente diferentes ($p>0,05$)..... 43

Figura 21: Fotografías del ensayo de germinación de las especies evaluadas en distintos tratamientos. a) *Atriplex lampa* en T2-C2; b) *A. undulata* en T2-C2; c) *P. flexuosa* en T1-C1; d) *P. strombulifera* en T2-C2; e) *S. johnstonii* en T1-C2..... 44



Figura 22: Fotografías del ensayo de germinación de las especies evaluadas en distintos tratamientos. a) *Atriplex lampa* en T2-C2; b) *A. undulata* en T2-C2; c) *P. flexuosa* en T1-C1; d) *P. strombulifera* en T2-C2; e) *S. johnstonii* en T1-C2..... 44

RESUMEN

La actividad hidrocarburífera, en su proceso de perforación, genera grandes volúmenes de desechos sólidos denominados recortes de perforación (*cutting*). El destino final de este material requiere de un manejo especial, por lo que representa un gran desafío de mejorar prácticas ambientales. Asimismo, la actual degradación del Monte Austral provocada por la industria extractiva plantea la necesidad de realizar actividades tendientes a su recuperación. Una de las estrategias más utilizadas para la recuperación de áreas degradadas es la revegetación con plantas nativas producidas en viveros. Por ello, como aporte a estas dos problemáticas (disposición de *cutting* y degradación) el objetivo de la presente investigación fue evaluar la reutilización de recortes de perforación base agua como sustrato en la propagación de especies nativas de Monte para su aplicación en proyectos de rehabilitación ecológica. Para ello, se evaluó la germinación de cinco especies (*Atriplex lampa*, *Atriplex undulata*, *Prosopis flexuosa*, *Prosopis strombulifera* y *Schinus johnstonii*,) en sustratos conformados por recortes de perforación en base agua (C) y *top-soil* (TS). Se trabajó con *cutting* de dos procedencias diferentes (C1 y C2), cuyos parámetros físico-químicos se encontraban dentro de lo establecido por la normativa legal. Los resultados mostraron que los valores de germinación fueron variables dependiendo de la procedencia del *cutting* utilizado. El sustrato con C1 disminuyó la germinación de las cinco especies estudiadas a partir de la concentración más baja (25% de C y 75% de TS), mientras que con el sustrato preparado con C2 la mayoría de las especies alcanzó valores aceptables de germinación con la concentración de 75% de C y 25% de TS. Las especies con mayor germinación en sustratos con *cutting* y a mayores concentraciones del mismo fueron *P. flexuosa* y *P. strombulifera* en C1, mientras que la mayor germinación en C2 fue de *P. strombulifera*. Estos resultados constituyen un primer paso para demostrar la factibilidad del uso del *cutting* como sustrato para la rehabilitación de sitios afectados por la actividad hidrocarburífera.

Palabras clave: degradación, germinación, intervención, recortes de perforación.

ABSTRACT

Hydrocarbon activity, in its drilling processes, generates large volumes of solid waste called drilling cuts (*cuttings*). The final destination of this material requires special handling, so it represents a great challenge to improve environmental practices. The current degradation of the Monte Austral caused by the extractive industry raises the need for activities aimed at its recovery. One of the most used strategies for the recovery of degraded areas is revegetation with native plants produced in nurseries. Thus, as a contribution to these two problems (disposition of *cutting* and degradation) the objective of this research is to evaluate the reuse of water-based drilling *cuttings* as a substrate for propagation of Monte native plants species aimed at ecological rehabilitation projects. For this, the germination of five species was evaluated (*Atriplex lampa*, *Atriplex undulata*, *Prosopis flexuosa*, *Prosopis strombulifera* and *Schinus johnstonii*) on substrates with water-based drilling *cuttings* (C) and *top-soil* (TS). We worked with *cutting* from two different sources (C1 and C2) whose physical-chemical parameters were within the provisions of legal regulations. The results showed that germination values were variable depending on the origin of the *cutting* used. The substrate with C1 decreased the germination of the five species studied from the lowest concentration (25% C and 75% TS). While with the substrate prepared with C2 the majority of the species reached acceptable germination values with the concentration of 75% C and 25% TS. The species with highest germination in substrates with *cutting* at higher concentrations were *P. flexuosa* and *P. strombulifera* in C1, while *P. strombulifera* showed higher germination in C2. These results constitute the first step in demonstrating the feasibility of using drill *cuttings* as a substrate for the rehabilitation of sites affected by hydrocarbon activity.

Keywords: *cuttings*, degradation, germination, intervention.

1. INTRODUCCIÓN

Los impactos ambientales producidos por las actividades agrícolas e industriales, tales como la erosión, la contaminación y la degradación han desencadenado procesos de desertificación en distintas regiones del mundo (Keestra *et al.*, 2016; Novara *et al.*, 2016). La desertificación es la “degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas (también conocidas como tierras secas) resultantes de varios factores, incluyendo las variaciones climáticas y las actividades humanas” (UNCCD, 2011). Este proceso induce a la pérdida del potencial biológico, productivo y económico de los suelos, generando graves problemas ambientales (Reynolds *et al.*, 2007).

La desertificación es una problemática ambiental de gran relevancia dado que las zonas áridas ocupan aproximadamente tres cuartas partes de la superficie terrestre (Maestre Gil, 2011). En América Latina, Argentina es el país que posee mayor porcentaje de tierras secas (70%), con 60.000.000 ha. afectadas por procesos de degradación donde los niveles van de moderados a graves (Abraham, 2003). En Argentina, particularmente, la provincia fitogeográfica del Monte posee niveles elevados de desertificación (del Valle *et al.*, 1998).

Las principales actividades económicas, a nivel regional, que han generado los altos índices de desertificación están vinculadas a la explotación de hidrocarburos, el turismo, la agricultura intensiva y la producción ganadera extensiva o actividades de subsistencia (Mazzoni & Vázquez, 2010). Entre estas actividades, la industria hidrocarburífera es la actividad industrial que causa la erosión más severa de los suelos (Hashim *et al.*, 2007).

1.1. ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA EN AMBIENTES ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS

Las principales actividades económicas de la región, están vinculadas a la explotación de hidrocarburos. En dicha actividad, las etapas de exploración, explotación y almacenamiento, producen la eliminación completa de la vegetación nativa (desmonte), alteración del suelo (decapitación, compactación) y modificación total del microrrelieve y estructura del paisaje (destrucción de montículos o “islas de fertilidad”), dejando las zonas de suelo descubierto expuestas a la erosión eólica e hídrica (Fiori & Zalba, 2003; Gratzfeld, 2004; Villacís *et al.*, 2016).

La etapa de perforación consiste en penetrar las capas (formaciones) de la corteza terrestre utilizando barrenas de perforación tomando en cuenta la profundidad y las capas de rocas que

debe atravesar (Galvan *et al.*, 2007). Para la apertura del hoyo se utiliza un taladro de perforación rotatoria compuesto por una planta de fuerza motriz y un sistema rotatorio, el hoyo se va profundizando mediante la rotación continua de la barrena colocada en el extremo inferior de la sarta de perforación. A medida que se profundiza el pozo se van cambiando las barrenas de diferentes diámetros y el hoyo se va revistiendo con tubos de acero, con el fin de proteger los mantos de agua del subsuelo y evitar que las paredes del pozo se derrumben (Figura 1).

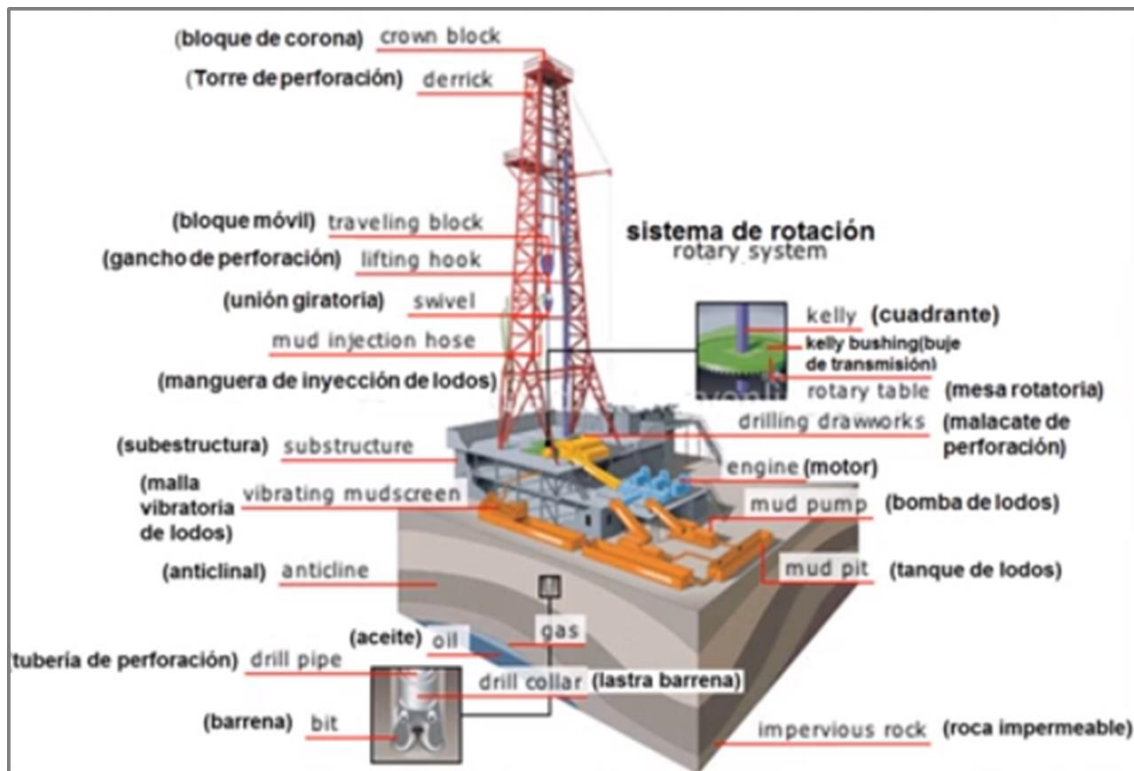


Figura 1: Elementos constitutivos de una torre de Perforación. (Fuente: Balanzá Chavarría, 2016).

Durante la perforación de pozos, ya sean exploratorios o de extracción, se requiere la refrigeración y lubricación de las herramientas de perforación. Para ello se utiliza un fluido, denominado lodo de perforación que se genera en grandes volúmenes en períodos cortos. La roca triturada en el proceso de perforación, es transportada hasta la superficie por medio del lodo de perforación (Galvan *et al.*, 2007).

El lodo de perforación puede estar constituido en base acuosa o en base aceite (Gbadebo *et al.*, 2010). Entre estos últimos, se encuentran las emulsiones inversas que poseen alta

concentración de gasoil y sales (Vardaro *et al.*, 2013). La composición de los lodos de perforación es variable, pero en general contienen agua, aceites sintéticos o naturales, aire, gas o una mezcla de estos componentes, y cumplen diversas funciones durante la perforación: lubricar, enfriar, controlar las presiones del fluido de la formación y ayudar a transportar los cortes de perforación a la superficie (Onwukwe & Nwakaudu, 2012). Parte de estos fluidos son recuperados para su reutilización en el mismo pozo y los recortes de perforación (*cutting*) son descartados (Galván *et al.*, 2007; Gbadebo *et al.*, 2010; Vardaro *et al.*, 2016). El *cutting* es un residuo semisólido que habitualmente se coloca en estanques y se mezcla con la capa superficial de suelo removida durante la construcción de la plataforma petrolera. En su composición los recortes son variables dependiendo de la formación que se atraviesa en la perforación y los aditivos empleados en el lodo de perforación, pudiendo contener diferentes proporciones de limo, arcilla, aluminio, antimonio, arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, plomo, magnesio, níquel, zinc, naftalina y otros hidrocarburos, así como también puede contener niveles tóxicos de sodio y cloruros. (Calao Ruiz, 2007; Gbadebo *et al.*, 2010; Vardaro *et al.*, 2013; Villacís *et al.*, 2016). Muchos de los aditivos químicos utilizados son altamente tóxicos o contaminantes por lo que, la mezcla es considerada un residuo peligroso y/o especial debido a los riesgos de daño inmediato o potencial para la salud de las personas (Ley 24.051, 1992).

Dentro de las actividades extractivas, el *cutting* es uno de los desechos de mayor relevancia en la industria debido a las características físico-químicas que presenta y a la gran cantidad de volumen generado. Por ello, requiere no sólo la gestión adecuada de estos desechos que se generan durante la actividad, sino que además requiere de la recuperación integral de los ecosistemas afectados durante el desarrollo de las distintas etapas (Gbadebo *et al.*, 2010; Vardaro *et al.*, 2013).

Tradicionalmente, algunas de las prácticas de gestión de residuos empleadas para tratar o eliminar el *cutting* incluyen métodos no biológicos, tales como: pozos de enterramiento, rellenos sanitarios, re-inyección, estabilización química y solidificación, tratamientos térmicos (Vardaro *et al.*, 2013). Existen técnicas alternativas de encapsulación que permite utilizar dicho *cutting* como materia prima, por ejemplo, la producción de ladrillos y plantas productoras de arcilla expandida (Calao Ruiz, 2007; Gbadebo *et al.*, 2010). Estas técnicas tradicionales no promueven la protección del medio ambiente, ni son acordes a los principios vigentes de tratamiento de residuos peligrosos firmados en el acuerdo de Basilea (PNUMA, 2014).

Por lo tanto, presenta un gran desafío promover la reutilización del *cutting* dado la variabilidad de su composición físico-química y los valores elevados de salinidad que suele presentar.

1.2. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ECOSISTEMAS ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS

Los impactos ambientales producidos por las actividades agrícolas e industriales, tales como la erosión, la contaminación y la degradación han desencadenado procesos de desertificación en distintas regiones del mundo (Keestra *et al.*, 2016; Novara *et al.*, 2016). Particularmente, en Argentina, la provincia fitogeográfica del Monte presenta niveles elevados de desertificación (del Valle *et al.*, 1998) y al igual que otros ecosistemas áridos, posee una baja capacidad de regeneración natural (Noy Meir, 1973; Bainbridge, 2007; Pérez *et al.*, 2009). Esto se debe a la baja resiliencia que poseen estos ecosistemas, es decir, su baja capacidad para recobrar atributos estructurales y funcionales luego de la ocurrencia de una perturbación (Noy Meir, 1973) aunque se reduzcan o eliminen los factores que causan la alteración (SER, 2004), lo que hace necesaria la intervención del hombre. Esta intervención requiere de técnicas y estrategias tendientes al restablecimiento parcial o total de la composición, estructura y función de los ecosistemas disturbados (Clewel & Aronson, 2007). En este sentido la restauración y la rehabilitación ecológica se plantean como opciones para la recuperación de ecosistemas áridos degradados (Falk *et al.*, 2006; Bainbridge, 2007). Ambas acciones buscan asistir, facilitar o simular la sucesión natural para restablecer procesos ecológicos básicos (SER, 2004).

La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER, 2004) define a la Restauración Ecológica como una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Con frecuencia, el ecosistema que requiere restauración se ha degradado, dañado, transformado o totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre. Por otro lado, la Rehabilitación Ecológica difiere de la Restauración Ecológica, en cuanto a sus metas y estrategias. La Rehabilitación Ecológica enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema (SER, 2004).

Las intervenciones empleadas en restauración ecológica varían dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales. Clewel y Aronson (2013) describen cuatro niveles o intensidades de esfuerzo que pueden aplicarse en proyectos de restauración:

regeneración natural prescripta, regeneración natural asistida, reconstrucción parcial y reconstrucción completa. Estos niveles se consideran como nodos a lo largo de un continuo que describe la intensidad de la intervención. Cuanto mayor sea la intensidad de intervención más rápido, en teoría, el ecosistema puede recuperarse hasta el punto de que ya no necesita ayuda. Sin embargo, los costos del proyecto aumentan con la intensidad del esfuerzo (Clewel & Aronson, 2013). Estudios realizados en canteras donde se ha utilizado la técnica de escarificación, demuestran que la revegetación natural es muy escasa o nula (González *et al.*, 2009; Farinaccio *et al.*, 2011). Asimismo, la recuperación natural de explanadas petroleras abandonadas en el Monte Austral se extiende entre los 40 a 60 años (Reichman, 2003). Debido al prolongado tiempo que se requiere para la regeneración natural, sumado al nivel de degradación y la vulnerabilidad de los ambientes áridos, se requiere tareas de intervención con el objetivo de recuperar el territorio dañado (Pérez *et al.*, 2009; Quezada & Pérez, 2010; Altamirano, 2011; Becker *et al.*, 2013; Farinaccio *et al.*, 2013).

La principal técnica empleada en la Restauración y Rehabilitación Ecológica en sistemas áridos es la reintroducción de plantas nativas producidas en vivero (Becker *et al.*, 2013; Dalmasso & Martínez Carretero, 2013). Dichas plantas se obtienen a partir de diferentes materiales de propagación, como, por ejemplo: semillas, estacas, división de matas y rescate de plántulas (Gold *et al.*, 2004; Fenner & Thompson, 2005). Entre estas técnicas de propagación, las semillas son la forma más práctica y eficiente para recolectar, transportar, estudiar y almacenar la diversidad vegetal, por corresponder a un estado compacto, resistente e independiente dentro del ciclo de vida de una planta (Gold *et al.*, 2004). Para ello, se siguen protocolos de colecta de semillas que garanticen la diversidad genética de la muestra que incluyen obtener material de al menos 30 plantas por especie, no superar el 20% de las semillas maduras y sanas al momento de la colecta y respetar los ecotipos locales (Bainbridge, 2007; Ulian *et al.*, 2008). Las colectas de semillas de alta calidad pueden representar la diversidad genética de una población de plantas desde donde fueron recolectadas, lo que es de gran importancia en proyectos de restauración ecológica (Gold *et al.*, 2004; Bainbridge, 2007). Durante la producción de plantines las condiciones del sustrato pueden limitar la germinación o el desarrollo de las plantas (Cortina *et al.*, 2012). Por ejemplo, la salinidad, tiene efectos sobre el crecimiento de las plantas, ya que puede producir retardo en la germinación y hasta inhibición de la misma (Porta *et al.*, 1994). Otros autores indican que los efectos negativos de la salinidad, alcalinidad y sodicidad sobre los

vegetales se debe al estrés salino que impone en la vegetación limitaciones hídricas e iónicas que generan desbalances nutricionales y toxicidad (Taleisnik & Rodríguez, 2017). Pese a que el *cutting* puede tener elevados niveles de salinidad que podrían afectar el proceso de germinación y desarrollo de plántulas, algunos autores como Villasís *et al.* (2016) y Willis *et al.* (2005), plantean su uso como sustrato para propagación de plantas en ambientes húmedos. En regiones áridas y semiáridas de Argentina, existen especies con mayor tolerancia a diferentes concentraciones de sales (Catalán *et al.*, 1994; Villagra, 1997; Villagra *et al.*, 2017) las cuales podrían resistir la salinidad presente en el *cutting*. El uso de *cutting* como sustrato es una temática incipiente con escasa información en ecosistemas áridos. Gyemant (2017) evaluó la germinación de tres especies nativas del Monte Austral en sustratos con recortes de perforación con resultados dispares. Por lo tanto, la presente investigación plantea la reutilización del *cutting* como sustrato para la propagación de cinco especies nativas, para lo cual, se evaluará el efecto de *cutting* de dos procedencias en la germinación.

En base a lo mencionado anteriormente, la presente investigación plantea la reutilización del *cutting* como sustrato para la propagación de cinco especies nativas, para lo cual, se evaluará el efecto de *cutting* de dos procedencias en la germinación.



2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el efecto de sustratos con *cutting* (C) y suelo nativo (*top-soil*: TS) en la germinación de especies nativas de Monte con interés para la restauración ecológica.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Caracterizar parámetros físico-químicos de los sustratos que pudieran influir en la germinación.
- Evaluar la germinación de cinco especies seleccionadas en las distintas proporciones de C y TS.
- Documentar la germinación de cinco especies de Monte, como aporte para la restauración y rehabilitación de ecosistemas áridos y semiáridos.

3. ANTECEDENTES

Presenta un gran desafío promover la reutilización del *cutting* dado la variabilidad de su composición físico-química, a los valores elevados de salinidad que suele presentar y la posible presencia de hidrocarburos. Asimismo, en regiones áridas y semiáridas de Argentina, se ha evaluado la germinación de diferentes especies nativas en sustratos salinos y con contenidos de hidrocarburos.

Catalan *et al.* (1994), evaluaron los efectos de la salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de *Prosopis flexuosa* de dos poblaciones desarrolladas sobre suelos con distinto grado de salinidad. Los resultados mostraron que la germinación disminuye significativamente, debido a la presencia de sal, independientemente de la procedencia de las poblaciones.

Por su parte Villagra (1997), estudió la germinación de semillas de *Prosopis argentina* y *Prosopis alpataco* bajo distintas condiciones salinas. Los resultados mostraron mayores tasas de germinación de *Prosopis alpataco* en todos los tratamientos respecto de *P. argentina*.

Pentreath (2015) evaluó la reproducción sexual y vegetativa, como así también, el comportamiento durante la germinación y desarrollo de plántulas de *Atriplex lampa* ante la presencia de Hidrocarburos Totales de Petróleo. La reproducción fue exitosa tanto por vía asexual como sexual en presencia de petróleo crudo con elevados porcentaje y tasa de germinación.

Recientemente se han planteado alternativas de uso del *cutting* como sustrato con importantes implicancias en la restauración ecológica.

Willis *et al.* (2005) evaluaron la reutilización de recortes de perforación base agua como medios de crecimiento de plantas en humedales. Este estudio ha ilustrado que los recortes de perforación procesados tienen el potencial de servir como sustratos adecuados, no tóxicos, capaces de soportar altas tasas de crecimiento de plantas de humedal bajo un rango de condiciones ambientales.

La investigación de Villacís *et al.* (2016), evaluó el desarrollo de 20 especies de la Amazonía ecuatoriana en sustratos conformados por lodos y recortes de perforación de la industria petrolera. Los resultados mostraron que en sólo cinco especies el desarrollo no se vio afectado



por el tipo de sustrato, el resto fue susceptible a la concentración de lodos y recortes de perforación.

En ecosistemas áridos de la región, se evaluó la germinación de tres especies nativas del Monte en sustratos conformados por mezclas de *cutting* base agua y *top-soil* (Gyemant, 2017). No obstante, los resultados fueron dispares y atribuyeron diferencias en la germinación de las especies a las texturas de los sustratos y no a la salinidad.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. AMBIENTE

En el presente plan de trabajo se adopta la concepción de ambiente propuesta por Foguelman y Brailovsky (2013), quienes definen al ambiente como la resultante de interacciones entre sistemas ecológicos y socioeconómicos, susceptibles de provocar efectos sobre los seres vivos y las actividades humanas. De esta manera, lo ambiental hace referencia a una conexión dinámica entre la sociedad y el ecosistema natural, donde actúan conjuntamente elementos físicos, biológicos y humanos, así como también procesos naturales, sociales y culturales. Esta conexión dinámica o relación sociedad-naturaleza ha ido cambiando a lo largo de los años, y ha conducido a grandes problemas ambientales.

4.2. ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA

Actividad o conjunto de actividades destinadas a la producción de Hidrocarburos, incluyendo la perforación de pozos de producción, inyección y estimulación de yacimientos, recuperación mejorada, recolección, acondicionamiento y separación de hidrocarburos, eliminación de agua y sedimentos, dentro del área contractual o de asignación, así como la construcción, localización, operación, uso, abandono y desmantelamiento de instalaciones para la producción (SENER, 2015).

4.3. CUTTING

El *cutting* o recortes de perforación, son una mezcla de los fluidos de perforación y material geológico triturado, proveniente de las formaciones que van atravesando las operaciones de perforación hidrocarburífera (Dalmaso *et al.*, 2018).

4.4. GESTIÓN AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA.

La industria, en el desarrollo de sus actividades, produce interacciones con el entorno natural, esto hace es necesario implementar técnicas para prevenir, minimizar o mitigar los impactos ambientales. Cabe destacar que, para ello, se debe contar con un sistema de gestión ambiental que contenga planes de manejo ambiental, basados en las buenas prácticas ambientales y la incorporación de tecnologías ambientales (Calao Ruiz, 2007). Las medidas de gestión ambiental, en su aplicación, incluyen métodos biológicos, que garanticen una mejor relación entre las

petroleras y el medio ambiente y de esta manera minimizar sus impactos ambientales. Por esta razón es necesario evaluar la reutilización o reciclaje de los grandes volúmenes de residuos generados en la perforación de pozos (*cutting*).

En base a lo descrito anteriormente, es necesario destacar que la implementación de un correcto sistema de gestión ambiental no sólo genera beneficios ambientales, sino que, además, ofrece grandes beneficios económicos a empresas en cuanto a la minimización de los costos de operación (Calao Ruiz, 2007). Para acceder al certificado de aptitud ambiental las empresas deben elaborar un Plan de Gestión Ambiental en el cual se especifique, entre otras cosas, las medidas de rehabilitación a aplicar en sitios degradados por la actividad.

4.5. LEGISLACIÓN AMBIENTAL ARGENTINA

En la legislación de nuestro país, las actividades que producen desechos que causen impactos ambientales, como las actividades extractivas, son reguladas por la Ley Nacional 24.051 reglamentada por el Decreto N° 831, dicha legislación establece que será considerado peligroso a todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Además, establece que la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición de residuos peligrosos quedarán sujetos a las disposiciones de la presente ley.

A fin de mitigar o compensar los daños ambientales, la provincia de Neuquén posee tres leyes que se destacan: la Ley Provincial N° 1.875 T.O. Ley N° 2.267 reglamentada por Decreto N° 2.656/99, la Ley Provincial 2.615 reglamentada por el Decreto N° 822/08 y la Ley Provincial N° 2.600 reglamentada por el Decreto N° 1.905/09. La primera ley citada establece que se deberá favorecer la revegetación autóctona mediante el escarificado y menciona que en caso de existir técnicas de revegetación más modernas deberán ser aplicadas. En relación a la Ley Provincial N° 2.615, ésta determina que las empresas que renegocien áreas hidrocarburífera deberán remediar las afecciones ambientales existentes en la misma para ello deberán detallar tales afecciones, así como los planes a aplicar y los tiempos previstos. Por otra parte, la Ley Provincial N° 2.600 establece la creación de un registro de control ambiental de la actividad hidrocarburífera, en el cual las empresas concesionarias deberán estar registradas para operar.

4.6. DESERTIFICACIÓN

La desertificación, según el Comité de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación (UNCCD, 2011), se define como la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultantes de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. La desertificación es una de las problemáticas ambientales por excelencia de las tierras secas, y comprende una compleja relación causa-efecto entre factores biofísicos y socioeconómicos (Abraham, 2009). Este fenómeno ha traspasado el ámbito científico, ocupando al día de hoy un lugar importante en las agendas políticas de protección del medio ambiente y conservación de los recursos naturales, tanto a nivel regional como a nivel mundial. Las zonas áridas presentan baja capacidad de regeneración post-disturbio debido a condiciones naturales como temperaturas extremas, sol intenso, fuertes vientos, humedad limitada y bajo contenido orgánico (Imeson, 2012). Las actividades extractivas acentúan esta problemática debido a que pueden alterar los mecanismos de regulación ambiental de zonas áridas y afectar los procesos funcionales claves, así como también la capacidad de regeneración del sistema. (Solé, 2007; citado por Villagra *et al.*, 2013).

4.7. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y REHABILITACIÓN ECOLÓGICA

Según el nivel de degradación, los ecosistemas no pueden regenerarse por sí solos haciéndose necesaria la intervención del hombre. El proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER 2004). Esta actividad busca recomponer la estructura de la comunidad, la composición de especies y la función ecosistémica (Clewell & Aronson, 2007; McDonald *et al.*, 2016a). Para alcanzar los objetivos, la restauración plantea el uso de un ecosistema de referencia como un modelo u objetivo para el ecosistema nativo local a ser restaurado. Por otro lado, la rehabilitación ecológica también adopta el ecosistema de referencia como modelo, aunque, apunta a restituir un nivel de funcionalidad del ecosistema donde no se pretende hacer restauración ecológica, sino más bien entregar una provisión renovada y continua de bienes y servicios ecosistémicos (McDonald *et al.*, 2016b).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo con sustratos provenientes del yacimiento Sierra Barrosa en el área de concesión de Loma de la Lata, provincia de Neuquén, Argentina. El sitio donde se tomaron las muestras de *cutting* y *top-oil* (38° 45' 05" S - 68° 50' 08" O) se encuentra ubicado en la Provincia fitogeográfica de Monte unidad Austral (Cabrera, 1976; Oyarzabal *et al.*, 2018) (Figura 2). Se utilizaron semillas de especies nativas del Monte Austral de la provincia de Neuquén (Cabrera, 1976; Abraham *et al.*, 2009; Roig *et al.*, 2009). La vegetación está representada por un mosaico constituido por parches heterogéneos, de alta cobertura vegetal conformada principalmente por arbustos, y otros con vegetación dispersa o suelo desnudo, lo que permite la generación de microambientes (Bisigato & Bertiller, 1997; Bertiller *et al.*, 2004). El tipo de vegetación predominante es el matorral o la estepa arbustiva xerófila, samófila o halófila. La fisonomía predominante es de arbustos de 1 a 2m de altura, con una cobertura vegetal total del 20 al 40%, que a lo largo de su extensión presenta diferentes géneros de arbustos, como *Larrea*, *Prosopis*, *Atriplex*, *Schinus*, *Senna*, *Monttea*, *Parkinsonia*, *Geoffroea*; subarbustos de los géneros *Grindelia*, *Gallardo* y *Gutierrezia*, y gramíneas de los géneros *Pappostipa*, *Nasella* y *Poa*, entre otros (Cabrera 1976; Abraham *et al.*, 2009; Roig *et al.*, 2009). Se incluye un amplio ecotono con la provincia fitogeográfica patagónica donde las especies más comunes son la jarilla crespa (*Larrea nitida*), la melosa (*Grindelia chilensis*) y el coirón amargo (*Pappostipa speciosa*) (Bran *et al.*, 2002).

El clima es semiárido y árido, con un alto grado de evaporación reforzada por el viento (Abraham *et al.*, 2009). La temperatura varía entre 13°C y 17,5°C de promedio anual (Cabrera, 1976). Las lluvias oscilan alrededor de los 140mm anuales en mayo-junio (Morello, 1956).

Los suelos están conformados principalmente por el orden de los Entisoles Aridisoles (Ferrer *et al.*, 1990; del Valle, 1998). Predominan los suelos moderadamente profundos a someros, texturas franco arenosas, arenosos y arcillosos, comúnmente con carbonato de calcio, muy escasos de materia orgánica, pH moderadamente alcalinos y un fuerte déficit hídrico anual (Petrocalcides típicos, Torriortentes típicos y líticos, Haplocalcides típicos, Petroargides típicos). En las áreas relativamente bajas, planicies aluviales y cuencas endorreicas dominan suelos salinos-alcalinos (Ferrer *et al.*, 1990).

Los impactos antrópicos en el área se deben en su mayoría a las actividades hidrocarburíferas, ampliamente desarrollada en la zona (Pérez *et al.*, 2010). Asimismo, los ecosistemas se encuentran muy deteriorados debido a la ganadería extensiva sobre vegetación natural por mucho tiempo, donde especialmente las comunidades leñosas han sido deforestadas, degradadas y fragmentadas (Matteucci, 2012). Se observan características de erosión combinada eólica-hídrica grave a muy grave (deflación y acumulación, pavimentos, pedestales, surcos y cárcavas) (Bran *et al.*, 2002).

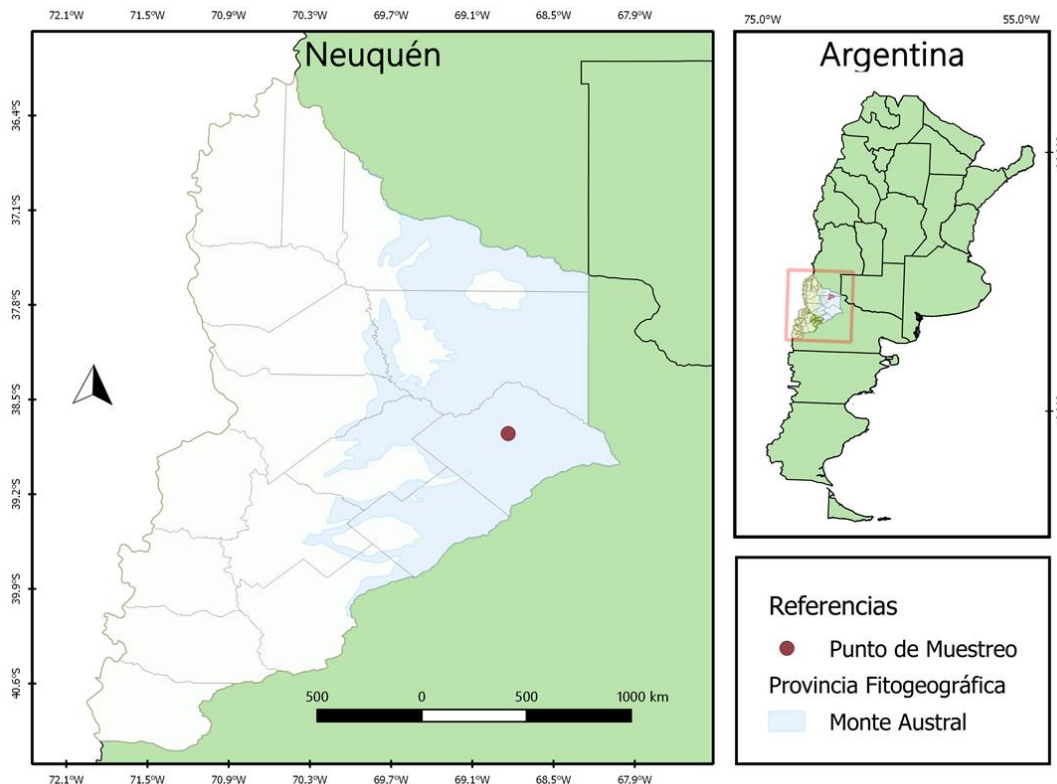


Figura 2: Ubicación del sitio de muestreo de *cutting* y *top-soil* y Provincia Fitogeográfica del Monte unidad Austral (Cabrera, 1976; Oyarzabal *et al.*, 2018). Sistema de referencia: coordenadas geográficas EPSG: 22182, posgar 94/ Argentina 2.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS

Las especies del Monte que se seleccionaron por ser de interés para la recuperación de ambientes y/o ser capaces de desarrollarse en suelos con altos contenidos de sales, estas fueron: *Atriplex lampa*, *Atriplex undulata*, *Prosopis flexuosa*, *Prosopis strombulifera* y *Schinus johnstonii*. Los ensayos se realizaron cedidas por semillas del Banco del Árido (Rodríguez Araujo *et al.*, 2015) perteneciente al Laboratorio de Rehabilitación y Restauración de Ecosistemas Áridos y Semiáridos (LARREA) de la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud (FaCIAS).

5.2.1 *Atriplex lampa* (Gill ex Moq) D. Dietrich:

Nombre vulgar “zampa”. Familia: Chenopodiácea. Arbusto de 0,50-2,50m de altura, generalmente dioico, ramoso, amarillento o ceniciento. Hojas crasas alternas u opuestas, subsésiles, oblongas, generalmente sinuado- dentadas, de borde entero plegadas siguiendo el nervio medio, con ápice arqueado, de 10-30mm de largo por 4-10mm de ancho (Gandullo, 2004; Beider, 2012) (Figuras 3 y 4).

En general presenta plantas femeninas y plantas masculinas (dioico), aunque se pueden encontrar algunos ejemplares con ambos sexos. Inflorescencias masculinas en los ápices de las ramas, en glomérulos multifloros. Las plantas femeninas presentan un característico color verde claro en la época de fructificación debido a la gran cantidad de frutos. Las flores femeninas solitarias o agrupadas formando espigas axilares o terminales. Flores femeninas con bractéolas fructíferas flabeladas (forma de abanico) membranácea, con ápice redondeado de 5-12mm de longitud por 6-12mm de latitud, soldadas entre sí en la región basal. Los frutos son pequeños, cubiertos por dos membranas y se ubican en racimos terminales. Los frutos son de 2-3mm de diámetro por 1,5-2mm de alto (Mulgura de Romero, 1981; Correa, 1984; Gandullo *et al.*, 2004; Beider, 2012). Las flores masculinas se disponen en forma similar a las femeninas y tienen el aspecto de pequeños glomérulos, en plena floración presentan un color amarillo-ocre (Beider, 2012).

Originaria de Argentina se distribuye desde las provincias de Córdoba y Mendoza hasta Chubut, escasa en el extremo sur de Buenos Aires (Correa, 1984).

Esta especie, constituye una importante fuente de forraje de buena calidad, con una producción de masa forrajeable a lo largo del año, muy apetecibles por el ganado. Habita en suelos salados

y arenosos (Gandullo *et al.*, 2004).

La tolerancia al frío, sequía, salinidad (suelos salinos y salinos-sódicos) las convierten en especies aptas para las tareas de revegetación (Velasco & Siffredi, 2009). Han sido utilizadas con excelentes resultados en la recuperación de sitios seriamente perturbados, en especial los afectados por la actividad petrolera (Beider, 2012).



Figura 3: Ejemplar adulto de *Atriplex lampa* en ambiente natural (Fuente: Banco de fotos LARREA).



Figura 4: Fotografías de *Atriplex lampa*. A la izquierda ejemplar adulto con semillas en ambiente natural (Fuente: Instituto de Botánica Darwinion), a la derecha ejemplar joven en vivero, detalle de las hojas (Fuente: Banco de fotos LARREA).

5.2.2. *Atriplex undulata* (Moq) Dietrich:

Conocido como “zampa crespá”. Familia: Chenopodiácea. Arbusto dioico de 0,30 a 1m de altura. Tallo erecto muy ramificado. Hojas alternadas con pecíolo breve, lámina plana u ondulada, oval a oblonga, de 6-15mm de longitud por 2-7mm de latitud, blanco-cenicientas en ambas caras (Gandullo *et al.*, 2004) (Figura 5). Fruto lenticular de 1mm de longitud por 1mm de latitud. Florece de octubre a noviembre y fructifica de noviembre a enero (Azar, 2012). *Atriplex undulata* es una especie que crece en suelos salinos desde la provincia de Córdoba hasta la Patagonia Norte en Argentina, en las provincias biogeográficas del Espinal, Monte, Pampeana y Patagónica (Brignone, 2016). Esta especie es una forrajera de buena calidad (Gandullo *et al.*, 2004).

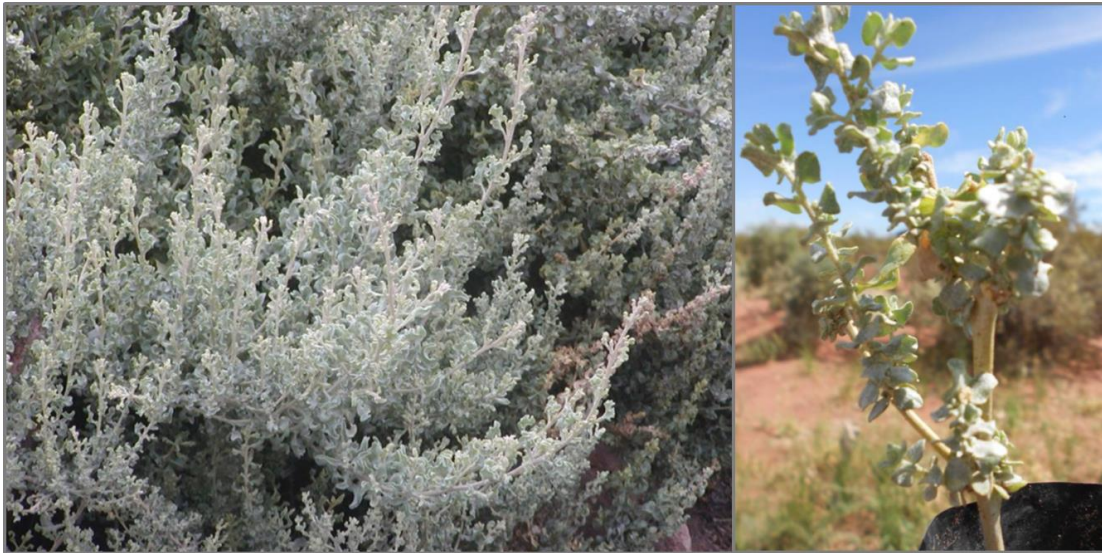


Figura 5: *Atriplex undulata*. Izquierda: ejemplar adulto (Fuente: Instituto de Botánica Darwinion). Derecha: ejemplar viverizado, detalle de las hojas (Fuente: Banco de fotos LARREA).

5.2.3. *Prosopis flexuosa* var *depressa* DC.

Nombre común “Alpataco” o “Algarrobo”. Esta especie pertenece a la familia Fabaceae. Es un arbusto de 0,5-2,5m de alto con ramas basales enterradas, semienterradas o reptantes, y de follaje caduco (Figura 6). Las espinas son fuertes, largas o cortas. Las hojas bipinnadas, normalmente 1-yugas, a veces 2-yugas; pecíolo de 1-5cm de largo; pinnas de 6-13cm con alrededor de 20 pares de foliólulos entre 4-10mm de largo por 1-2mm de ancho cada uno (Gandullo *et al.*, 2004).

Inflorescencia en racimos densos de 4-8cm de largo, rojizos, flores pubescentes, tanto en el cáliz

como en la corola, pétalos amarillos, estambres numerosos. Fruto lomento drupáceo. El fruto es una legumbre recta o curvada de 10-25cm de largo y 0,7-1,2cm de ancho (Figura 7). Sus frutos son apetecidos por el ganado y fauna silvestre. (Roig, 1987; Villagra & Álvarez, 2010; Beider, 2012). Las flores son pequeñas y se agrupan en racimos de color amarillo. Florece en noviembre (Beider, 2012).

Esta variedad es muy común en el oeste árido argentino, en las provincias de San Juan, Mendoza, Neuquén, La Pampa, Rio Negro, llegando hasta el norte de Chubut. Es elemento de la provincia fitogeográfica del Monte y participa en la composición de diversas comunidades: Jarillales de *Larrea divaricata*, de *Larrea cuneifolia*, etc., siempre en suelos profundos y arenosos (Roig, 1987).

La especie presenta gomas de potencial valor industrial (Vilela & Ravetta, 2005). Presenta distintos usos, como: alimento, combustible, forrajero e industrial y leña (Gandullo *et al.*, 2004). Habita en áreas que donde no disponga de agua freática. La resistencia a bajas temperaturas es también notable en los arbustos. En los médanos de la zona de barda, es frecuente encontrar la forma arbustiva con tallos y troncos que son enterrados por la arena y que forman fuertes matas subcirculares (Roig, 1987; Gandullo *et al.*, 2004).

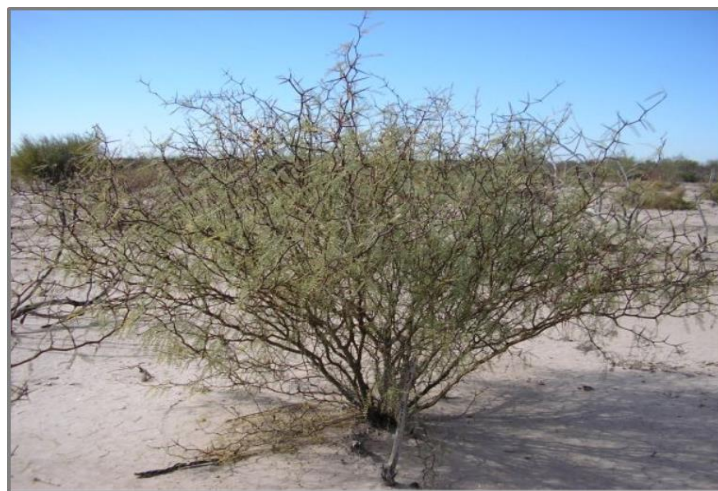


Figura 6: Fotografía de ejemplar adulto de *Prosopis flexuosa* (Fuente: Banco de fotos de LARREA).



Figura 7: Fotografías de *Prosopis flexuosa*, a la izquierda ejemplar adulto, detalle de los frutos (Fuente: Gyemant, 2017), a la derecha detalles de las hojas de ejemplar joven en vivero (Fuente: Banco de foto de LARREA).

5.2.4. *Prosopis strombulifera* (Lam) Bentham:

Se lo conoce como “Retortuño” o Pata de loro”. Pertenece a la familia de las Fabaceae. Arbusto de 0,15- 0,30m de alto, con probables raíces gemíferas subterráneas, extendidas, horizontales, ramas flexuosas, estípulas de 0,1-2cm, espinosas, derechas decurrentes. Hojas uniyugadas, glauca, pubérulas o glabrecentes, péciolo de 2-15mm, pinnas de 1,3cm; pinnas 3-8 yugadas; folíolos distantes, alternos a opuestos, oblongos, obtusos (Gandullo *et al.*, 2004) (Figura 8).

Las semillas con la sección biconvexa y de bordes redondos; el tegmen algo más oscuro que la testa; el endosperma abundante en grano. Los cotiledones se ponen amarillos, y no cubren la parte superior de la radícula (Burkart, 1976).

Su área de distribución, en nuestro país, abarca las provincias de: Salta, Tucumán, Córdoba, La Rioja, San Juan, San Luis, Neuquén. En Rio Negro, La Pampa, Buenos Aires y Mendoza, donde se halla ampliamente distribuida por lo general, en suelos salinos (Castro, 1989). Es común encontrarlo en bordes de caminos, vías férreas, de preferencia suelos salitrosos (Gandullo *et al.*, 2004).



Figura 8: *Prosopis strombulifera*. Izquierda: ejemplar adulto. Derecha: detalle de las hojas y frutos (Fuente: Banco de fotos de LARREA).

5.2.5. *Schinus johnstonii* Barkley:

Conocido como “Molle” o “Molle Morado”. Familia: Anarcadiaceae. Arbusto de 1,5m de altura. Presenta ramas grisáceas, glabras o pubescentes, divaricadas (Figura 9). Hojas generalmente dimorfas, glabras o pilosas, coriáceas, obovadas u oblongas, de 4-8 x 6-10mm, dentadas o enteras, obtusas o mucronadas (Gandullo *et al.*, 2004). Flores pequeñas agrupadas en racimos, pétalos de 2 x 1mm, obovados, glabros. Drupa de 7-8mm de diámetro, rojiza, violácea o azul oscura, glabra, esférica, deprimida en el ápice. Los frutos al madurar aparentan ser carnosos, pero son secos y quebradizos para liberar las semillas (Correa, 1984; Beider, 2012). Florece a comienzos de la primavera y fructifica desde mediados de diciembre hasta febrero (Figura 10).

Especie endémica de Argentina, originaria de Río Negro, se extiende hacia el Norte hasta San Juan, Mendoza y Sur de Buenos Aires, hacia el Sur hasta Chubut.

Tiene bajo valor como especie forrajera, debido a que el ganado solamente ramonea los brotes tiernos. Tienen usos medicinales, tintóreos y para leña (Velasco & Stiffredi, 2009). Produce leña de alta calidad lo que ha causado una gran disminución de sus poblaciones en casi toda la Patagonia. Los antiguos pobladores lo usaban como cerco en los corrales (Gandullo *et al.*, 2004).



Figura 9: Fotografía de ejemplar adulto de *Schinus johnstonii* (Fuente: Banco de fotos LARREA).



Figura 10: *Schinus johnstonii*. Derecha: detalle de las hojas y frutos. Izquierda: detalles de las hojas de ejemplar joven viverizados (Fuente: Banco de fotos de LARREA).

5.3. MATERIAL DE PROPAGACIÓN

Las semillas utilizadas en los ensayos de germinación procedieron del banco de germoplasma del laboratorio LARREA de la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. El Banco conserva semillas de especies vegetales nativas de ecosistemas áridos y semiáridos de la provincia de Neuquén. Asimismo, mantiene la viabilidad de las mismas y aporta material para la restauración

ecológica de ecosistemas degradados (Rodríguez Araujo *et al.*, 2015). Las colectas de semillas se realizaron siguiendo los protocolos de colecta con el fin de asegurar la variabilidad genética necesarios para proyectos de restauración ecológicas (Ulian *et al.*, 2008). A continuación, se detalla la procedencia de cada especie y la fecha de colecta de las mismas (Tabla 1).

Tabla 1: Procedencia y fecha de colecta de las especies seleccionadas

ESPECIE	PROCEDENCIA	FECHA DE COLECTA
<i>Atriplex lampa</i>	Loma La Lata	Nov-2014
<i>Atriplex undulata</i>	Añelo	Nov-2010
<i>Prosopis flexuosa</i>	Challacó	Feb-2013
<i>Prosopis strombulifera</i>	Aguada San Roque	Dic-2013
<i>Schinus johnstonii</i>	ARS Chihuidos	Ene-2013

5.4. TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

Las semillas de especies nativas de ecosistemas áridos, por lo general, presentan algún tipo de dormancia, por lo que requieren de tratamientos pregerminativos (Bainbridge, 2007; Varela & Arana, 2011). Los métodos pregerminativos aplicados a las especies para romper la latencia se describen a continuación:

Para las especies *Atriplex lampa* y *Atriplex undulata* consistió en inmersión de las semillas en agua durante tres días, en bolsa de tela, con el fin de evitar la dispersión de las semillas dentro del recipiente. El agua se renovó dos veces al día (Beider, 2012).

Para las especies leguminosas *Prosopis flexuosa* y *Prosopis strombulifera*, se realizó escarificación ácida, con ácido sulfúrico al 98%, durante un tiempo de cinco minutos (Rodríguez Araujo *et al.*, 2017). Antes de realizar el ensayo se corroboró que las semillas se encontraran desprovistas de humedad para que no se produjeran reacciones con el ácido sulfúrico. Se colocaron las semillas *P. flexuosa* y *P. strombulifera* en vasos de precipitado. Bajo campana de extracción de gases se colocó una cantidad de ácido suficiente para cubrir las semillas. Las mismas permanecieron en contacto durante 5 minutos y posteriormente se lavaron para eliminar el resto del ácido (Sanabria *et al.*, 2001; Muñoz *et al.*, 2009).

Para la especie *Schinus johnstonii*, al igual que en otras investigaciones no se aplicó ningún

tratamiento pregerminativo (Beider, 2012; Zebeiro, 2018).

5.5. EVALUACIÓN DEL PODER GERMINATIVO

Se evaluó el poder germinativo de los lotes de *P. strombulifera*, *A. lampa* y *A. undulata*. Los lotes de *P. flexuosa* y *S. johnstonii* ya contaban con la evaluación de los poderes germinativos realizada por el Banco del Árido.

Luego de aplicar los tratamientos pregerminativos correspondientes a cada especie, se utilizaron 75 semillas por especie, seleccionadas al azar, y se dividieron en tres réplicas de 25 semillas cada una. Las semillas se colocaron en cajas de Petri con papel absorbente húmedo y rociado con fungicida (Figura 11).



Figura 11: Fotografía de evaluación del poder germinativo de *P. strombulifera*. Inicio del ensayo R2 (Réplica 2).

Los ensayos se realizaron en las cámaras de germinación, durante un período de 45 días, con fotoperiodo 12hs luz y 12hs oscuridad, temperatura mínima 10°C- máxima 20°C. Esta temperatura y régimen de luz simula las condiciones en las que se encuentran las semillas durante la germinación de otoño en la provincia fitogeográfica del Monte (Páez *et al.*, 2004). La

hidratación se realizó en forma manual, humedeciendo el papel absorbente cada 48 horas (sin que se produzca acumulación del agua).

Los registros del número de semillas germinadas se realizaron cada 48 horas. Se consideraron como semillas germinadas aquellas que presentaron aparición de la radícula.

5.6. SUSTRATOS

5.6.1 Recolección de *cutting* y *top-soil*

Se seleccionaron dos pozos en etapa de perforación y se extrajeron 50L de recortes de perforación en base agua (*cutting*). El *top-soil* (capa fértil del suelo) se obtuvo de una explanada hidrocarburífera en construcción. Se extrajo 50L de *top-soil*. Previo a la preparación de las mezclas de sustratos se realizaron análisis físico-químicos y ambientales. Los análisis de las dos muestras de *cutting* se llevaron a cabo en la Universidad Nacional del Sur, mientras que los análisis del *top-soil* se realizaron en Laboratorio Induser SRL. Tanto para las dos procedencias de *cutting* como para el *top-soil*, las pruebas físico-químicas fueron: Materia Orgánica (MO), Nitrógeno total (Nt), pH, Fósforo extractable (Pe), Conductividad eléctrica (CE), Relación de Adsorción de sodio (RAS), Textura y porcentaje de arena, limo y arcilla. El análisis ambiental se evaluaron hidrocarburos y metales establecidos en la normativa legal de la provincia de Neuquén (Ley 2600-Dec. 1905/09, ver Tabla 4)

5.6.2 Elaboración de mezclas de sustratos

Para ambas procedencias de *cutting* se elaboraron mezclas de diferentes proporciones de *cutting* (C) y *top-soil* (TS) para la obtención de los tratamientos (Figura 12):

- **T0:** 100% TS (control);
- **T1:** 75% TS + 25% C;
- **T2:** 50% TS + 50% C;
- **T3:** 25% TS + 75% C;
- **T4:** 100% C.

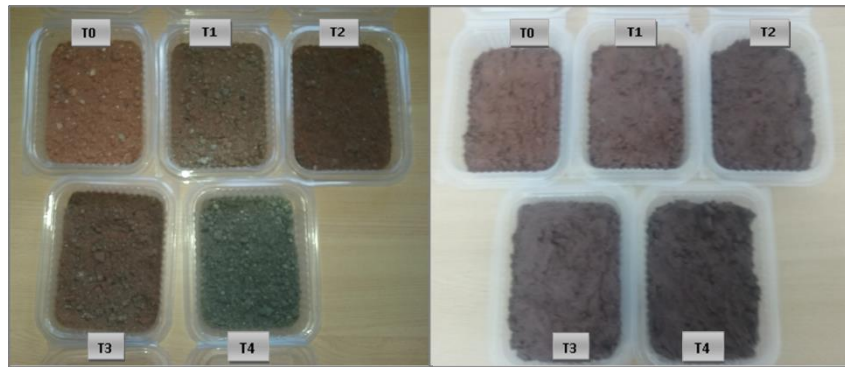


Figura 12: Izquierda: Tratamientos con *top-soil* y *cutting* 1. Derecha: tratamientos con *top-soil* y *cutting* 2. T0: 100% TS; T1: 75% TS- 25% C; T2: 50%TS- 50% C; T3: 25% TS- 75% C; T4: 100% C.

5.7. SIEMBRA

Se realizó la siembra de semillas previamente tratadas en bandejas plásticas de 12 x 16cm con 300cm³ de sustrato. En cada bandeja se colocaron 25 semillas y se realizaron cinco réplicas por tratamiento. Las bandejas sembradas, al igual que en la fase de la prueba de germinación, se colocaron durante 45 días en cámaras de germinación termorreguladas con fotoperiodo de 12hs de luz y 12hs de oscuridad, y temperatura mínima de 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) y máxima de 26°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) (Figura 13). La hidratación se realizó en forma manual, humedeciendo el sustrato cada 48 horas (sin que se produzca acumulación del agua). Se registró el número de semillas germinadas (emergencia de cotiledones) cada 48 horas. Se realizó un ensayo diferente para cada procedencia, es decir, que C1 y C2 no se evaluaron en simultaneo.



Figura 13: Izquierda: detalle de la siembra de *Atriplex lampa* en T1 y C1 (75% *top-soil* - 25% *cutting* 1). Derecha: ensayo en cámara de germinación.



5.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para cada especie y tratamiento se calculó el porcentaje de germinación (PG) a los 45 días y se realizaron curvas de germinación acumulada (PG acumulado promedio *versus* tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo). Los datos se analizaron con estadística descriptiva como promedio y error estándar (E.E.). Los PG en los distintos tratamientos se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-wallis, ya que no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de la varianza requerido por los análisis de la varianza. En todos los casos el nivel de significancia empleado fue $p= 0,05$. Los análisis se realizaron a través del software InfoStat Versión Libre (2008).

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DEL PODER GERMINATIVO

A los 45 días de seguimiento se observó una germinación promedio de 60% en *A. lampa* (E.E. 21,2), 59% en *A. undulata* (E.E. 4,6) y 92% en *P. strombulifera* (E.E. 18,5) (Figura 14). La germinación de los lotes evaluados por el Banco del Árido fue: 96,7% para *P. flexuosa* (E.E. 1,3) y 0,3% para *S. johnstonii* (E.E. 0,3) (Tabla 2 y Figura 15).



Figura 14: Germinación de *P. strombulifera* a 8 días de iniciado el ensayo.

Tabla 2: Porcentaje de germinación de las especies ensayadas. Los valores representan promedio \pm error estándar de 5 réplicas

ESPECIES	PG \pm EE
<i>Atriplex lampa</i>	60 \pm 21,2
<i>Atriplex undulata</i>	59 \pm 18,5
<i>Prosopis flexuosa</i> *	96,7 \pm 1,3
<i>Prosopis strombulifera</i>	92 \pm 4,6
<i>Schinus johnstonii</i> *	0,3 \pm 0,3

* Valores obtenidos previamente por el Banco del Árido

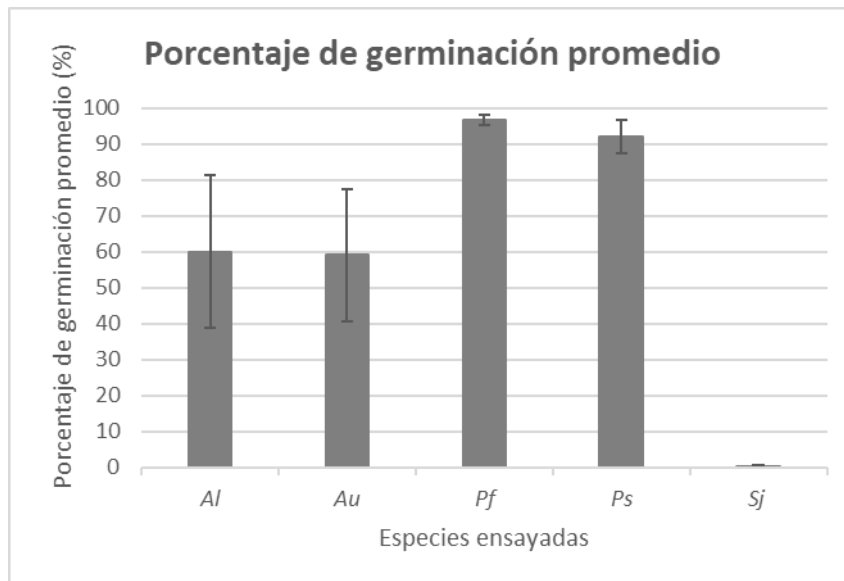


Figura 15: Porcentaje de germinación promedio y error estándar de Al: *Atriplex lampa*, Au: *Atriplex undulata*, Pf: *Prosopis flexuosa*, Ps: *Prosopis strombulifera* y Sj: *Schinus johnstonii*.

En relación a los días transcurridos para la germinación, *A. lampa* alcanzó la máxima germinación el día 28, mientras que *A. undulata* en el día 10 y *P. strombulifera* el día 19. (Figura 16).

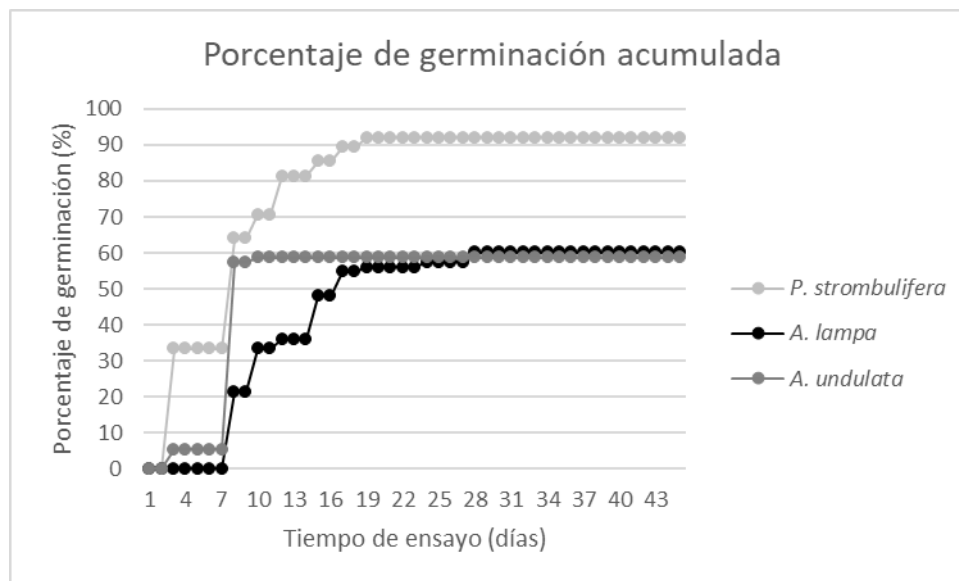


Figura 16: Porcentaje de germinación acumulada en el tiempo del ensayo de *P. strombulifera*, *A. lampa* y *A. undulata*.

6.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE CUTTING, TOP-SOIL Y SUS

MEZCLAS

6.2.1. Análisis físico-químicos de las muestras de cutting y top-soil

Las características físico-químicas evidenciaron que el *top-soil* (TS) utilizado es alcalino (pH= 8,5) y con características no salinas (CE= 1,34 dS/m). Los recortes de perforación (C1 y C2), presentaron diferentes valores de pH, uno por debajo del TS (C1 ligeramente alcalino con pH 7,8) y otro con valores superiores (C2 fuertemente alcalino con pH de 9,5). En cuanto a la salinidad C1 resultó salino sódico mientras que C2 fue no salino, no sódico. La textura del TS utilizado fue arenosa y las de las muestras de *cutting* (C1 y C2) fue franco arenosa. Los análisis de fertilidad mostraron que el TS, si bien posee valores bajos de nitrógeno total y valores intermedios de materia orgánica, contribuye al aporte de fósforo extractable. El C1 presentó mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno total, sin embargo, contiene valores bajos de fósforo extractable. El C2 presenta valores bajos de materia orgánica y valores intermedios de nitrógeno total y fósforo extractable (Tabla 3).

Tabla 3: Resultado del análisis físico químico de las muestras de *top-soil*, *cutting 1* y *cutting 2*.

PARÁMETROS	TOP-SOIL	CUTTING 1	CUTTING 2
pH	8,5	7,8	9,5
	Medianamente alcalino*	Ligeramente alcalino*	Fuertemente alcalino*
CE (dS/m)	1,34	16,16	2,58
Salinidad	No salino	Salino	No salino
RAS	-	14,8	6,2
	-	Salino-sódico**	No sódico**
Sodio (mg/kg)	2870	-	-
Arcilla (%)	4,4	6,2	3,5
Limo (%)	19,6	30,2	30,4
Arena (%)	76	63,6	66,1
Textura	Arenoso	Franco arenosa	Franco arenosa
Materia orgánica (%)	1	1,25	0,73
Nitrógeno total (%)	0,026	0,058	0,040
Fósforo extractable (ppm)	4,6	2,1	3,4

* Según se indica en Charcas *et al.* (2012). ** Según se indica en Manual 60 (USDA, Richards, 1973) un valor de 15 de PSI se corresponde con un valor de 13 del RAS.

6.2.2. Análisis ambiental de cutting y top-soil

Los resultados de los análisis ambientales mostraron que todos los parámetros de ambas muestras de *cutting* base agua se encontraron dentro de los límites admitidos por la normativa legal de Neuquén (Ley 1875) (Tabla 4).

Tabla 4: Resultados de los análisis ambientales realizados sobre las muestras de las dos procedencias de recortes de perforación base agua (*cutting*). Los estudios se evaluaron en el marco de la normativa legal ambiental de la Provincia de Neuquén (Ley 2600-Dec. 1905/09).

Parámetros	Método	Unid	Cutting 1	Cutting 2
Aceite y Materia Grasa	EPA 3550 C/ 413.2	mg/kg	251	150
Hidrocarburos Totales (GRO+DRO)	EPA 5021 A/ 3550 C/ 8015 C	mg/kg	84,2	< 50.0
Benceno	EPA 5021 A/ 8260 C	mg/kg	< 0.05	< 0.05
Tolueno	EPA 5021 A/ 8260 C	mg/kg	< 0.05	< 0.05
Etilbenceno	EPA 5021 A/ 8260 C	mg/kg	< 0.05	< 0.05
o-Xileno	EPA 5021 A/ 8260 C	mg/kg	< 0.05	< 0.05
m,p-Xileno	EPA 5021 A/ 8260 C	mg/kg	< 0.05	< 0.05
Inflamabilidad	ASTM D 93	°C	> 100	> 100
Arsénico	EPA 3050 B/ 6010 C	mg/kg	< 10.0	< 10.0
Bario	EPA 3050 B/ 6010 C	mg/kg	275	226
Cadmio	EPA 3050 B/ 6010 C	mg/kg	< 1.0	< 1.0
Zinc	EPA 3050 B/ 6010 C	mg/kg	14,8	26,6
Cobre Total	EPA 3050 B/ 6010 C	mg/kg	< 5.0	< 5.0
Cromo	EPA 3050 B/ 6010 C	mg/kg	< 5.0	< 5.0
Mercurio	EPA 7471 B	mg/kg	< 0.8	< 0.8
Níquel	EPA 3050 B/ 6010 C	mg/kg	< 5.0	< 5.0
Plata	EPA 3050 B/ 6010 C	mg/kg	< 5.0	< 5.0
Humedad	SM 2540 G	% p/p	51,3	63,3
SOBRE LIXIVIADO				
Selenio	EPA 3010 A/ 6010 C	mg/l	< 0.10	< 0.10
Antimonio	EPA 3010 A/ 6010 C	mg/l	< 0.10	< 0.10
Comp. Fenólicos	SM 5530 B/C	mg/l	< 0.05	< 0.05

6.3. GERMINACIÓN EN MEZCLAS DE CUTTING Y TOP-SOIL

El porcentaje de germinación transcurrido 45 días de ensayo, sin contemplar de tratamiento ni procedencia de *cutting*, presentó diferencias significativas ($H= 10,8$; $p= 0,0231$) dependiendo de las especies. *Prosopis flexuosa* presentó los mayores valores de germinación ($59,6\% \pm 13,6$), mientras que *S. johnstonii* tuvo la menor germinación ($3,44\% \pm 0,32$) y *P. strombulifera* ($58\% \pm 10,9$), *A. undulata* ($46,9\% \pm 11,7$) y *A. lampa* ($47,7\% \pm 12,6$) presentaron valores intermedios sin diferencias significativas entre sí (Figura 17).

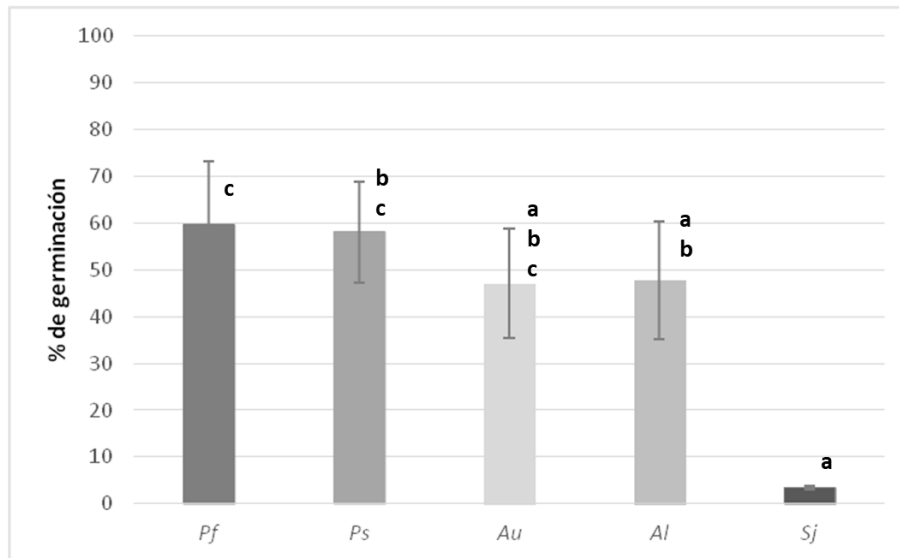


Figura 17: Porcentaje de germinación (media y error estándar) por especie (Pf: *P. flexuosa* var *depressa*; Ps: *P. strombulifera*, Al: *A. lampa*; Au: *A. undulata*; y Sj: *johnstonii*). Medias con una letra común no son estadísticamente diferentes ($p>0,05$).

En relación a la procedencia del recorte de perforación, se observaron diferencias significativas en los porcentajes de germinación para todas las especies, sin considerar los diferentes tratamientos (Figura 18). En todos los casos se observaron mayores porcentajes de germinación en C2. En el caso de *S. johnstonii* no se realizaron análisis estadísticos ya que presentó germinación nula en C1.

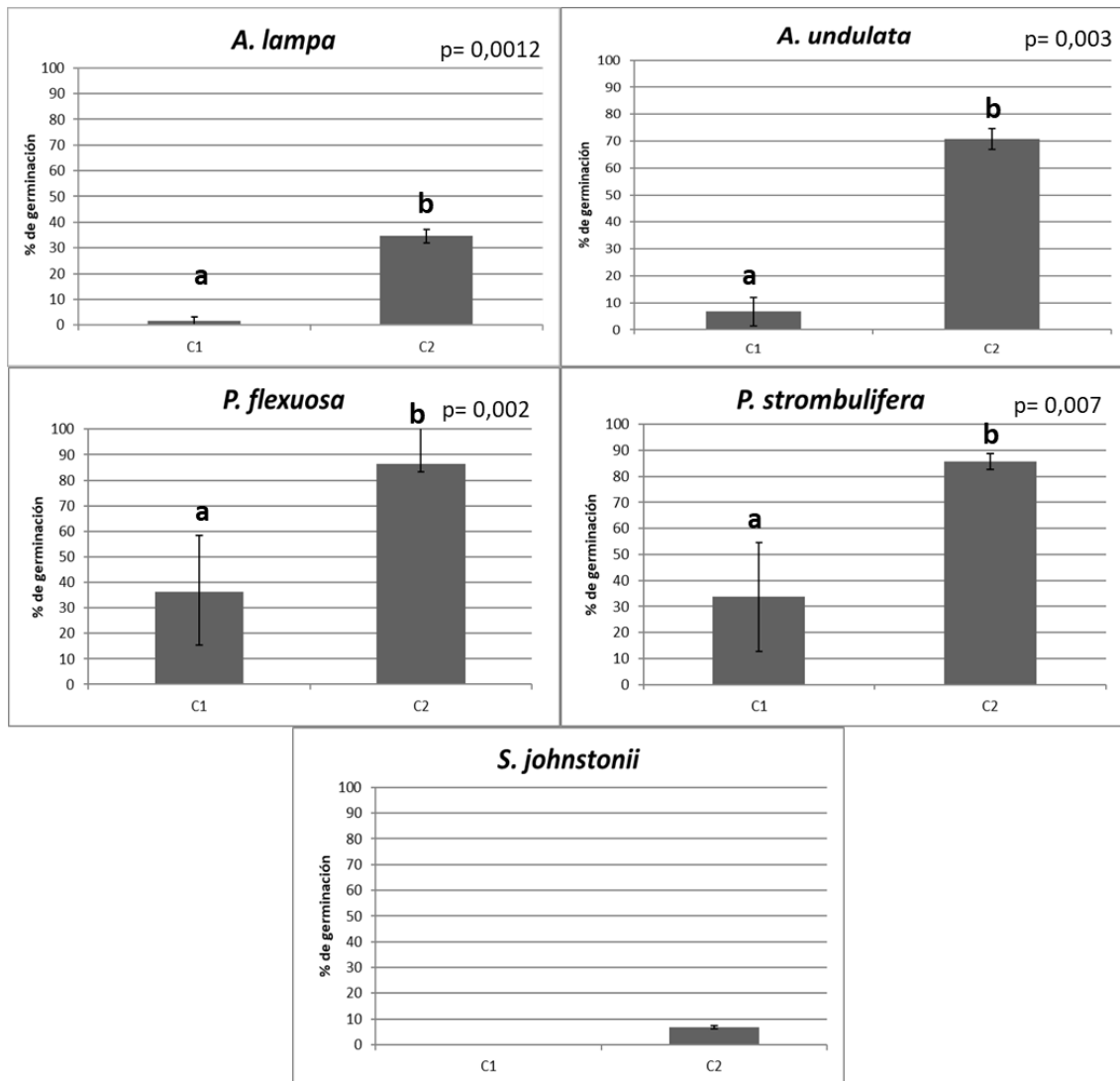


Figura 18: Porcentaje de germinación de cada especie evaluada (media y error estándar) según la procedencia (C1 y C2), sin distinción de tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Los tratamientos con C1 tuvieron un efecto significativo en el porcentaje de germinación de todas las especies. En el caso de *A. lampa* ($H = 7,38$; $p = 0,0012$), el tratamiento T0 tuvo un porcentaje de germinación del $8\% \pm 2,8$, mientras que en el resto de los tratamientos la germinación fue nula. Para *A. undulata* ($H = 15,6$; $p = 0,0003$) los mayores valores de germinación se observaron en T0 ($27,2\% \pm 6,1$) seguido de T1 ($6,4\% \pm 2,7$) mientras que, para los tratamientos restantes la germinación fue nula. En la especie *P. flexuosa* ($H = 17,40$; $p = 0,0002$) los tratamientos T0 ($92\% \pm 2,83$) y T1 ($88,8\% \pm 4,8$) tuvieron altos porcentajes de germinación a diferencia del resto de los tratamientos, cuya germinación fue nula. *Prosopis strombulifera*, presentó un comportamiento similar a *P. flexuosa* en los tratamientos aplicados, los valores de

germinación fueron para T0= 93,6% ± 2,83) y T1= 75,2% ± 18,82), diferenciándose del resto de los tratamientos, ya que la germinación en éstos fue nula. En el caso de *S. johnstonii*, no se observó germinación en ningún tratamiento. Cabe destacar que las cinco especies evaluadas no germinaron en los tratamientos T2, T3 y T4 (Figura 19).

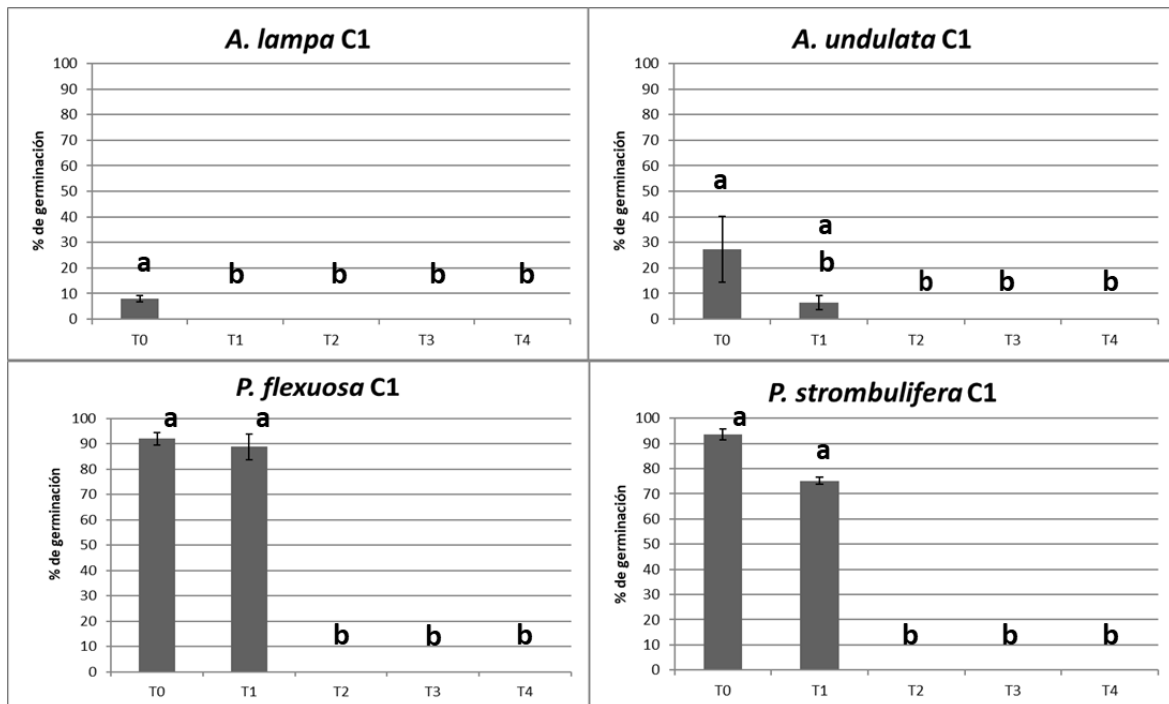


Figura 19: Porcentaje de germinación (media y error estándar) según los tratamientos aplicados con C1 (T0: 100% TS, T1: 75% TS- 25% C, T2: 50% TS- 50% C, T3: 25% TS- 75% C, T4: 100% C) por especie. Medias con una letra común no son estadísticamente diferentes $p > 0,05$.

En la segunda procedencia (C2), se observó que no hubo diferencias significativas entre los distintos tratamientos para las especies: *A. lampa* ($H = 4,25$; $p = 0,3658$), *A. undulata* ($H = 7,13$; $p = 0,1252$), *P. strombulifera* ($H = 2,15$; $p = 0,6928$) y *S. johnstonii* ($H = 2,52$; $p = 0,5993$). Sin embargo, la germinación de *P. flexuosa* presentó diferencias significativas bajo los distintos tratamientos aplicados ($H = 11,64$; $p = 0,00165$). En esta especie se observó que la germinación en T3 y T4 fue significativamente menor que en T0, mientras que no hubo diferencias en la germinación de T1 y T2 respecto al control. (Figura 20). Cabe mencionar que los porcentajes de germinación en C2, sin contemplar los tratamientos, fueron mayores que en C1 para todas las especies estudiadas. En la Figura 21 se puede observar el desarrollo de plantines de las diferentes especies en algunos de los tratamientos aplicados.

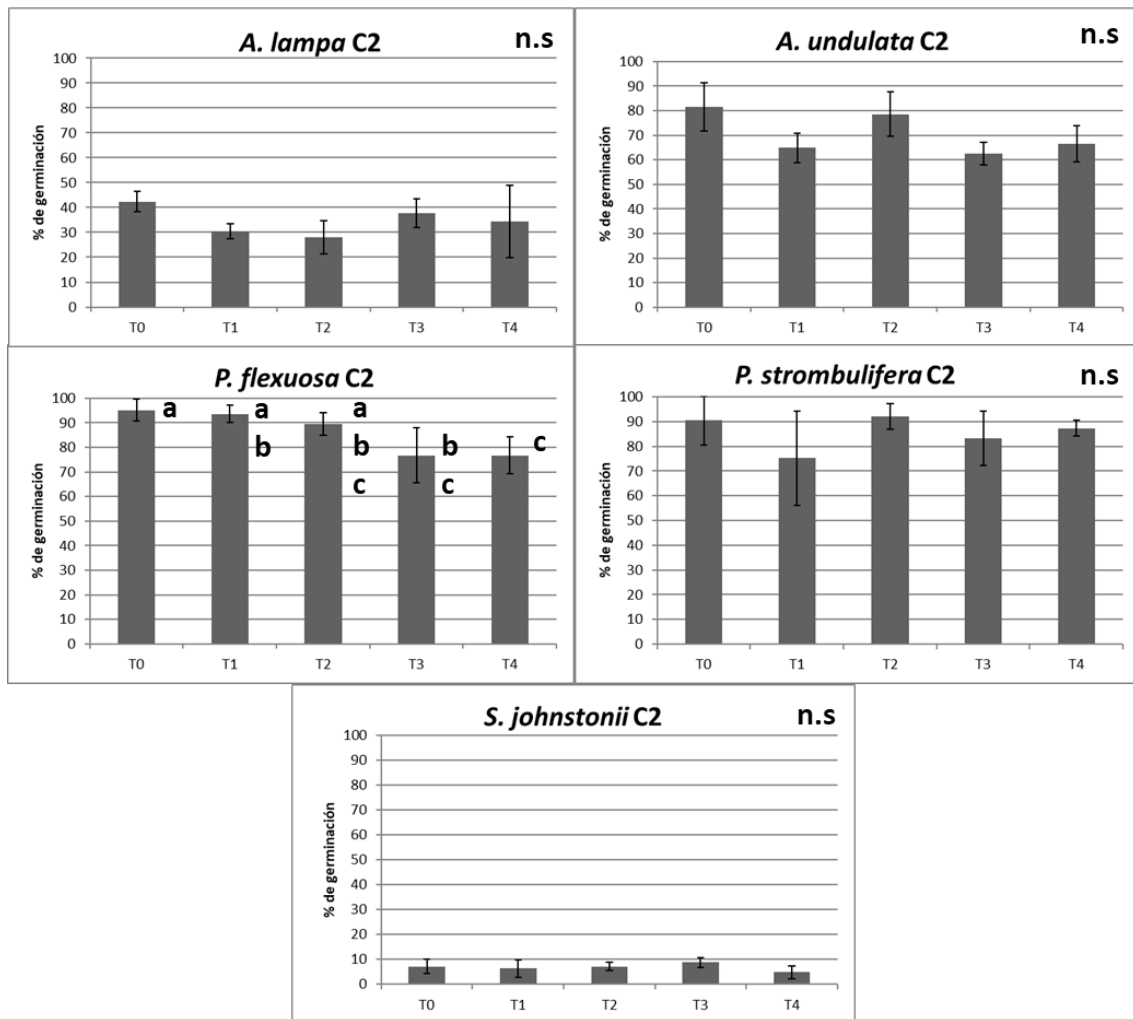


Figura 20: Porcentaje de germinación (media y error estándar) según los tratamientos aplicados con C2 (T0: 100% TS, T1: 75% TS- 25% C; T2: 50% TS- 50% C, T3: 25% TS- 75% C, T4: 100% C), para cada una de las especies evaluadas. Medias con una letra común no son estadísticamente diferentes ($p > 0,05$).



Figura 21: Fotografías del ensayo de germinación de las especies evaluadas en distintos tratamientos. a) *Atriplex lampa* en T2-C2; b) *A. undulata* en T2-C2; c) *P. flexuosa* en T1-C1; d) *P. strombulifera* en T2-C2; e) *S. johnstonii* en T1-C2.

7. DISCUSIÓN

El poder germinativo de los lotes utilizados fue medio para las especies *A. lampa* y *A. undulata* ($60\% \pm 21,2$ y $59\% \pm 4,6$ respectivamente) y alto para *P. strombulifera* ($92\% \pm 4,6$). Estos valores indican que las semillas eran viables después de seis años de almacenamiento y que la aplicación de los pre-tratamientos logra obtener porcentajes germinativos similares a los descritos por Beider (2012), Rodríguez Araujo *et al.* (2017) y otros. Asimismo, la germinación en los lotes de semillas utilizadas que habían sido caracterizados por el Banco del Árido, fue para *P. flexuosa* $96,7\% (\pm 1,3)$ y para *S. johnstonii* $0,3\% (\pm 0,3)$.

En cuanto a la germinación en sustratos, las mezclas elaboradas con C1 presentaron menor germinación respecto del control. En *A. lampa* los valores fueron significativamente menores al agregar 25% de *cutting* (T1) y en *A. undulata*, *P. flexuosa* y *P. strombulifera* al agregar 50% de *cutting* (T2). Mientras que cuando las mezclas se elaboraron con C2, solo se observó menor germinación respecto al control para la especie *P. flexuosa* con 75% de *cutting* (T3). Las diferencias observadas entre procedencias pueden estar relacionadas a diferentes características físico-químicas de las muestras, como alcalinidad, salinidad, sodicidad y contenido de hidrocarburos totales. Sin embargo, no se pueden descartar variaciones en las condiciones de cultivo o durante el tratamiento pregerminativo, ya que las diferentes procedencias no se evaluaron en simultáneo.

En cuanto a la alcalinidad, C1 fue ligeramente alcalino ($\text{pH}=7,8$) y C2 fuertemente alcalino ($\text{pH}=9,5$), con valores acordes a los descritos en suelos de la Patagonia extra andina (Pereyra & Bouza, 2019). Estos suelos suelen presentar algún grado de alcalinidad debido al déficit hídrico propio de los ecosistemas áridos y semiáridos (Jaramillo Jaramillo, 2002). Por tales motivos, la característica de alcalinidad, por sí sola, no debería ser condicionante al momento de reutilizar recortes de perforación como sustrato para sostener material vegetal.

Otro trabajo desarrollado con *cutting* procedente de Loma de La Lata con un pH de 9,8 (Gyemant, 2017), valor levemente mayor al encontrado en el presente trabajo, demostró que *P. flexuosa* germina con este sustrato mientras que *A. lampa* y *S. johnstonii* se ven afectadas. Esto pone de manifiesto la posibilidad de trabajar con sustratos alcalinos y la heterogeneidad en las características físicoquímicas de los recortes de perforación en base agua.

Otra característica de los suelos en zonas áridas y semiáridas es la salinidad (Alconada Magliano *et al.*, 2018). La muestra de *top-soil* analizada y el recorte C2 fueron no salinas y no sódicas, sin embargo, C1 fue salina sódica (RAS= 14,8). La sodicidad puede incidir tanto en la absorción de agua de las plantas como en las propiedades estructurales del suelo (Alconada Magliano *et al.*, 2018). Por lo tanto, esta característica puede ser causante de las diferencias en la germinación encontrada entre los sustratos de diferentes procedencias. Los problemas de sodicidad conducen a la acción dispersante del sodio en arcillas y la solubilización de la materia orgánica afectando directamente a las propiedades físicas del suelo (Pla Sentis, 2014 citado Alconada Magliano *et al.*, 2018). En cuanto a la vegetación, los suelos salinos tienen efectos sobre el crecimiento de las plantas, particularmente puede producir retardo en la germinación y hasta inhibición de la misma (Porta *et al.*, 1994). Otros autores indican que los efectos negativos de la salinidad, alcalinidad y sodicidad sobre los vegetales, se debe al estrés salino que genera limitaciones hídricas e iónicas, desbalances nutricionales y toxicidad (Taleisnik & Rodríguez, 2017). Sin embargo, Bohn *et al.* (1993) establece que los efectos de un exceso de sodio varían según la especie vegetal, lo que explicaría las distintas respuestas de las especies al agregado de *cutting*.

Por otro lado, C1 contenía mayores valores de hidrocarburos totales (HT= 84,2 mg/kg) que C2 (HT= < 50,0mg/kg), lo que también pudo ser el causal de la menor germinación en las mezclas elaboradas con C1. La presencia de hidrocarburos produce consecuencias negativas en la germinación, propiedades del suelo, entre otras (Adam & Duncan, 2002). Además, es un contaminante fitotóxico incluso en concentraciones relativamente bajas ya que puede generar una película de hidrocarburo alrededor de las semillas, lo que reduce el ingreso de agua y oxígeno inhibiendo su germinación (Adam & Duncan, 2002). Sin embargo, las capacidades de germinar en suelos contaminados con hidrocarburos varían entre las especies vegetales (Adam & Duncan, 1999). Estudios de fitotoxicidad de hidrocarburos realizados con especies nativas de la estepa Patagónica mostraron que la especie *A. lampa* no sobrevive al cultivo en sustrato con hidrocarburos totales de petróleo (HTP) en una concentración de 1% p/p, mientras que *Prosopis denudans* se ve afectado en el desarrollo de la parte aérea a concentraciones de 5% p/p de HTP (Pentreath & Perales, 2013). Esto podría explicar que *A. lampa* y *A. undulata* tuvieran nula o muy baja germinación con C1 mientras que *P. flexuosa* y *P. strombulifera* germinaron en alto porcentaje con el agrado de 25% de *cutting* de la misma procedencia.

En cuanto a las especies ensayadas los resultados muestran que, en el tratamiento C1, las especies del género *Prosopis* fueron las que presentaron mayor germinación y tolerancia. Sin embargo, en los resultados de los tratamientos con C2, la especie *Prosopis flexuosa* manifiesta una disminución en la germinación a mayores concentraciones de *cutting*. Las leguminosas son especies fijadoras de nitrógeno atmosférico, lo cual les permiten compensar el desbalance de C:N que se genera por los hidrocarburos en el suelo. El aporte extra de nutrientes en suelos contaminados con petróleo podría favorecer el crecimiento de dichas especies (Adam & Duncan, 2002). Además, ambas especies de *Prosopis* han sido descritas como tolerantes a condiciones estrés salino (Sosa, 2005; Villagra *et al.*, 2017) y en el caso de *P. flexuosa* también se ha documentado que tolera condiciones de sodicidad (Villagra *et al.*, 2011; Alconada Magliano, 2018). Por lo que la disminución de su germinación en C2 podría deberse a factores morfofisiológicos de las semillas, no contempladas al presente estudio. Por otro lado, las germinaciones de las especies del género *Atriplex* tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos con C1, pero no en los tratamientos con C2. Probablemente, por las condiciones desfavorables de C1 (sodicidad y mayor contenido de hidrocarburos totales). No obstante, *A. undulata* manifestó mejores resultados respecto a *A. lampa*. Si bien estas dos especies son halófitas, es decir que poseen mecanismos que le permiten adaptarse a condiciones salinas (Khan & Duke, 2001), se ha reconocido en *A. undulata* la capacidad de preservar la viabilidad de sus semillas durante la exposición a alta salinidad y alcalinidad por lo que es recomendada para la rehabilitación de suelos salinos-alcalinos (Piovan *et al.*, 2014).

Debido a la nula y baja germinación de *S. johnstonii* con C1 y C2 respectivamente, no se puede concluir respecto al efecto del *cutting* sobre su germinación. Estos resultados son similares a los reportados por Gyemant (2017). Estudios recientes en la provincia de Chubut muestran un promedio de germinación de 22,1% en semillas de *S. johnstonii* estratificadas (Beider *et al.*, 2018).

8. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de resultados realizado se puede concluir que:

- Debido a la variabilidad que pueden presentar los recortes de perforación en su composición físico-química, se recomienda que se realicen los análisis correspondientes previo a su utilización.
- Se debe considerar la trazabilidad del material para evitar posibles procesos de contaminación y/o modificaciones de las propiedades de la capa fértil.
- Las principales diferencias entre las dos muestras de *cutting* resultó ser la característica salina sódica y el mayor contenido de hidrocarburos totales de C1.
- El agregado de C1 al suelo nativo disminuye la germinación de las especies estudiadas.
- Las especies que presentaron mayores porcentajes de germinación fueron *P. strombulifera* (en C1 y C2) y *P. flexuosa* (C1), por lo que estas especies pueden ser recomendadas para su propagación en sustratos con *cutting*.
- Las dos especies del género *Atriplex* presentaron valores medios en C2, sin disminución en la germinación con el agregado de *cutting*. Sin embargo, el agregado de C1 disminuyó germinación de ambas especies. Por este motivo no se puede generalizar sobre el uso de esta especie en sustratos con *cutting*, si no que se deben contemplar las características físico-químicas del material.
- Los porcentajes de germinación de *Schinus johnstonii* fueron muy bajos y nulos, por lo que se deberían evaluar diferentes lotes de semillas o aplicando un tratamiento pregerminativo.
- En cuanto a los tratamientos se recomienda que, si el sustrato presenta condiciones salinas, salinas sódicas o presencia de hidrocarburos (en concentraciones permisibles por la legislación) puede utilizarse en porcentajes menores al 25% (T1), ya que permite ciertos valores de germinación.

La presente investigación realiza un aporte sobre el uso de dos procedencias de *cutting* para su uso en proyectos de restauración en el Monte Austral. Esta temática es de gran importancia en



la zona, ya que contribuye tanto a la gestión del *cutting*, como a la restauración de sitios degradados y afectados por procesos de desertificación. Sin embargo, es necesario realizar futuras investigaciones respecto al comportamiento de estas especies a campo en función de la capacidad de germinación y establecimiento bajo condiciones de estrés salino y presencia o no de hidrocarburos. Es recomendable evaluar otras especies que puedan tener capacidades diferentes para desarrollarse en sustratos salinos y con presencia de hidrocarburos, como así también, evaluar la utilización de facilitadores biológicos (microorganismos), o algún tratamiento químico (fertilizantes).

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, E. M.; D. Tomasini & P. Maccagno. (2003). Indicadores y puntos de referencia en América Latina y el Caribe. Desertificación. Mendoza. Argentina, 11-15 pp.
- Abraham, E. M. (2009). Enfoque y evaluación integrada de los problemas de desertificación. zonas Áridas, 13 (1).
- Abraham, E.; H. Del Valle; F. Roig; L. Torres; J. Ares; F. Coronato & R. Godagnone. (2009). Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). Journal of Arid Environments, 73: 144-153 pp.
- Adam, G. & H. Duncan. (1999). Effect of diesel fuel on growth of selected plant species. Environmental Geochemistry and Health, 21: 353-357 pp.
- Adam, G. & H. Duncan. (2002). Influence of diesel fuel on seed germination. Environment Pollut, 120: 363-370 pp.
- Alconada Magliano, M. M.; J. W. Lanfranco & A. E. Pellegrini. (2018). El suelo en el paisaje. Parte 1 Condiciones de dotación. La Plata: Edulp. Recuperado de <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/861/851/2836-1>
- Altamirano, A. L. (2011). Reintroducción de *Cercidium praecox* en áreas degradadas de monte mediante el uso de hidrogeles en diferentes épocas del año. Tesis de grado. Facultad de Ciencias del ambiente y de la Salud. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén.
- Azar, P. F. (2002). Tesis: Utilización de vegetales en las sociedades indígenas norpatagónicas. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires en Ciencias Antropológicas.
- Bainbridge, D. (2007). Restoration approaches and planning. En: A Guide for Desert and Dryland Restoration. New hope for Arid Lands. Island press. Washington, USA, 90-111 pp.
- Balanzá Chavarría, J. C. J. (2016). Elementos constitutivos de una torre de perforación. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=0jPMdJMO-y0>
- Becker, G. F.; J. C. Bustos; C. R. López & J. A. Ayesa. (2013). Experiencias de revegetación de explanadas con especies nativas, 202-212 pp. En: Pérez D. R.; A. E. Rovere. & M. E. Rodríguez Araujo (eds). Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina. Vázquez Mazzini. Argentina.
- Beider, A. (2012). Viverización de especies nativas de zonas áridas. Revista de transferencia científica Experimenta, 2: 70 pp.
- Beider, A.; G. Buono; N. Ciano; V. Nakamatsu & L. Cella Pizarro. (2018). Provincia del Chubut:

- Diagonal Árida de la Argentina. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas. *Experimentia*, 6: 73-106 pp.
- Bertiller, M. & A. Bisigato. (1997). Grazing effect on patchy dryland vegetation in Northern Patagonia. *Journal of Arid Environments*, 36: 639-653 pp.
- Bertiller, M.; A. Bisigato; A. Carrera & H. del Valle. (2004). Estructura de la vegetación y funcionamiento de los ecosistemas del Monte Chubutense. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 39 (3-4): 139-158 pp.
- Bran, D.; J. Ayesa & C. López. (2002). Áreas Ecológicas de Neuquén. INTA Comunicación Técnica Recursos Naturales, Relevamiento N° 70. Bariloche.
- Bohn, H. L.; B. L. Mc Neal & G. A. O'Connor. (1993). *Química del suelo*. México: Ed. Limusa, 370 pp.
- Brignone, N. F.; S. S. Denham & R. Pozber. (2016). Synopsis of the genus *Atriplex* (Amaranthaceae, Chenopodiaceae) for South America. *Aust Bot*, 29: 324-357 pp.
- Burkart, A. (1976). A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae Subfam. Mimosoideae). *Journal of the Arnold Arboretum*, 57: 219-249 pp.
- Cabrera, A. (1976). *Regiones Fitogeográficas Argentinas*. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Buenos Aires. Argentina.
- Calao Ruiz, J. E. (2007). *Caracterización ambiental de la industria Petrolera: Tecnologías disponibles para la prevención y mitigación de impactos ambientales*. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Colombia.
- Catalan, L.; M. Balzarini; U. Karlin; E. Taleisnik. & R. Sereno. (1994). Effects of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa*. *Forest Ecology and Management*, 63: 347-357 pp.
- Castro, M. A. (1989). *Estructura y Ultraestructura del leño secundario de especies argentinas del genero Prosopis L. (Lecuminosae)*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Charcas, H.; J. Aguirre & H. Durán. (2012). Suelos irrigados en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3: 509-523 pp.
- Clewell, A. & J. Aronson. (2007). *Ecological restoration: Principles, values, and structure of an emerging profession*. Island Press. Washington, D.C., 216 pp.
- Clewell, A. F. & J. Aronson (2013). *Ecological restoration: principles, values, and structure of an*

- emerging profession. Island Press, 303 pp.
- Cortina J.; J. Ruiz Mirazo; B. Amat; F. Amghar; S. Bautista; E. Chirino; M. Derak; D. Fuentes; F. T. Maestre; A. Valdecantos & A. Vilagrosa. (2012). Bases para la restauración ecológica de espartales. UICN. Gland, Suiza y Málaga. España. 26 pp.
- Correa, M. (1984). Dicotyledones diapetalas. En: Flora Patagónica (República Argentina). Colección Científica del INTA, 8(5).
- Dalmaso, A. D. (2010). Revegetación de áreas degradadas con especies nativas. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 45: 149-171 pp.
- Dalmaso, A. D. & E. Martinez Carretero. (2013). Revegetación de áreas degradadas. Estudio de caso en plataformas petroleras en Malargüe, Mendoza, 275-292 pp. En: Pérez D. R.; A. E. Rovere & M. E. Rodríguez Araujo (eds). Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. Vázquez Mazzini Editores, 520 pp.
- Dalmaso, A. D.; V. Parera; E. E. Martinez Carretero; C. Elmida; D. Moreno & M. E. Oneto. (2018). Provincia de Mendoza: Diagonal árida de la Argentina; Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas. Experimentia, 6: 19-71 pp.
- Del Valle, H. F. (1998). Patagonian soils: a regional synthesis. Ecología Austral, 8: 103-123 pp.
- Del Valle, H. F.; N. O. Elissalde; D. A. Gagliardini & J. Milovich. (1998). Status of desertification in the Patagonian region: Assessment and mapping from satellite imagery. Arid Soil Research and Rehabilitation, 12(2): 1-27 pp.
- Falk, D. A.; A. Margaret Palmer & J. B. Zedler. (2006). Foundations of restoration ecology. Society for Ecological Restoration International. Island Press. Washington, D.C., USA.
- Farinaccio, F. M.; A. E. Rovere & D. R. Pérez. (2011). Desarrollo de líneas de base para la rehabilitación de áreas áridas degradadas a escala de paisaje en la provincia de Neuquén. III Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes. Bariloche, Argentina.
- Farinaccio, F. M.; A. E. Rovere & D. R. Pérez. (2013). Rehabilitación con *Pappostipa speciosa* (Poaceae), en canteras abandonadas por actividad petrolera en zonas áridas de Neuquén, Argentina, Cap. 22. En: Pérez D. R.; A. E. Rovere & M. E. Rodríguez Araujo (eds). Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. Vazquez Mazzini Editores, 520 pp.
- Fenner, M & K. Thompson. (2005). The ecology of seeds. Cambridge University Press, UK.
- Ferrer, J. A.; J. M. Mendía & J. Irisarri. (1990). Estudio regional de suelos de la Provincia de Neuquén. Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires, 1(1): 543 pp.

- Fiori, S. M. & Z. M. Zalba. (2003). Potential impacts of petroleum exploration and exploitation on biodiversity in a Patagonian Nature Reserve. Argentina, 12: 1261-1270 pp.
- Foguelman, D. & A. E. Brailovsky. (2013). Memoria Verde: historia ecológica de la Galván Rico, Luis, Reyes Gil, Rosa E, Guédez Mozur, Carolina, & De Armas, Desirée. (2007). Los macroprocesos de la industria petrolera y sus consecuencias ambientales. Universidad, Ciencia y Tecnología, 11(43): 91-97 pp.
- Gandullo, R.; J. Gastiazoro; A. Bünzli & C. Coscaron Arias. (2004). Flora típica de las bardas de Neuquén y sus alrededores. Petrobras, 246 p. Galván Rico, L.; C. Guédez; R. Reyes & D. De Armas. (2007). Los macroprocesos de la industria petrolera y sus consecuencias ambientales. Revista Universidad, Ciencia y Tecnología, 11 (43): 91-97 pp.
- Gbadebo, A. M. A.; A. M. A. Taiwo & U. U. Eghale. (2010). Environmental impacts of drilling mud and cutting wastes from the Igbokoda Onshore Oil Wells, Southwestern Nigeria, Indian Journal of Science and Technology, 3(5): 504-510 pp.
- Gold, K.; P. León Lobos & M. Way. (2004). Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena, Chile. Boletín INIA, 62- 110 pp.
- González, F. M.; D. Pérez & A. Rovere. (2009). Evaluación de la facilitación ecológica para la recuperación de canteras, en zonas áridas. I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Colombia, Bogotá.
- Gratzfeld, J. (2004). Industrias extractivas en zonas áridas y semiáridas: Planificación y gestión ambiental. Reino Unido.
- Gyemant, P. D. (2017). Germinación de especies arbustivas de zonas áridas en sustratos con recortes de perforación hidrocarbúrfica. Tesis de Grado. Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue.
- Hashim, R.; M. Walid; E. Abdulah & A. Salem. (2007). Risk assessment and remediation suggestion of impacted soil by produced water associated with oil production. Environmental Monitoring Assessment, 18: 95-102 pp.
- Imeson, A. (2012). Desertification, Land Degradation and Sustainability. John Wiley & Sons. UK, 326 pp.
- Instituto Botánico Darwinion. (2009). Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina. <http://www.darwin.edu.ar>.

- Jaramillo Jaramillo, D. F. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. La reacción del Suelo". Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, 14: 363 pp.
- Khan, M. A. & N. C. Duke. (2001). Halophytes, a resource for the future. *Wetlands Ecology and Management*, 6: 455-456 pp.
- keestra, S.; P. Pereyra; A. Novara; E. C. Brevik; C. Azorin Molina; L. Parra Alcántara; A. Jordán & A. Cerdá. (2016). Effects of soil Management techniques on soil water erosion in apricot orchards. *Science of the Total Environment*, 18: 357-366 pp.
- Ley 24.051 Residuos peligrosos. Generación, manipulación, transporte y tratamiento- Normas. Sanción: 17 de diciembre 1991. Promulgación: 8 de enero 1.992. Publicación: B.O. 17/1/92. ANEXO I: Categorías sometidas a control; Corrientes de desechos.
- Ley Provincial 1.875. General del Medio Ambiente. Agua, suelos, flora y fauna, contaminación del ambiente. Sanción: 21 de diciembre de 1.990. Promulgación: 21 de diciembre de 1.990. Publicada: B.O. el 1/2/91.
- Ley Provincial 2.615. Renegociación de las Concesiones Hidrocarburíferas Condiciones Marco, destino de los fondos extraordinarios, Decreto provincial 822/08.
- Ley Provincial 2.600. Sanción: 30 de julio 2008. Promulgación: 19 de agosto de 2.008. Publicada: B.O. el 29/8/08.
- Luque, J. L. (2009). desempeño de cuatro especies vegetales para fitorremediar suelos contaminados con hidrocarburos en Patagonia. Tesis en Maestría. Manejo Ambiental. Universidad Maimónides.
- Maestre Gil, F. T. (2011). Avances reciente y retos en el estudio y evaluación de la desertificación: de la teoría a la práctica. *Cuides*, 7: 37-60 pp.
- Masini, C.; A. E. Rovere & D. R. Pérez. (2012). Requerimientos pre-germinativos de dos especies leñosas: *Anarthrophyllum capitatum* Sorarú y *Anarthrophyllum elegans* (Gillies ex Hook. & Arn.).
- Matteucci, S. D. (2012). Ecorregión Monte de Llanuras y Mesetas. En: Morello, J.; S. Matteucci & A. Rodriguez. *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. 1° Edición. Orientación Gráfica Editora, 10: 752 pp.
- Mazzoni, E. & M. Vázquez. (2010). Desertificación en la Patagonia. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Río Gallegos. Lisandro de la Torre 1070, Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.
- McDonald, T.; J. Jonson & K. M. Dixon. (2016a). National standards for the practice of ecological

- restoration in Australia. *Restoration Ecology*, 24: 6-32pp.
- McDonald, T.; G. D. Gan; J. Jonson & K. W. Dixon. (2016b). International standards for the practice of ecological restoration- including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration. Washington, D.C.
- Morello, A. (1956). Estudios Botánicos en las Regiones Áridas de la Argentina. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 2(1): 78-152 pp.
- Mulgura de Romero, M. E. (1981). Contribuciones al Estudio del Género *Atriplex* (Chenopodiaceae) en la Argentina. *Darwiniana*, 23(1): 119-150 pp.
- Muñoz, B. C.; J. A. Sánchez; L. A. Montejo; Y. González & J. Reino. (2009). Valoración germinativa de 20 accesiones de leguminosas almacenadas en condiciones desfavorables. *Pastos y Forrajes*, 32(3): 1-15 pp.
- Novara, A.; S. Keesstra; A. Cerdà; P. Pereira & L. Gristina. (2016). Understanding the role of soil erosion on CO₂-C loss using ¹³C isotopic signatures in abandoned Mediterranean agricultural land. *Science of the Total Environment*, 550: 330-336 pp.
- Noy Meir, I. (1973). Desert ecosystems: Environment and producers. *Annual review of Ecology and systematics*, 4: 25-51 pp.
- Onwukwe, S. I. & M. S. Nwakaudu. (2012). Drilling Wastes Generation and Management. *Approach International Journal of Environmental Science and Development*, 3: 252-257 pp.
- Oyarzabal, M.; J. Clavijo; L. Oakley; F. Biganzoli; P. Tognetti; I. Barberis; H. M. Maturo; R. Aragón; P. I. Campanello; D. Prado; M. Oesterheld & R. J. C. León. (2018). Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología austral*, 28(1): 040-063 pp.
- Paez, A.; C. A. Busso; O. A. Montenegro; G. D. Rodríguez & H. D. Giorgetti. (2005). Seed weight variation and its effects on germination in *Stipa* species. *ΦYTON. International Journal of Experimental Botany*, 1-14 pp.
- Paredes, D. A. (2013). Estudio de la germinación de cinco especies nativas de Monte como aporte para la rehabilitación y restauración de áreas degradadas. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén, Argentina.
- Pentreath, V.; E. González; M. Barquín; S. M. Ríos & S. Perales. (2015). Bioensayo de toxicidad aguda con plantas nativas para evaluar un derrame de petróleo. *Rev. salud ambient*, 15(1): 4-12 pp.

- Pentreath, V. & S. G. Perales. (2013). Comportamiento de *Atriplex lampa* (Cenopodiaceae) y *Prosopis denudans* (Fabaceae) en sustratos con petróleo. En: Pérez, D. R.; A. E. Rovere & M. E. Rodríguez Araujo. Restauración en la diagonal árida de la Argentina. Vázquez-Mazzini editores, 344-350 pp.
- Pereyra, F. X. & P. Bouza. (2019). Soils from the Patagonian Region. In The Soils of Argentina. Springer, Cham, 101-121 pp.
- Pérez, D. R.; F. Farinaccio; F. M. González; J. L. Lagos; A. Rovere & M. Díaz. (2009). Rehabilitation and restoration: a concrete possibility to combat desertification in arid and semi-arid ecosystems of patagonia. Conference of the parties. Convención de las Naciones Unidas sobre la Lucha contra la Desertificación. Buenos Aires.
- Pérez, D. R.; A. Rovere & F. Farinaccio. (2010). Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas Nativas en Aguada Pichana, Neuquén. Argentina. Vázquez Mazzini Editores, 80 pp.
- Piovan, M. J.; G. M. Zapperi & P. D. Pratolongo. (2014). Seed germination of *Atriplex undulata* under saline and alkaline conditions. Seed Sci Technol, 42: 286-292 pp.
- Pla Sentis, I. (2014). Advances in the prognosis of soil sodicity under dryland and irrigated conditions. International Soil and Water Conservation Research. WASWAC. China, 2(4): 50-63 pp.
- PNUMA. (2014). Convenio de Basilea. Sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, 126 pp. Disponible en: www.basel.int
- Porta, J.; M. López Acevedo & C. Roquero. (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. España: Ed. Mundi Prensa, 807pp.
- Quezada, A & D. Pérez. (2010). Establecimiento inicial de *Prosopis flexuosa* var. *Depressa* (Fabaceae) en diferentes tipos de suelo, 56-60 pp. En: Pérez, D.; A. Rovere & F. Farinaccio (eds). Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina. Vázquez Mazzini Editores, 80 pp.
- Reichmann, L. G. (2003). Cambios Florísticos y Recuperación Natural de ambientes Degradados por Prácticas Petroleras en el Monte Austral. Tesis de grado. Universidad de Buenos Aires, 54 pp.
- Reynols, J. F.; D. Mark; E. F. Stafford Smith; R. J. Lambin; M. Turner; S. Mortimore; P. J. Batterbury; T. E. Downing; H. Dowlatabadi; R. J. Fernández; J. E. Herrick; E. Huber Sannwald; H. Jiang; R. Leemans; T. Lynam; F. Maestre; M. Ayarza & B. Walker. (2007). Desertificación Global: Construyendo una Nueva Ciencia para las Zonas Secas. Science, 316: 84-851 pp.

- Richards, L. A. (1973). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México: Ed. Limusa, 172pp.
- Rodríguez Araujo, M. E.; N. M. Turuelo & D. R. Pérez. (2015). Banco de semillas de especies nativas de Monte y Payunia para restauración ecológica. *Multequina*, 24(1): 75-82 pp.
- Rodríguez Araujo, M. E.; D. R. Pérez & G. L. Bonvissuto. (2017). Seed germination of five *Prosopis* shrub species (Fabaceae-Mimosoideae) from the Monte and Patagonia phytogeographic provinces of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 147: 159-162 pp.
- Roig, F. A. (1987). Árboles y Arbustos de *Prosopis flexuosa* y *P. alpataco*. *Parodiana*, 5(1): 49-64 pp.
- Roig, F.; A. S. Roig Juñent & V. Corbalán. (2009). Biogeography of the Monte Desert. *Journal of Arid Environment*, 73: 164-172 pp.
- Rovere, A. E. (2006). Cultivo de plantas nativas patagónicas: Árboles y arbustos. Editorial Caleuche. Bariloche, Argentina, 64 pp.
- Sanabria, D.; R. S. Acuña; M. A. Oliveros & R. Barrios. (2001). Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. *Bioagro*, 13: 3 pp.
- SENER. (2015). Secretaría de Energía. Estados Unidos Mexicanos. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/8317/GLOSARIO_DE_TERMINOS_PETROLEROS_2015.pdf
- SER. (2004). Society for Ecological Restoration. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Disponible en: www.ser.org.
- Solé, R. (2007). Ecology: Scaling laws in the drier. *Nature*, 449: 151-153 pp.
- Sosa, L.; A. Llanes; H. Reinoso; M. Reginato & V. Luna. (2005). Osmotic and specific ion effects on the germination of *Prosopis strombulifera*. *Annals of Botany*, 96: 261-267 pp.
- Taleisnik, E. & D. López Launestein. (2011). Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución argentina a este tema. *Ecología Austral*, 21(1): 3-14 pp.
- Taleisnik, E. & A. A. Rodríguez. (2017). Aspectos fisiológicos de la tolerancia a la salinidad en plantas superiores. En Taleisnik, E. & R. S. Lavado. (Ed.). *Ambientes Salinos y Alcalinos de la Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Orientación Gráfica, 327-338 pp.
- Ulian, T.; A. Rovere & B. Muñoz. (2008). Taller sobre conservación de semillas para la restauración ecológica. *Ecosistemas*, 17(3): 147-148 pp.

- UNCCD. (2011). Convention to Combat Desertification. Desertification the invisible frontline https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/12112014_Invisible%20frontline_ENG.pdf (Accessed 16 March 2019)
- Vardaro, S. (2013). Recortes de perforación de la industria petrolera generados en el Oeste de Argentina: caracterización y alternativas de tratamiento. Bioprocesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.
- Varela, A. S. & V. Arana. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie Técnica: sistemas forestales integrados. Sección silvicultura en vivero, cuadernillo Núm. 3. Área Forestal-INTAEEA. Bariloche, Argentina, 10 pp.
- Vargas Ríos, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. Acta Biológica Colombiana. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Bogotá, Colombia, 16(2): 221-246 pp.
- Velasco, V. & G. Stiffredi. (2009). Guía para el reconocimiento de especies de los pastizales de sierras y mesetas occidentales de Patagonia. Bariloche: Ediciones INTA, 188 pp.
- Vilela, A. E. & A. D. Ravetta. (2005). Gum exudation in South-American species of *Prosopis L.* (Mimosaceae). Journal of Arid Environments, 60: 389-395 pp.
- Villacís, J.; C. Armas; S. Hang & F. Casanoves. (2016). Exploitation Industry as a key factor for recover y forest in the Ecuadorian Amazon.
- Villafañe, R. (1999). Calificación de los suelos por sales y dispersión por sodio y su aplicación en la evaluación de tierras. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Estado Aragua, Venezuela. Agronomía Tropical, 50(4): 645-658 pp.
- Villagra, P. E. (1997). Germination of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* seeds under saline conditions. Journal of Arid Environments. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA). Mendoza, Argentina, 507-5500 pp.
- Villagra, P. E. & J. E. Álvarez. (2010). *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). Kurtziana, 35(1): 47-61 pp.
- Villagra, P. E.; C. V. Giordano; J. A. Alvarez; J. B. Cavagnaro; A. Giuevara; C. Sartor; C. B. Passera & S. A. Greco. (2011). Ser planta en el Desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina. Ecología Austral, 21: 29-42 pp.
- Villagra, P. E.; P. A. Meglioli; F. I. Pugnaire; B. Vidal; J. Aranibar & E. Jobbágy. (2013). La regulación de la partición del agua en zonas áridas y sus consecuencias en la productividad del ecosistema y disponibilidad de agua para los habitantes. Partición del agua en zonas



áridas. Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales. CCT CONICET. Mendoza, 111-125 pp.

Villagra, P. E.; C. B. Passera; S. Greco; C. Sartor; J. N. Aranibar; P. A. Meglioli; J. A. Álvarez; L. I. Allegretti; M. E. Fernández; M. A. Cony; P. C. Kozub & C. Vega Riveros. (2017). Uso de plantas nativas en la restauración y recuperación productiva de ambientes salinos de las zonas áridas de la región del Monte. Argentina, 419-444 pp.

Willis, J. M.; M. W. Hester & G. P. Shaffer. (2005). A mesocosm evaluation of processed drill *cuttings* for wetland restoration. Coastal Plant Sciences Laboratory, Department of Biological Sciences and Pontchartrain Instit. Ecological Engineering, 25: 41-50 pp.

Zeberio, J. M. (2018). Tesis Doctoral: Estado de conservación y posibilidades de rehabilitación en ecosistemas semiáridos: el caso del Monte en el Noreste de Río Negro. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.