

SELECCIÓN ENTRE *Panicum urvilleanum*, *Pappophorum caespitosum*, Y CUATRO GENOTIPOS DE *Leptochloa crinita*, BAJO SALINIDAD Y SEQUÍA, CON PERSPECTIVA DE REVEGETACIÓN.

TESIS DE GRADO

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

2020

Tesista: Yanina Cristina, Buccolini Lucas

Directora: Sartor, Carmen Elena

Codirectora: Kozub, Perla Carolina

Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo Almirante Brown 500, Chacras de Coria, Mendoza M5528AHB- (54 261) 4135000.



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



SELECCIÓN ENTRE *Panicum urvilleanum*, *Pappophorum caespitosum*, Y CUATRO GENOTIPOS DE *Leptochloa crinita*, BAJO SALINIDAD Y SEQUÍA, CON PERSPECTIVA DE REVEGETACIÓN.

Tesista:

Yanina Cristina, Buccolini Lucas

yanibucco@gmail.com

Directora:

Dra. Sartor, Carmen Elena

csartor@fca.uncu.edu.ar

Codirectora:

Dra. Kozub, Perla Carolina

carolinakozub@gmail.com

Jurado:

Mg. Ing. Greco, Silvina Alicia

sgreco@fca.uncu.edu.ar

Dra. Fernández, María Emilia

mefernandez@mendoza-conicet.gob.ar

Ing. Domínguez, Deolindo Luis Esteban

deo.dominguez@gmail.com

RESUMEN:

La desertificación es una de las preocupaciones ambientales más relevantes en la Argentina, con el 75% del territorio bajo condiciones áridas y semiáridas. Es por ello que las prácticas productivas en estas zonas áridas y semiáridas, se desarrollan en oasis bajo riego, en los cuales el 40% de su superficie presenta problemas de degradación, provocados en gran medida por la salinización. En este contexto, los oasis mendocinos utilizan íntegramente los caudales de los ríos, mientras que las áreas deprimidas del desierto no reciben aportes hídricos superficiales. La vegetación evidencia estos impactos, y es ella quien brinda recursos fundamentales para la recuperación de estos ambientes. Siendo la revegetación con especies nativas, una de las herramientas más promisorias para la restauración de estos ambientes sensibles y de baja recuperación natural.

Es por ello que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la salinidad y sequía sobre el crecimiento de algunas gramíneas nativas, con la visión de revegetar suelos degradados, ya sea por salinidad, sobrepastoreo, tala excesiva entre otros impactos ambientales, tanto en los oasis como en zonas no irrigadas del Monte, buscando alcanzar una mayor estabilidad en el ecosistema. Para ello, se trabajó con 3 gramíneas perennes forrajeras nativas del Monte: *Panicum urvilleanum*; *Pappophorum caespitosum*, y los cuatro genotipos de *Leptochloa crinita* registrados en el Registro Nacional de Cultivares del INASE: *L. crinita* 1, *L. crinita* 6, *L. crinita* 13 y *L. crinita* 17. Se realizó un ensayo en condiciones controladas, que se llevó a cabo durante los meses de febrero a mayo del 2018. Las plantas crecieron en macetas de 20 L con suelo arcilloso, en condiciones de campo a la intemperie protegidas de la lluvia. Fueron expuestas a tratamientos de control, control-sequía, salinidad y salinidad-sequía, para imitar las condiciones de los suelos degradados de las zonas áridas. En cada maceta se sembraron 10 semillas de cada una de las especies/genotipos correspondientes. Las macetas se dispusieron en un diseño totalmente aleatorizado. Luego de 60 días se midieron las siguientes variables: altura, diámetro basal, número de macollos y biomasa aérea final, para posteriormente realizar el análisis estadístico de las variables con la prueba MANOVA.

De acuerdo a los resultados obtenidos *L. crinita* 13 fue la especie menos afectada por las condiciones de salinidad, sequía y su combinación. En segundo lugar *P. caespitosum* fue la menos afectada, mientras que para los restantes genotipos de *L. crinita* no se encontraron variaciones de crecimiento entre sí. Para el caso de *P. urvilleanum* no se obtuvieron resultados significativos por la alta mortalidad registrada durante el ensayo. Todas las especies crecieron significativamente más en el control que en los tratamientos salinidad, salinidad-sequía y control-sequía.

Los resultados obtenidos permiten dar una idea de los posibles usos de las diferentes especies forrajeras para la restauración con fines productivos de los suelos degradados de las zonas áridas u otros como cobertura en interfilares de cultivos intensivos y jardines xerófitos.

PALABRAS CLAVES:

Gramíneas perennes, Monte, suelos salinos, zonas áridas

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi familia, Eduardo, Stella y Gianfranco, por darme la oportunidad de elegir la carrera que me apasiona y acompañarme hasta el final, por dejarme ser libre y responsable de cada aventura a la que me embarque en esta etapa.

A mi compañero de vida, Matías, que siempre creyó en mí, con sus abrazos y palabras para cuando estoy pensando en bajar los brazos, gracias por todo tu amor, siempre animándome a dar un poco más por mis sueños.

A mis grandes amigos, compañeros de tantos mates y rondas de estudio, que hicieron de cada paso una experiencia única, siempre acompañados de miles de risas, motivándonos y sufriendo juntos. Silvina, Guillermo, Gonzalo, Nadia.

A la educación pública que recibí, por haberme permitido formarme, por inculcar valores que van a quedar siempre en mí. Sin dudas en esta etapa se aprende mucho más que lo exclusivamente académico, me quedo con el compañerismo, involucrarnos en lo que nos toca, luchar por nuestros derechos y tener siempre un ojo crítico. Gracias a los profesores que me ayudaron a crecer, por cada oportunidad de equivocarme, acertar y aprender siempre. Una mención especial a Leandro, Carmen, Silvina, Lucho y Charly.

A los salinos, Carmen, Carolina, Silvina, Guillermo y Javier, con quienes llevamos a cabo los ensayos y formamos un hermoso grupo. En particular a mis directoras de tesis, con quienes tuve el placer de trabajar, gracias por tantos consejos, la paciencia, el tiempo y la energía en todo este proceso. Gracias por hacerme sentir siempre cómoda y apreciada.

A los evaluadores de esta tesina y la comisión de tesis por el tiempo y la dedicación, para así poder concluir esta etapa.

A la fundación Pérez Companc por haberme becado desde el colegio secundario, brindarme acompañamiento, talleres y motivación, permitiéndome alcanzar esta meta tan deseada.

Gracias a esta vida por enseñarme tanto y dejarme disfrutar las pequeñas victorias después de tanto esfuerzo.

ÍNDICE:

| | |
|---|-----|
| RESUMEN:..... | iii |
| PALABRAS CLAVES:..... | iii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iv |
| ÍNDICE: | v |
| Índice de figuras: | vi |
| Índice de tablas:..... | vii |
| 1. INTRODUCCIÓN:..... | 1 |
| 1.1. Hipótesis..... | 5 |
| 1.2. Objetivo general: | 5 |
| 1.3. Objetivos particulares: | 5 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 5 |
| 2.1. Descripción de especies utilizadas | 5 |
| 2.2. Diseño experimental..... | 14 |
| 2.3. Mediciones complementarias | 16 |
| 2.3.1. Capacidad de Campo..... | 16 |
| 2.3.2. Conductividad Eléctrica | 17 |
| 2.4. Análisis de datos | 17 |
| 3. RESULTADOS | 18 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 24 |
| 5. CONCLUSIONES | 28 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 29 |

Índice de figuras:

| | |
|--|----|
| Figura 1. a) Individuo de <i>Panicum urvilleanum</i> (tomado de Vega Riveros, 2017) b) Detalle de la panoja. c) A-Planta. B- espiguilla, vista central. C-antecio superior, vista ventral. (Ilustración Instituto Darwinion). | 7 |
| Figura 2. a) Individuo de <i>Pappophorum caespitosum</i> (tomado de Vega Riveros, 2017). b) Detalle de la panoja. c) A- planta. B-glumas. C- conjunto de antecios. D- pálea del antecio inferior. E- cariopsis. F. Lemma, cara ventral (las aristas han sido cortadas). G. Pálea, vista dorsal. H. Pálea, vista ventral, y lodículas. I. Cariopsis, vista escutelar. J. Cariopsis, vista hilar. (Ilustración del Instituto Darwinion). | 9 |
| Figura 3. a) Detalle de la panoja b). Individuo de <i>Leptochloa crinita</i> (tomado de Vega Riveros, 2017). c) A-Planta. B- porción del raquis con glumas. C-antecios. D- antecios, vista lateral. E- antecios, vista ventral. F-pálea, vista ventral. G-callo y base de la pálea con las lodículas soldadas. H- cariopsis, vista escutelar. I cariopsis, vista hilar. (Ilustración del Instituto Darwinion). | 12 |
| Figura 4. Caja trilladora con semillas (izquierda), tratamiento de escarificación con ácido sulfúrico y elemento de enjuague para <i>P. urvilleanum</i> (derecha). | 15 |
| Figura 5. Toma de muestras para capacidad de campo (Izquierda); pesafiltros en estufa 105°C (Derecha). | 17 |
| Figura 6. Evolución en el tiempo de los contenidos hídricos (g de agua% g de suelo) de las macetas según tratamientos y desviación estándar (D.E). A la izquierda se comparan los tratamientos control y control-sequía, a la derecha se comparan los tratamientos salinidad y salinidad-sequía. Con líneas punteadas se destaca el contenido hídrico correspondiente al 50% CC (12,8 g%g) y 30% CC (7,6 g%g). | 18 |
| Figura 7. Evolución en el tiempo de la conductividad eléctrica de las muestras de suelos correspondientes a cada tratamiento. Referencia: mar: marzo, abr: abril. | 19 |
| Figura 8. Altura promedio de las plantas de las especies estudiadas al finalizar el ensayo (y su desviación estándar), en los distintos tratamientos de control, salinidad y sequía. | 21 |
| Figura 9. Diámetro basal promedio de las plantas de las especies estudiadas al finalizar el ensayo (y su desviación estándar), en los distintos tratamientos de control, salinidad y sequía. | 22 |
| Figura 10. Número de macollos promedio producidos por las plantas de las especies estudiadas al finalizar el ensayo (y su desviación estándar), en los distintos tratamientos de control, salinidad y sequía. | 23 |
| Figura 11. Biomasa aérea promedio de las plantas de las especies estudiadas al finalizar el ensayo (y su desviación estándar), en los distintos tratamientos de control, salinidad y sequía. | 24 |

Índice de tablas:

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Caracterización de semillas utilizadas para <i>Panicum urvilleanum</i> , <i>Pappophorum caespitosum</i> , y genotipos de <i>Leptochloa crinita</i> utilizados en el ensayo. | 13 |
| Tabla 2. Descripción de los tratamientos aplicados en el ensayo | 14 |
| Tabla 3. Resultados del análisis estadístico Lawley-Hotelling, de las variables de crecimiento medidas en todas las especies, siendo F el estadígrafo de prueba para MANOVA, se señalan en negrita aquellas diferencias significativas. | 19 |
| Tabla 4. Altura, diámetro basal, número de macollos y biomasa promedios con su desviación estándar correspondiente, de las especies estudiadas en el ensayo, siendo n: tamaño muestral. Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni $\alpha=0,05$, para el factor especie. Letras en común no son significativamente diferentes..... | 20 |
| Tabla 5. Altura, diámetro basal, número de macollos y biomasa promedios con su desviación estándar correspondiente, de las plantas sometidas a los distintos tratamientos de salinidad y sequía, siendo n: tamaño muestral. Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni $\alpha=0,05$, para el factor tratamiento. Letras en común no son significativamente diferentes..... | 20 |

1. INTRODUCCIÓN:

El 75% del territorio de la República Argentina se extiende bajo condiciones áridas y semiáridas. En este territorio, la desertificación avanza a través de distintos procesos y grados de erosión, a esta problemática ambiental se le suma que en estas regiones las actividades productivas más importantes se desarrollan en los oasis de riego, y en ellas el 40% de su superficie presenta problemas de desertificación provocados por la salinización y el revenimiento (Abraham & Salomón, 2011).

La salinización es el proceso de acumulación de sales en el perfil del suelo, se distinguen dos tipos: primaria y secundaria. La primaria ocurre como un proceso natural en zonas donde la roca madre es rica en sales y la tasa de evapotranspiración es mayor que la tasa de precipitación. También se puede inducir a la salinización con determinados patrones naturales de drenaje o rasgos topográficos, la estructura geológica o la distancia al mar (Solé & Cantón, 2005). En cambio, la salinización secundaria es producto de la acumulación de sales debido a las actividades antrópicas no sustentables, a partir de dos desencadenantes: de tierras secas no irrigadas o por irrigación (Zhou et al., 2013). La primera se produce a causa del reemplazo de la vegetación nativa perenne de raíces profundas por cultivos anuales de raíces poco profundas. La reducción de la evapotranspiración altera el balance natural del agua y produce un ascenso del nivel freático. Por otro lado, la salinización por irrigación se produce como consecuencia del riego excesivo y la falta de drenaje adecuado. Este proceso puede ser acelerado por la baja calidad del agua de irrigación, baja conductividad hidráulica y condiciones de alta evaporación. En los sectores con estratos transmisores impermeables se eleva el nivel freático y cuando el agua subterránea llega por ascenso capilar a la zona radicular o a la superficie, se evapora depositando las sales que lleva disueltas (Guida-Johnson, Abraham, & Cony, 2017). Los suelos afectados por salinidad se caracterizan por una conductividad eléctrica del extracto de saturación superior a los 4 dS/ m, o por un exceso de Na⁺ en la solución del suelo o en los sitios de intercambio catiónico -suelos sódicos- (Taleisnik & López Launstein, 2011).

Todo ello ocurre en un contexto donde en los últimos 75 años ha disminuido el 66% de la superficie forestal natural del país, por la sobreexplotación para la producción de madera, leña o carbón, el sobrepastoreo y la expansión de la frontera agropecuaria (Abraham, Quintana, & Mataloni, 2018). En Argentina el área regada ocupa el 70% de todas las extracciones para uso consuntivo del agua y tiene una eficiencia promedio del 40%. Un síntoma de esta ineficiencia generalizada se manifiesta en el hecho de que de las 1,6 millones de hectáreas bajo riego que hay en el país, un tercio tiene problemas de salinización de suelo y/o de drenaje (Morábito et al., 2005).

El incremento de los suelos salinos limita la producción de cultivos para la alimentación humana y animal (Mesa, 2003). A escala regional, en Mendoza, cuya mayor parte de la superficie se encuentra dentro de la provincia biogeográfica del Monte, ha sido sometida a la transformación de sus ambientes naturales. Los grandes cambios en el ecosistema comenzaron en el siglo XVII con la introducción de ganado doméstico por parte de los españoles, posteriormente a finales del siglo XIX el crecimiento poblacional y las demandas de la Provincia de Mendoza condujeron a la llegada del ferrocarril. Estos hitos produjeron el agotamiento de los bosques, donde se realizó tala rasa para su utilización, dando lugar a sucesiones de pastizal xerófilo y degradación ambiental (Rojas, Álvarez, & Prieto, 2009). La provincia biogeográfica del Monte, se caracteriza por sus condiciones de aridez y termicidad del clima, con una fuerte evapotranspiración, lluvias escasas e irregulares en el tiempo y en el espacio, la recurrencia y

persistencia de sequías y lluvias torrenciales, con limitaciones en los recursos. Es por ello que en los oasis es donde se concentran los principales centros urbanos y actividades productivas, mientras que las tierras no irrigadas han sido marginadas de los procesos de desarrollo económico, presentando escasa población, con economías de subsistencia (Abraham et al., 2018). En estos oasis, las prácticas agrícolas no sustentables eliminan los nutrientes del suelo, salinizándolo, desecándolo, compactándolo o sellando su superficie y provocando la acumulación de sustancias tóxicas, mientras que las áreas deprimidas del Monte no reciben aportes hídricos superficiales, ya que los caudales de los ríos se utilizan íntegramente para el riego de la zona cultivada y el consumo de los asentamientos urbanos (Ongay, Fermani, & Day, 2011). En las áreas no irrigadas del Monte, se desarrolla ganadería extensiva, y la existencia de recursos como los bosques de algarrobo y buenos pastizales, han hecho atractiva su explotación, sin considerar su sustentabilidad. Estas acciones que se han tomado en dichas áreas han favorecido a la desertificación, mientras que las sales que permanecen en la solución del suelo, lo salinizan y dificultan el desarrollo de los cultivos, reduciendo la productividad, y como consecuencia disminuye el valor de la tierra (Abraham et al., 2018).

La reducción de la productividad surge como efecto del estrés salino, que provoca en las plantas efectos de tipo osmótico y tóxico. El primer tipo ocurre cuando las sales disueltas en la solución edáfica disminuyen el potencial hídrico del suelo y las raíces absorben menos agua. La toxicidad ocurre cuando ciertos iones (como Na^+ y Cl^-) son absorbidos por las raíces y se acumulan causando daños en las estructuras celulares. A nivel celular se producen daños como la degradación de la clorofila, la pérdida de integridad de las membranas celulares y la muerte de las células por deshidratación o acumulación de iones tóxicos en el citoplasma (Martin & Vila, 2013). Estos efectos pueden actuar en forma independiente y frecuentemente en forma sinérgica (Sánchez, Guerra, & Scherger, 2015). En el mecanismo de ingreso del agua a la planta, a medida que el agua en el suelo va disminuyendo, las fuerzas de retención continúan aumentando, si a su vez el agua remanente contiene mayor concentración salina, la dificultad y en consecuencia la energía requerida debido al efecto osmótico se incrementa. La disminución de la disponibilidad del agua genera problemas al punto de reducir los rendimientos (Sánchez et al., 2015).

Bajo condiciones de estrés hídrico y salino, los sistemas naturales son muy sensibles a las actividades antrópicas donde la posibilidad de recuperación natural es baja (Villagra et al., 2017). Para la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (Society for Ecological Restoration (SER), 2004), la restauración es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, transformado ó totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre. El objetivo de la misma es restablecer su integridad, resiliencia y sustentabilidad, siguiendo como modelo el ecosistema histórico, intentando recuperar procesos y funciones, productividad y/o servicios de la comunidad original (Guida-Johnson et al., 2017).

Como se ha mencionado anteriormente, la problemática de la desertificación por salinización, afecta tanto a los oasis como a las áreas no irrigadas del Monte, es por ello que para su recuperación, se busca rehabilitar procesos o servicios como una parte integral de la conservación de ecosistemas áridos a escala regional. En el caso de la restauración de los oasis degradados, se contribuye a una planificación territorial que articula la relación oasis-tierras no irrigadas en un proceso de complementación y no de competencia (Guida-Johnson et al., 2017). Es por esto que se deben desarrollar e implementar estrategias de restauración que permitan aumentar la productividad, preservando el suelo y el agua en los suelos degradados, para así incorporarlos al sistema productivo. Para esto es necesario contar con especies

adaptadas a estas condiciones y desarrollar estrategias de implantación que aseguren la perdurabilidad de los sistemas implantados (Villagra et al., 2017).

Para restaurar suelos afectados por salinización se deben realizar acciones que reduzcan el ascenso del nivel freático, promuevan la infiltración y mejoren sus condiciones físicas y químicas. Una medida apropiada para restaurar suelos salinizados sería la revegetación con especies perennes halófitas debido a las condiciones extremas impuestas por la salinidad (Guida-Johnson et al., 2017).

Es de gran importancia la utilización de especies nativas, ya que en el pasado se han utilizado especies que simplemente pudieran sobrevivir en un área dada, siendo riesgoso el establecimiento de especies exóticas. Muchas especies introducidas en nuevos entornos se pueden expandir en el área invadiendo e impactando negativamente en la economía, la salud humana o la ecología de una región, denominándose entonces invasoras. La alteración del hábitat y los impactos de especies invasoras han sido la principal causa de extinción de especies en los últimos cientos de años. Hoy en día existe una creciente comprensión de los costos ecológicos de la invasión biológica en términos de pérdida irreparable de la biodiversidad nativa y degradación del funcionamiento del ecosistema (http://www.issg.org/about_is.htm). La perspectiva de restauración razonable debe considerar que la biodiversidad nativa de cada área constituye un recurso fundamental para la restauración de los ecosistemas terrestres (Natale et al., 2014).

Un enfoque interesante es el de la restauración productiva, esto implica la recuperación de algunos elementos de la estructura y función del ecosistema original, junto con la producción sustentable que genere bienes económicos para la población local (Guida-Johnson et al., 2017). La revegetación con gramíneas nativas forrajeras, que poseen menores requerimientos hídricos y con mayor tolerancia a las sales permite dar un mayor uso ganadero a estas áreas marginales, permitiría aumentar la receptividad ganadera sin dejar de mencionar los beneficios ambientales asociados, como la fijación de suelo, el aporte de materia orgánica, beneficiando también los microorganismos del suelo (Villagra et al., 2017).

En el Monte central, las gramíneas componen el estrato herbáceo de comunidades dominadas por arbustos y constituyen la principal fuente de alimento del ganado. Entre las que se encuentran *Leptochloa crinita*, *Pappophorum caespitosum* y *Panicum urvilleanum*. Todas ellas simpátricas a escala regional, aunque existe cierta distribución preferencial ligada a tipos de suelos y/o grado de aridez. Por ejemplo, *P. caespitosum* es la especie más importante de la zona ocupando suelos areno-limosos de la comunidad del algarrobal; *L. crinita* es típica de suelos arcillosos e inundables y *P. urvilleanum* se encuentra principalmente en los médanos (Vega Riveros, 2017).

Las plantas han logrado desarrollar diferentes mecanismos de tolerancia para poder sobrevivir en ambientes salinos. Entre tales mecanismos se encuentran los siguientes: la disminución de la entrada de iones a la planta (exclusión) debida a una menor permeabilidad de las membranas celulares, la acumulación de iones tóxicos en las vacuolas (compartimentación) que permite disminuir su concentración en el citoplasma celular, y el ajuste osmótico que mantiene la turgencia por medio de la acumulación y/o síntesis de solutos orgánicos e inorgánicos (Martin & Vila, 2013). Por ejemplo, las hojas de *L. crinita*, y las hojas y tallos de *P. phillippianum* presentan glándulas de sal que excretan el exceso de sales de los tejidos metabólicamente activos (Taleisnik & Anton, 1988; Pérez Cuadra & Cambi, 2010).

La primera respuesta al déficit hídrico es una restricción del crecimiento en hoja, atribuido a la alta sensibilidad de la expansión foliar al estrés hídrico. La biomasa vegetal total, así como la partición de materia seca está influenciada por el estado hídrico de la planta. Y en algunos casos, cuando el agua es limitante, se ha observado un aumento relativo de la biomasa de las raíces en relación con la biomasa de brotes, debido principalmente a una reducción del crecimiento de brotes (Greco & Cavagnaro, 2003).

Durante el período seco las gramíneas del Monte regulan la pérdida de agua, en primera instancia, mediante el cierre estomático, y cuando el potencial agua desciende por debajo de cierto umbral, mediante cambios en la arquitectura foliar, plegando las hojas sobre la nervadura central, como es el caso de *P. caespitosum*, o plegando la lámina foliar por la mitad como *L. crinita*. Estas especies son capaces de resistir muy bajos potenciales agua foliares antes de verse afectado el crecimiento, verificándose potenciales agua pre-alba entre -5 y -4 MPa en *L. crinita*, *P. caespitosum*, *D. californica* (Villagra et al., 2011).

Las gramíneas nativas forrajeras de las regiones áridas y semiáridas, tienen características especiales que pueden conferir ventajas para obtener una mayor productividad bajo condiciones de estrés. Genotipos de una misma especie de pasto muestran con frecuencia variación en rasgos morfológicos y fisiológicos que pueden explicar sus rendimientos diferenciales bajo tales ambientes. Por lo tanto, para realizar una eficiente selección, es importante comparar el desempeño de las distintas especies y genotipos bajo las mismas condiciones de salinidad y sequía (Greco & Cavagnaro, 2005).

La selección de genotipos específicos adaptados a suelos salinos y a condiciones de baja disponibilidad hídrica permitiría disminuir los riesgos durante el establecimiento de las plantas. En este sentido *L. crinita* presenta un alto potencial, ya que es una especie que crece en una gran variedad de ambientes y en la que se ha observado un rápido establecimiento y colonización (Kozub, Cavagnaro, & Cavagnaro, 2017).

L. crinita, una gramínea perenne, autógena, ha sido altamente estudiada por su amplia variación intraespecífica en características ecofisiológicas, morfológicas, producción de biomasa, calidad nutricional (como forraje) y la respuesta adaptativa al estrés (Kozub et al., 2017). De los genotipos existentes de *L. crinita*, cuatro están inscriptos en el Registro Nacional de la Propiedad y en el Registro Nacional de Cultivares del Instituto Nacional de Semillas (INASE). Un aspecto importante de estos genotipos a la hora de restaurar ambientes salinos es que se desarrollan en suelos de variadas conductividades eléctricas y bajo distintos regímenes de precipitaciones. Por ejemplo *L. crinita* 17 fue recolectada en suelos de la localidad 25 de Mayo, El Encón, San Juan con una conductividad eléctrica de 7,82 dS/m y precipitaciones medias anuales de 104 mm; *L. crinita* 13 proviene de Pichi Ciego, Santa Rosa, Mendoza con suelos de conductividad eléctrica de 0,42 dS/m y precipitaciones medias anuales de 327 mm; *L. crinita* 1 fue recolectada en El Mirador, Rivadavia, Mendoza en suelos con una conductividad eléctrica de 0,35 dS/m y precipitaciones de 204 mm; *L. crinita* 6 proveniente de Comandante Salas, Santa Rosa, Mendoza con una conductividad eléctrica de 0,23 dS/m y precipitaciones medias anuales de 327 mm (Lemes, 1992; Sartor, 2015; Vega Riveros, 2017a).

Teniendo en cuenta el potencial de las gramíneas nativas para ser usadas en tareas de revegetación y el contexto socio-ambiental donde se desarrollan, es conveniente encontrar una alternativa económica y viable a largo plazo para el aprovechamiento de los recursos naturales renovables en suelos degradados de las zonas áridas, en especial por condiciones de salinidad. Es por ello que se busca determinar y comparar el crecimiento de las especies *P.*

urvilleanum; *P. caespitosum* y cuatro genotipos de *L. crinita* en condiciones de salinidad y sequía, para seleccionar aquella especie que en estas condiciones sigue siendo productiva.

1.1. Hipótesis:

Las condiciones ambientales de los sitios de origen (precipitación y salinidad) de las gramíneas perennes nativas determinan las respuestas de las mismas a condiciones de salinidad, sequía y su combinación.

1.2. Objetivo general:

Determinar y comparar el efecto de la salinidad y su interacción con sequía, sobre el crecimiento de las especies de gramíneas nativas perennes *Panicum urvilleanum*, *Pappophorum caespitosum*; y cuatro genotipos de *Leptochloa crinita*.

1.3. Objetivos particulares:

Cuantificar la altura, diámetro basal, número de macollos y biomasa aérea final de las especies estudiadas, sometidas a tratamientos de salinidad y sequía.

Comparar el crecimiento de las especies estudiadas, sometidas a tratamientos de salinidad-sequía, y en base a los datos obtenidos seleccionar aquellas adecuadas para posibles restauraciones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de especies utilizadas

Se trabajó con especies de gramíneas nativas perennes del Monte: *Panicum urvilleanum*; *Pappophorum caespitosum*, y cuatro genotipos de *Leptochloa crinita* registrados en el Registro Nacional de Cultivares del INASE: *L. crinita* 1, *L. crinita* 6, *L. crinita* 13 y *L. crinita* 17.

Pappophorum caespitosum R.E.Fr., *Leptochloa crinita* (Lag.) P.M.Peterson &N.W. Snow, y *Panicum urvilleanum* Kunth, todas especies C4 (ruta de fijación de CO₂), con crecimiento en la época primavera-estival (Cavagnaro, 1988). *P. caespitosum* y *L. crinita* tienen una estrategia de crecimiento oportunista, ya que el crecimiento se produce cuando coinciden condiciones favorables de temperatura (> 10 °C) y disponibilidad de agua en el suelo (Antonio Daniel Dalmaso, 1994).

La emergencia de las gramíneas se produce sólo en años húmedos (Marone, Horno, & González del Solar, 2000). En condiciones semicontroladas se determinó que se requiere un evento de precipitación mínimo de 40 mm para desencadenar la emergencia de las plántulas de *P. caespitosum* y *L. crinita* (Greco et al., 2013) . Las semillas de *P. caespitosum* y *L. crinita* no presentan dormición al momento de ser dispersadas (Sartor & Marone, 2010)

2.1.1. *Panicum urvilleanum* (Kunth)

Clasificación

Pertenece a la Clase Monocotiledóneas, Orden Poales, Familia Poacea, subfamilia Panicoideae, tribu Paniceae.

Sinonimia

Monachne urvilleana (Kunth)

Panicum patagonicum Hieron

Panicum urvilleanum Kunth var. *versicolor*

Panicum urvilleanum Kunth f. *subpilosum* Kuntze *subpilosum*

Panicum reversipilum Steud

Nombre común

Conocida vulgarmente como: "tupe", "ajo macho" o "jaboncillo".

Origen y distribución

Especie de distribución disyunta, hallándose en el sur de los Estados Unidos y en Argentina y Chile. Se encuentra en elevaciones de 0- 2000 msnm. En Argentina habita las regiones biogeográficas de Monte, Prepuna, Pampeana (Zuloaga et al., 2019).

Descripción botánica

Plantas perennes (Figura 1), rizomatosas, rizomas cundidores; cañas erectas de 40-70 cm de alto, simples, entrenudos cilíndricos, rígidos, glabros, huecos hacia la porción superior; nudos pilosos, cubiertos de pelos blanquecinos antrorsos; vainas de 8-20 cm de largo, más largas que los entrenudos, pajizas, densa a esparcidamente pilosas, con pelos retrorsos; lígulas cortamente membranáceas en la porción inferior y largamente ciliadas, de 1-3 mm de largo; cuello piloso o glabro; láminas lanceoladas, de 24-50 cm x 2-5 mm, angostadas y con los bordes involutos hacia la base, el ápice atenuado, rígidas, densamente vilosas en ambas caras, con pelos antrorsos en la cara adaxial y retrorsos en la cara abaxial, o glabras. Inflorescencia terminal exerta, panojas laxas, difusas, abiertas, de 20-35 x 5-20 cm; eje principal liso, glabro o con pelos esparcidos a densamente piloso, pulvínulos pilosos, ramificaciones de primer orden alternas u opuestas, ejes de las ramificaciones y pedicelos densa a esparcidamente pilosos, pedicelos de 2,5-10 mm de largo. Espiguillas largamente ovoides, de 4,8-7,3 x 1,8-2,6 mm, densamente lanosas, pajizas o con tintes rojizos, gluma superior y lemma inferior subiguales; gluma inferior ovado-lanceolada, de 3,5-6,3 mm de largo, acuminada, 7-9(-11)-nervia, pilosa, más hacia la base y los márgenes; gluma superior ovado-lanceolada, 11-13(-15)-nervia; lemma inferior glumiforme, 9-11(-13)-nervia; pálea inferior elíptica, de 4,1-5,6 x 1,4-2 mm, membranácea, esparcidamente pilosa; flor estaminada presente, anteras de 2,8-4 mm de largo; antecio superior largamente ovoide, de 3,5-5,3 x 1,4-2,2 mm, pajizo, liso, lustroso, endurecido, lemma 7-nervia y con los bordes inferiores con largos macropelos unicelulares, ápice de la pálea cubierto de papilas verrugosas, anteras 3, anaranjadas; cariopse no visto (Zuloaga et al., 2019).

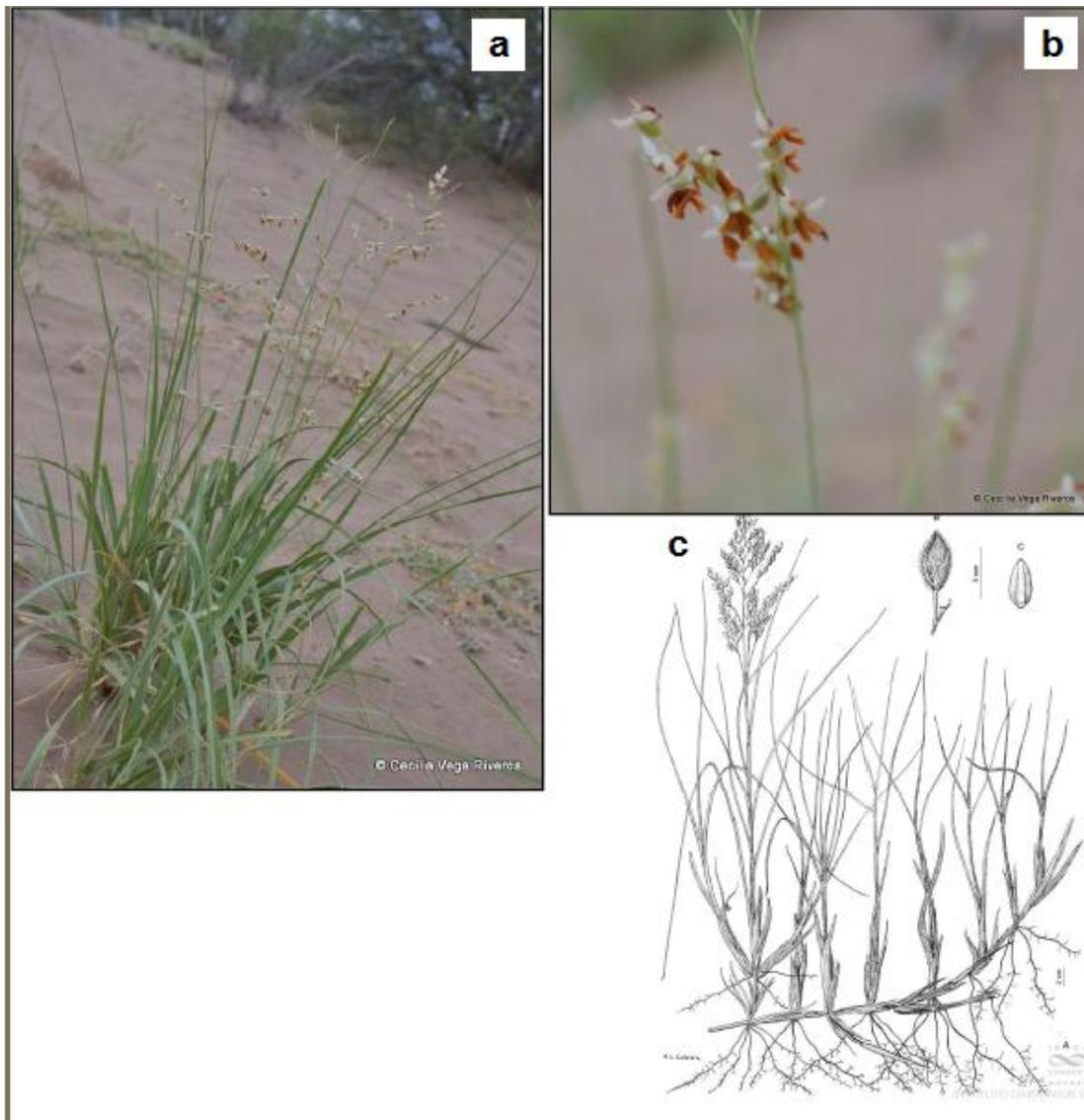


Figura 1. a) Individuo de *Panicum urvilleanum* (tomado de Vega Riveros, 2017) b) Detalle de la panoja. c) A-Planta. B- espiguilla, vista central. C-antecio superior, vista ventral. (Ilustración Instituto Darwinion).

Aspectos ecológicos

Habita en dunas y suelos arenosos, secos. Florece y fructifica entre noviembre y abril (Zuloaga et al., 2019). Es una planta psamófila, rizomatosa, sus rizomas viajeros invasores pueden alcanzar mucha profundidad (Kiesling, 2009). Es la planta dominante, no sólo en los cuerpos de arena de dunas activas continentales (Dalmasso et al., 1988), sino también en las dunas costeras (Monserrat et al., 2012). Forma pequeños parches sobre las crestas de las dunas pero crea parches continuos sobre pendientes bajas donde la arena se vuelve relativamente estable (Danin, 1996).

Roig (1971) señala que esta especie es muy comida en Mendoza por los bovinos, cuando aún no está en floración. Guevara et al. (1996) determinaron que el ganado consume esta especie en función de su disponibilidad durante el año.

2.1.2. *Pappophorum caespitosum* R.E.Fr

Clasificación

Pertenece a la clase Monocotiledóneas, orden Poales, familia Poacea, subfamilia Chloridoideae, tribu Pappophoreae.

Sinonimia

Pappophorum caespitosum R.E. Fr.

Nombre común

Conocida vulgarmente como: "pasto amargo", "pasto blanco" o "pasto fuerte".

Origen y distribución

Especie con amplia distribución geográfica, en Bolivia, Paraguay y Argentina. Si bien se la puede hallar en regiones húmedas y subhúmedas, es muy común en zonas áridas y semiáridas, en especial en la región precordillerana; habita en cerros y sabanas de suelos generalmente salinos, encontrándose desde el nivel del mar hasta los 3500 msnm. En Argentina habita las regiones biogeográficas de Monte, Patagonia, Pampeana, Chaqueña (Zuloaga et al., 2019).

Descripción botánica

Plantas perennes (Figura 2), cespitosas, de 5-80 cm de altura, innovaciones intravaginales; cañas simples, rara vez ramificadas en el nudo basal, glabras; vainas glabras o pubescentes; lígula formada por una corona de cilias de 0,5-3,5 mm de largo, con pelos a los costados hasta de 5 mm de largo; láminas de 3-35 cm x 1-4 mm, normalmente linear-convolutas, rígidas, acuminadas, glabras, muy raro pubescentes, escabrosas en la cara adaxial. Inflorescencia en panoja subespigiforme, densa, a veces interrumpida, normalmente los antecios del ápice caen quedando las glumas, de 3-25(-40) x 0,5-2 cm, pajiza o con tintes violáceos, raquis angular, ligeramente escabroso. Espiguillas 5(-6)-floras, de 4-7(-8) x 1-1,7 mm, con los 2 antecios basales o sólo el primero fructífero; glumas 2, de 2-4,5 mm de largo; lemma del antecio basal con el cuerpo de 1,5-2,2(-2,5) mm de largo, con pelos a ambos lados de la quilla, base y márgenes que llegan hasta $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ del largo del mismo, superficie interna ligeramente escabrosa o a veces lisa en la parte superior, con 7 nervios más o menos marcados, provista de (14-)16-22 aristas antrorso-escabrosas de 3-5 mm de largo; pálea membranácea, ápice generalmente agudo, a veces 2-3-dentado, con las carinas escabrosas; cariopsis de 1-2,2 x 0,5-1 mm, ovada u oval-alargada, castaña, a veces traslúcida, con surco en su cara ventral e hilo punctiforme (Zuloaga et al., 2019).

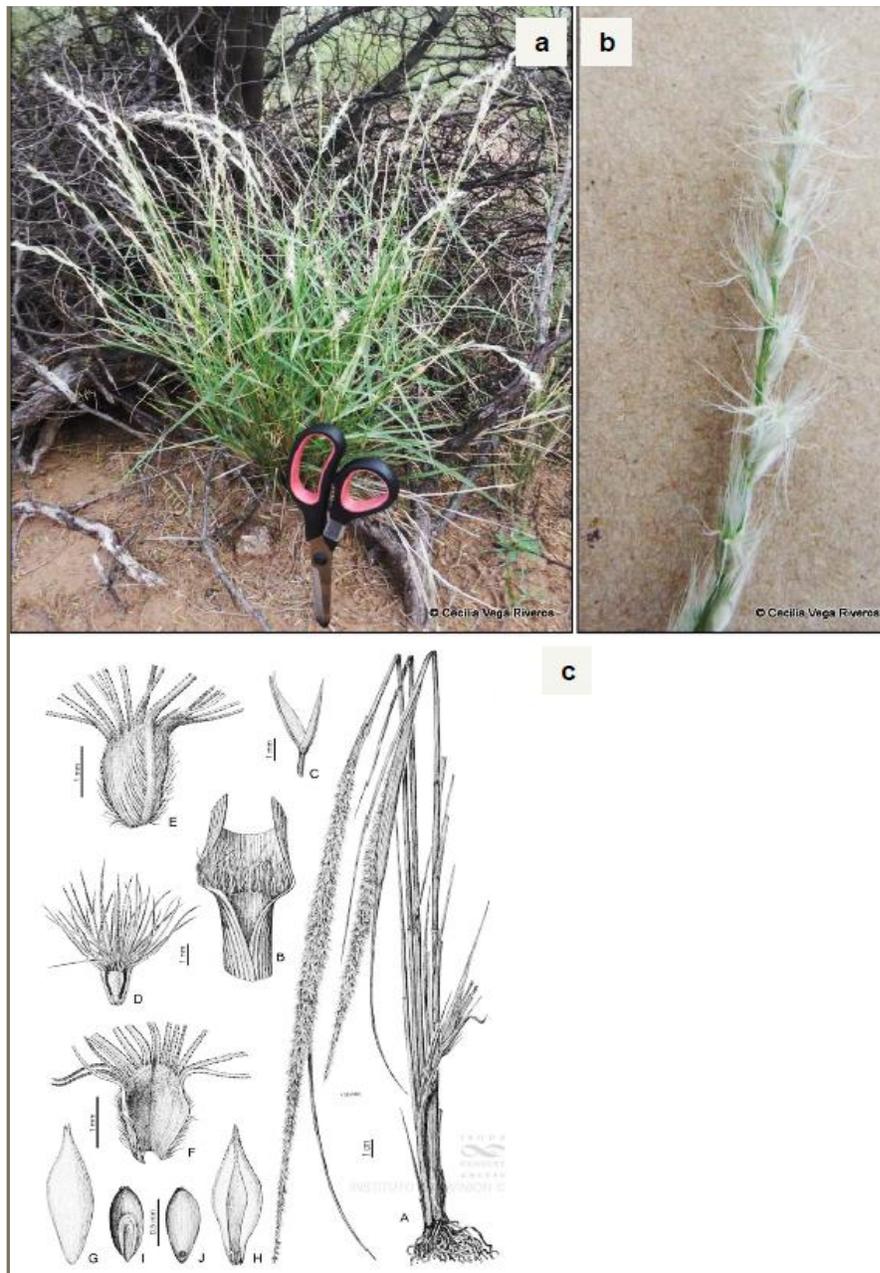


Figura 2. a) Individuo de *Pappophorum caespitosum* (tomado de Vega Riveros, 2017). b) Detalle de la panoja. c) A- planta. B-glumas. C- conjunto de antecios. D- pálea del antecio inferior. E- cariopsis. F. Lemma, cara ventral (las aristas han sido cortadas). G. Pálea, vista dorsal. H. Pálea, vista ventral, y lodículas. I. Cariopsis, vista escutelar. J. Cariopsis, vista hilar. (Ilustración del Instituto Darwinion).

Aspectos ecológicos

Es una planta heliófila, comida por el ganado (Ruiz Leal, 1972). Habita en cerros, sabanas de suelos salinos y en suelos areno-limosos de la comunidad del algarrobal (Roig, 1971).

Responde perfectamente al estímulo de las lluvias, ajustando su mayor producción a la época de mayores precipitaciones. Resiste el pastoreo hasta aproximadamente 15 cm de altura, por

debajo de este límite provoca una disminución en la producción de forraje y emisión de espigas (Cavagnaro & Dalmaso, 1983).

Las semillas de *P. caespitosum* presentan mayor germinación entre los 25 y 35°C (Greco, Cavagnaro & Marone, 2003)

Durante la estación seca, *P. caespitosum* pliega las hojas sobre la nervadura foliar (Trione & Cavagnaro, 1998) y es capaz de resistir potenciales agua foliares pre-alba entre los -4 y -5 MPa antes de que se afecte su crecimiento (J. B. Cavagnaro & Passera, 1991). Bajo condiciones no limitantes y a temperaturas moderadamente bajas (aproximadamente 12-20°C), *P. caespitosum* presenta mayor crecimiento por hoja (alta actividad de meristemas intercalares individuales) que le permite lograr su capacidad de crecimiento (Berone, 2016).

Es una buena forrajera (Kiesling, 2009; Kröpfl, Villausos, & Peter, 2012) antes de la maduración de los frutos. Su contenido de proteína varía entre 6 y 9,5%, y su digestibilidad, entre 52 % y 65% (Kröpfl et al., 2012).

2.1.3. *Leptochloa crinita* (Lag.) P.M Peterson & N.W. Snow

Clasificación

Pertenece a la clase Monocotiledóneas, orden Poales, familia Poacea, subfamilia Chloridoideae, tribu Cynodonteae.

Sinonimia

Trichloris crinita (Lag.) Parodi

Chloris crinita Lag. Varied

Chloris mendocina Phil. Anales

Chloropsis blanchardiana (E. Fourn. ex Scribn.) Kuntze

Chloropsis crinita (Lag.) Kuntze

Chloropsis mendocina (Phil.) Kuntze

Trichloris blanchardiana E. Fourn

Trichloris crinita (Lag.) Parodi var. triflora Parodi

Trichloris mendocina (Phil.) Kurtz

Nombre común

Conocida vulgarmente como: "pasto de hoja", "plumerito" o "pasto crespo".

Origen y distribución

Habita en regiones templado-cálidas de América, con un área de distribución bicéntrica: en Norteamérica: en el sur de Estados Unidos de América, norte de México, y en Sudamérica: en

Paraguay, Bolivia, Chile, Argentina, siendo escasa en Uruguay. En Argentina habita las regiones biogeográficas de Monte, Prepuna, Pampeana y Chaqueña. Habita en campos altos, abiertos y en bosques (Zuloaga et al., 2019).

Descripción botánica

Hierbas perennes (Figura 3) de 30-80(-100) cm de alto, cespitosas, con rizomas cortos o estoloníferas, estolones largos y endurecidos, macollos abundantes, matas más o menos densas; cañas simples, a veces ramificadas, erectas o geniculadas en los nudos inferiores, muy comprimidas, glabras, paucinodes; nudos constreñidos, oscuros, glabros; vainas aquilladas, amarillo-verdosas a violáceas, ferrugíneas al envejecer, estriadas, escabrosas, menores que los entrenudos, con abundantes pelos de 6 mm de largo, de base tuberculada, en los márgenes, cerca de la lígula, o en toda su superficie; lígulas brevísimas, membranáceo-pestañosas; láminas de 15-25 cm x 2-10 mm, conduplicadas o planas, escabrosas, con pelos largos de base tuberculada en ambas caras, muy abundantes cerca de la lígula donde forman mechones, márgenes escabrosos. Inflorescencia obcónica, exerta, a veces incluida en una vaina ensanchada, formada por 5-25 racimos espiciformes de 5-18 cm de largo, fasciculados en varios verticilos sobre un eje abreviado, rojo-violáceos al florecer, pajizos al madurar, raquis triquetro, escabroso. Espiguillas densamente imbricadas, muy caedizas, brevemente pediceladas, pedicelo de 1,5 mm de largo, escabriúsculo a glabro, con 1 antecio inferior perfecto, fértil y 1-2 superiores, neutros, estériles, sostenidos por una raquilla escabriúscula ca. 2 mm de largo; antecio estéril con lemma de cuerpo muy reducido, 3-aristada, aristas de 10-21 mm de largo, iguales o más o menos iguales en longitud que las aristas de la lemma del antecio fértil, generalmente poco menores; el segundo antecio estéril, cuando presente, representado por 1, 2 ó 3 arístulas débiles de 1-7 mm de largo o por una lemma diminuta sostenida por un corto pedicelo, con 3 aristas débiles de menor longitud; raquilla articulada por arriba de las glumas, escabriúscula, ca. 2 mm de largo; glumas 2, muy desiguales, menores que el antecio, membranáceas, hialinas, lineares a lanceoladas, glabras, 1-nervias, nervio escabroso, cuerpo de la gluma inferior de 0,5-2 mm de largo, mucronada o con arístula de 1 mm de largo, la superior de 2,5-3,5 mm de largo, con arístula ca. 2 mm de largo; lemma del antecio fértil de 2,5-3,5 mm de largo, estrechamente lanceolada a elíptica, más o menos cartácea, muy pubescente en todo su contorno, 3-nervia, 3-aristada, la arista central de 10-30 mm de largo, las laterales iguales o poco menores que la central, rectas, escabrosas; pálea de igual longitud que la lemma o apenas menor, más o menos cartácea, biaquillada, brevemente bidentada, ½ superior de las carinas escabriúscula, dorso plano, escabriúsculo, márgenes angostos, membranáceo-hialinos; callo abundantemente piloso; lodículas 2, de 0,6 mm de largo, soldadas a la pálea; estambres 2, anteras de 0,6 mm de largo, exertas o adheridas al ápice del cariopsis; cariopsis de 1,7-2,4 mm de largo, fusiforme, translúcida, surco longitudinal profundo; mácula embrional ½ de la longitud del fruto; hilo basal punctiforme; endosperma seco (Zuloaga et al., 2019).

En estudios recientes se obtuvieron resultados que indican que el modo reproductivo de las variedades de *L. crinita* es sexual pero altamente autógama (Kozub et al., 2017), la falta de segregación fenotípica hallada en progenies de *L. crinita* puede deberse a una elevada tasa de autogamia con ausencia de apomixis (Cavagnaro et al., 2006), contrario a lo que se creía en el pasado, donde se afirmaba que se reproducía agámicamente.

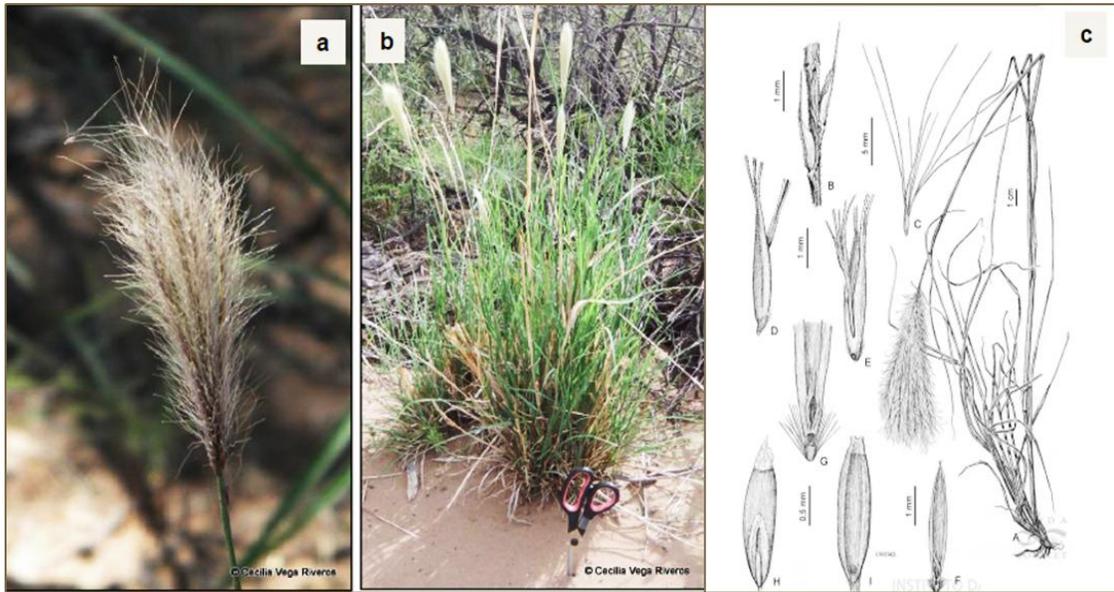


Figura 3. a) Detalle de la panoja b). Individuo de *Leptochloa crinita* (tomado de Vega Riveros, 2017). c) A- Planta. B- porción del raquis con glumas. C- antecios. D- antecios, vista lateral. E- antecios, vista ventral. F- pálea, vista ventral. G- callo y base de la pálea con las lodículas soldadas. H- cariopsis, vista escutelar. I cariopsis, vista hilar. (Ilustración del Instituto Darwinion).

Aspectos ecológicos y fisiológicos

Forma manchones en campos altos abiertos y en algarrobales, caldenales, quebrachales, vinalares, jarillares, peladares, palmares, jumeales, espartillares o en los bordes de los salitres. Característica de suelos arcillosos e inundables, de textura fina, seca, arenosos, salinos o terrenos removidos a orillas del camino (Roig, 1971). Es considerada una forrajera estival valiosa (alto contenido proteico), de buena resiembra natural. Florece desde septiembre a mayo (Kiesling, 2009; Kröpfl et al., 2012; Ruiz Leal, 1972).

Esta especie es tolerante a la defoliación (Cavagnaro & Dalmasso, 1983), a la sequía y a la salinidad (Greco & Cavagnaro, 2002). Las semillas de esta especie pueden germinar en un rango entre 25-35°C, alcanzando entre un 90 y 100% de germinación (Giambatista et al., 2010; Greco et al., 2003).

Cuando el potencial agua descende, *L. crinita* pliega la lámina foliar por la mitad y es capaz de resistir potenciales agua foliares prealba entre los -4 y -5 MPa antes de verse afectado su crecimiento (Greco & Cavagnaro, 2002). En ausencia de restricciones de agua y de nutrientes y bajo condiciones de temperaturas moderadamente bajas (aproximadamente 12- 20°C), *L. crinita* muestra que su capacidad de crecimiento está dada por un mayor número de hojas (alto número de meristemas intercalares activos (Berone, 2016).

Descripción de los genotipos utilizados

En el banco de germoplasma del Instituto de Investigación de Zonas Áridas (IADIZA) del CONICET-Mendoza, existe una colección de pastos nativos de la región del Monte argentino recolectados durante diversos viajes de exploración, en más de 350,000 km², formando una muestra amplia y diversa. Este germoplasma proviene de plantas obtenidas de 48 poblaciones naturales de *Leptochloa crinita*. Actualmente, hay 21 accesiones de *Leptochloa crinita*

conservadas en colecciones a campo y bancos de semillas. Existen datos relativos a los sitios de recolección (referencias geográficas, suelo, topografía, comunidades vegetales), fisonomía y fenología, así como morfológica (Cavagnaro et al., 2006; Kozub, Cavagnaro, et al., 2017).

En esta colección, se han realizado estudios para determinar la diversidad genética entre los genotipos de *Leptochloa crinita* basados en marcadores AFLP, además se evaluó la variabilidad de la colección en cuanto a caracteres morfológicos (número de tallos, altura, diámetro basal, dimensiones de la hoja, entre otros) y agronómicos (producción de biomasa) (Cavagnaro et al., 2006). Con los datos moleculares, se realizó un análisis de agrupamiento y se observó que los genotipos de *L. crinita* se agrupaban de acuerdo a su producción de biomasa. Se clasificaron los genotipos en base a este parámetro: genotipos con alta productividad (más de 110 g MS/planta), media productividad (de 75 a 100 g MS/planta) y baja productividad (menos de 75 g MS/planta) (Cavagnaro et al., 2006; Kozub, Cavagnaro, et al., 2017).

Los genotipos elegidos para el ensayo son aquellos que hasta la fecha están registrados en el Registro Nacional de la Propiedad y en el Registro Nacional de Cultivares del Instituto Nacional de Semillas (INASE), las cuales varían en producción de biomasa, rendimiento de semilla y grado de tolerancia a la sequía. A continuación (Tabla 1), se muestran los detalles de los lugares de procedencia y productividad de las especies/ genotipos utilizadas. Las semillas de *L. crinita* fueron cosechadas de la colección de *L. crinita* de IADIZA, CCT, provincia de Mendoza, en marzo del 2016, mientras que las semillas de *Panicum urvilleanum* y *Pappophorum caespitosum* fueron recolectados en abril del 2014 y mayo del 2016, respectivamente en los lugares de procedencia.

Tabla 1. Caracterización de semillas utilizadas para *Panicum urvilleanum*, *Pappophorum caespitosum*, y genotipos de *Leptochloa crinita* utilizados en el ensayo.

| Especie/ Genotipo | Procedencia | Salinidad del lugar de procedencia (dS/m) | Precipitaciones del lugar de procedencia (mm) | Productividad | Cultivar |
|--------------------------------|--|--|--|----------------------|-------------|
| <i>Panicum urvilleanum</i> | Reserva provincial Telteca (Altos limpios), Lavalle, Mendoza | 0,46 | 160 | 165,7 kg/ha/año | |
| <i>Pappophorum caespitosum</i> | Reserva de biósfera de Ñacuñán, Santa Rosa, Mendoza | 0,73 | 327 | 144 g MS/planta/año | |
| <i>L. crinita</i> 1 | El Mirador, Rivadavia, Mendoza | 0,35 | 204 | 88,1 g MS/planta/año | MIRADOR-IAD |
| <i>L. crinita</i> 6 | Comandante Salas, Santa | 0,23 | 327 | 33,3 g MS/planta/año | SALAS-IAD |

| | | | | | |
|----------------------|--|------|-----|--------------------------|-----------------|
| | Rosa, Mendoza | | | | |
| <i>L. crinita</i> 13 | Pichi Ciego, Santa Rosa, Mendoza | 0,42 | 327 | 189,5 g MS/planta/año | PICHI-IAD |
| <i>L. crinita</i> 17 | 25 de Mayo, El Encón, San Juan | 7,82 | 104 | 88,2 g MS/planta/año | SAN JUAN-IAD |

(Lemes, 1992; Sartor, 2015; Vega Riveros, 2017^a, Dalmaso & Ciano, 2015) INASE-Registro Nacional de Cultivares de *L. crinita* (www.gestioninase.gov.ar/consultaGestion/gestiones)

2.2. Diseño experimental

El ensayo se llevó a cabo en condiciones semi-controladas en la parcela experimental de la cátedra de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, Luján de Cuyo, Mendoza.

Los tratamientos aplicados fueron: control (C), control-sequía (CS), salinidad (S), salinidad-sequía (SS).

Los controles fueron regados con agua proveniente del pozo existente en la parcela experimental, la cual es levemente salina con una conductividad eléctrica de 1,06 dS/m, similar a una concentración de sales de 0,1M.

Los tratamientos salinos se regaron con una solución de 0,25M que se obtuvo agregando sales de NaCl (0,5 g/l) y CaCl₂ (0,4 g/l) al agua de pozo.

Los tratamientos con sequía fueron regados cada 15 días con la cantidad de agua necesaria para llegar al 30% de la capacidad de campo (CC), mientras que los tratamientos control y salinidad fueron regados semanalmente con la cantidad de agua necesaria para alcanzar el 50% de la capacidad de campo (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de los tratamientos aplicados en el ensayo

| <i>TRATAMIENTO</i> | <i>Descripción</i> |
|--------------------|--------------------|
|--------------------|--------------------|

| | |
|--------------------------|---|
| Control | Riego semanal con agua de pozo hasta completar el 50% de la CC. |
| Control-Sequía | Riego cada quince (15) días con agua de pozo hasta llegar a un 30% de la CC |
| Salinidad | Riego semanal con solución salina, hasta llegar al 50% de la CC. |
| Salinidad- Sequía | Riego cada quince (15) días con solución salina, hasta llegar al 30% de CC. |

Las semillas fueron acondicionadas mediante trillado, sembrando solo el cariopse, libre de sus tegumentos. Las semillas de *Panicum urvilleanum* se escarificaron siguiendo la metodología de Usberti & Martins (2007), realizada en *Panicum máximum*, la cual consistió en sumergir el fruto trillado en ácido sulfúrico al 98% durante 15 minutos (Figura 4). Transcurrido este tiempo se las enjuagó y se las dejó reposar en agua destilada una hora. Con la escarificación química se buscó sacar de la dormición a las semillas y garantizar tener las suficientes plantas para el ensayo.



Figura 4. Caja trilladora con semillas (izquierda), tratamiento de escarificación con ácido sulfúrico y elemento de enjuague para *P. urvilleanum* (derecha).

Debido a que las tres especies son plantas C4 con crecimiento en la época primavero-estival, este ensayo se llevó a cabo durante los meses de febrero, marzo, abril y mediados de mayo del 2018.

Se utilizaron macetas de polietileno negras de 20 L de capacidad provistas de drenaje, rellenas con 4 kg de suelo arcilloso (tierra fina seca al aire-TFSA) extraído de la parcela

experimental. Fueron puestas en condiciones de campo a la intemperie, protegidas de la lluvia, por una estructura de metal de 8 m de largo por 6 m de ancho cubierta en su parte superior con nylon transparente. En cada maceta se sembraron 10 semillas de cada una de las especies/genotipos correspondientes. En total se usaron 240 macetas (4 tratamientos x 6 especies/genotipos x 10 repeticiones). Las macetas se dispusieron en un diseño totalmente aleatorizado.

Se aplicó un riego inicial con 500 ml de agua de pozo, cantidad de agua necesaria para inducir la emergencia y obtener las plantas necesarias. Transcurridos quince días se raleó dejando una planta por maceta y se comenzaron a aplicar los tratamientos correspondientes.

Cada diez días aproximadamente se pesaron cinco macetas al azar por tratamiento, para así conocer el contenido hídrico actual y posteriormente regarlos con la cantidad necesaria para llegar al porcentaje de capacidad de campo (CC) correspondiente a cada tratamiento.

Durante el ensayo se midieron las siguientes variables: altura de las plantas hasta la hoja bandera (sin extender las hojas), diámetro basal de las plantas, y número de macollos vegetativos. Al finalizar el ensayo se determinó la biomasa aérea total de las plantas, para esto se cosechó la parte aérea de las plantas que llegaron con vida al final del ensayo, discriminando especie y tratamiento, y se secaron en estufa a 60 °C hasta peso constante. Posteriormente se realizó el pesaje en balanza E. Mettler (de precisión decimal).

Las variables fueron medidas sobre todas las plantas vivas, cada quince días desde el 12/3/2018 hasta el 11/05/2018. Para el análisis estadístico se utilizaron los datos obtenidos en la última medición del ensayo.

2.3. Mediciones complementarias

2.3.1. Capacidad de Campo

Para conocer la cantidad de agua de riego necesaria para cada tratamiento, se determinó la capacidad de campo (CC), definida como “la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El suelo a capacidad de campo se siente muy húmedo en contacto con las manos” (Shaxson et al.,2005).

Se obtuvo mediante el método gravimétrico, el cual cuantifica la pérdida de peso de una alícuota de suelo colocada en un pesa filtro de aluminio (Figura 5), cuando se seca en estufa a 105°C durante 72 hs (Pérez Valenzuela, 1999). En este caso se dispuso de cuatro macetas extra del ensayo con el fin de extraer una alícuota de suelo de cada maceta. Las mismas fueron regadas hasta escurrir, y se las dejó drenar 48 horas evitando la evaporación con un nylon cobertor, posteriormente se siguió con la metodología anteriormente descrita, obteniendo un valor promedio de capacidad de campo igual a 25,62 g de agua % g de suelo.



Figura 5. Toma de muestras para capacidad de campo (Izquierda); pesafiltros en estufa 105°C (Derecha).

En base al valor de capacidad de campo se estimó la cantidad de agua a agregar en los distintos tratamientos, 50% de CC en los casos de control y salinidad, equivalente a 12,8 g%g, y 30% de CC para control-sequía y salinidad-sequía equivalente a 7,6 g%g.

Durante el ensayo se realizaron pesadas antes de regar, cada diez días aproximadamente de cinco macetas al azar por tratamiento.

2.3.2. Conductividad Eléctrica

Paralelamente se realizó un seguimiento mensual de las conductividades eléctricas de los tratamientos. Para esto, se dispuso de 3 macetas extra por tratamiento, las cuales fueron regadas con el mismo régimen que aquellas macetas sembradas. Posteriormente se extrajo una alícuota de suelo proveniente de dichas macetas y se determinó la conductividad eléctrica de la muestra compuesta por dichas alícuotas, utilizando la metodología indirecta de conductimetría. El método consta de la preparación de una pasta de saturación, donde una vez alcanzado el equilibrio entre la fase líquida y sólida se extrae al vacío la fase líquida, obteniendo el extracto de saturación. Con la ayuda de un conductímetro y de una celda conductimétrica se determina la conductividad del extracto de saturación en mS/cm (Pérez Valenzuela, 1999).

2.4. Análisis de datos

El ensayo se realizó bajo un diseño completamente aleatorizado. Para poder conocer el efecto de los tratamientos y de las especies en las variables de crecimiento medidas, se realizó un análisis estadístico mediante el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2019).

El análisis estadístico aplicado constó de un análisis multivariante de la varianza (MANOVA), utilizando el análisis de Lawley-Hotelling, corregido por Bonferroni con un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Se utilizaron seis de las diez repeticiones ($n=6$) para cada especie por tratamiento, para lograr el balance de datos ya que en el transcurso del ensayo murieron plantas. Además, se decidió no incluir en el análisis estadístico a la especie *P. urvilleanum*, ya que por la alta mortalidad no

se obtuvieron datos balanceados, no cumpliendo consecuentemente con los supuestos del MANOVA. Por ejemplo, para esta especie en el tratamiento control-sequía no se obtuvieron plantas vivas al finalizar el ensayo, mientras que para los restantes tratamientos se obtuvieron tres repeticiones (n=3). De todos modos se muestran sus resultados en las figuras explicativas de cada variable.

Para corroborar que los tratamientos de riego fueron diferentes, se comparó la trayectoria de los contenidos hídricos para los tratamientos durante el transcurso del ensayo. Para ello se utilizó un Análisis de la varianza multivariado para medidas repetidas en el tiempo (Balzarini et al., 2008).

3. RESULTADOS

Como se aprecia en la Figura 6, se muestran las diferencias en el contenido hídrico durante el ensayo entre los tratamientos sin sequía y los tratamientos con sequía, dichas mediciones se realizaron antes de regar.

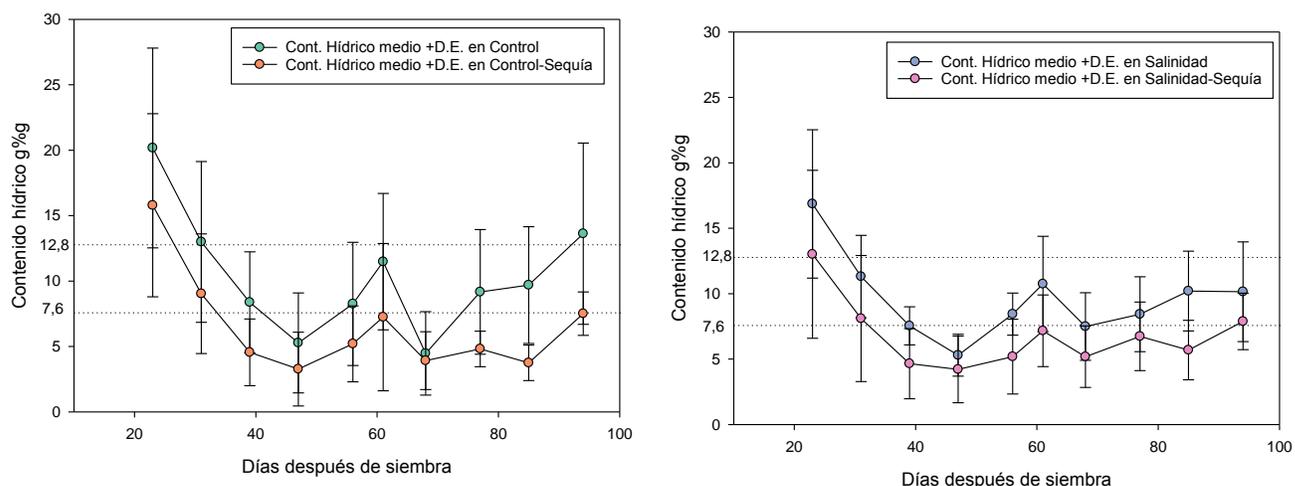


Figura 6. Evolución en el tiempo de los contenidos hídricos (g de agua % g de suelo) de las macetas según tratamientos y desviación estándar (D.E). A la izquierda se comparan los tratamientos control y control-sequía, a la derecha se comparan los tratamientos salinidad y salinidad-sequía. Con líneas punteadas se destaca el contenido hídrico correspondiente al 50% CC (12,8 g/g) y 30% CC (7,6 g/g).

Se realizó el análisis estadístico de las mediciones en el tiempo comparando los tratamientos control, control-sequía, salinidad, salinidad-sequía; para esto se realizó el análisis estadístico multivariado Lawley-Hotelling con un nivel de significancia $\alpha=0,05$, el estadígrafo de prueba para MANOVA dio como resultado $F=3,21$; para 30 grados de libertad con un $p\text{-valor}=0,007$ por lo que los tratamientos resultaron estadísticamente significativos. Los análisis posteriores de comparación mostraron que durante el transcurso del ensayo, existieron diferencias significativas entre los contenidos hídricos de las macetas en control y salinidad comparado con las macetas bajo condiciones de sequía.

La conductividad eléctrica (CE) medida en las macetas de monitoreo fluctuó a lo largo del ensayo (Figura 7). Se destaca la CE notablemente mayor en el tratamiento salino, seguido por el tratamiento control. Los tratamientos de sequía finalizaron con CE similares.

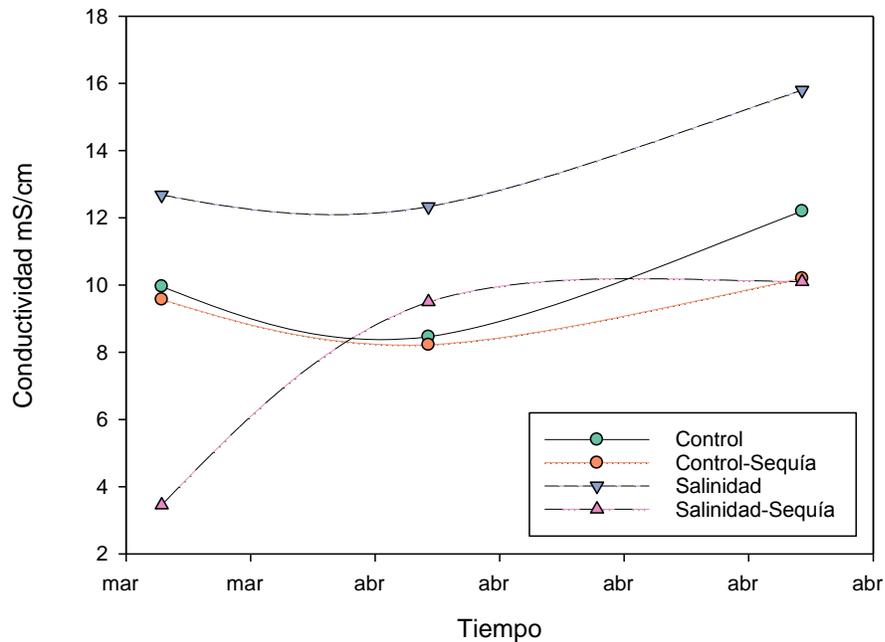


Figura 7. Evolución en el tiempo de la conductividad eléctrica de las muestras de suelos correspondientes a cada tratamiento. Referencia: mar: marzo, abr: abril.

Al analizar estadísticamente todas las variables de crecimiento, los resultados aportan suficiente evidencia, con un nivel de significancia $\alpha=0,05$, para señalar que hay un efecto de las especies y de los tratamientos en las variables (Tabla 3), sin embargo, no existe efecto de la interacción especie*tratamiento.

Tabla 3. Resultados del análisis estadístico Lawley-Hotelling, de las variables de crecimiento medidas en todas las especies, siendo F el estadígrafo de prueba para MANOVA, se señalan en negrita aquellas diferencias significativas.

| Variable | Estadígrafo | Grados de libertad | p-valor |
|--------------------|-------------|--------------------|-------------------|
| Especie | F=5,86 | 16 | <0,0001 |
| Tratamiento | F=25,91 | 12 | <0,0001 |
| Interacción | F=0,98 | 48 | 0,5082 |

Teniendo en cuenta el análisis comparativo a nivel de especie, *L. crinita* 13 es la especie que presentó mayores valores de crecimiento, seguida por *P. caespitosum*, mientras que no existen diferencias significativas en los resultados obtenidos para los genotipos *L. crinita* 6, *L. crinita* 17, *L. crinita* 1 (Tabla 4).

Tabla 4. Altura, diámetro basal, número de macollos y biomasa promedios con su desviación estándar correspondiente, de las especies estudiadas en el ensayo, siendo n: tamaño muestral. Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni $\alpha=0,05$, para el factor especie. Letras en común no son significativamente diferentes.

| Especie | Altura (cm) \pm D.E. | Diámetro basal (cm) \pm D.E. | Número de Macollos \pm D.E. | Biomasa (mg) \pm D.E. | n | |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|----|----------|
| <i>L. crinita 13</i> | 12,54 \pm 3,6 | 6,9 \pm 2,6 | 8,2 \pm 4,4 | 170,4 \pm 124,8 | 24 | A |
| <i>P. caespitosum</i> | 14 \pm 5,23 | 5,63 \pm 3 | 5,8 \pm 3,1 | 131,3 \pm 129,1 | 24 | B |
| <i>L. crinita 6</i> | 8,5 \pm 3,1 | 5,81 \pm 2,6 | 6,94 \pm 4,1 | 114,4 \pm 113,3 | 24 | C |
| <i>L. crinita 17</i> | 8,5 \pm 3,2 | 5,5 \pm 3,2 | 7 \pm 4,5 | 106,5 \pm 116,9 | 24 | C |
| <i>L. crinita 1</i> | 7,3 \pm 3,2 | 5,17 \pm 3 | 7,7 \pm 5,3 | 94,6 \pm 98,2 | 24 | C |

Por su parte, la comparación del efecto de los tratamientos (Tabla 5) refleja que existen diferencias significativas en las variables para el control, creciendo significativamente más que los restantes tratamientos.

Tabla 5. Altura, diámetro basal, número de macollos y biomasa promedios con su desviación estándar correspondiente, de las plantas sometidas a los distintos tratamientos de salinidad y sequía, siendo n: tamaño muestral. Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni $\alpha=0,05$, para el factor tratamiento. Letras en común no son significativamente diferentes.

| Tratamiento | Altura (cm) \pm D.E. | Diámetro basal (cm) \pm D.E. | Número de Macollos \pm D.E. | Biomasa (mg) \pm D.E. | n | |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|----|----------|
| Control | 12,8 \pm 4,9 | 9,1 \pm 2,5 | 12,9 \pm 4,2 | 289,7 \pm 108,4 | 30 | A |
| Salinidad- Sequía | 9,3 \pm 4,6 | 4,9 \pm 2,4 | 5,3 \pm 1,9 | 69,7 \pm 51,9 | 30 | B |
| Salinidad | 9,1 \pm 3,6 | 4,4 \pm 2 | 5,1 \pm 1,8 | 63,5 \pm 36,2 | 30 | B |
| Control- Sequía | 9,4 \pm 4 | 4,8 \pm 2 | 5,2 \pm 2,4 | 70,8 \pm 54,6 | 29 | B |

Los resultados obtenidos muestran un efecto considerable en la altura de todas las especies (Figura 8), creciendo menos bajo los tratamientos de control-sequía, salinidad y salinidad-sequía en comparación con el control, una disminución del 27,18% en promedio cuando se encontraron en salinidad y sequía. En esta variable la especie *L. crinita 6* fue la más afectada, con una disminución aproximada del 38,4% equivalente a 5 cm. Mientras que la especie menos afectada fue *L. crinita 13*. En el caso de la especie *P. urvilleanum*, los tratamientos salinos tuvieron mayor altura, cabe recordar que los datos de esta especie tienen pocas repeticiones (n=3) y por eso no fueron analizados estadísticamente.

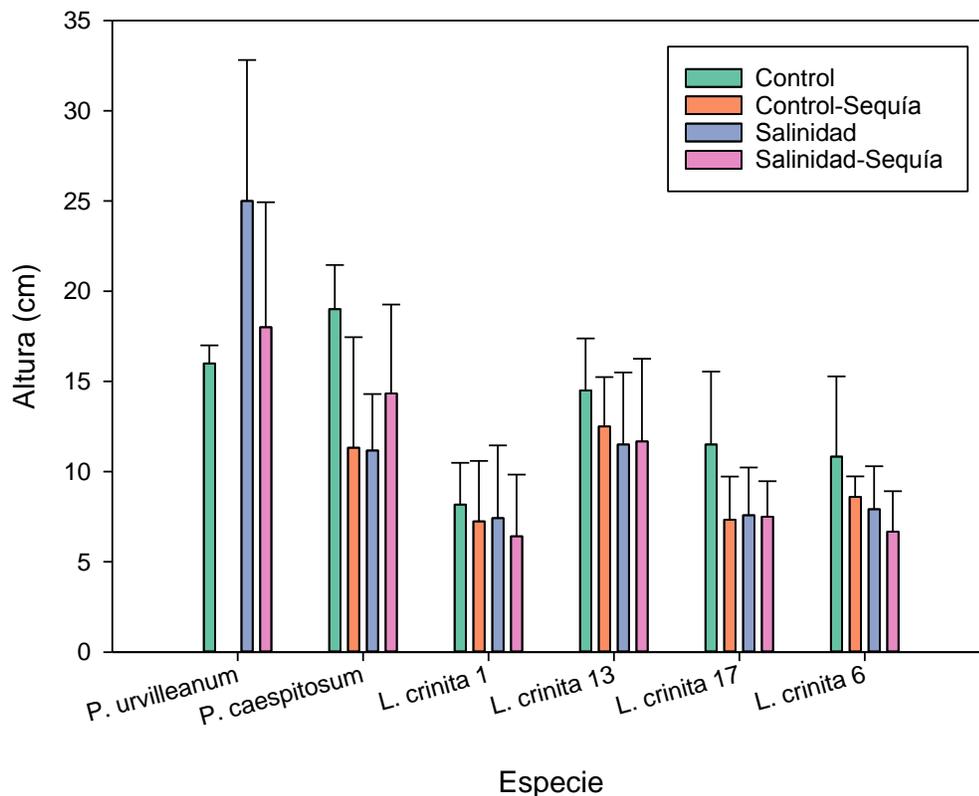


Figura 8. Altura promedio de las plantas de las especies estudiadas al finalizar el ensayo (y su desviación estándar), en los distintos tratamientos de control, salinidad y sequía.

En la variable diámetro basal, los resultados también muestran una disminución del crecimiento (Figura 9) de todas las especies. El diámetro basal disminuyó un 46,49% en promedio cuando se encontró en control-sequía, salinidad y salinidad-sequía, respecto al control. Siendo la especie más afectada *L. crinita 1*, cuyo diámetro basal disminuyó un 64,3% equivalente a 6 cm aproximadamente, con respecto al control. La menos afectada fue *L. crinita 6*, con diferencias no tan marcadas entre los tratamientos, similar a lo obtenido en *P. caespitosum*.

En la especie *P. urvilleanum*, se obtuvo un diámetro basal mayor en el tratamiento salinidad-sequía con respecto a los restantes tratamientos.

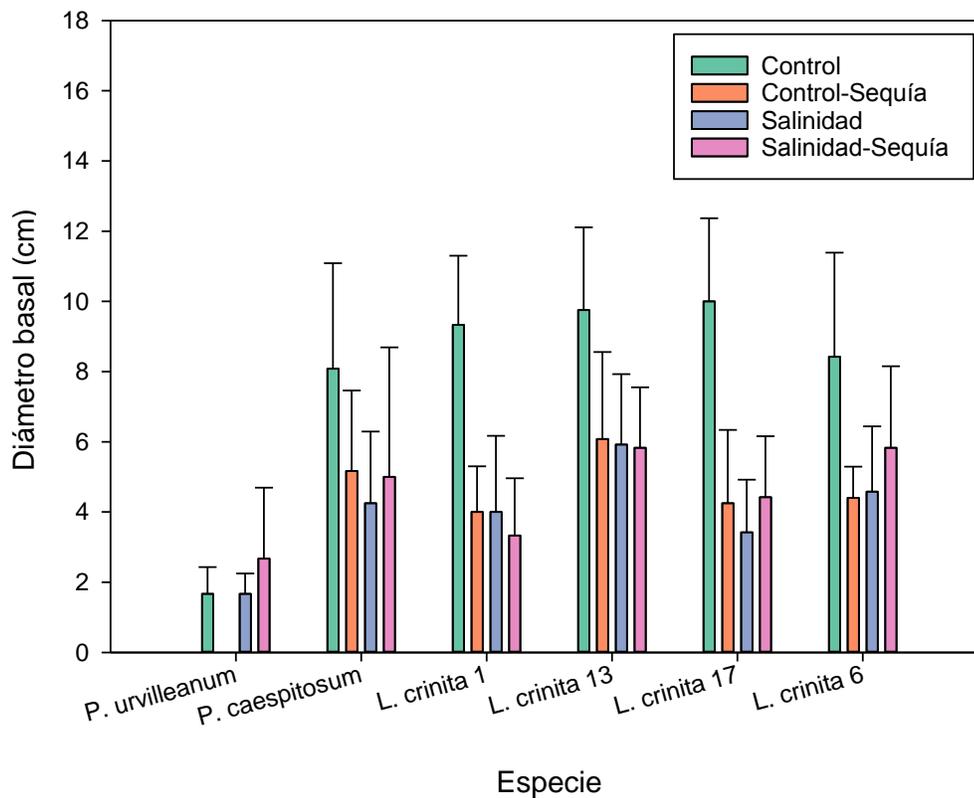


Figura 9. Diámetro basal promedio de las plantas de las especies estudiadas al finalizar el ensayo (y su desviación estándar), en los distintos tratamientos de control, salinidad y sequía.

Para los resultados obtenidos en la variable número de macollos de todas las especies (Figura 10) se mantiene la marcada disminución del crecimiento bajo los tratamientos en control-sequía, salinidad y salinidad-sequía, respecto al control; en promedio se observó una disminución del 58,8%. En este caso la especie *L. crinita 1* resultó más afectada, con una disminución del 72,4% en el número de macollos. La especie menos afectada fue *L. crinita 6*, su disminución fue menor al 50%, mientras que *P. caespitosum* fue la especie que produjo menos cantidad de macollos en general.

En el caso de *P. urvilleanum*, solo las plantas que crecieron en el tratamiento de control produjeron macollos (Figura 10).

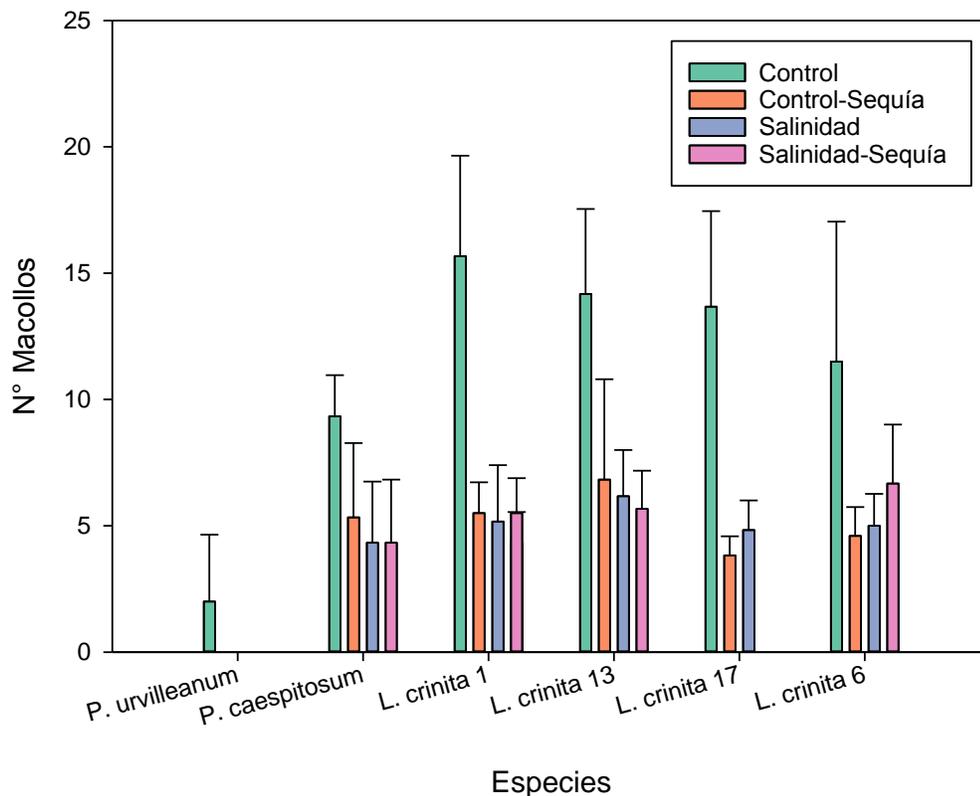


Figura 10. Número de macollos promedio producidos por las plantas de las especies estudiadas al finalizar el ensayo (y su desviación estándar), en los distintos tratamientos de control, salinidad y sequía.

En coherencia con los resultados obtenidos para las variables altura, diámetro basal y número de macollos, la variable biomasa aérea total en todas las especies (Figura 11) disminuyó considerablemente bajo los tratamientos de control-sequía, salinidad y salinidad-sequía, un 75,94% en promedio con respecto a los controles. La especie más afectada, con una disminución del 87,24% en salinidad y sequía respecto al control fue la especie *L. crinita 1*, siendo la menor productora de biomasa en todos los tratamientos. Mientras que la especie menos afectada fue *L. crinita 13* la cual es la mayor productora de biomasa en todos los tratamientos. Le sigue en producción de biomasa la especie *P. caespitosum*, donde la producción de biomasa estuvo relacionada a una mayor altura, contrario a *L. crinita 13* en la cual la producción de biomasa estuvo relacionada con un mayor número de macollos y crecimiento en diámetro basal (Figuras 8 y 9).

En términos generales los genotipos *L. crinita 6* y *L. crinita 17* tuvieron una producción de biomasa media, y *L. crinita 1* una producción de biomasa baja.

Para el caso de *P. urvilleanum* la producción de biomasa en control es de 110 mg, aproximadamente un 62% menos que lo producido por las restantes especies. Los valores bajo salinidad y sequía no disminuyeron notablemente, la producción de biomasa fue un 42,4% menor con respecto al control. Siendo su crecimiento prioritario en altura.

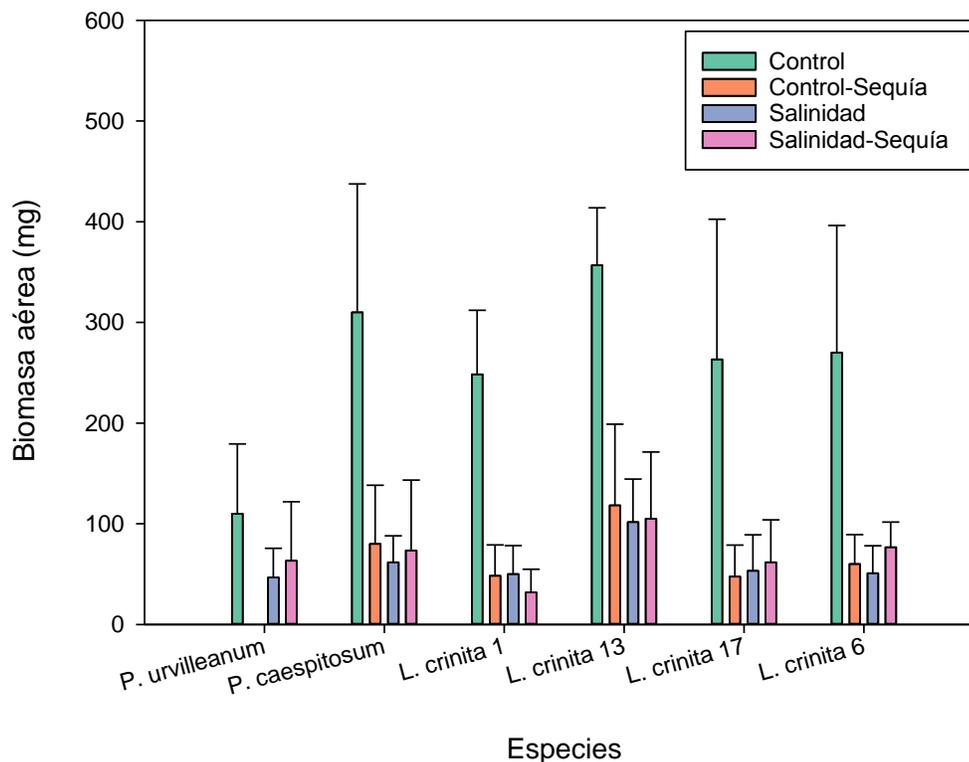


Figura 11. Biomasa aérea promedio de las plantas de las especies estudiadas al finalizar el ensayo (y su desviación estándar), en los distintos tratamientos de control, salinidad y sequía.

4. DISCUSIÓN

Retomando con la hipótesis de trabajo “Las condiciones ambientales de los sitios de origen (precipitación y salinidad) de las gramíneas perennes nativas determinan la respuesta de las mismas a condiciones de salinidad, sequía y su combinación” los resultados indican que contrario a lo que se esperaba, aquellas especies provenientes de suelos de mayor contenido salino y menores precipitaciones, ven afectado su crecimiento bajo condiciones de salinidad y sequía, tal es el caso de *L. crinita 17* (la cual crece en suelos de conductividad eléctrica de 7,82 dS/m y precipitaciones medias de 104 mm) que sometida a los tratamientos de salinidad y sequía disminuyó marcadamente su crecimiento en todas las variables estudiadas.

Según los resultados obtenidos, aquellas especies que en condiciones control son más productivas, siguen siendo más productivas bajo condiciones de salinidad y sequía. Es destacable que bajo los distintos tratamientos se mantuvieron sus características de producción de biomasa aérea, en concordancia con estudios anteriores (Cavagnaro et al., 2006).

Una posible explicación para estos resultados es que los caracteres medidos en el ensayo tienen un fuerte componente genético y no ambiental. Esto se vio reflejado en los resultados obtenidos para *L. crinita 13*, la especie que en general más creció, siendo la variable producción de biomasa aérea donde más se hizo notorio. En coincidencia con lo expuesto por Cavagnaro et al.,(2006) y Kozub et al.,(2017).

En orden decreciente los genotipos *L. crinita 13* y *P. caespitosum* son los que mostraron mayor producción de biomasa aérea en todos los tratamientos, en concordancia con resultados previos (Cavagnaro y Dalmasso, 1983; Cavagnaro et al., 2006). Una de las posibles explicaciones para la mayor producción de biomasa aérea de *L. crinita 13* en comparación con los restantes genotipos, es la mayor partición de fotoasimilados, hacia la parte aérea de la planta. La mayor cantidad de biomasa total (aérea más subterránea) puede estar asociada con una mayor tasa de desarrollo del área foliar, un área foliar total mayor, una morfología particular y disposición espacial de las hojas que permiten una mayor eficiencia en la intercepción de luz por las hojas; como lo observado por Greco y Cavagnaro (2005). Mientras que para el caso de *L. crinita 17*, la baja producción de biomasa total puede estar asociada con un área foliar más pequeña, un desarrollo más lento del área foliar y mayor costo respiratorio debido a una mayor proporción de raíces; repercutiendo en una mayor tolerancia a potenciales agua más bajos, tal como se describió para otros genotipos de *L. crinita* de baja productividad (Greco & Cavagnaro, 2005) Estos estudios previos dan una posible explicación a los resultados obtenidos en esta tesis, siendo probablemente estos rasgos adaptaciones de los genotipos a las condiciones de sus sitios de origen.

En Greco y Cavagnaro (2002), los genotipos provenientes de lugares más áridos, eran menos productivos pero disminuían menos su crecimiento en condiciones de estrés, mostrando características adaptativas a sus lugares de origen. Autores como Quiroga et al., (2013) y Kozub et al., (2017) sostienen que existe un mecanismo adaptativo en las poblaciones de *L. crinita* provenientes de regiones extremadamente áridas, es decir existe una respuesta diferencial a la sequía entre los genotipos evaluados, y dicha respuesta se asocia con el grado de aridez del sitio de recolección de semillas de los genotipos.

Los resultados de esta tesis no concuerdan con los de Quiroga et al. (2013) quienes afirman que los genotipos de *L. crinita* recolectados en sitios más áridos fueron menos afectados en condiciones de sequía, mostrando una disminución proporcionalmente menor en la producción de biomasa total, mayor potencial de agua de hoja y aplazamiento de los signos visuales de estrés por sequía. Según lo observado por Quiroga et al. (2013), las plantas provenientes de sitios donde las precipitaciones eran mayores, absorben rápidamente el agua disponible, provocando posteriormente la senescencia de sus hojas y disminuyendo la biomasa total producida cuando se encuentran en sequía; mientras que las plantas provenientes de sitios más áridos poseen una estrategia conservadora del agua, por lo que en tiempos de falta del recurso hídrico producen mayor biomasa, con menores signos de senescencia. Los resultados de esta tesina muestran que las condiciones de control-sequía, salinidad, salinidad-sequía aplicadas no generaron diferencias significativas entre ellas. Disminuyendo proporcionalmente más el crecimiento en estos tratamientos en comparación con las condiciones de control. Una posible explicación a estos resultados es que la sequía a la cual se sometieron las especies/genotipos no fue tan extrema. En el estudio de Quiroga et al. (2013) los tratamientos de control y sequía fueron respectivamente de 25% y 15% del contenido volumétrico en agua, siendo condiciones más restrictivas que los tratamientos utilizados en esta tesina.

Algo a tener en cuenta es que en el caso de utilizar estas especies para revegetación, las condiciones de campo posiblemente serán más adversas, con limitaciones y fluctuaciones temporales del recurso hídrico, por lo tanto se debe seguir investigando en este aspecto.

La especie *Panicum urvilleanum* mostró una elevada sensibilidad a las condiciones de salinidad y sequía, notable en su alta mortalidad. Esto puede deberse a que normalmente se desarrolla en ambientes medanosos con suelos arenosos, mientras que en el ensayo se utilizó suelo arcilloso. Por otro lado, las semillas utilizadas fueron recolectadas en el año 2014, y no se

realizó el test de viabilidad, por lo que puede que este haya sido un factor determinante en la baja emergencia de *P.urvilleanum*. Además existe la posibilidad que el escarificado con ácido sulfúrico para sacar las semillas de dormición haya sido muy fuerte.

Sin embargo existen estudios que muestran similares resultados para *Panicum turgidum*, *P. coloratum* y *P. hemitimon* quienes germinan bien en concentraciones de NaCl hasta 0,2 M (aproximadamente 2 dS/m de conductividad eléctrica), pero en plántulas el crecimiento se retrasa significativamente, mostrando un efecto letal bajo altas concentraciones de sal (Al-Khateeb, 2006). Por otro lado existen experiencias con resultados positivos en la utilización de *P.urvilleanum* para la revegetación de suelos arenosos con pendientes elevadas como los taludes viales, ya que al ser una especie rizomatosa se genera una expansión de matas y aumenta considerablemente la cobertura vegetal, pese a tener biomasa aérea baja (Antonio D. Dalmasso & Ciano, 2015; Antonio D. Dalmasso et al., 2015). Los resultados de esta tesis no concuerdan con estos antecedentes ya que como se mencionó anteriormente se utilizó suelo arcilloso y riegos con soluciones salinas, condiciones ambientales diferentes a las utilizadas por Dalmasso (2015).

Con respecto a las variables de crecimiento medidas, Cavagnaro et al.,(2006) demostraron que la altura y el diámetro basal de las plantas de *L. crinita* están fuertemente correlacionados con la producción de biomasa total. En este ensayo se observaron resultados similares, ya que entre los genotipos de *L. crinita*, *L. crinita 13* fue la que más creció en todas las variables medidas y simultáneamente fue la menos afectada para las variables de altura y biomasa aérea.

Algunas de las razones por las cuales hubo una disminución del crecimiento en condiciones de salinidad podrían estar relacionadas con la disminución de la superficie foliar, una disminución del contenido de clorofila y una degradación de la integridad de las membranas celulares, como observó Martin & Vila (2013). Desencadenado por el efecto nocivo de la toxicidad de los iones al desnaturalizar enzimas y formar especies reactivas de oxígeno que dañan las membranas y proteínas. Al igual que el estrés por sequía, el aumento de la salinidad del suelo implica una disminución en el potencial de agua del suelo, por lo que el cierre estomático acompañará a la sequía y el estrés salino, reduciendo el CO₂ entrante, por lo tanto se reduce la tasa fotosintética (Maricle et al., 2007).

La resistencia a condiciones de salinidad de las especies estudiadas en esta tesis, puede deberse a la presencia de glándulas o pelos de sal en las hojas de *L. crinita* y en hojas y tallos de *P. caespitosum*. Taleinsk & Anton (1988) nombran mecanismos para reducir el contenido de sal de los tejidos en especies de la subfamilia Chloridoideae, relacionados con los hábitos halófitos, como la eliminación del exceso de sal mediante glándulas de sal (secreción), acumulación en pelos, re-trasllocación a otros órganos y desprendimiento de hojas viejas. Si bien no fue el objetivo de esta tesis, en el transcurso del ensayo se observaron glándulas en las hojas de algunos genotipos.

Siendo las especies estudiadas en esta tesis, unas de las más dominantes en el estrato herbáceo del Monte y su notable buen desempeño en condiciones de sequía y salinidad, las especies *P. caespitosum* y los genotipos de *L. crinita* son una alternativa promisoriosa para la revegetación de suelos de las zonas áridas degradados. Zhou et al. (2013) menciona que una de las herramientas para el manejo de los riesgos y el control de salinización del suelo es la reinstalación de cobertura permanente mediante la revegetación de especies nativas. La revegetación con fines de restauración de áreas degradadas se realiza de forma activa (implantación) y pasiva (sucesión natural) para así incrementar la resiliencia, la productividad, la

funcionalidad, aumentando la supervivencia de estos ecosistemas ante los cambios globales (de Paz et al., 2019).

Ante la necesidad de reducir el consumo del agua en los oasis irrigados, las especies aquí estudiadas, también pueden ser usadas asociadas con especies arbóreas-arbustivas para implementar por ejemplo sistemas silvopastoriles ó como cobertura vegetal en interfilares de cultivos como viñedos, ya que en condiciones moderadas de luz no ven afectado su crecimiento. Según lo citado por Pérez Cuadra & Cambi (2010); *L. crinita* produce la misma cantidad y calidad de materia seca en ambientes abiertos, completamente expuestos a la radiación solar, que bajo intensidades moderadas de luz. Sin embargo hay que ser cautelosos, ya que bajo medias sombras con retenciones de luz mayores a 65% si hay reducción de la biomasa (Cavagnaro & Trione, 2007).

Las técnicas de restauración más utilizadas constan de trasplantes, realizar clausuras para evitar el ramoneo, y aplicación de enmiendas como compost para la reducción de evaporación de agua del suelo, de la erosión por lluvia y del escurrimiento superficial, el aumento de la permeabilidad del suelo y la atenuación de las temperaturas del cuello de la planta (de Paz et al., 2019; Fernández, Cony, & Passera, 2015), además el uso de compost favorecería la lixiviación del ClNa, la disminución del sodio intercambiable, del pH y de la conductividad eléctrica (Villagra et al., 2017). En ambientes áridos la técnica extendida es utilizar especies nodrizas (de Paz et al., 2019), como por ejemplo los arbustos nativos, quienes podrían actuar como especies facilitadoras, implantándolos asociados con pastos para aumentar su sobrevivencia, crecimiento, y favoreciendo así el éxito de la revegetación (Villagra et al., 2017). Teniendo en cuenta estos estudios se puede sugerir que de las especies estudiadas en esta tesina pueden ser utilizadas para la revegetación de suelos salinos de zonas áridas como técnica de restauración; a excepción de *P. urvilleanum*, ya que resultó con una alta mortalidad en estas condiciones de salinidad y sequía.

Si bien las técnicas necesarias para una revegetación a campo exitosa todavía deben ser puestas a punto, y son el próximo nivel de investigación, se pueden sugerir algunas recomendaciones extras para realizar un plan de revegetación. Como por ejemplo, se debe preparar el terreno, eliminar la compactación del suelo para permitir la infiltración de agua y un buen desarrollo de las raíces. Se deben generar bordos en forma perpendicular a la pendiente con el fin de retener la mayor cantidad de agua posible. En caso de optar por la siembra directa, la utilización de sembradoras logra mayor uniformidad, las semillas de estas especies al ser muy pequeñas pueden ser mezcladas con arena para facilitar la distribución (Esqueda Coronado *et.al.* 2004). Hoy en día el INTA-Rama Caída cuenta con maquinaria de gran utilidad para este fin, además ellos han realizado pruebas de densidad de siembra obteniéndose el valor recomendado de 3kg/ha para los genotipos de *L. crinita* (Sartor, comunicación personal). Una vez sembradas se recomienda tapar con una pasada de rastra a una profundidad no mayor a 1,5 cm (Esqueda Coronado *et.al.* 2004). La fecha de siembra debe ser durante el verano, ya que las lluvias estivales características de la región aportarán agua necesaria para la germinación. Es indispensable proteger con cercos estas áreas para permitir el establecimiento de las plantas y evitar el ramoneo.

La revegetación con las especies aquí estudiadas en áreas degradadas, reducirá el tiempo de recuperación de la cobertura y estructura de la vegetación, ya que son especies dominantes en los ambientes donde se desarrollan y una vez establecidas se generan condiciones adecuadas para la instalación espontánea de otras especies de las comunidades de contacto, tal como explica Dalmasso (2010). Así como también se recomienda que los esfuerzos de remediación

se concentren en las áreas que comprometen la biodiversidad y/o la calidad de vida de la población considerando que es un procedimiento costoso (Carabelli & Enricci, 2014).

La restauración productiva es un aspecto clave a tener en cuenta, ya que por la escasa oferta forrajera en los campos de las regiones áridas y semiáridas la receptividad ganadera es muy baja. Un incremento en el potencial de producción de forraje posibilitaría aumentar las cargas animales y permitiría producción de carne bovina de alta productividad (Ruiz Guirado, 2002). Para estos fines, se recomienda utilizar las mayores productoras de biomasa, *L. crinita* 13 ó *P. caespitosum*, ya que los dos tercios superiores de la planta son los consumidos por el ganado. El aprovechamiento como forraje es interesante ya que se logra aumentar la productividad global, diversificando los bienes y servicios producidos, conservar los recursos naturales de suelo y agua, y la prevención de incendios forestales mediante el control del estrato herbáceo con pastoreo.

Se puede sugerir el uso de los genotipos menos productores de biomasa como *L. crinita* 1, 6 y 17, para la implantación de jardines xerófitos ó coberturas permanentes en los interfilares de cultivos intensivos, ya que realizan un uso eficiente del agua y no compiten fuertemente por este recurso. Greco & Cavagnaro (2002) señalan que los genotipos menos productivos realizan un uso consuntivo del agua, manteniendo su crecimiento sin agotar el agua disponible en el suelo. Teniendo en cuenta el consumo adicional de agua en cultivos, una de las mayores limitantes para el uso cobertura vegetal, las especies aquí estudiadas adaptadas a baja disponibilidad hídrica son una alternativa factible (Uliarte et al., 2014), sobre todo con sistemas de riego por goteo, donde interfilares permanecen con bajo contenido hídrico.

En el manejo agrícola con coberturas vegetales permanentes de especies nativas, existen numerosos beneficios ambientales como por ejemplo la mayor resiliencia de los agroecosistemas y mejores posibilidades de conservar la biodiversidad nativa y sus servicios ecosistémicos. Fruitos et al. (2019) describe en el caso de los viñedos, como estos pueden ser paisajes multifuncionales que produzcan uva y muchos otros servicios ecosistémicos, como refugio para la fauna, secuestro y almacenamiento de carbono, control biológico de plagas y enfermedades, como así también conformar la identidad cultural de una comunidad. Por lo que el uso de las especies aquí estudiadas como cobertura permanente, puede servir como medio para lograr una armonía entre los ecosistemas naturales y los agroecosistemas del oasis mendocino.

5. CONCLUSIONES

Dada la importancia de la desertificación a escala regional como mundial, provocada en gran parte por la salinización de los suelos, lograr restaurar estos ambientes degradados depende en parte de la identificación de especies resistentes a los cambios globales cada vez más urgentes, para así recuperar las funciones y servicios ecosistémicos. Por lo tanto, determinar cómo afecta la salinidad y sequía en el crecimiento de las especies: *P. urvilleanum*; *P. caespitosum*, y cuatro genotipos de *L. crinita*; resulta estratégico ya que estas gramíneas nativas perennes predominan en la provincia biogeográfica del Monte, y se desarrollan a baja disponibilidad hídrica. A nivel morfológico se determinó como afecta la salinidad y sequía a las especies y en términos generales, las especies estudiadas toleran dichas condiciones, su crecimiento es menor pero siguen produciendo buenas cantidades de biomasa aérea. Mientras que para el caso de *P. urvilleanum* no se pudo dar resultados contundentes por su alta mortalidad durante el ensayo. Determinar cómo las condiciones de salinidad y sequía afectan el

crecimiento en estas especies proporcionará información útil para la selección de especies y sus posibles usos, para así aumentar la sustentabilidad de los sistemas regionales.

Es importante la utilización de especies nativas como las aquí estudiadas en futuras tareas de restauración, ya que la revegetación es un componente integral en la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible y la generación de conocimiento. Recordando que los pilares fundamentales de la restauración para SER (Society for Ecological Restoration) son: lograr una diversidad y estructura de la comunidad similar a la original del sitio, con presencia de especies nativas y participación de grupos funcionales, estabilidad en el tiempo, junto con la capacidad del medio físico que permita sostener las poblaciones en forma reproductivas, con funcionamiento normal, integrado con el paisaje, logrando una resiliencia a disturbios naturales y la auto sustentabilidad (Society for Ecological Restoration (SER), 2004). Las especies de este estudio cumplen estas características siempre que se complementen con otros grupos funcionales, priorizando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados.

Teniendo en cuenta la línea de restauración productiva, estas especies son recursos forrajeros muy valiosos en los pastizales naturales utilizados por los productores ganaderos, por lo que esta tesina brinda una posible respuesta a los déficits forrajeros de las tierras no irrigadas de la provincia. Además, existen otras posibilidades de utilización de estas especies, como lo es la utilización en interfilares de cultivos intensivos y jardines xerófitos, por su baja demanda hídrica. Logrando así una revalorización de las gramíneas forrajeras nativas, cuyo éxito se verá reflejado en resultados socioeconómicos y valores socioculturales proporcionados por los ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

Abraham, E., Quintana, R., & Mataloni, G. (2018). *Agua + Humedales* (UNSAM). Argentina.

Abraham, E., & Salomón, M. (2011). Experiencias en el combate de la desertificación en Mendoza-Argentina. In *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro* (pp. 183–206). Retrieved from https://www.asicprimerazona.com.ar/asic/publicaciones/combate_desertificacion.pdf

Berone, G. D. (2016). Leaf expansion and leaf turnover of perennial C4 grasses growing at moderately low temperatures. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(2), 69–82.

Carabelli, F., & Enricci, J. (2014). *Factibilidad de revegetación de las márgenes del lago Colhué Huapi. Aprovechamiento integral de la Cuenca del Río Senguerr.*

Cavagnaro, J. B. (1988). Distribution of C3 and C4 grasses at different altitudes in a temperate arid region of Argentina. *Oecología*, 76, 273–277. <https://doi.org/10.1007/BF00379962>

Cavagnaro, J. B., & Dalmasso, A. D. (1983). Respuesta a la intensidad y frecuencia de corte en gramíneas nativas de Mendoza I. *Pappophorum caespitosum* y *Trichloris crinita*. In *Deserta* 7 (pp. 203–218).

Cavagnaro, J. B., & Passera, C. B. (1991). Water utilization by shrubs and grasses in the Monte ecosystem, Argentina. *Congrès International Des Terres de Parcours*, 225–257.

Cavagnaro, J. B., & Trione, S. O. (2007). Physiological, morphological and biochemical

- responses to shade of *Trichloris crinita*, a forage grass from the arid zone of Argentina. *Journal of Arid Environments*. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.06.004>
- Cavagnaro, P. F., Cavagnaro, J. B., Lemes, J. L., Masuelli, R. W., & Passera, C. B. (2006). Genetic diversity among varieties of the native forage grass *Trichloris crinita* based on AFLP markers, morphological characters, and quantitative agronomic traits. *Genome*, 49(8), 906–918. <https://doi.org/10.1139/G06-060>
- Dalmasso, Antonio D., & Ciano, N. (2015). Restauración de taludes con especies nativas para zonas áridas y semiáridas. *Experimentia*.
- Dalmasso, Antonio D., Quattrocchi, G., & Azcurra, C. (2015). Revegetación de taludes viales en la Ruta Nacional 7, Santa Rosa, Mendoza. In E. Martínez Carretero & A. D. Dalmasso (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina* (pp. 309–326). Mendoza.
- Dalmasso, Antonio Daniel. (1994). Fenología de cinco gramíneas nativas de interés forrajero. *Pappophorum caespitosum*, *Trichloris crinita*, *Setaria leucopila*, *Digitaria californica* y *Diplachne dubia*. *Multequina*, 4, 9–34.
- Dalmasso, Antonio Daniel. (2010). Revegetación de áreas degradadas con especies nativas. *Boletín de La Sociedad Argentina Botánica*, 45(1–2), 149–171.
- Dalmasso, Antonio Daniel, Hormo, M., & Candia, R. (1988). *Utilización de especies nativas en la fijación de médanos. Erosión: Sistemas de Producción, Manejo y Conservación del suelo y agua*.
- Danin, A. (1996). *Plants of Desert Dunes*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- de Paz, M., Gobbi, M., & Raffaele, E. (2019). Revisión de las experiencias de revegetación con fines de restauración en bosques de la Argentina. *Ecología Austral*, 29(2), 194–207. <https://doi.org/10.25260/ea.19.29.2.0.689>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2019). *InfoStat versión 2019*. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Retrieved from <http://www.infostat.com.ar>
- Esqueda Coronado, M. H., Echavarría Morales, S., Sierra Tristán, J. S., Jurado Guerra, P., & Escobar Tolentino, R. (2004). *Tecnología para el establecimiento de gramíneas en áreas de agricultura marginal* (No. 1). Chihuahua, México.
- Fernández, M. E., Cony, M., & Passera, C. B. (2015). Respuesta fisiológicas de plantines de *Senecio subulatus* a diferentes niveles de suministros de agua. In M. Carretero & A. Dalmasso (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina* (Edición Ar, pp. 233–241).
- Fruitos, A., Giusti, R., Alemanno, V., Chaar, J., Aquindo, N., & Debandi, G. (2019). *Manejo de la agrobiodiversidad en agroecosistemas*. 261–272.
- Giambatista, G. Di, Garbero, M., Ruiz, M., Giulietti, a, & Pedranzani, H. (2010). Germinación de *Trichloris crinita* y *Digitaria eriantha* en condiciones de estrés abiótico. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 1–10. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864->

- Greco, S. A., & Cavagnaro, J. B. (2002). Effects of drought in biomass production and allocation in three varieties of *Trichloris crinita* P. (Poaceae) a forage grass from the arid Monte region of Argentina. *Plant Ecology*, 164(1), 125–135. <https://doi.org/10.1023/A:1021217614767>
- Greco, S. A., & Cavagnaro, J. B. (2005). Growth characteristics associated with biomass production in three varieties of *Trichloris crinita* (Poaceae), a forage grass native to the arid regions of Argentina. *Rangeland Journal*, 27(2), 135–142. <https://doi.org/10.1071/RJ05011>
- Greco, S. A., Cavagnaro, J. B., & Marone, L. . (2003). Efecto de la temperatura en la germinación de cuatro gramíneas forrajeras del Monte. *Jornadas Argentinas de Botánica & XV Reunión Anual de La Sociedad Botánica de Chile.*, XXIX.
- Greco, S. A., Sartor, C., & Villagra, P. (2013). Minimum water input event for seedling emergence of three native perennial grasses of the Central Monte desert (Argentina) influenced by the effect of shade and the season of the year. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(2), 197–209.
- Guevara, J. C., Stasi, C. ., & Estevez, O. R. (1996). Seasonal specific selectivity by cattle on rangeland in the Monte Desert of Mendoza, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 34, 125–132.
- Guida-Johnson, B., Abraham, E., & Cony, M. (2017). Salinización del suelo en tierras secas irrigadas: Perspectivas de restauración en Cuyo, Argentina. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(1), 205–215.
- http://www.issg.org/about_is.htm. (n.d.). Invasive Species Specialist Group. Retrieved from http://www.issg.org/about_is.htm
- Kiesling, R. (2009). Vol. 4, Monocotiledóneas. In *Flora de San Juan: República Argentina* (Fundación).
- Kozub, P. C., Barboza, K., Galdeano, F., Quarín, C. L., Cavagnaro, J. B., & Cavagnaro, P. F. (2017). Reproductive biology of the native forage grass *Trichloris crinita* (Poaceae, Chloridoideae). *Plant Biology*, 19(3), 444–453. <https://doi.org/10.1111/plb.12549>
- Kozub, P. C., Cavagnaro, J. B., & Cavagnaro, P. F. (2017). Exploiting genetic and physiological variation of the native forage grass *Trichloris crinita* for revegetation in arid and semi-arid regions: An integrative review. *Grass and Forage Science*, 73(2), 257–271. <https://doi.org/10.1111/gfs.12337>
- Kröpfl, A. I., Villausos, N. M., & Peter, G. (2012). *Guía para el reconocimiento de especies de los pastizales del Monte Oriental de Patagonia*. INTA: INTA.
- Lemes, J. L. (1992). Metodología en la exploración del recurso fitogenético de forrajeras nativas. *Xerophytia.*, 3.
- Maricle, B. R., Cobos, D. R., & Campbell, C. S. (2007). Biophysical and morphological leaf adaptations to drought and salinity in salt marsh grasses. *Environmental and Experimental Botany*, 60(3), 458–467. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.01.001>

- Marone, L. ., Horno, M. E. ., & González del Solar, R. (2000). Post-dispersal fate of seeds in the Monte desert of Argentina: patterns of germination in successive wet and dry years. *Journal of Ecology*, 88, 940–949.
- Martin, L., & Vila, H. (2013). Evaluación de tolerancia al NaCl en cultivares viníferas y portainjertos híbridos del género *Vitis*. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(2), 165–180.
- Mesa, D. (2003). Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3), 217–226.
- Montserrat, A. L., Celsi, C. E., & Fontana, S. L. (2012). Coastal Dune Vegetation of the Southern Pampas (Buenos Aires, Argentina) and Its Value for Conservation. *Journal of Coastal Research*, 28, 23–35.
- Morábito, J., Mirábile, C., Manzanera, M., Cappé, O., Tozzi, D., & Mastrantonio, L. (2005). Evolución de la salinidad de suelos regadíos e incultos en el área del río Mendoza. *Actas Del XX Congreso Nacional Del Agua-II Simposio de Recursos Hídricos Del Cono Sur, Mendoza CONAGUA*, 1–10. Mendoza.
- Natale, E., Oggero, A., Marini, D., & Reinoso, H. (2014). Restauración de bosque nativo en un área invadida por tamariscos *Tamarix ramossisima* en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina. *Ecosistemas*, 23(2), 130–136. <https://doi.org/10.7818/re.2014.23-2.00>
- Ongay, O., Fermani, S., & Day, M. (2011). *Manual de Bosques Nativos Un aporte a la Conservación desde la Educación Ambiental* (Dirección). Mendoza.
- Pérez Cuadra, V., & Cambi, V. (2010). Anatomía vegetativa comparativa entre Chloridoideae (Poaceae) halófilas de importancia forrajera. *Phyton*, 79, 69–76.
- Pérez Valenzuela, B. R. (1999). *Edafología en la agricultura regadía cuyana* (Fundar). Godoy Cruz, Mendoza, Argentina.
- Quiroga, E., Fernández, R., Golluscio, R., & Blanco, L. (2013). Differential water-use strategies and drought resistance in *Trichloris crinita* plants from contrasting aridity origins. *Plant Ecology*, 214(8), 1027–1035. <https://doi.org/10.1007/s11258-013-0228-4>
- Roig, F. (1971). Flora y vegetación de la Reserva Forestal de Ñacuñán. In *Deserta 1* (pp. 25–232).
- Rojas, F., Álvarez, J., & Prieto, M. del R. (2009). Procesos socioeconómicos y territoriales en el uso de los recursos forestales en Mendoza desde fines de siglo XIX hasta mediados del XX hasta mediados del XX. *Proyección 7*, 2(January).
- Ruiz Guirado, M. B. (2002). *Crecimiento , rendimiento y calidad de semillas de tres cv de Cenchrus ciliaris bajo condiciones de salinidad*.
- Ruiz Leal, A. (1972). Flora Popular Mendocina. Aportes al inventario de los recursos naturales renovables de la Provincia de Mendoza. In *Deserta 3* (pp. 1–229).
- Sánchez, R. M., Guerra, L. D., & Scherger, M. (2015). *Evaluacion de las areas bajo riego afectadas por salinidad y/o sodicidad en argentina programa nacional agua*. Retrieved from

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/anexosyapendices/5._Documento_Estimación_Areas_Salinas_en_Argentina.pdf

- Sartor, C. (2015). *Influencia de Prosopis flexuosa sobre el establecimiento de gramíneas perennes en dos sitios del Monte mendocino*. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Córdoba.
- Sartor, C., & Marone, L. . (2010). A plurality of causal mechanisms explains the persistence or transience of soil seed banks. *Journal of Arid Environments*, 74, 303–306.
- Shaxson, Francís y Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo*. (ORGANIZACI). Roma.
- Society for Ecological Restoration (SER). (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. *Society for Ecological Restoration International*, 1–15. Retrieved from www.ser.org
- Solé, A., & Cantón, Y. (2005). Mejora de suelos salinos y control de la erosión en zonas áridas. *Congreso Nacional de Parques y Jardines Públicos PARJAP*, 1–23.
- Taleisnik, E., & Anton, A. M. (1988). Salt glands in *Pappophorum* (Poaceae). *Annals of Botany*, 62(4), 383–388. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087671>
- Taleisnik, E., & López Launestein, D. (2011). Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución Argentina a este tema. *Ecología Austral*, pp. 3–14. Cordoba, Argentina.
- Trione, S. O., & Cavagnaro, J. B. (1998). Water shortage and associated changes in organic nitrogen between *Pappophorum caespitosum* (Gramineae) provenances. *Journal of Arid Environments*, 38, 519–528.
- Usberti, R., & Martins, L. (2007). Sulphuric acid scarification effects on *Brachiaria brizantha*, *B. humidicola* and *Panicum maximum* seed dormancy release. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(2), 143–147. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000200020>
- Vega Riveros, C. (2017a). *Factores que determinan la distribución de la vegetación y abundancia de gramíneas perennes en la llanura medanosa del NE de Mendoza*.
- Vega Riveros, C. (2017b). *Factores que determinan la distribución de la vegetación y abundancia de gramíneas perennes en la llanura medanosa del NE de Mendoza*. UNCUYO.
- Villagra, P., Giordano, C., Álvarez, J., Cavagnaro, J. B., Guevara, A., Sartor, C., ... Greco, S. A. (2011). Ser planta en el desierto: Estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina. *Ecología Austral*, 21(1), 29–42.
- Villagra, P., Passera, C. B., Greco, S. A., Sartor, C., Aranibar, J., Meglioli, P., ... Vega Riveros, C. (2017). Uso de plantas nativas en la restauración y recuperación productiva de ambientes salinos de las zonas áridas de la región del Monte, Argentina. In *Ambientes salinos y alcalinos de la Argentina* (Vol. 0762, pp. 419–444).
- Zhou, D., Lin, Z., Liu, L., & Zimmermann, D. (2013). Assessing secondary soil salinization risk

based on the PSR sustainability framework. *Journal of Environmental Management*, 128, 642–654. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.06.025>

Zuloaga, F. ., Morrone, O., Davidse, G., Filgueiras, T. ., Peterson, P. M., Soreng, R. J., & Jdziewicz, E. J. (2019). Instituto de Botánica Darwinion. Retrieved from Flora Argentina website: <http://buscador.floraargentina.edu.ar/species/details/22890>