



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**



**FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD**

---

**TESIS DE GRADO**  
**LICENCIATURA EN SANEAMIENTO Y PROTECCION**  
**AMBIENTAL**

“Micorrización y fertilización de plantines de vivero de  
*Pappostipa speciosa* (Trin. Y Rupr.) Romasch  
destinados a proyectos de rehabilitación ecológica”

**Gentili Sabrina**

**2019**

Tesis de grado para obtener el título de Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental.  
**Título:** “Micorrización y fertilización de plantines de vivero de *Pappostipa speciosa* (Trin. Y Rupr.) Romasch destinados a proyectos de rehabilitación ecológica”.

**Tesista:** Gentili Sabrina Paola

**D.N.I.:** 35311419

**Nº de legajo:**123322

---

**Director:** Dr. Pérez Daniel Roberto

**Co-director:** Lic. Farinaccio Fernando Miguel

**Fecha de aprobación del plan de tesis:** 07/11/2016

**Fecha de finalización de la tesis:**

---

TESISTA

GENTILI SABRINA

---

DIRECTOR

PEREZ DANIEL

---

CO-DIRECTOR

FARINACCIO FERNANDO

## Agradecimientos

A todos los que me acompañaron en este largo proceso.

## Contenido

Agradecimientos.....	2
Resumen.....	4
1. Introducción .....	5
2. Objetivos.....	8
<b>2.1 Objetivo general</b> .....	8
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	8
3. Antecedentes y marco teórico .....	9
<b>3.1 Antecedentes</b> .....	9
<b>3.2 Marco teórico</b> .....	12
4. Materiales y métodos .....	15
<b>4.1 Colecta de semillas</b> .....	15
<b>4.2 Descripción de la especie</b> .....	17
<b>4.3 Colecta y almacenamiento de semillas</b> .....	18
<b>4.4 Preparación del sustrato base</b> .....	19
<b>4.5 Producción del inóculo de hongos micorrízicos arbusculares</b> .....	20
<b>4.6 Caracterización del fertilizante químico utilizado en los tratamientos</b> .....	23
<b>4.7 Diseño experimental</b> .....	24
<b>4.9 Condiciones climáticas registradas durante el ensayo</b> .....	26
<b>4.10 Evaluación de los tratamientos</b> .....	26
5. Análisis estadístico.....	29
6. Resultados .....	30
<b>6.1 Prueba de germinación</b> .....	30
<b>6.2 Supervivencia</b> .....	30
<b>6.3 Cantidad de hojas</b> .....	31
<b>6.4 Longitud de hojas</b> .....	31
<b>6.5 Biomasa</b> .....	32
7. Discusión.....	34
8. Conclusiones.....	35
9. Bibliografía.....	36

## Resumen

La calidad de las plantas de vivero destinadas a restauración ecológica ha sido reconocida como clave para la supervivencia en campo y consecuentemente la recuperación de sitios degradados. En este trabajo se evaluó el efecto de diferentes sustratos en la supervivencia y crecimiento de plantines sembrados en vivero de *Pappostipa speciosa* var. *speciosa* (Poaceae). Se aplicaron tres tratamientos: T0: control, T1: aplicación de fertilizante químico, T2: inoculación de micorrizas. El experimento se efectuó con un diseño completamente aleatorizado y en condiciones controladas de temperatura y humedad. A los cinco meses post siembra en vivero, la supervivencia de los plantines varió entre 67% (T1) y 81% (T2). En todos los parámetros evaluados no se observaron diferencias significativas entre todos los tratamientos ( $p>0.05$ ). El crecimiento en longitud varió desde  $4.5 \text{ cm} \pm 1.61$  a  $5.3 \text{ cm} \pm 1.46$ ; la cantidad de hojas entre  $6 \pm 4.66$  y  $7 \pm 5.53$ . En cuanto a biomasa aérea y radicular, en la aérea los valores menores y mayores hallados fueron  $0,32 \text{ gr} \pm 0,22$  y  $0,42 \text{ gr} \pm 0,23$  y en la radicular  $0,50 \pm \text{gr} 0,26$  y  $0,61 \text{ gr} \pm 0,41$ . Los resultados obtenidos en este estudio aportan valioso conocimiento para producción de *P.speciosa*, especie de reconocido valor para la rehabilitación y restauración ecológica de zonas áridas.

Palabras claves: calidad del plantín, desertificación, micorrizas, sustratos.

## 1. Introducción

Las tierras secas incluyen todas las regiones donde el clima es hiperárido, árido, semiárido y subhúmedo con períodos secos (UNCCD, 1994; PNUMA, 1995; Huang et al. 2016). Abarcan el 41% de la superficie mundial (Abraham et al. 2011), y en América Latina y el Caribe el 35% (Verbist et al. 2010). En Argentina, la extensión de territorio que ocupan es del 75% (Abraham et al. 2011). Estos ambientes se caracterizan por tener escasez de agua durante todo el año, alta variabilidad interanual de las precipitaciones y la ocurrencia de sequías (Noy-Meir, 1973; Martínez Carretero, 2013). Tales características agravan los cambios que se producen en el suelo y la vegetación ante el efecto de disturbios, lo que conduce a la desertificación (Ezcurra, 2006). La UNCCD (1994), define desertificación como la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas resultantes de varios factores, como aspectos ecológicos, variaciones climáticas y actividades humanas. Las causas de este problema ambiental son muy variadas como las prácticas agrícolas inadecuadas, el sobrepastoreo, la pérdida de la biodiversidad, los procesos de urbanización, la expansión de la frontera agropecuaria, el mal manejo del recurso hídrico; quienes favorecen el anegamiento y la salinización de los suelos (Bainbridge, 2007; Abraham, 2008).

En la región patagónica, la desertificación afecta al 80% del territorio, en distintos niveles de degradación que van desde leve a muy grave (Abraham et al. 2011). El sobrepastoreo y la explotación hidrocarburífera son las dos principales actividades causantes de degradación en esta región (Lini, 2008; Gaitán et al. 2009; Mazzoni y Vazquez, 2010). Si bien los disturbios producidos por estas prácticas son diferentes, ambas inciden directamente sobre la destrucción del manto vegetativo y edáfico, lo cual incrementa la incidencia de la erosión hídrica y eólica generando principalmente un aumento de la sedimentación, pérdida del manto fértil de suelo, cárcavas, fragmentación, y pérdida de la biodiversidad de biota y microbiota (Abraham et al. 2011).

Para hacerle frente a esta problemática a nivel mundial, regional y local se han planteado diversas alternativas que han recurrido a estrategias de manejo (López et al. 2013; Bestelmeyer et al. 2015) o a intervenciones de restauración ecológica (Yirdaw et al. 2017; Pérez et al. 2019). La restauración y rehabilitación ecológica han sido incluidas en varias iniciativas globales para la recuperación de paisajes degradados, y constituyen una importante herramienta para revertir la desertificación (Whitford, 2002; Bainbridge, 2007; Manso y Paredes, 2008).

Dentro del estrato herbáceo afectado por degradación en la Patagonia Argentina, los pastizales de "Coirón" (nombre vulgar dado principalmente a especies gramíneas de género *Pappostipa*, y *Poa*) han sido los más afectados durante años de sobrepastoreo de variada intensidad, originados en técnicas de manejo inadecuadas descriptos hace más de 65 años (Soriano, 1956).

*Pappostipa speciosa* en particular es una gramínea perenne dominante en los áridos pastizales patagónicos de Argentina. Esta especie está expuesta a períodos de escasez de agua durante la primavera-verano, muestra adaptaciones xeromorfas y es menos preferida por los herbívoros que otras gramíneas como *Poa ligularis* (Cenzano et al. 2013). Estos rasgos constituyen a la especie como adecuada para rehabilitación ecológica de ambientes áridos degradados en donde la presión de herbivoría puede ser un factor que afecte severamente el proceso de reintroducción de especies. Para reintroducir gramíneas se han propuesto, la siembra directa de semillas y el uso de plantines nativos viverizados (Nittmann, 2009; Dalmasso, 2010; Farinaccio et al. 2013; Salomone, 2013; Becker et al. 2013; Pérez et al. 2014; Dalmasso et al. 2015; Salomone y Ciano, 2015; González y Pérez, 2017). La mayoría de estos trabajos se han enfocado en evaluar los parámetros que afectan la supervivencia de las especies en campo, y no en los aspectos relacionados a calidad del plantín en vivero.

La aplicación de innovaciones en las técnicas de cultivo en vivero ha supuesto una sustancial mejora de los resultados en condiciones de campo (Vilagrosa et al. 2008; Chirino et al. 2009; Dumroese et al. 2009; Beider, 2012). De ahí que se ha puesto de manifiesto la necesidad de investigar en las técnicas de cultivo y tratamientos de vivero para mejorar la producción de los plantines, lo cual incrementaría los resultados de supervivencia y desarrollo en campo. Es por ello que es clave el desarrollo de investigaciones que indaguen las posibilidades de lograr la mayor calidad posible de las plantas nativas producidas en viveros (Villar, 2003; Alvarez y Pérez, 2018).

Dumroese et al. (2009), proponen el concepto de "planta nativa target" para la producción de plantines en vivero, para lo cual proponen considerar métodos de propagación, procedencia genética, factores limitantes de supervivencia y crecimiento, época de plantación y evaluación de las mejores técnicas y herramientas de plantación. Otros autores como Cortina et al. (2011), han señalado la importancia que tiene la identificación de las características morfo-funcionales óptimas en los plantines y las alternativas para conseguirlas. Una de las claves para lograr un plantín de calidad es formular un sustrato que favorezca un óptimo desarrollo radicular y aéreo, y consecuentemente mejorar la capacidad de establecimiento de los ejemplares que se trasladen al

campo (Villar, 2003; Cortina et al. 2004). La inclusión en el sustrato de hongos formadores de micorrizas (HMA) es una posibilidad que ha sido considerada de interés, ya que estos hongos son uno de los componentes principales de las comunidades microbianas rizosféricas con relaciones de simbiosis con alrededor del 90% de las plantas vasculares (Ulloa et al. 2016). Son importantes principalmente para lograr una mayor absorción de nutrientes, niveles mayores en la producción de hormonas y clorofila, incremento en la vida útil de las raíces, tolerancia al estrés (abiótico y biótico), mejora de las condiciones del suelo y el establecimiento de relaciones sinérgicas con otros microorganismos (Mohammadi et al. 2011). Estos motivos han generado gran interés en el estudio de técnicas para aislar y evaluar el rendimiento de estos organismos con el fin de aplicarlos al suelo como biofertilizantes, ya que constituyen una alternativa para la solución de problemas de propagación, aclimatación y nutrición, al mismo tiempo que pueden reducir los costos de producción y permitir sistemas más eficientes y sostenibles de agricultura (Arizaleta et al. 2008; Osorio et al. 2008; Cruz et al. 2014). Se puede optar por especies de HMA nativas o comerciales; composición y tipo de inóculo con esporas aisladas o raicillas colonizadas por HMA, o uso de suelo con esporas, entre otras alternativas (Vargas, 2011). La inoculación de micorrizas arbusculares nativas puede considerarse una estrategia preferencial para garantizar el restablecimiento exitoso de especies vegetales nativas en un suelo degradados (Caravaca et al. 2003).

Por lo antes descrito, en este trabajo se planteó evaluar el efecto de sustratos alternativos que incluyen fertilizantes inorgánicos o inoculación de micorrizas nativas en plantines de *Pappostipa speciosa*, especie gramínea típica de tierras secas de la Patagonia.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Evaluar la calidad de plantines de vivero de *Pappostipa speciosa* (Coirón) destinados a rehabilitación y restauración ecológica, en sustratos enriquecidos con micorrizas nativas y fertilizante inorgánico.

### 2.2 Objetivos específicos

- Obtener inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares, provenientes de la rizósfera de *P.speciosa*.
- Producir plantines de *Medicago sativa* L. (Alfalfa), para obtener micorrizas.
- Determinar supervivencia y parámetros morfológicos (longitud de las hojas más largas, número de hojas verdes) de los plantines de *P. speciosa*, para cada tratamiento.
- Determinar la biomasa aérea y radicular de los plantines de vivero de *P. speciosa*, por tipo de tratamiento.

## 3. Antecedentes y marco teórico

### 3.1 Antecedentes

A continuación se describen los trabajos más relevantes sobre la temática planteada en la presente tesis.

#### ***Uso de especies gramíneas en restauración y rehabilitación ecológica***

- Las Poáceas perennes: una alternativa para la rehabilitación y la restauración de pastos degradados en el Túnez presahariano (Mnifet et al. 2005). En este trabajo se ensayó con dos especies gramíneas forrajeras de la familia de las Poáceas, una de ellas de género *Pappostipa*, con comportamientos diferentes. Se demostró que el uso combinado de semillas de dos especies con distintas estrategias de aprovechamiento hídrico fueron claves para la rehabilitación de pastizales con condiciones de suelo desfavorables, y bajo o nulo aporte de semillas del banco natural.
- Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos (Quiroga et al. 2009). Se realizaron ensayos de rehabilitación con distintas técnicas destinadas a incrementar la densidad de gramíneas forrajeras en un pastizal sobrepastoreado, en la región árida del Chaco Argentino. Se aplicaron ocho tratamientos en los cuales las técnicas principales utilizadas fueron pocedados, siembra directa con semillas de *Pappophorum philippianum* y mantillo. Luego de tres años de experimento los resultados fueron dispares año a año, sin embargo se sugirió que, además de las condiciones climáticas adversas, la falta de semillas en el banco del suelo restringió la recuperación de los pastizales sobrepastoreados en el Chaco árido, por lo que *P. philippianum* sería una especie promisoría a utilizar con fines de rehabilitación.
- Rehabilitación con *Pappostipa speciosa* (Poaceae), en canteras abandonadas por actividad petrolera en zonas áridas de Neuquén, Argentina (Farinaccio et al. 2013). Se evaluó la revegetación con *P. speciosa* en una cantera abandonada, comparando la sobrevivencia de los plantines en distintos sectores de la misma. Se plantaron ejemplares producidos por división de matas obtenidos de zonas aledañas no degradadas. No se encontraron diferencias significativas entre planicies y taludes pero si entre diferentes sectores del talud.

Se propuso entonces un seguimiento a largo plazo de la sobrevivencia de la especie apuntando al éxito o no de una reintroducción en función de la heterogeneidad del sitio.

### ***Aplicación de sustratos enriquecidos con hongos micorrízicos arbusculares y fertilizantes en proyectos de restauración y rehabilitación ecológica***

- Micorrizas vesículo arbusculares y su incidencia en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (Pereyra et al. 2001). Se utilizaron dos especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA); uno nativo y el otro proveniente de un centro experimental, con el fin de observar su influencia en el crecimiento de plantines de vivero, de una especie arbórea de importancia en la revegetación de zonas áridas y semiáridas de Chile. El experimento contó con tres tratamientos en los cuales se utilizaron distintas combinaciones de sustrato de base: turba, vermiculita y perlita, en proporción 4:2:1, más la inoculación de las dos especies de HMA. En función a los resultados obtenidos, a los cuatro meses de experiencia, se concluyó que la inoculación con HMA en especies arbóreas en la etapa de viverización tuvo efectos positivos sobre el crecimiento y desarrollo de los plantines.
- Establecimiento de plantas mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado (Monroy-Ata et al. 2007). Este trabajo se llevó a cabo en una región semiárida de México, dominada por vegetación de matorral xerófilo. Se evaluó en campo durante un año la supervivencia de dos especies nativas leguminosas previamente inoculadas con HMA. Los plantines fueron inoculados en vivero y cultivados durante nueve meses y luego se trasplantaron a campo bajo la cobertura de una planta nodriza. Los resultados demostraron que, previo al transplante, los HMA habían colonizado más del 50% en ambas especies y también se incrementaron los resultados de supervivencia en campo en las dos especies. En función a ello, se concluyó que la inoculación de HMA en especies leguminosas, es una técnica válida para ser incluida en restauración ecológica en sitios semiáridos degradados.
- Restauración de la cubierta vegetal de ecosistemas degradados en condiciones Mediterráneas (Vilagrosa et al. 2008). Se estudiaron distintas técnicas de viverización aplicadas a mejorar las características morfo-funcionales de especies arbóreas y arbustivas de zonas semiáridas utilizadas en proyectos de restauración ecológica. La fertilización se

mencionó como una estrategia importante para lograr plantines que puedan resistir condiciones de estrés, otorgándoles una buena capacidad fotosintética y reservas nutricionales que les permitan iniciar el crecimiento en campo vigorosamente. Sin embargo se recalca la importancia de investigar el uso de fertilización en función a las dosis más adecuadas según la morfología de las especie a utilizar y la influencia de estos aspectos en los resultados de campo.

- El rol de los microorganismos en la recuperación de áreas degradadas: avances de su investigación en zonas áridas de Patagonia, Argentina (Álvarez et al. 2013). Este estudio evidencia la presencia de esporas de HMA en la rizósfera de plantines de *Senna arnottiana* preparados para ensayos de restauración de zonas áridas y semiáridas de Patagonia. Los resultados demostraron que la reintroducción de plantines nativos de esta especie inoculada con HMA nativos aumentaría la supervivencia en campo (establecimiento y crecimiento) y mejoraría la microbiodiversidad que se pierde en suelos degradados.
- Experiencias de inoculación con micorrizas arbusculares nativas sobre el crecimiento y sobrevivencia de algunas especies arbóreas del bosque seco tropical y matorral xerófito (Cáceres et al. 2014). Se investigó el efecto de la inoculación de HMA nativos extraídos de la rizósfera de ambientes con diferentes estadios sucesionales y del ecosistema de referencia, sobre el crecimiento y sobrevivencia en plantines de dos especies nativas en condiciones de vivero y campo. Los resultados demostraron que ambas especies lograron efectos significativos en sus parámetros de crecimiento en aquellos tratamientos que contenían inóculos provenientes del matorral y de distintos estadios sucesionales. Asimismo, el grado de influencia del tratamiento se atribuye a las distintas compatibilidades funcionales de cada combinación especie-hongo.
- Sources of inocula influence mycorrhizal colonization of plants in restoration projects: a meta-analysis (Maltz y Treseder, 2015). Se realizó un meta análisis cuyo objetivo principal fue conocer si la inoculación con micorrizas podría mejorar el crecimiento de las plantas en una variedad de ecosistemas. Diferentes autores afirmaron los beneficios del uso de esta técnica en tierras secas; Piñeiro et al. (2013) compararon la efectividad de varias técnicas de restauración llegando a la conclusión que la inoculación con hongos micorrízicos fue generalmente mejor que refugios de árboles, enmiendas orgánicas e hidrogeles para mejorar el crecimiento y la supervivencia de las plántulas. Del mismo modo, Barea et al. (2011) revisaron el uso de la inoculación de micorrizas en proyectos de revegetación en

tierras semiáridas degradadas en el sudeste de España, encontrando que la inoculación mejoró el desarrollo de la planta y la calidad del suelo. Estos últimos autores, también, compararon inóculo nativo de ecosistemas de referencia versus inóculo comercial exótico y encontraron que, en ambientes secos, los hongos micorrízicos autóctonos adaptados a la sequía mejoraron el rendimiento de la planta más que los hongos micorrízicos no nativos.

- Producción de plantines de calidad de *Larrea divaricata* cav. para proyectos de restauración ecológica (Peano, 2016). El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la influencia de distintos sustratos sobre parámetros de calidad morfológica (altura, diámetro de tallo, biomasa y área foliar) de ejemplares de *Larrea divaricata*. Se aplicaron cuatro tratamientos: con inóculo de micorrizas, fertilizante químico, biofertilizante y un control. Se determinó la emergencia y supervivencia de los ejemplares producidos en vivero durante cinco meses. El tratamiento con inóculo de micorrizas resultó ser el más efectivo en todos los parámetros estudiados.

### 3.2 Marco teórico

En el presente trabajo se adopta el concepto de ambiente propuesto por Brailovsky y Foguelman (1991), quienes lo definen como la consecuencia de interacciones entre sistemas ecológicos y socioeconómicos, capaces de provocar efectos sobre los seres vivos y las actividades humanas. Asimismo, lo ambiental hace referencia a una conexión dinámica entre la sociedad y el ecosistema natural, donde interactúan elementos físicos, biológicos y humanos; como también procesos naturales, sociales y culturales. Esta relación dinámica sociedad-naturaleza ha ido cambiando a lo largo de los años y ha conducido a grandes problemas ambientales. Teniendo en cuenta estos aspectos, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Eco '92), consideró a la desertificación como uno de los mayores retos para el desarrollo sustentable junto al cambio climático y la pérdida de biodiversidad. La desertificación es la degradación de las tierras secas resultante de diversos factores, como las variaciones climáticas y las actividades humanas (UNCCD, 1994); principalmente esta última, ya que estas regiones son sumamente vulnerables a la sobreexplotación y el uso inadecuado de los recursos (Abraham, 2008). La degradación de las tierras secas es una consecuencia de la pérdida de resiliencia del ambiente ocasionada por la deforestación, el pastoreo excesivo, las prácticas de riego inadecuadas, la pobreza y la inestabilidad política (Morales, 2005). Este fenómeno tiene importantes consecuencias desde el punto de vista biofísico,

como la degradación del suelo y pérdida de la cubierta vegetal, que desencadenan otras pérdidas dentro del ecosistema deteriorando su funcionamiento y estructura. Desde el punto de vista socioeconómico se genera la pérdida de suelo fértil y de la capacidad de producción animal, pobreza, movimientos migratorios, y modificaciones en las actividades económicas; visibles a distintas escalas espacio-temporales (Reynolds et al. 2005). La evaluación simultánea de las causas y consecuencias biofísicas y socioeconómicas de la desertificación ha sido reconocida como uno de los principales retos en la investigación sobre la desertificación (Reynolds, 2001). En función a ello, Reynolds y Stafford Smith (2002), propusieron el Paradigma de la Desertificación de Dahlem, entendido como un nuevo marco conceptual que tiene dos características principales: (I) pretende englobar las distintas interrelaciones dentro de los sistemas biofísicos y ambientales que originan la desertificación utilizando un único marco conceptual sintético y (II) puede ser evaluado empíricamente, lo que asegura que sea un marco conceptual dinámico, que puede ser revisado y mejorado. En cambio, Safriel y Adeel (2008), en su análisis de lo que denominan el paradigma clásico de la desertificación, sintetizan la visión tradicional de la misma como un proceso que ocurre a partir de la presión antrópica que reduce la productividad de la tierra, y que consecuentemente lleva a la reducción de los ingresos, la mal nutrición, mala calidad de salud, hambre y aumento en las tasas de mortalidad. De esta forma, para estos autores el paradigma tradicional de la desertificación se basa en un pensamiento simplista y mecanicista de las respuestas humanas a los ambientes de las tierras secas y a los procesos de desertificación. Afirman que es importante tener en cuenta que el paradigma tiene su raíz en las ciencias del suelo, la agronomía y, en menor medida la ciencia forestal, y está fuertemente influenciado por el pensamiento malthusiano sobre la población y el medio ambiente.

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

La SERI (2004), define la restauración ecológica como “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido”. En otras palabras, es el esfuerzo práctico por recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas históricos o nativos de una región. La rehabilitación

ecológica implica cualquier acto de mejoramiento desde un estado degradado, sin tener como objetivo final producir el ecosistema original (Bradshaw, 1993). Se focaliza en acciones que buscan rápidamente reparar funciones de los ecosistemas dañados, sobre todo la productividad, sin recuperar completamente su estructura como sí lo plantea la restauración ecológica (Aronson et al. 1993; Walker y Moral, 2015). Por último, la revegetación es un término utilizado para describir el proceso por el cual las plantas colonizan un área de la cual ha sido removida su cobertura vegetal original por efecto de un disturbio (SERI, 2004). Podría significar el establecimiento de sólo una o unas pocas especies sin metas planificadas para el restablecimiento de la biodiversidad y productividad del ecosistema (Vargas, 2011).

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

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

al. 2017). En este contexto, estos autores desarrollaron modelos de sistemas cuantitativos para acelerar la comprensión y el desarrollo de soluciones de gestión prácticas para desafíos de restauración específicos (Yirdaw et al. 2017). Estos modelos comprenden componentes jerárquicos basados en la tasa de crecimiento poblacional de especies, los procesos ecológicos clave que influyen en los estados de transición demográficos (como por ejemplo banco de semillas y semillas germinadas), y las herramientas de gestión y estrategias que pueden alterar y mitigar procesos y condiciones ecológicas específicas que influyan en las probabilidades de transición entre las etapas demográficas.

## 4. Materiales y métodos

### 4.1 *Colecta de semillas*

El área donde se recolectó el material de estudio se ubica en el Área Natural Protegida Parque Universitario Provincia del Monte, Universidad Nacional del Comahue, Provincia de Neuquén (Figuras 1A, 1B, 2A y 2B). Este sitio se encuentra presente dentro de la Provincia Fitogeográfica del Monte (Cabrera, 1976), en su región austral, denominada Monte Austral (Busso y Fernandez, 2017). Se caracteriza por la presencia de vegetación adaptada a vivir en condiciones de aridez con distintos grados de xerofitismo (León et al. 1998; Villagra et al. 2011), de distribución irregular en forma de parches, y de alternada cobertura vegetal principalmente arbustiva (Busso y Bonvissuto, 2009). La fisionomía es bastante homogénea, compuesta por matorrales de no más de 2 m de altura, escasa cobertura herbácea y pastos con pulsos de crecimiento acoplados a las precipitaciones (Villagra et al. 2011). También se observan ambientes halomórficos dentro de la estructura vegetal, más bajos y con una menor cobertura que los xerofitos (Soriano, 1956; Roig et al. 2009).

El Monte Austral posee un clima semiárido a árido, con temperaturas medias anuales oscilan entre los 10 y 14° C (Cabrera, 1976; Morello et al. 2012). Predominan los vientos del sector oeste-sudoeste, de intensidad moderada a fuerte, y con predominancia de ocurrencia en época estival (Jobbágy et al. 1995; Martínez Carretero, 2004).

Prevalecen los suelos de los órdenes Aridisoles y Entisoles. Los primeros son característicos de climas áridos, presentan escasa materia orgánica, se encuentran asociados a vegetación de tipo

xerofítica, y por su composición y textura limitan la disponibilidad de agua hacia las plantas. Los Entisoles son suelos poco desarrollados o jóvenes, también pobres en materia orgánica y con poca capacidad de retención de humedad; dentro de éstos además se encuentran tipos de suelos salinos, secos y alcalinos; y se asocian a comunidades de vegetación xerófila o halófila (Morello et al. 2012).

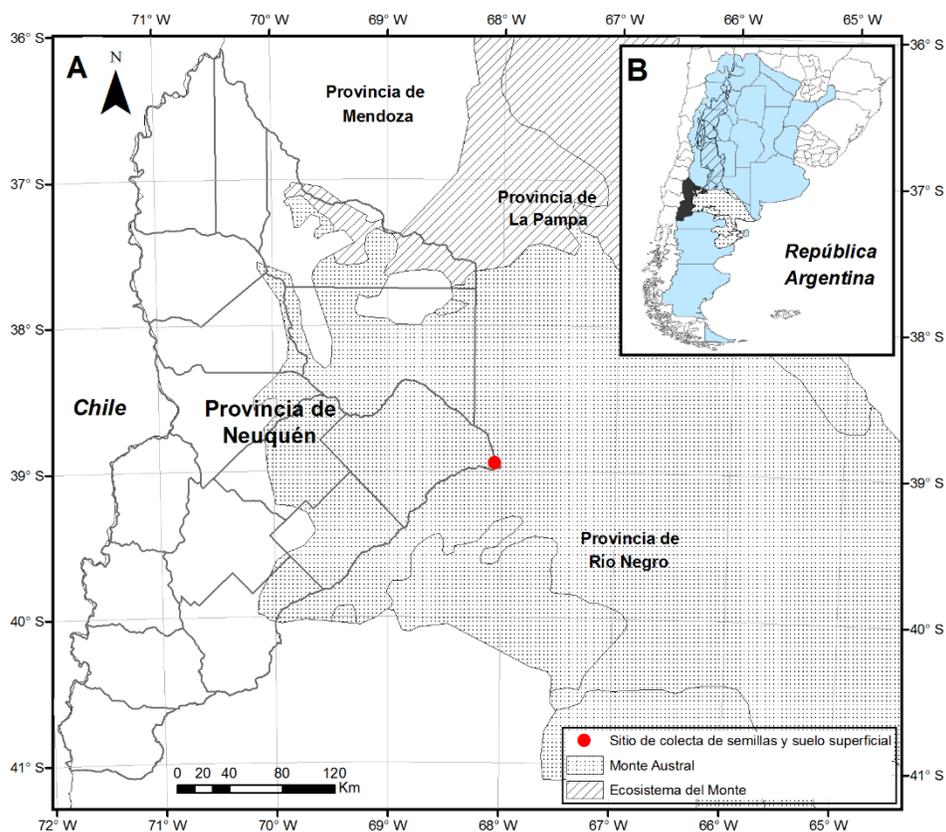


Figura 1(A): Mapa general del área de estudio y su referencia dentro del ecosistema del Monte Austral. (B): Distribución del ecosistema del Monte, y en particular del Monte Austral en Argentina.

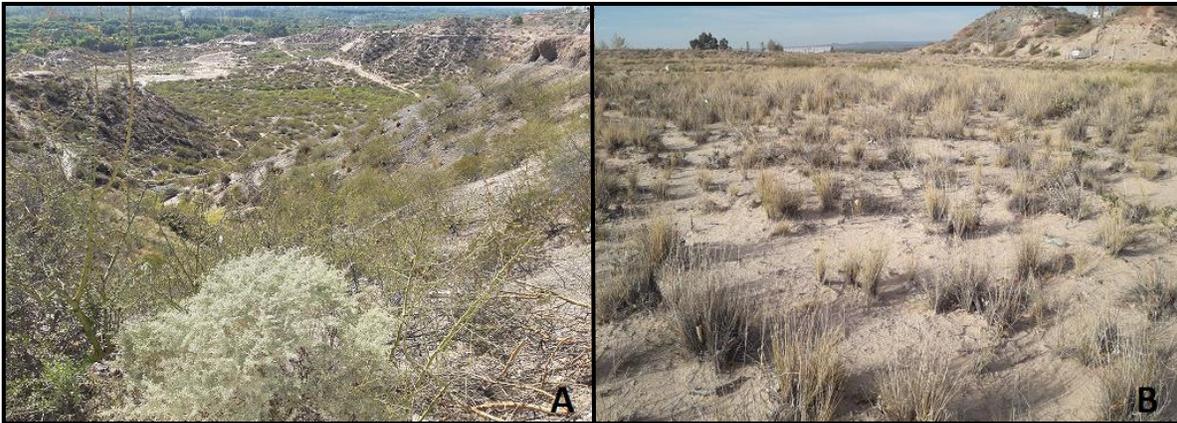


Figura 2 (A) y (B): Detalle de los sitios seleccionados para la recolección del material de estudio, semillas de *P. speciosa* y suelo superficial, en Área Natural Protegida Parque Universitario Provincia del Monte, Provincia de Neuquén.

#### 4.2 Descripción de la especie

*Pappostipa speciosa* (Trin. y Rupr.) Romasch. (Poaceae), coirón (Figura 3). Es una hierba perenne que se distribuye en varias provincias de Argentina, principalmente en regiones áridas y semiáridas, y en un rango altitudinal bastante amplio, entre los 400 y 3800 m s.n.m (Zuloaga et al. 2008). Es una planta hemicriptófitas<sup>1</sup>, cespitosa<sup>2</sup> de 30-60 cm de altura (Gandullo, 2004); habita suelos poco profundos y de texturas medias, en relieves planos y convexos de lomas y mesetas (Velasco y Siffredi, 2009). Al igual que otras gramíneas es una especie que puede reproducirse a través de la siembra de semillas (Raffaele y Sschlichter, 2001; Dalmaso et al. 2002; Dalmaso, 2010) y por división agámica o asexual por la técnica de división de matas de individuos adultos (Apcarian et al. 2002; Fioretti et al. 2009).

<sup>1</sup> Hemicriptófitas: es la denominación que se da a cualquier forma vegetal perenne en que muere anualmente la parte aérea y sus yemas invernantes (de estación seca o desfavorable), quedando al nivel del suelo.

<sup>2</sup> Cespitosa: crecimiento en forma de matas espesas.



Figura 3: Individuos de *Pappostipa speciosa* presentes en un sector de pendiente, en el Parque Universitario Provincia del Monte, Neuquén, Argentina.

#### 4.3 Colecta y almacenamiento de semillas

En el mes de enero del año 2014 se colectaron semillas de *P. speciosa*, para lo cual se siguieron los protocolos de colecta más utilizados en proyectos de restauración ecológica (Gold et al. 2004; Ulian et al. 2008). Los mismos establecen pautas establecidas para asegurar la variabilidad genética de la población, como por ejemplo, la colecta de germoplasma del ecotipo local de al menos 30 individuos vigorosos y sanos, y un 20% de las semillas maduras viables por ejemplar. Una vez colectadas las semillas se limpiaron manualmente, se clasificaron y conservaron en un freezer a  $-18^{\circ}\text{C}$  durante 15 días, en las instalaciones del Banco de Germoplasma del Árido, Laboratorio de Rehabilitación y Restauración de Ecosistemas Áridos y Semiáridos (LARREA), Facultad de Ciencias del Ambiente (FACIAS) y la Salud, Universidad Nacional del Comahue (UNCo).

Del lote total de las semillas colectadas, se extrajo una muestra aleatoria de 90 semillas, para las que se efectuó una prueba de germinación que permitió el cálculo: semillas totales /semillas germinadas. Para las pruebas de germinación se prepararon tres cajas de Petri con una base de papel de filtro, se colocaron 30 semillas en cada una de ellas; y por último se hidrataron y se agregó fungicida. La hidratación se repitió cada vez que las semillas mostraron signos de falta de humedad. Las muestras de semillas se conservaron en cámara de germinación, marca Servicios Mecatrónicos, modelo CG420, con temperatura a  $24^{\circ}\text{C}$ , y fotoperíodo de 12 horas de luz. El control y conteo de la germinación se realizó cada dos días, y finalizó a los ocho días.

#### 4.4 Preparación del sustrato base

Se utilizó un sustrato de base conformado por una mezcla de suelo comercial de textura arenosa), perlita, vermiculita y compost, en proporción 3:1:1:2 respectivamente. Se preparó una muestra de este material para su posterior análisis fisicoquímico en el Laboratorio de Servicios Analíticos de Suelos, Plantas y Ambiente- CONICET - Universidad Nacional del Sur (Tabla 1). Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron: materia orgánica (a través del método por oxidación de la muestra), pH a través del procedimiento de relación suelo-agua 1:2.5 (Peech, 1965), nitrógeno total por la metodología de Kjeldahl (Bremmer y Sulvaney, 1982), el fósforo disponible y el potasio intercambiable por el método de Bray-Kurtz (Bray, y Kurtz (1945), salinidad expresada por conductimetría aplicada en pasta de saturación (Richards, 1977), y la sodicidad, por fotometría de llama (Page et al. 1982), contenido de calcio, y magnesio método en base volumétrica de pasta saturada (Salinity Laboratory Staff, 1954) y textura, expresada en porcentaje de arena, limo y arcilla (método Bouyoucos, 1962).

Parámetro	Unidad	Valor obtenido
Materia orgánica	%	3.46
pH		8.3
Nitrógeno total	%	8.3
Fósforo disponible	Ppm	99.3
Potasio disponible	Ppm	26.8
Conductividad eléctrica	dS/m	1.31
Contenido de sodio	me/L	4.75
Contenido de calcio	me/L	5.26
Contenido de magnesio	me/L	3.01
PSI	%	2.1
Arena	%	79
Limo	%	13.8
Arcilla	%	7.2

Tabla 1: Resultados de análisis físico químicos de la muestra de sustrato base. Referencias: MO (%): Porcentaje de materia orgánica. pH: Potencial de hidrógeno. Nt (%): Porcentaje de nitrógeno total. K disponibilidad (ppm): Potasio disponible en partes por millón. CE (dS/m): conductividad eléctrica en decisiemens por metro. Na: Sodio en me/L. Ca: Calcio en me/L. Mg: Magnesio en me/L PSI (%): Porcentaje de Sodio Intercambiable. Arena (%): Porcentaje de Arena. Limo (%): Porcentaje de Limo. Arcilla (%): Porcentaje de Arcilla.

#### 4.5 Producción del inóculo de hongos micorrízicos arbusculares

##### Toma de muestras de suelo superficial

Para el armado de las camas de cultivo trampa de los HMA se utilizó como sustrato una capa fértil de suelo nativo proveniente de sitios poblados con *P. speciosa*. La Tabla 2 describe los parámetros físicos químicos de ese material. Se colectaron tres muestras aleatorizadas, una por cada sitio, a una profundidad del suelo de 10 a 30 cm. El volumen de suelo superficial colectado fue de 1Kg por sitio de muestreo, y luego de obtenidas las muestras se realizó el secado en estufa a 60°C durante 48 hs.

Parámetro	Unidad	Valor obtenido
Materia Orgánica	%	0.87
pH		7,8
Nitrógeno total	%	0,05
Conductividad eléctrica	dS/m	2.65
Contenido de sodio	me/L	7.96
Contenido de calcio	me/L	9.29
Contenido de magnesio	me/L	8.8
PSI	%	2.6
Arena	%	79.8
Limo	%	12.5
Arcilla	%	7.8
Hierro disponible	Ppm	0.88
Zinc disponible	Ppm	0.54
Manganeso disponible	Ppm	0.56
Boro disponible	Ppm	0.38
Cobre disponible	Ppm	0.41
Potasio disponible	Ppm	137.6
Calcio disponible	Ppm	2480.6
Magnesio disponible	Ppm	46.8

Tabla 2: Resultados de análisis físico químicos de la muestra de suelo superficial. Referencias: MO (%): Porcentaje de materia orgánica. pH: Potencial de hidrógeno. Nt (%): Porcentaje de nitrógeno total. CE (dS/m): conductividad eléctrica en decisiemens por metro. Na: Sodio en me/L. Ca: Calcio me/L. Mg: Magnesio me/L. PSI (%): Porcentaje de Sodio Intercambiable. Arena (%): Porcentaje de Arena. Limo (%):

Porcentaje de Limo. Arcilla (%): Porcentaje de Arcilla. Fe: Hierro en ppm. Zn: zinc en ppm. Mn: Manganese en ppm. B: Boro en ppm. Cu: Cobre en ppm. K: Potasio en ppm. Ca: Calcio en ppm. Mg: Magnesio en ppm.

## Obtención del inóculo de HMA

Se estableció un cultivo trampa utilizando como especie hospedadora *Medicago sativa* L. (Alfalfa), la cual se caracteriza por ser altamente micorrízica (Osorio et al. 2008) y fue utilizada en otras investigaciones como planta inóculo (Tovar, 2006; Becerra y Cabello, 2007; Peano, 2016).

En invernáculo se sembraron las semillas de *M. sativa*, en contenedores previamente rellenos con un sustrato a base de arena y el suelo superficial colectado en campo, en proporción 1:1. Los contenedores trampa fueron ubicados al azar en el invernadero, y se regaron todos los días hasta alcanzar la capacidad de campo (Figura 4). La frecuencia de riego varió de acuerdo con las temperaturas registradas cada día. Luego de cuatro meses post siembra, se extrajeron los individuos de *M. sativa*, se eliminó la porción aérea de las plantas y se conservaron las raíces como parte del inóculo (Figura 5A). Asimismo, la mezcla del suelo resultante del cultivo, las raíces infectadas y las esporas de HMA que se obtuvieron (Figura 5B), se utilizaron como inóculo en los experimentos de siembra de *P. speciosa*.

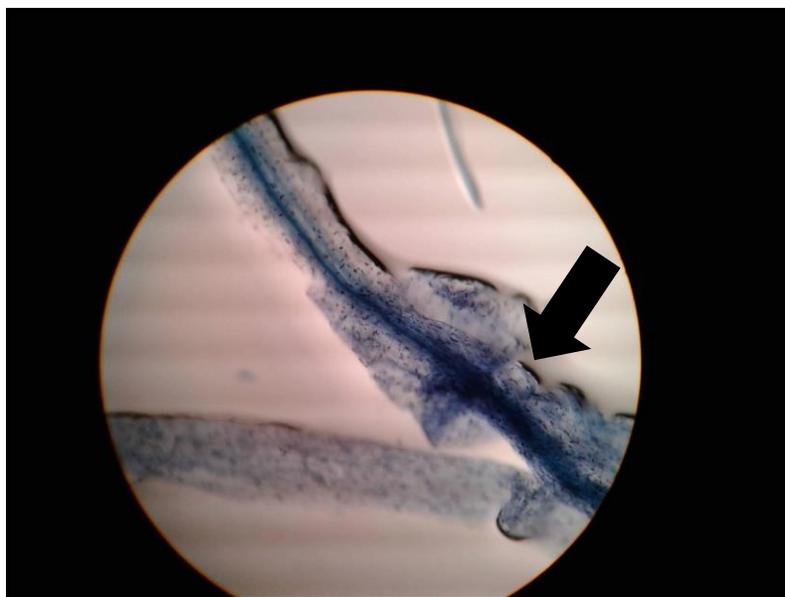
Para determinar que las raíces estuviesen infectadas por HMA se tomaron 3 muestras de raíces de los ejemplares producidos y se analizaron en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud, siguiendo la metodología de aclarado y tinción de raíces planteado por Phillips y Hayman (1970). (Figura 6).



Figura 4: Contenedores trampa sembrados con *Medicago sativa* L. Los mismos fueron rellenos con un sustrato a base de arena y suelo superficial nativo.



Figura 5(A): Detalle de raíces de *Medicago sativa* L. post 4 meses de siembra. (B): Luego de haber cultivado *Medicago sativa* L., se mezcló el suelo donde se realizó el cultivo, sus raíces infectadas y esporas de HMA.



*Figura 6: La flecha en la imagen señala la presencia de arbusculo en las raíces de Medicago sativa L.*

#### ***4.6 Caracterización del fertilizante químico utilizado en los tratamientos***

Para esta experiencia se utilizó fosfato diamónico (DAP por sus siglas en inglés), un tipo de fertilizante inorgánico de liberación lenta en gránulos (Figuras 7A y 7B). En la Tabla 3 se detallan las principales características fisicoquímicas de este producto. El DAP está catalogado como una excelente fuente de nutrientes debido a su contenido de fósforo y nitrógeno, es altamente soluble por lo que se encuentra rápidamente disponible para las plantas, tanto el fosfato como el amonio (IPNI, 2018). La fertilización con fósforo permite obtener plantas vigorosas y promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces, haciéndolas más resistentes a la falta de agua. El nitrógeno cubre las primeras necesidades de cultivo de la planta, tiene un efecto sinérgico que favorece el aprovechamiento del fósforo, ya que el ión amonio influye en la disponibilidad y absorción del mismo.

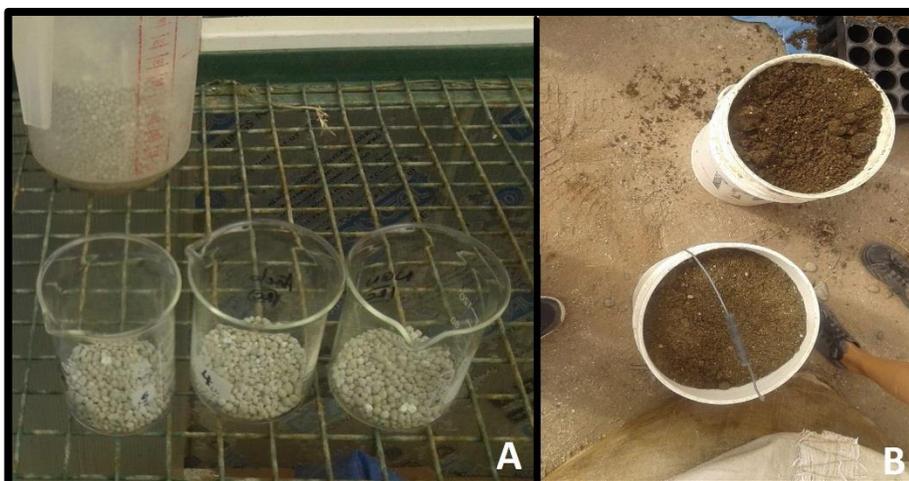


Figura 7(A): Fosfato diamónico en gránulos sólidos previo a la preparación de los tratamientos. (B): Detalle del fosfato diamónico incorporado en la mezcla con sustrato base.

Parámetros analizados por el fabricante	Unidad	Valor obtenido
Peso molecular		132
Humedad	%	1
pH en solución		7.5 a 8
Solubilidad en agua (20°C)	g/l	588
Nitrógeno TOTAL (amoniaco)	%	18
Fósforo TOTAL (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	46.1
Fósforo DISPONIBLE (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	46
Fósforo SOLUBLE (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	37

Tabla 3 Ficha técnica del fosfato diamónico utilizado en el ensayo. Los datos fueron recopilados por el fabricante (YPF S.A.).

#### 4.7 Diseño experimental

La producción de plantines de *P.speciosa* se realizó en invernadero, con la aplicación de tres tratamientos completamente aleatorizados, los cuales variaron de acuerdo al tipo de sustrato agregado en el contenedor de siembra: T0: sustrato de base (testigo), T1: sustrato de base más fertilizante inorgánico, T2: sustrato de base más micorrizas. Cada tratamiento se repitió 36 veces distribuidos en tres multimacetas.

#### 4.8 Preparación de los tratamientos y siembra de *P. speciosa*

El volumen de suelo total utilizado para cada tratamiento fue de 7290 cm<sup>3</sup>, resultante de cantidad de suelo por tubete (67.5 cm<sup>3</sup>) por 36 repeticiones. Para la preparación del tratamiento T0 sólo se utilizó el sustrato base (SB). En T1 se pesaron 34.8 gr de fosfato diamónico y se mezclaron con el SB hasta homogeneizar la muestra. En T2 se llenó en un 80% la totalidad del volumen de los tubetes con SB y se rellenaron con 0.7 gr de raíces infectadas con micorrizas, la mezcla de suelo rizoférico y esporas de hongos (Figura 8A y 8B). Para el pesaje de las muestras de SB, fosfato diamónico y raíces, se utilizó una balanza OHAUS® modelo Traveler.

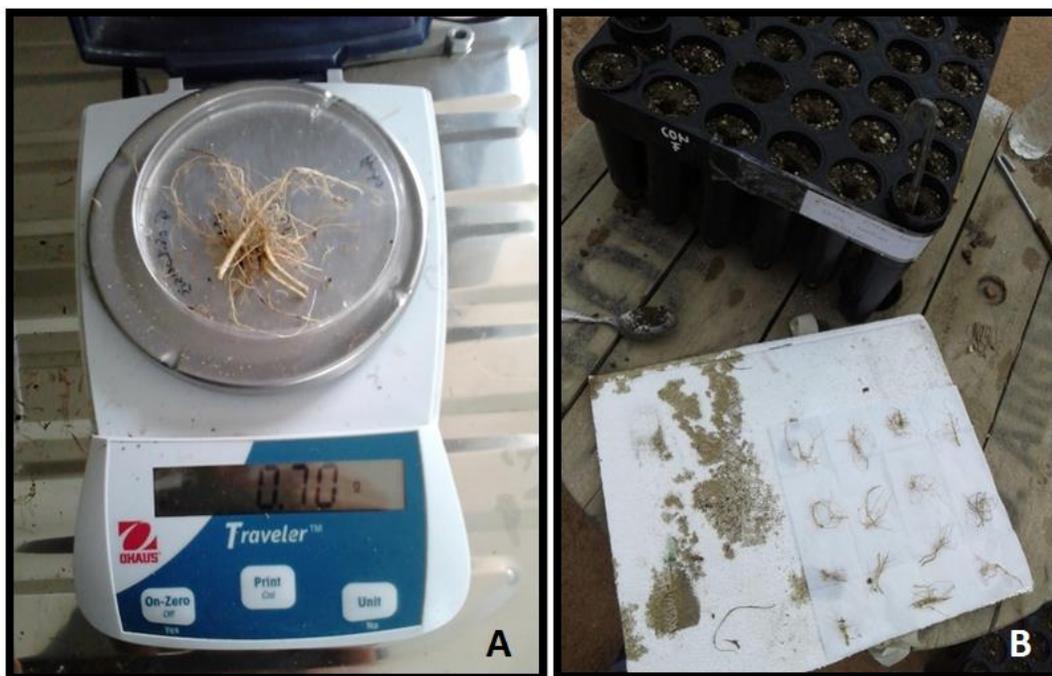


Figura 8(A) Pesaje de raíces infectadas con micorrizas, se pesaron 0.7 gr.(B): Etapa de llenado de tubetes, con raíces infectadas con micorrizas.

Luego de la preparación de los sustratos para cada tratamiento, se llevó a cabo la siembra de *P. speciosa*, donde se colocaron cuatro semillas por tubete a una profundidad de 2cm, (Figura 9).

El cultivo de los ejemplares de *P. speciosa* se realizó en invernadero a temperatura ambiente y en condiciones de humedad controlada a capacidad de campo, a través de riego automatizado con una frecuencia de tres veces por día y una duración de 10 minutos en cada una de ellas. Luego del primer mes post siembra se realizó el raleo y clasificación de las plántulas germinadas de *P. speciosa*, para

lo cual se optó por dejar sólo aquel individuo de mayor desarrollo y crecimiento, con el fin de hacerle las correspondientes mediciones a los tres y cinco meses. Asimismo, se controló y evitó el crecimiento de malezas dentro de los tubetes, durante todo el período de desarrollo del experimento. Luego de cinco meses post siembra, los plantines de *P. speciosa* se ubicaron en el sector de rustificación durante 15 días más, hasta la finalización del experimento.

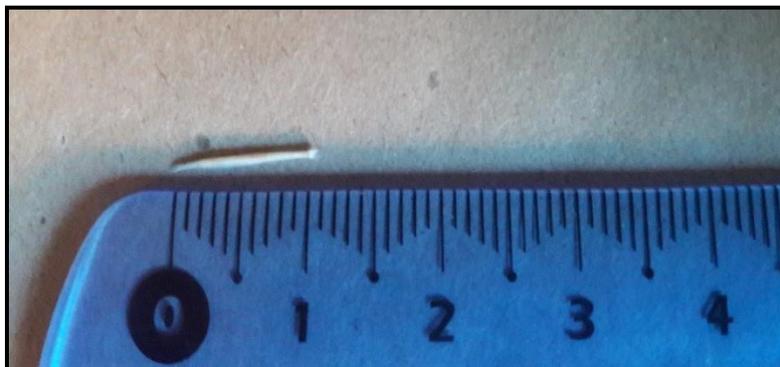


Figura 9: Detalle de una semilla de de *Pappostipa speciosa*. La regla marca en centímetros y las líneas corresponden a milímetros.

#### 4.9 Condiciones climáticas registradas durante el ensayo

La temperatura promedio alcanzada durante el ensayo fue de 9.1°C ( $\pm 2.1$ ), con un rango máximo y mínimo de 19.2 y 0.9°C respectivamente (Tabla 4).

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	PROMEDIO
PROMEDIO	9.7( $\pm 3.3$ )	8.1( $\pm 4.4$ )	7( $\pm 3.2$ )	9.9( $\pm 3.2$ )	10( $\pm 2.5$ )	12.5( $\pm 3.3$ )	9.1( $\pm 2.1$ )
MÁXIMO	18.6	18.9	14.3	16	15.1	19.2	17
MÍNIMO	4.3	0.9	1.1	2.6	5.6	7.1	3.6

Tabla 4 Registro de temperatura ambiental media mensual determinada durante el ensayo experimental. Los datos corresponden al período mayo a octubre del año 2015, y se organizaron en promedio mensual, temperatura máxima y mínima, y promedio de los cinco meses. Fuente: Facultad de Ciencias Agrarias – Estación meteorológica Cátedra Climatología y Fenología Agrícolas.

#### 4.10 Evaluación de los tratamientos

Se registró la supervivencia de *P. speciosa* para cada tratamiento, T0, T1, y T2, a través de una medición por mes durante cinco meses (Figura 10A). Para evaluar longitud se utilizó la hoja más

larga de cada plantín, la que fue medida con una regla a escala de centímetro (cm). También se contó el número de hojas verdes. Las mediciones de supervivencia, longitud de la hoja más larga y el número de hojas se realizó al primer mes, a los tres y a los cinco meses de desarrollo de los plantines. Una vez alcanzado este último período, se determinó la biomasa aérea y radicular, para lo cual se separó la parte aérea (hojas) de la radicular (Figura 10B). A este material se le realizó un primer secado a temperatura ambiente en laboratorio durante 24 hs. y posteriormente se secó en estufa a temperatura constante de 60 °C durante 48 hs. Una vez finalizado el secado, se realizó el pesado en balanza de analítica de alta precisión, marca OHAUS® modelo Pioneer (Figura 11).

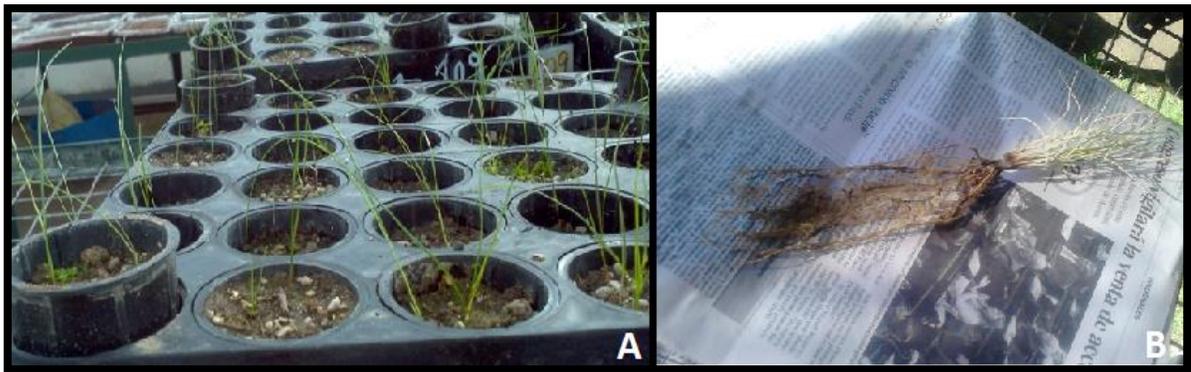


Figura 10(A): Detalle de uno de las multimacetas con plantines de *Paposstipaspeciosa* al mes post siembra. (B): Detalle de un plantín de *P. speciosa* al cual se le realizó la separación del sustrato de las raíces siembra.



*Figura 11: Pesaje de raíces de cada ejemplar de *P. speciosa*, luego del secado en estufa por 48 hs.*

## 5. Análisis estadístico

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

## 6. Resultados

### 6.1 Prueba de germinación

El valor germinativo para esta especie fue del 40%.

	M1	M2	M3
1° CONTROL	2	0	3
2° CONTROL	4	3	6
3° CONTROL	0	6	4
4° CONTROL	3	2	3

Tabla5: Resultados control germinación

$$\text{Poder germinativo (\%)} = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{cantidad de semillas}} \times 100$$

$$\text{Poder germinativo (\%)} = \frac{36}{90} \times 100 = 40$$

### 6.2 Supervivencia

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la supervivencia de *P. speciosa* a los cinco meses post siembra ( $\chi^2 = 3.60$  y  $p = 0.16$ ). Al finalizar el ensayo la supervivencia de *P. speciosa* varió entre 67% y 81% (Figura 12).

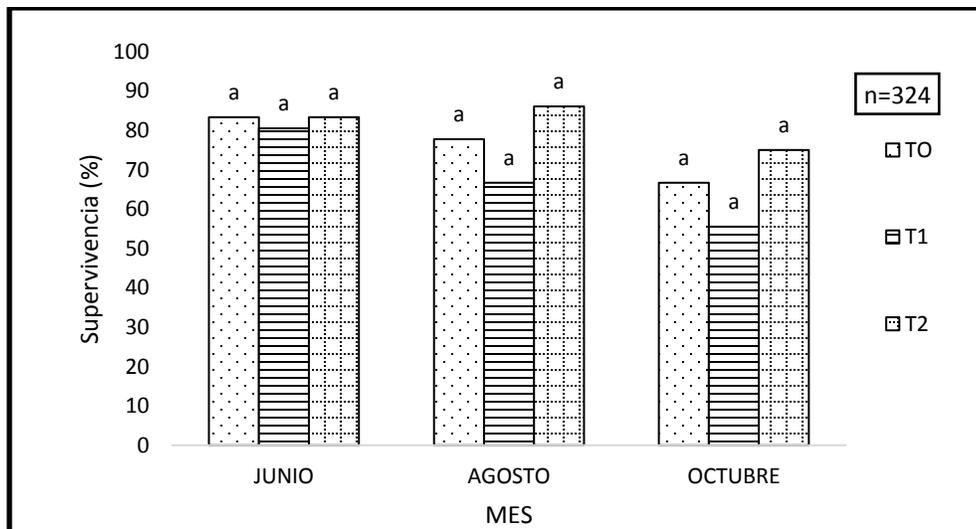


Figura 12 Porcentaje de supervivencia en vivero de plántulas sembradas de *P. speciosa* durante los meses de ensayo de acuerdo a los distintos tratamientos. (T0: Tratamiento Control – T1: Tratamiento con fertilizante químico – T2: Tratamiento con micorrizas). Letras iguales significa que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

### 6.3 Cantidad de hojas

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $H= 0.62$ ,  $p = 0.77$ ). El número de hojas al finalizar el experimento varió entre  $6 \pm 4.66$  y  $7 \pm 5.53$  (Figura 13).

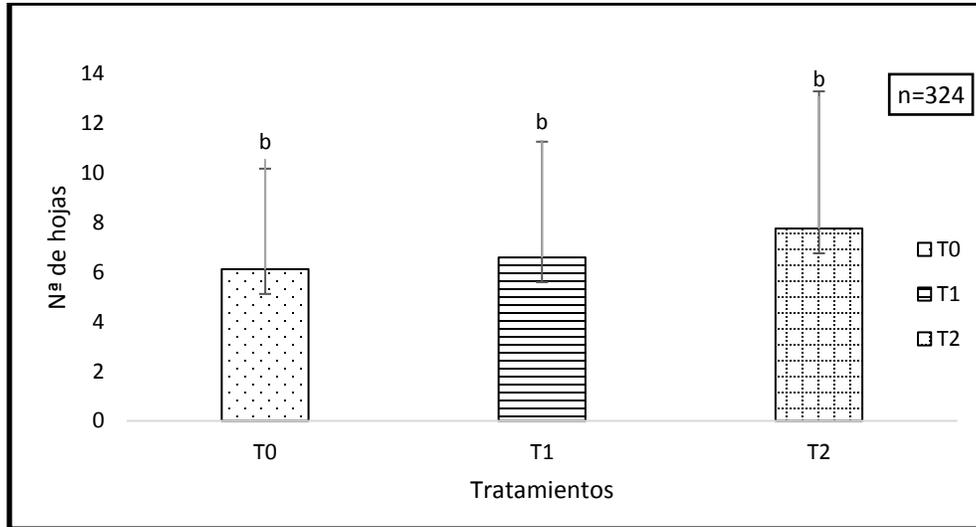


Figura 13: Cantidad promedio de hojas verdes en los plantines de *P.speciosa* al final del ensayo (T0: Tratamiento Control – T1: Tratamiento con fertilizante químico – T2: Tratamiento con micorrizas). Las barras de error representan el desvío estándar. Letras iguales indican que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

### 6.4 Longitud de hojas

No se observaron diferencias significativas en la longitud alcanzada en los distintos tratamientos durante ese período ( $H= 0.27$ ,  $p= 0.93$ ). La longitud de las hojas varió entre  $4.5 \text{ cm} \pm 1.61$  a  $5.3 \text{ cm} \pm 1$ . (Figura 14).

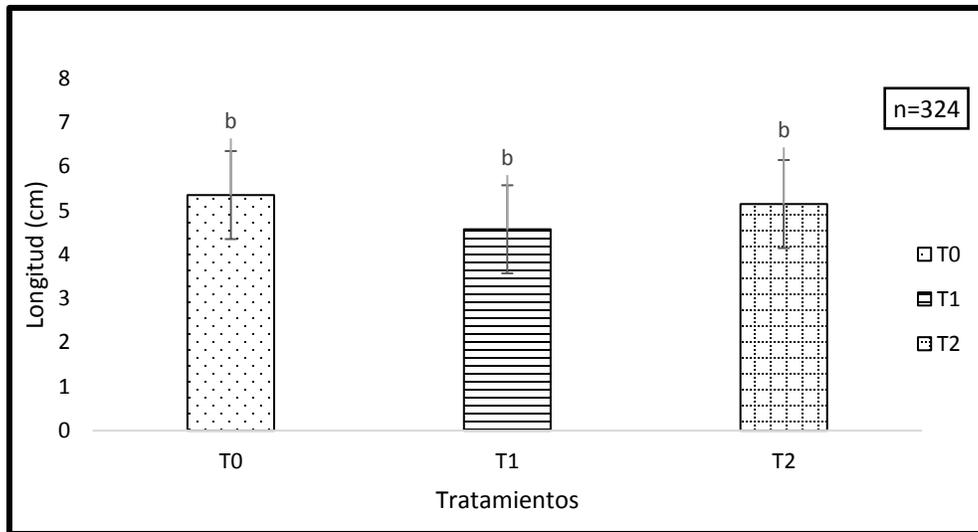


Figura 14: Longitud de hojas verdes promedio al final del ensayo. (T0: Tratamiento Control – T1: Tratamiento con fertilizante químico – T2: Tratamiento con micorrizas). Las barras de error representan el desvío estándar. Letras iguales indican que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

### 6.5 Biomasa

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos tanto para el desarrollo aéreo como radicular ( $H= 1.65$ ;  $p=0.43$  aéreo;  $H= 3.52$ ;  $p= 0.17$  radicular) (Figura 15A-B).

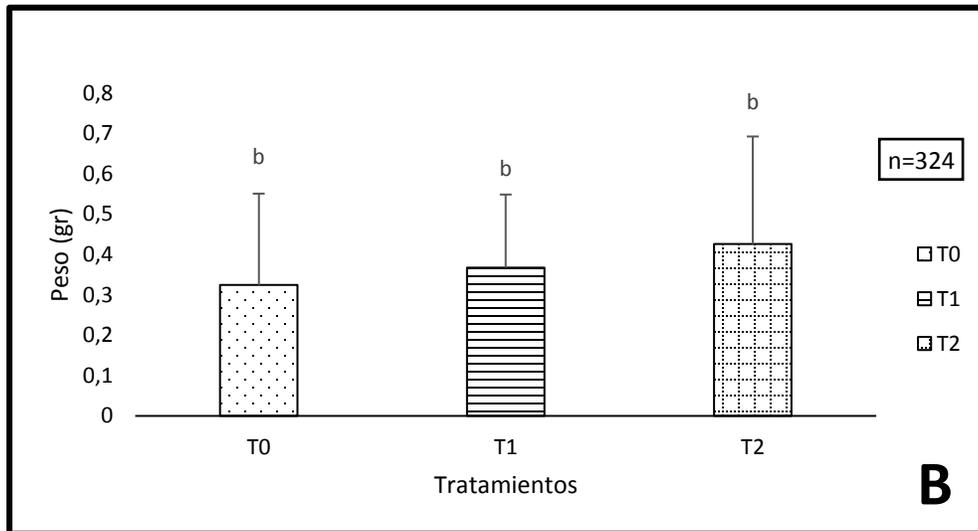
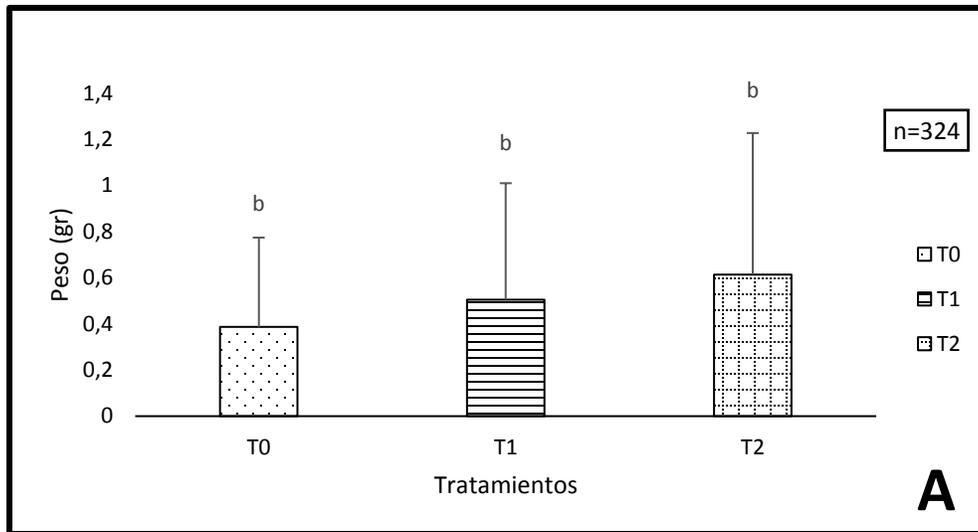


Figura 15 (A) Determinación de biomasa aérea (gr) aplicada a los individuos de *P. speciosa*, según tratamientos, T0: Control, T1: Tratamiento con fertilizante químico, T2: Tratamiento con micorrizas. (B) Determinación de biomasa radicular para los mismos tratamientos. Las barras de error representan el desvío estándar. Letras iguales indican que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

## 7. Discusión

Si bien existen evidencias de que la inoculación con HMA y fertilización no incrementan el crecimiento en las plantas (Pereyra et al. 2001; Mohammadi et al. 2011; Cáceres et al. 2014); en este trabajo los sustratos con adición de fertilizante inorgánico y micorrizas no mejoraron la significativamente supervivencia, ni las variables de crecimiento como altura de la planta, número de hojas y peso seco aéreo y radicular. Se ha mencionado que especies xerófitas adaptadas a sitios con condiciones extremas y colonizadoras de sitios degradados, no tienen altos requerimientos de recursos, lo que explicaría la baja respuesta de la especie al agregado de nutrientes inorgánicos y micorrizas (Villagra et al. 2011). Sin embargo, es preciso determinar si ante condiciones de stress ambiental en campo, la presencia de micorrizas puede ser importantes para la tolerancia a condiciones de sequía. La presencia de micorrizas en los ejemplares inoculados no pudo ser verificada en este estudio, y constituye un tema de gran interés para futuras investigaciones.

La micorrización es una de las técnicas biológicas más empleadas en viverización de plantas; sin embargo, en los pastos aún no se ha logrado extenderla ampliamente en la producción y los estudios han estado dirigidos a algunas leguminosas y muy pocas gramíneas (Noda, 2009; Álvarez y Pérez, 2018). Si bien no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos, existen evidencias de que las plantas cultivadas en viveros tardan un año en desarrollar micorrizas de forma natural, luego de reducirse el aporte de nutrientes (Marchelli, 2013). Esto podría indicar de que estudios a mediano o largo plazo podrían obtener resultados favorables a esta técnica.

Los valores de supervivencia (entre 55%-75%) muestran que *P. speciosa* es una especie apta para producirse en vivero a partir de semillas, y podría ser clave su uso a través de la siembra directa en campo, en proyectos de rehabilitación y restauración ecológica. El transplante directo en campo, es una de las técnicas más empleadas para gramíneas, y en particular especies del género *Pappostipa*, en proyectos de restauración ecológica (Nittmann, 2009; Dalmaso, 2010; Farinaccio et al. 2013; Salomone y Ciano, 2015). Sin embargo, esta técnica, requiere mayores esfuerzos operativos y económicos y la diversidad genética de las plántulas obtenida es menor (Scianna et al. 1998; Zhang y Zhang, 2007; Wang et al. 2012).

## 8. Conclusiones

Se concluye que:

- Todos los sustratos probados en este trabajo permitieron obtener plantines de *Pappostipa speciosa* aptos para proyectos de rehabilitación o restauración ecológica.
- La siembra en vivero de *P. speciosa* se muestra como una técnica factible para producir plantines que incluyan la diversidad genética de los sitios de colecta.
- La adición de fertilizante y HMA no mejoraron significativamente el desarrollo de los individuos viverizados.
- Se requieren nuevos estudios sobre la infección micorrícica en ejemplares inoculados.

## 9. Bibliografía

- Abella, S.R., Craig, D.C., Suazo, A.A. (2012). Outplanting but not seeding establishes native desert perennials. *Native Plants*, 12, 81-89.
- Abraham, E. (2002). Lucha contra la desertificación en las tierras secas de Argentina. El caso de Mendoza. En A. Fernández Cirelli y E. Abraham. (Eds.), *El agua en Iberoamérica. De la escasez a la desertificación*. (pp. 27-44). Buenos Aires, Argentina: CYTED. ISBN 987-43-5080-6.
- Abraham, E. (2008). Tierras secas, desertificación y recursos hídricos. *Ecosistemas*, 17, 1-4.
- Abraham, E., Corso, M.L. y Maccagno, P. (2011). Tierras secas y desertificación en Argentina. En: A.C. Ravelo, A.M. Planchuelo, E. Abraham y S. Navone (Eds.), *Evaluación de la desertificación en la Argentina Resultados del proyecto LADA/FAO* (pp.13-64). Buenos Aires, Argentina: SAyDS, FAO. ISBN: 978-92-5-306978-1.
- Alarcón, A. (2007). Micorriza arbuscular. En R. Ferrera y A. Alarcón. (Eds.), *Microbiología Agrícola*. (pp. 90-119). D.F., México: Editorial Trillas. ISBN 978-968-24-7810-9.
- Allsopp, N. y Stock, W.D. (1993). Mycorrhizas and seedling growth of slow-growing sclerophyllous from nutrient-poor environments. *Acta Oecologica*, 14(5), 577-587.
- Álvarez, A. S., Pezzullo, D.S., Rovere, A.E., y Pérez, D.R. (2013). Presencia de *Pseudomonas fluorescens* (Pseudomonadaceae) en la rizosfera de *Senna arnottiana* (Fabaceae) viverizada para ensayos de restauración ecológica. En D. Pérez, A.E. Rovere y M.E. Rodríguez Araujo (Eds.), *Rehabilitación en la diagonal árida de la Argentina* (pp. 121-129). Buenos Aires, Argentina: Vázquez Mazzini. ISBN 978-987-9132-40-1.
- Álvarez, A. y Pérez, D.R. (2018). Microbial inoculation of *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav. ex Hook.) Hawkins for ecological restoration. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*, 87, 274-279.
- Apcarian, A., Aruani, C., Schmid, P., Broquen, P., y Imbellone, P. A. (2002). Prácticas de rehabilitación de aridsoles y entisoles del norte de la patagonia afectados por la apertura de líneas sísmicas. *Revista Ciencia del Suelo*, 20(2), 88-97.
- Aronson, J., Le Floch, E., Ovalle, C., y Pontanier, R. (1993) Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands I. A view from the south. *Restoration Ecology*, 1, 8-17.
- Arizaleta, M. y Pire, P. (2008). Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Revista Agrociencia*, 42(1), 47-55.
- Arora, N.K., Tewari, S. y Singh, R. (2013). Multifaceted plant-associated microbes and their mechanisms diminish the concept of direct and indirect PGPRs. En N.K. Arora (Ed.), *Plant microbe symbiosis: Fundamentals and advances* (pp. 411-449). Nueva Delhi, India: Springer. ISBN 978-81-322-1287-4.
- Bainbridge D. A. (2007). A new hope for arid lands. A guide for desert and dryland restoration. Washington, USA: Island Press. ISBN 1-55963-969-5.

- Barea, J.M., Azcón-Aguilar, C., Ocampo, J.A., Azcón, R. (1991) Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesículo-arbusculares. En J. Olivares y J.M. Barea (Eds.), *Fijación y movilización biológica de nutrientes* (pp. 149-173). Madrid, España. ISBN 978-84-00-07153-0.
- Barea, J. M., Palenzuela, J., Cornejo, P., Sánchez-Castro, I., Navarro-Fernández, C., López-García, A. y Azcón-Aguilar, C. (2011). Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. *Journal of Arid Environments*, 75(12), 1292-1301.
- Becerra, A., Cabello, M. (2007). Micorrizas arbusculares en plantines de *Alnus acuminata* (Betulaceae) inoculados con *Glomus intraradices* (Glomaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 42(3-4), 155-158.
- Becker, G.F., Bustos, J.C., López, C.R. y Ayesa, J. (2013) Experiencias de revegetación de explanadas con especies nativas. En D. Pérez, A.E. Rovere y M.E. Rodríguez Araujo (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina* (pp. 202-212). Buenos Aires, Argentina: Vázquez Mazzini. ISBN 978-987-9132-40-1.
- Beider, A. (2012). Viverización de especies nativas de zonas áridas. *Experimentia-Revista de Transferencia Científica*, 2, 9-67.
- Bertiller, M. B., Ares, J.O. y Bisigato, A.J. (2002). Multiscale indicators of land degradation in the Patagonian Monte, Argentina. *Environmental Management*, 30(5), 704-715.
- Bestelmeyer, B.T., Okin, G.S., Duniway, M.C., Archer, S.R., Sayre, N.F., Williamson, J.C., y Herrick, J.E. (2015). Desertification, land use, and the transformation of global drylands. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(1), 28-36.
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465.
- Bradshaw, A.D. (1993) Restoration ecology as a science. *Restoration Ecology*, 1, 71-73.
- Brailovsky, A. y Foguelman, D. (1991). *Memoria Verde. Historia ecológica de la Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Sudamericana S.A. ISBN 987-1138-30-X.
- Bray, R.H., Kurtz, L.T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci*, 59, 39-45.
- Bremner, J. y Sulvaney, C. (1982). Total nitrogen. En: Page et. al. (Eds.) *Methods of Soil Analysis, part 2*. 595-624.
- Busso, C. A. y Bonvissuto G.L. (2009). Structure of vegetation patches in northwestern Patagonia, Argentina. *Biodiversity and Conservation*, 18(11), 3017-3041.
- Busso, C.A. y Fernández, O.A. (2017) Arid and semi-arid rangelands of Argentina. En M.K. Gaur, V.R. Squires (Eds.), *Climate variability impacts on land use and livelihoods in drylands* (pp. 261-291). New York, USA: Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-56681-8.
- Cabrera, A. L. (1976) Territorios fitogeográficos de la República Argentina. En W.F. Kugler (Ed.), *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* (pp. 85). Buenos Aires, Argentina: Acme.

- Cáceres, A., Kalinhoff, C. y Cáceres-Mago, K. (2014). Experiencias de inoculación con micorrizas arbusculares nativas sobre el crecimiento y sobrevivencia de algunas especies arbóreas del bosque seco tropical y matorral xerófito. Aspectos ecológicos, microbiológicos y fisiológicos de la restauración de ambientes degradados de zonas áridas. Aportes de investigaciones de Argentina, Chile, Venezuela y México. *Revista Experimentia IV*, 48-54.
- Caravaca, F., Barea, J. M., Palenzuela, J., Figueroa, D., Alguacil, M. M., y Roldán, A. (2003). Establishment of shrub species in a degraded semiarid site after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology*, 22(2), 103-111.
- Ceccon, E. (2014). *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. México: Ediciones Díaz de Santos. ISBN: 978-84-9052-028-4.
- Cenzano, A. M., Varela, M. C., Bertiller, M. B., y Luna, M. V. (2013). Effect of drought on morphological and functional traits of *Poa ligularis* and *Pappostipaspeciosa*, native perennial grasses with wide distribution in Patagonian rangelands, Argentina. *Australian Journal of Botany*, 61(5), 383-393.
- Chirino E., Vilagrosa, A., Cortina, J., Valdecantos, A., Fuentes, D., Trubat, R., Luis, V.C., Puértolas, J., Bautista, S., Baeza, M.J., Peñuelas, J.L. y Vallejo, V.R. (2009). Ecological restoration in degraded drylands: the need to improve seedling quality and site conditions in the field. En S. Grossberg, (Ed.), *Forest management* (pp. 85-158). New York, USA: Nova Publisher. ISBN 978-1-60692-504-1.
- Ciano, N., Nakamatsu, V., Luque, J., Amari, M., Owen, M., Lisoni, C. (2000). Revegetación de áreas disturbadas por la actividad petrolera en la Patagonia extrandina (Argentina). XI Conferencia de la International Soil Conservation Organization (ISCO 2000). Buenos Aires, Argentina.
- Ciano, N., Bueno, G., Beider, A., y Zerrizuela, R. (2006). Plantación de arbustos para uso múltiple y estratégicos en sistemas ovinos de zonas áridas y semiáridas de Patagonia. Taller Grupo de Estudio Pastizales Patagónicos-FAO. Coyhaique, Chile.
- Colabelli, M., Agnusdei, M., Mazzanti, A. y Labreveux, M. (1998). El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. *Boletín técnico 148*. Buenos Aires, Argentina.
- Cortés-Patiño, S. L., Vesga-Ayala, N. P., Sigarroa-Rieche, A. K., Moreno-Rozo, L., y Cárdenas-Caro, D. (2015). Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Bioagro*, 27(3), 151-158.
- Cortina, J., Bellot Abad, J.F., Vilagrosa Carmona, A., Caturla Cardona, R.N., Maestre Gil, F.T., Rubio, E. y Bonet, A. (2004). Restauración en semiárido. En: R.V., Vallejo y J.A, Alloza (Eds.), *Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo* (pp. 345-406). Valencia, España: CEAM. ISBN 84-921259-3-4.
- Cortina, J., Navarro, R.M. y Campo, A.D. (2006). Evaluación del éxito de la reintroducción de especies leñosas en ambientes Mediterráneos. En: J. Cortina, J.L., Peñuelas, J., Puértolas, A., Vilagrosay R., Savé. (Eds.), *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos: estado actual de conocimientos* (pp. 11-29). Madrid, España: Organismo autónomo parques nacionales. ISBN 978-84-8014-670-8.

- Cortina, J., Amata, B., Castillo, V., Fuentes, D., Maestre F., Padilla, F. y Rojof L. (2011). The restoration of vegetation cover in the semi-arid Iberian southeast. *Journal of Arid Environments*, 75, 1377-1384.
- Cruz, Y., García, M., León, Y. y Acosta, Y. (2014). Influencia de la aplicación de micorrizas arbusculares y la reducción del fertilizante mineral en plántulas de tabaco. *Cultivos Tropicales*, 35(01), 21-24.
- Dalmaso A.D., Martínez Carretero E. y Console, O. (2002) Revegetación de áreas degradadas. *Boletín de Extensión Científica*, 50.
- Dalmaso, A. D. (2010). Revegetación de áreas degradadas con especies nativas. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*, 45, 149-171.
- Dalmaso, A.D., Quattrocchi, G., Azcurra, C. (2015). Revegetación de taludes viales en la ruta nacional N°7, Santa Rosa Mendoza. En: E., Martínez Carretero y A.D., Dalmaso (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina* (pp. 309-326). Mendoza, Argentina. ISBN 978-987-33-7114-1.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarín, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. (2016). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Dumroese R.K., Luna, T. y Landis, T.H. (2009). *Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries – Volumen 1: Nursery Management*. Washington D.C., USA: Departamento de agricultura de Estados Unidos, Servicio Forestal Washington.
- Easdale, M., Aguiar, M., Román, M., Villagra, S. (2009). Comparación socioeconómica de dos regiones biofísicas: los sistemas ganaderos de la provincia de Río Negro, Argentina. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 6(62), 26.
- Escobar Rodríguez, R. (2007). *Manual de viverización Eucalyptus globulus raíz cubierta*. Centro tecnológico de la planta forestal. Hualpén, Chile: Instituto Forestal. ISBN 978-956-8274-94-8.
- Ezcurra, E. (2006) *Global deserts Outlook*. San Diego California, USA: UNEP/Earthprint. ISBN 92-807-2722-2.
- Farinaccio, F., Rovere, A. y Pérez, D. (2013). Rehabilitación con *Pappostipaspes pectinatus* (Poaceae), en canchales abandonados por actividad petrolera en zonas áridas de Neuquén, Argentina. En: D. Pérez, A.E. Rovere y M.E. Rodríguez Araujo (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina* (pp. 343-354). Buenos Aires, Argentina: Vázquez Mazzini. ISBN 978-987-9132-40-1.
- Fioretti, S., Videla, E., Ponce, M. T., Tonda, M., y Carrieri, S. (2009). Determinación de la época más adecuada para la propagación agámica de gramíneas ornamentales. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 41(1), 55-64.
- Fiori, S. y Zalba, S. (2003). Potential impacts of petroleum exploration and exploitation on biodiversity in a Patagonian nature reserve, Argentina. *Biodiversity Conservation*, 12(6), 1261-1270.
- Gaitán, J. J., López, C. R. y Bran, D. E. (2009). Efectos del pastoreo sobre el suelo y la vegetación en la estepa patagónica. *Ciencia del suelo*, 27(2), 261-270.
- Gandullo, R. (2004). Flora típica de las bardas de los alrededores de Neuquén. Neuquén, Argentina: Petrobras. ISBN 9872009503.

- Gold, K., León-Lobos, P. y Way, M. (2004). *Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica*. Instituto de investigaciones agropecuarias, centro regional de investigaciones Intihuasi, La Serena, Chile: Editorial Altamirano. Boletín INIA N°110.
- Gonzales, F. (2010). Supervivencia temprana de *Senna aphylla* (Fabaceae) plantada aislada y asociada a un sub-arbusto nativo. En: D. Pérez, A. Rovere y F. Farinaccio (Eds), *Rehabilitación en el desierto: ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Patagonia*(pp. 61-65). Buenos Aires, Argentina: Vázquez Mazzini. ISBN 978-987-9132-24-1.
- González, F. M., y Pérez, D. R. (2017). Contributions of ecological facilitation for restoring environments with high conservation value in the Argentine Patagonia. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*, 86, 332-339.
- Hanke, W., Gröngroft, A., Jürgens, N. y Schmiedel, U. (2011). Rehabilitation of arid rangelands: intensifying water pulses from low-intensity winter rainfall. *Journal of arid environments*, 75(2), 185-193.
- Howeler, R. H., Sieverding, E., y Saif, S. (1987). Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. En A. Van Diest (Ed.), *Plant and soil interfaces and interactions. Development in plant and soil sciences*(pp. 249-283). Dordrecht, Netherlands: Springer. ISBN 978-94-010-8122-1.
- Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G., y Guo, R. (2016). Accelerated dryland expansion under climate change. *Nature Climate Change*, 6(2), 166.
- International plant nutrition institute (2018). *Fuentes de nutrientes específicos*. Recuperado de [www.ipni.net](http://www.ipni.net). Acceso 8 de Marzo de 2018.
- Jensen, K.B., Waldron, B.L, Asay, K.H., Johnson, D.A. y Mónaco, T.A. (2003). Forage nutritional characteristics of Orchardgrass and Perennial Ryegrass at five irrigation levels. *Agronomy Journal*, 95(3), 668-675.
- Jobbágy, E. G., Paruelo, J. M. y León, R. J. (1995). Estimación del régimen de precipitación a partir de la distancia a la cordillera en el noroeste de la Patagonia. *Ecología Austral*, 5(1), 47-53.
- Jordano, P., Zamora, R., Marañón, T. y Arroyo, J. (2002). Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Revista Ecosistemas*, 11(1).
- Kowaljow, E. y Rostagno, M. (2013). Enramado y riego como alternativas de rehabilitación de regiones semiáridas afectadas por el tendido de ductos. *Ecología austral*, 23(1), 62-69.
- León Rolando, J.C., Brand, D., Collantes, M. y Soriano, A. (1998). Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología austral*, 8(2), 125-144.
- Lini, R. M. (2008). Evaluación del avance del desmonte para uso agrícola en el noreste rionegrino mediante el uso de sistemas de información geográfica. Servicio Forestal de zonas áridas, Dirección de Bosques, Provincia de Río Negro.
- López, D.R., Brizuela, M.A., Willems, P., Aguiar, M.R., Siffredi, G. y Bran, D. (2013). Linking ecosystem resistance, resilience, and stability in steppes of North Patagonia. *Ecological Indicators*, 24, 1-11.

- Maltz, M. R., y Treseder, K. K. (2015). Sources of inocula influence mycorrhizal colonization of plants in restoration projects: a meta-analysis. *Restoration Ecology*, 23(5), 625-634.
- Manso, J. M., y de Azagra Paredes, A. M. (2008). Restauración de los suelos y de la vegetación en la lucha contra la desertificación. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (25).
- Marchelli Paula (2013). Hongos estratégicos que ayudan en la reforestación. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. En: INTA informa.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Honhenheim, Alemania: Academic Press. ISBN 978-0-08-05-7187-4.
- Martínez Carretero, E. (2004). La provincia fitogeográfica de la Payunia. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 39, 195-226.
- Martínez Carretero, E. (2013). La diagonal árida Argentina: entidad bio-climática. En: D.R, Pérez, A.E., Rovere y M.E., Rodríguez Araujo (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. (pp-14-31). Buenos Aires, Argentina: Vázquez Mazzini. ISBN 978-987-9132-40-1.
- Mazzoni, E., y Vázquez M. (2010). Desertificación en la Patagonia. *Developments in Earth Surface Processes*, 13. ISSN 0928-2025.
- McDonald T, Gann GD, Jonson J, and Dixon KW (2016) International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. *Society for Ecological Restoration*, Washington, D.C.
- Mnif, L., Derbel, S. y Chaieb, M. (2005). Las Poáceas perennes: una alternativa para la rehabilitación y la restauración de pastos degradados en el Túnez presahariano. *Revista Ecosistemas*, 14(3), 57-66.
- Mohammadi, K., Khalesro, S., Sohrabi, Y. y Heidari, G. (2011). A Review: Beneficial effects of the mycorrhizal fungi for plant growth. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 1(9), 310-319.
- Monroy-Ata, A., Estevez-Torres, J., García-Sánchez, R. y Ríos-Gómez, R. (2007). Establecimiento de plantas mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80, 49-57.
- Morales, C. (2005). *Pobreza, desertificación y degradación de tierras. Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales*. CEPAL: Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas.
- Morales, C. (2012). *Evaluación económica de la desertificación y degradación de tierras en LAC*. Project Note – Proyecto Conjunto CEPAL/Mecanismo Mundial, Santiago, Chile.
- Morello, J., Mateucci, S.D., Rodríguez, A.F. y Silva, M. (2012). *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. Buenos Aires, Argentina: Orientación Gráfica Editora. ISBN 978-987-1922-25.
- Nittmann, J.J. (2009). Rehabilitación de canteras a partir del trasplante directo de individuos adultos. En: D.R, Pérez, A.E., Rovere y M.E., Rodríguez Araujo (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida argentina* (pp. 45-58). Buenos Aires, Argentina: Vázquez Mazzini. ISBN 978-987-9132-40-1.
- Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes*, 32(2), 1-1.
- Noy-Meir, I. (1973). Desert ecosystems: environment and producers. *Annual review of ecology and systematics*, 4(1), 25-51.

- Osorio C., Sanchez, A. y Molano, A. (2008). Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (H.M.A) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano (Musa AAA cv. Gran Enano) (Musaceae). *Revista Facultad Nacional Agraria Medellín*, 61(1), 4279-4290.
- Page, A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (1982). Methods of soil analysis. Chemical and Microbiological Properties. 643-698.
- Parodi, G., y Pezzani, F. (2011). Micorrizas arbusculares en dos gramíneas nativas de Uruguay en áreas con y sin pastoreo. *Agrociencia Uruguay*, 15(2), 1-10.
- Peano, A. (2016). *Producción de plantines de calidad de Larrea divaricata para proyectos de restauración ecológica*. (Tesis de grado). Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud, Universidad Nacional del Comahue. Neuquén, Argentina.
- Peech M. (1965). Hydrogen ion activity. En: C.A., Black (Ed.), *Methods of soil analysis*. Agronomy 9, 2. 914-935. Madison, Wisconsin, Estados Unidos.
- Peri, P.L., Lucas, R.J. y Moot, D.J. (2007). Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. *Agroforestry Systems*, 70(1), 63-79.
- Pereyra, G., Sanchez, M., Ríos, R. y Herrera, M. (2001). Micorrizas versículo arbusculares y su incidencia en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. *Revista Bosque*, 22(2), 38-44.
- Pérez, D. R., Rovere, A. E., y Farinaccio, F. M. (2010). *Rehabilitación en el desierto: Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Patagonia*. Buenos Aires, Argentina: Vázquez Mazzini. ISBN 978-987-9132-24-1.
- Pérez, D.; Farinaccio, F. y Lagos, L. (2014). Introducción de plantines de especies nativas en sitios degradados del ecosistema de Monte. Aspectos ecológicos, microbiológicos y fisiológicos de la restauración de ambientes degradados de zonas áridas. Aportes de investigaciones de Argentina, Chile, Venezuela y México. *Revista Experimentia IV*, 75-80.
- Pérez, D. R., Farinaccio, F. M., y Aronson, J. (2019). Towards a dryland framework species approach. Research in progress in the Monte Austral of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 161, 1-10.
- Piñeiro, J., Maestre, F. T., Bartolomé, L., y Valdecantos, A. (2013). Ecotechnology as a tool for restoring degraded drylands: a meta-analysis of field experiments. *Ecological Engineering*, 61, 133-144.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente) (1995). En A. Ravelo, A. Planchuelo, E. Abraham y S. Navone (Eds.), *Evaluación de la desertificación en Argentina. Resultados del proyecto LADA/FAO*, (pp. 9-97). Buenos Aires, Argentina: SAyDS, FAO.
- Primack, R., Rozzi, Feisinger, R., Dirzo, R. y Massardo, F. (2001). *Fundamentos de conservación biológica; perspectivas latinoamericanas*. Fondo de cultura económica. México. ISBN 968-16-6428-0.
- Phillips J. M. y Hayman, D.S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions British Mycological Society*, 55(1), 158-161.
- Quiroga, E., Blanco, L. y Oriente, E. (2009). Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos. *Ecología austral*, 19(2), 107-117.

- Raffaele, E. y Schlichter, T. (2001). Efectos de las plantaciones de Pino Ponderosa sobre la heterogeneidad de micrositios en estepas del noroeste patagónico. *Ecología Austral* 10, 151-15.
- Reynolds, J. F. (2001). Desertification. En S. Levin (Ed.), *Encyclopedia of biodiversity*, Vol. 2 (pp. 61-78). San Diego, Estados Unidos: Academic Press. ISBN 978-0-12-38-4720-1.
- Reynolds, J. F. y Stafford Smith, D. M. (2002). *Global desertification: do humans cause deserts?* Michigan, USA: Dahlem University Press. ISBN 978-3-93-45-0410-3.
- Reynolds, J., James F., Maestre, E., Huber-Sannwald E., Herrick, J. y Kemp, P. (2005). Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Revista Ecosistemas*, 3(14), 3-21.
- Reynolds, J.F., Smith D.M., Lambin E.F., Turner B.L., Mortimore M., Butterbury, S.P. y Huber-Sannwald, E. (2007). Global desertification: building a science for dryland development. *Science*, 316(5826), 847-851.
- Richards, L.A. (1977). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Editorial Limusa, México.
- Roig, F.A., Roig-Juñent, S. y Corbalán, V. (2009) Biogeography of the Monte desert. *Journal of Arid Environments*, 73(2), 164-172.
- Sáenz Reyes, J.T., Villaseñor, R.F.J., Muñoz, F.H.J., Rueda, S.A. y Prieto, R.J.A. (2010). *Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán*. Folleto Técnico 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. ISBN 978-607-425-335-1.
- Safriel, U. y Adeel, Z. (2008). Development paths of drylands: thresholds and sustainability. *Sustainability Science*, 3(1), 117-123.
- Salinity Laboratory Staff (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture (USDA), Agriculture Handbook, 60.
- Salomone, J.M (2013). Deterioro de tierras y estabilización de médanos en la provincia de Chubut. En D.R, Pérez, A.E., Rovere y M.E., Rodríguez Araujo (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina* (pp. 377-389). Buenos Aires, Argentina. Vazquez Mazzini. ISBN 978-987-9132-40-1.
- Salomone, J.M. y Ciano, N. (2015). Revegetación de taludes con *Leymus Racemosus* ssp. *Sabulosus* (Poaceae). En E., Martínez Carretero y A.D., Dalmasso (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina II* (pp. 327-334). ISBN 978-987-33-7114-1.
- Schweiger, P. F., Robson, A. D., y Barrow, N. J. (1995). Root hair length determines beneficial effect of a *Glomus* species on shoot growth of some pasture species. *New Phytologist*, 131(2), 247-254.
- Scianna, J. D., Winslow, S. R., Majerus, M. E., Gruber, L. M., y Reid, S. A. (1998). Asexual plant propagation: special techniques and considerations for successful high altitude revegetation. En USDA Natural Resources Conservation Workshop, 13, 105-117.

- SocietyforEcologicalRestoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica y Tucson: SocietyforEcologicalRestoration International.
- Soriano A. (1956). Los distritos florísticos de la provincia Patagónica. *Revista de InvestigacionesAgrícolas*, 10(4), 323-347.
- Soriano, A. (1983). Deserts and Semideserts of Patagonia. *Ecosystem of the world*, 5, 423-460.
- Soteras, F., Cofré, N., Bartoloni, J., Cabello, M., y Becerra, A. (2013). Hongos arbusculares (glomeromycota) en la rizosfera de *atriplex lampa* en dos ambientes salinos de Córdoba: influencia de la profundidad en la colonización radical y presencia de morfoespecies. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48(2), 211-219.
- Suharno, S., Soetarto, E. S., Sancayaningsih, R. P., y Kasiamdari, R. S. (2017). Association of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) with *Brachiariaprecumbens* (*Poaceae*) in tailing and its potential to increase the growth of maize (*Zea mays*). *BiodiversitasJournalofBiologicalDiversity*, 18(1), 433-441.
- Tovar, J. (2006). Incremento en invernadero de la calidad y cantidad del follaje de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Florida 77 causado por la combinación de fertilización biológica y química en un suelo de la serie bermeo de la sabana de Bogotá. *UniversitasScientiarum*, 11, 61-72.
- Ulian, T., Rovere A. y Muñoz, B. (2008). Taller sobre conservación de semillas para la restauración ecológica. *Ecosistemas*, 17(3),147-148.
- Ulloa, W. A., Acuña, P. A., Murillo, F. G., y Torres, J. (2016). Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *TecnologíaenMarcha*, 30(4), 5-14.
- UNCCD (1994). United Nations Convention to Combat Desertification, Intergovernmentalnegotiating committeefor a convention to combat desertification, Elaboration of an International Convetion to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. U.N. Doc. A/AC.241/27,33 I.L.M- 1328. Unite Nations, New York, USA.
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.
- Velasco, V. y Siffredi, G. (2009). *Guía para el reconocimiento de especies de los pastizales de sierras y mesetas occidentales de Patagonia*. Bariloche, Argentina:INTA. ISBN 978-987-679-201-1.
- Verbist, K., Santibañez, F., Gabriels, D. y Soto, G. (2010). *Atlas de zonas áridas de América Latina y el Caribe*. Documento Técnico del PHI-LAC N°25. UNESCO. ISBN 978-92-9089-164-2.
- Vilagrosa, A, Chirino, P., Cortina, J., Vallejo, R. (2008). Restauración de la cubierta vegetal de ecosistemas degradados en condiciones mediterráneas. Seminario Ibérico Desertificación, Clima, *Pérdida de suelos y Fuegos*, 12, 25-30.
- Villagra, P. E., Giordano, C., Alvarez, J.A., Cavagnaro, J.B., Guevara, A.,Sartor, C. y Greco, S. (2011). Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte central de Argentina. *Ecología austral*, 21(1), 29-42.

- Villar, S. (2003). Importancia de la calidad de la planta en los proyectos de revegetación. En J.M.Rey Benayas, T. Espigares, J.M. Nicolau Ibarra (Eds.), *Restauración de ecosistemas degradados* (pp. 65-85). Universidad de Alcalá, España. ISBN 84-8138-549-2.
- Walker R.L y Del Moral, R. (2015) *Primary succession and ecosystem rehabilitation*. Cambridge, Inglaterra: University Press. ISBN 0-521-80076-5.
- Wang, B., Lin, Y., Guo, Y., y Cui, X. (2012). The relative contribution of sexual and asexual reproduction to genetic variation in natural populations of the pondweed *Potamogeton pectinatus*. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 58(1), 27-38.
- Whitford, W. (2002). *Ecology of deserts systems*. San Diego, California, USA: Academic Press. ISBN 97-8008-050499-5.
- Yirdaw, E., Tigabu, M., y Monge, A. (2017). Rehabilitation of degraded dryland ecosystems—review. *Silva Fennica*, 51(1b).
- Young, T.P., Petersen, D.A. y Clary, J.J. (2005). The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology letters*, 8(6), 662-673.
- Zhang, Y. y Zhang, D. (2007). Asexual and sexual reproductive strategies in clonal plants. *Frontiers of Biology in China*, 2(3), 256-262.
- Zuleta, G. y Escartín, E. (2014). Regeneración post-disturbio en ambientes degradados por la actividad petrolera en nor-patagonia. Aspectos ecológicos, microbiológicos y fisiológicos de la restauración de ambientes degradados de zonas áridas. Aportes de investigaciones de Argentina, Chile, Venezuela y México. *Revista Experimentia IV*, 105-112.
- Zuloaga, F.O., Morrone, O., Longhi-Wagner, H.M., Izaguirre, P., Beyhaut, R., Cialdella, A.M., y Zanín, A. (2008). *Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Darwinion. ISBN 978-1-930723-70-2.