



Facultad de Ciencias Agrarias- Universidad Nacional de Cuyo.  
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES.

## **TESINA DE GRADO**

**Efecto de la temperatura y la salinidad en la germinación de las especies *Echinopsis leucantha* y *Denmoza rhodacantha* para un uso potencial en actividades de restauración en la provincia de Mendoza.**

Tesista: Almada, Giuliana Ruth.

Director: Ing. Agr. Ms. Sc. Cirrincione, Miguel Ángel.

Codirectora: Dra. Sartor, Carmen Elena.

**Efecto de la temperatura y la salinidad en la germinación de las especies *Echinopsis leucantha* y *Denmoza rhodacantha* para un uso potencial en actividades de restauración en la provincia de Mendoza**

**Tesista**

Almada, Giuliana Ruth.

giuliana.almada447@gmail.com

**Director**

Ing. Agr. Ms. Sc. Cirrincione, Miguel Ángel.

mcirrincione@fca.uncu.edu.ar

**Codirectora**

Dra. Sartor, Carmen Elena.

csartor@fca.uncu.edu.ar

**Comité evaluador**

Ing. Agr. Ms. Sc. Greco, Silvina.

sgreco@fca.uncu.edu.ar

Ing. Agr. Ms. Sc. Fioretti Sonia.

soniafioretti@hotmail.com

Dra. Vega Riveros, Cecilia.

cvegariveros@mendoza-conicet.gob.ar

**Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown  
500, Chacras de Coria, Mendoza. M5528AHB- (54261) 4135000.**

## RESUMEN

Las zonas áridas y semiáridas constituyen ecosistemas susceptibles a la degradación por actividades antrópicas, conformando zonas ambientalmente frágiles con tendencia a la desertificación. En estas tierras, la recuperación natural es un proceso lento, complejo y hasta en algunas condiciones, incierto e improbable. De allí surge la necesidad de emprender estrategias de conservación y restauración.

Las cactáceas juegan un papel significativo en los procesos de restauración ya que presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten soportar las condiciones ambientales adversas típicas de los ambientes áridos y semiáridos en los que habitan.

En función de lo mencionado anteriormente, el objetivo de la presente tesina fue determinar el efecto de la temperatura y la salinidad en la germinación de las semillas de dos especies de cactus nativos de la provincia de Mendoza, *Echinopsis leucantha* y *Denmoza rhodacantha*, para un uso potencial en actividades de restauración.

En un principio, se realizó una descripción de las especies en estudio. Luego, se identificó la presencia de los ejemplares de *Denmoza rhodacantha*, en Cacheuta y de *Echinopsis leucantha*, en el Carrizal y se cosecharon frutos de las especies por separado, con el fin de utilizar sus semillas en los ensayos de germinación. Además, se recolectaron muestras de suelo de los sitios.

En el laboratorio se realizó una descripción morfológica de los frutos recolectados y de sus semillas, se evaluó la viabilidad de las mismas, se determinó el carácter fotoblástico de las especies y la conductividad eléctrica de las muestras de suelo.

Luego, se realizó el ensayo de germinación a distintas temperaturas. Las cajas de Petri que contenían las semillas se colocaron en cámaras de crecimiento a 0 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C y 50 °C. Para el ensayo de salinidad se colocaron soluciones de cloruro de sodio en las cajas de Petri que contenían las semillas, las concentraciones utilizadas fueron de 0,1 M, 0,2 M y 0,3 M que equivalen a conductividades eléctricas de 12 dS/m; 25 dS/m y 37 dS/m, utilizando como testigo agua destilada, 0 dS/m. La duración de los ensayos de germinación fue de 30 días.

La temperatura óptima para la germinación de ambas especies está comprendida entre los 20 °C y 30 °C. Respecto al factor salinidad el rango en el que germinan las semillas de *Echinopsis leucantha* es de 0 dS/m a 12 dS/m y el de *Denmoza rhodacantha* es de 0 dS/m a 25 dS/m. Las semillas de las especies presentan una elevada viabilidad y son fotoblásticas positivas. Además, los suelos del Carrizal son más salinos que los de Cacheuta.

Este estudio brinda información para promover la propagación artificial de las especies con fines de restauración también puede ser utilizado para implementar futuras estrategias de manejo y conservación de poblaciones silvestres.

**Palabras clave:** factores ambientales, germinación, cactáceas, restauración.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las personas que me ayudaron en la realización de esta tesina, y a todos los que me acompañaron a lo largo de la carrera:

A la Universidad pública, gratuita y laica que me permitió formarme, y a la Facultad de Ciencias Agrarias en la que tuve la posibilidad de conocer excelentes personas y profesionales.

A mi director Miguel Cirrincione y a mi co-directora Carmen Sartor, por brindarme sus conocimientos, experiencias, confianza y dedicación, que han sido fundamentales para mi formación académica y personal.

Al comité evaluador, Ing. Agr. Ms. Sc. Silvina Greco, Ing. Agr. Ms. Sc. Sonia Fioretti y a la Dra. Cecilia Vega Riveros por sus sugerencias.

A la Cátedra de Fisiología Vegetal y al vivero Cactus Mendoza, por brindarme un espacio para realizar los ensayos y por el financiamiento.

A Javier Guzmán, por su colaboración en las tareas de laboratorio.

A la profesora Claudia Morelli por su buena predisposición, por su compromiso y ayuda con los análisis estadísticos.

A la profesora Rosana Vallone por su colaboración al momento de realizar los análisis de suelo.

A los bibliotecarios Mónica y Adrián por su ayuda con la recopilación de la información.

A mis padres Miguel Ángel Almada y Marcela Peña por su amor incondicional y sus consejos. A mi hermana, por acompañarme siempre. A todos mis familiares por su comprensión y cariño.

A Franco Agüero, por su amor, su compañía, su paciencia y sus consejos.

A Consuelo Valdivia por su amistad incondicional, por acompañarme a lo largo de todos los años de la carrera y ayudarme en la realización de la tesina.

A Mayra Darre, Nadya Segui, Aldana Guevara, Nahir Asis, Matías Aroca, Juan Giraud y Lucila Osorio por su amistad y por todos los lindos momentos compartidos.

A mis compañeros, con ellos aprendí, crecí y disfruté todos estos años.

A mis amigas Delfina, Sofía y María José y a todos mis otros amigos por sus palabras de aliento, por saber entenderme y aceptar mis decisiones y mis prioridades.

A Patricia Donoso y Analía Montenegro por brindarme su experiencia y su confianza.

A todos ellos va dedicada esta tesina.

# ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Formulación del problema y fundamentación .....	1
1.2 Hipótesis .....	3
1.3 Objetivos .....	3
2. ESTADO ACTUALIZADO DEL TEMA.....	3
2.1 Degradación de tierras en zonas áridas .....	3
2.2 Restauración de zonas áridas .....	4
2.3 Importancia de las cactáceas en la restauración de zonas áridas .....	5
2.4 Antecedentes de restauración con cactáceas.....	6
2.5 Factores que afectan la germinación .....	6
2.5.1 Dormición.....	8
3. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	8
3.1 Características de la familia cactácea.....	8
3.2 Descripción de las especies estudiadas .....	9
3.2.1 <i>Echinopsis leucantha</i> (Gillies ex Salm-Dyck) Walp. ....	9
3.2.2 <i>Denmoza rhodacantha</i> (Salm-Dyck) Britton & Rose.....	13
3.3 Recolección y acondicionamiento de frutos.....	17
3.3.1 Cacheuta .....	17
3.3.2 El Carrizal .....	17
3.4 Recolección de las muestras de suelo.....	18
3.5 Descripción morfológica de frutos y semillas .....	18
3.6 Ensayos previos .....	20
3.6.1 Ensayo de fotoblastismo .....	20
3.6.2 Ruptura de dormición.....	20
3.7 Ensayos de germinación .....	20
3.7.1 Ensayo de temperatura.....	22
3.7.2 Ensayo de salinidad.....	22
3.8 Análisis estadístico .....	23
4. RESULTADOS .....	23
4.1 Descripción morfológica de frutos y semillas .....	23
4.2 Ensayo de fotoblastismo .....	24
4.3 Análisis de las muestras de suelo.....	24
4.4 Ensayo de temperatura .....	25
4.5 Ensayo de salinidad.....	27
5. DISCUSIÓN.....	29
6. CONCLUSIONES .....	32

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	33
8. ANEXOS.....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Desmonte de la vegetación nativa en El Carrizal Mendoza.....	1
Figura N°2: Cactáceas quemadas luego del incendio en el Cerro Arco .....	2
Figura N°3: Vegetación quemada luego del incendio en Potrerillos .....	2
Figura N°4: Ejemplar de <i>Echinopsis leucantha</i> en El Carrizal, Mendoza.....	9
Figura N°5: Distribución geográfica de <i>Echinopsis leucantha</i> en la Región del Monte .....	10
Figura N°6: Flor de <i>Echinopsis leucantha</i> .....	11
Figura N°7: Fruto de <i>Echinopsis leucantha</i> .....	11
Figura N°8: <i>Echinopsis leucantha</i> bajo el dosel de los arbustos en El Carrizal, Mendoza. ....	12
Figura N°9: Ejemplar de <i>Denmoza rhodacantha</i> en Cacheuta, Mendoza.....	13
Figura N°10: Distribución geográfica de <i>Denmoza rhodacantha</i> .....	14
Figura N°11: Flor de <i>Denmoza rhodacantha</i> .....	15
Figura N°12: Fruto de <i>Denmoza rhodacantha</i> .....	15
Figura N°13: <i>Denmoza rhodacantha</i> bajo el dosel de los arbustos Cacheuta, Mendoza.....	16
Figura N°14: Calicata alrededor de un ejemplar de <i>Echinopsis leucantha</i> en El Carrizal, Mendoza. ....	18
Figura N°15: Ensayo de viabilidad en la estufa a 40 °C. ....	19
Figura N°16: Tinción de los embriones. ....	20
Figura N°17: Siembra de las semillas en el gabinete de flujo laminar de la Cátedra de Fisiología Vegetal. ....	21
Figura N°18: Cajas de Petri sembradas con las semillas de <i>Denmoza rhodacantha</i> y <i>Echinopsis leucantha</i> para el ensayo de temperatura. ....	22
Figura N°19: Proporción acumulada de semillas germinadas de <i>Echinopsis leucantha</i> a distintas temperaturas durante el período de tiempo del ensayo. ....	25
Figura N°20: Proporción acumulada de semillas germinadas de <i>Denmoza rhodacantha</i> a distintas temperaturas durante el período de tiempo del ensayo. ....	26
Figura N°21: Proporción acumulada de semillas germinadas de <i>Echinopsis leucantha</i> a distintas concentraciones de salinidad durante el período de tiempo del ensayo.....	27
Figura N°22: Proporción acumulada de semillas germinadas de <i>Denmoza rhodacantha</i> a distintas concentraciones de salinidad durante el período de tiempo del ensayo.....	29

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°1:</b> Especie, fecha de recolección, lugar, coordenadas y elevación del lugar de recolección de los frutos de las especies estudiadas. ....	17
<b>Tabla N°2:</b> Peso de mil semillas, número de semillas por fruto, porcentaje de semillas viables (promedio $\pm$ desviación estándar) para las especies <i>Denmoza rhodacantha</i> y <i>Echinopsis leucantha</i> . ....	24
<b>Tabla N°3:</b> Porcentaje de semillas germinadas de las especies en estudio, colocadas en cámaras de germinación en condiciones de luz y en oscuridad. ....	24
<b>Tabla N°4:</b> Calificación textural, esqueleto grueso promedio ( $\pm$ desviación estándar) y concentración salina promedio ( $\pm$ desviación estándar) de las muestras de suelo tomadas en superficie y profundidad en las calicatas realizadas en Cacheuta y El Carrizal. ....	24
<b>Tabla N°5:</b> Resultados del Análisis de la Varianza para el factor temperatura de las especies en estudio. ....	26
<b>Tabla N°6:</b> Resultados del Análisis de la Varianza para el factor salinidad de las especies en estudio. ....	28
<b>Tabla N°7:</b> Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el tratamiento de temperatura de la especie <i>Denmoza rhodacantha</i> . ....	39
<b>Tabla N°8:</b> Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor temperatura de la especie <i>Denmoza rhodacantha</i> . ....	39
<b>Tabla N°9:</b> Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el tratamiento de temperatura de la especie <i>Echinopsis leucantha</i> . ....	40
<b>Tabla N°10:</b> Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor temperatura de la especie <i>Echinopsis leucantha</i> . ....	40
<b>Tabla N°11:</b> Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el tratamiento salinidad de la especie <i>Denmoza rhodacantha</i> . ....	40
<b>Tabla N°12:</b> Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor salinidad de la especie <i>Denmoza rhodacantha</i> . ....	41
<b>Tabla N°13:</b> Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el tratamiento salinidad de la especie <i>Echinopsis leucantha</i> . ....	41
<b>Tabla N°14:</b> Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor salinidad de la especie <i>Echinopsis leucantha</i> . ....	41

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Formulación del problema y fundamentación

Las zonas áridas y semiáridas constituyen ecosistemas susceptibles a la degradación por actividades antrópicas, conformando zonas ambientalmente frágiles con tendencia a la desertificación (Dágata, 2018). Esta es una problemática ambiental compleja que se traduce en erosión hídrica y eólica, deterioro de las propiedades físicas, químicas, biológicas y económicas del suelo y pérdida de la diversidad biológica y cultural (Martinelli, 2014).

En estas tierras, la recuperación natural es un proceso lento, complejo y hasta en algunas condiciones, incierto e improbable (Luque, *et al.*, 2005). De allí surge la necesidad de emprender estrategias de conservación y restauración (Rodríguez Araujo, *et al.*, 2015).

La vegetación es el componente que más rápidamente evidencia los impactos y las acciones de recuperación. En este contexto cobra relevancia la revegetación como una forma de restauración, que intenta restablecer las comunidades vegetales llevándolas a un estado lo más próximo posible al que existía previo al impacto (Dalmaso, 2010).

Las cactáceas presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas, que les permiten soportar las condiciones ambientales adversas típicas de los ambientes áridos y semiáridos en los que habitan (Cenizo, 2012). Por lo que la utilización de especies de esta familia para la recuperación de poblaciones naturales en hábitats degradados constituye una alternativa para la revegetación (Masini, *et al.*, 2014).

*Echinopsis leucantha* es un ejemplar de cactácea que crece a una altitud entre los 0-1000 m s.n.m, sobre suelos sueltos, arenosos, generalmente al abrigo de arbustos (Trevisson y Perea, 2016). Además, se ha observado la presencia de este cactus en suelos con altos contenido de sales en la provincia de Mendoza (Cirrincione, com. pers.).

Las comunidades vegetales donde está presente esta especie están siendo actualmente desmontadas en la provincia (Figura N°1) y corren el riesgo de ser eliminadas completamente, debido al avance progresivo de las actividades humanas, de los cultivos y la salinización del suelo (natural o agrícola) (Méndez, 2011).



**Figura N°1:** Desmonte de la vegetación nativa en El Carrizal Mendoza.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Además, algunos sitios donde se distribuye la especie, como El Carrizal, han sido afectados por incendios de origen antrópico o natural en los últimos años, lo que ha generado que queden devastadas importantes poblaciones de este cactus (Cirrincione, com. pers.).

Otra especie de gran importancia en la provincia es *Denmoza rhodacantha*, que crece entre los 800-2800 m s.n.m., en laderas montañosas, soleadas, pedregosas y escarpadas, en sitios con

clima invernal riguroso (Trevisson y Perea, 2016). Los ejemplares de este cactus se encuentran cada vez más amenazados por los desmontes debido al avance de las actividades humanas. Además, al igual que en el caso de *Echinopsis leucantha*, los incendios ocasionados en sitios como el Cerro Arco (Figura N°2), Potrerillos (Figura N°3) y Cacheuta, han generado pérdidas en las comunidades vegetales que requieren muchos años para su recuperación natural (Cirrincione, com. pers.).



**Figura N°2:** Cactáceas quemadas luego del incendio en el Cerro Arco.

Fuente: Lloret, 2018.



**Figura N°3:** Vegetación quemada luego del incendio en Potrerillos.

Fuente: Pravata, 2019.

Frente a los disturbios generados en los ecosistemas donde habitan *Echinopsis leucantha* y *Denmoza rhodacantha*, sería fundamental abordar el estudio de las características de estas especies para reintroducirlas de forma exitosa en los sitios donde están siendo eliminadas y para la restauración activa de otras áreas degradadas (Cirrincione, com. pers.).

En los proyectos de restauración es fundamental estudiar la germinación de las semillas de las especies que van a ser utilizadas. Este proceso constituye una etapa crucial en el ciclo de vida de las plantas superiores, de ella depende el establecimiento de muchos cultivos y la propagación de numerosas poblaciones naturales (Taiz y Zeiger, 2006).

Hasta el momento existe escasa información acerca de la biología de las cactáceas especialmente en lo referente a las primeras etapas de su ciclo de vida (Cenizo, 2012). Por lo que este tipo de investigaciones además de aportar conocimiento, permitiría ahorrar tiempo, labores y costos a la hora de restaurar (Dayreell, *et al.*, 2016).

Entre los factores que afectan la germinación de las semillas y cuyo efecto es necesario conocer para propagar en forma exitosa las especies, resultan importantes la temperatura y la salinidad (Derbel y Chaieb, 2007). En función de lo expuesto anteriormente, en el presente trabajo se evalúa la influencia de estos factores en la germinación de las semillas de las especies *Echinopsis leucantha* y *Denmoza rhodacantha*.

Este trabajo resulta relevante ya que brinda información para promover la propagación artificial de estas especies con fines de restauración y recuperación de ambientes degradados en nuestra zona.

## 1.2 Hipótesis

- Las semillas de *Echinopsis leucantha* germinarán con mayor salinidad en el medio que las semillas de *Denmoza rhodacantha*, dado que es una especie que habita en suelos salinos.
- Las semillas de *Denmoza rhodacantha* germinarán a menor temperatura que las semillas de *Echinopsis leucantha*, dado que es una especie que habita en laderas montañosas, a mayor altura y por ello en ambientes más fríos.

## 1.3 Objetivos

### Objetivo general:

- Determinar las condiciones óptimas de temperatura y salinidad para la germinación de las semillas de *Echinopsis leucantha* y *Denmoza rhodacantha*.

### Objetivos particulares:

- Caracterizar el material recolectado a campo de las especies seleccionadas.
- Evaluar la influencia de la temperatura sobre la germinación de las semillas de ambas especies.
- Analizar el efecto de la salinidad sobre la germinación de las semillas de ambas especies.
- Comparar las condiciones óptimas de germinación de las semillas de *Echinopsis leucantha* y *Denmoza rhodacantha*.

## 2. ESTADO ACTUALIZADO DEL TEMA

### 2.1 Degradación de tierras en zonas áridas

Las zonas áridas y semiáridas se caracterizan por presentar precipitaciones escasas, poco frecuentes e irregulares, gran amplitud térmica entre el día y la noche, y suelos con bajos contenidos de agua y materia orgánica. Esta disponibilidad limitada y estacional del recurso hídrico, sumada a la baja productividad primaria y el suelo poco desarrollado, determinan la inherente fragilidad de los ecosistemas áridos (Guida Johnson, *et al.*, 2017).

Estas zonas representan el 40 % de la superficie continental del planeta (5,2 billones de hectáreas), donde vive aproximadamente el 57,5 % de la población mundial. En América del Sur el 68 % del total de la superficie está afectada por procesos de erosión. En Argentina, las tres

cuartas partes del país pertenecen a la categoría de tierras secas y los procesos de degradación afectan a la mitad de la superficie de su territorio, donde vive el 30 % de su población (Martinelli, 2014).

La desertificación es la degradación de las tierras en zonas áridas y semiáridas derivada de un conjunto de factores, como las variaciones climáticas y las actividades humanas que inducen a la pérdida del potencial biológico, productivo y económico de los suelos. Esta no constituye un problema aislado, sino que está relacionada con el cambio climático, la conservación de la biodiversidad y la necesidad del manejo sustentable de los recursos naturales. Los vínculos entre estos aspectos y los socioeconómicos son cruciales, pues implican un desequilibrio entre el sistema de recursos naturales disponibles y el sistema socio-económico que los explota (Collado, 2012).

Argentina posee más de 60.000.000 hectáreas sujetas a procesos de desertificación de moderados a graves, agregándose cada año 650.000 hectáreas con distintos grados de erosión. En cuanto a la provincia de Mendoza, todos los ecosistemas están afectados por procesos de desertificación en distinto grado y tendencia creciente (Dágata, 2018).

La degradación de las zonas áridas y semiáridas es consecuencia de factores climáticos y de la acción humana (Guida Johnson, *et al.*, 2017). Respecto de las causas climáticas, es posible mencionar las recurrentes y prolongadas sequías, la erosión causada por el agua y por el viento, la sedimentación, los depósitos eólicos, la salinización, la lixiviación y la acidificación que se ven aceleradas o inducidas por la acción humana (Granados Sánchez, 2013). Entre los factores antrópicos se destacan la deforestación, los incendios, la sobrecarga animal, la agricultura y el uso intensivo del suelo, su manejo inadecuado y el empleo de tecnologías no apropiadas para ecosistemas frágiles (Guida Johnson, *et al.*, 2017). En particular la pérdida de cobertura vegetal es una situación detonante de los procesos de erosión y degradación de suelos (Martinelli, 2014).

La desertificación constituye un problema ambiental, social y económico de alcance mundial (Dágata, 2018). Debido a ello La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) propuso el objetivo de alcanzar una tasa cero de degradación de tierras para el año 2030. Esto implicaría que la desertificación debe ser evitada, o bien compensada a través de la restauración de las tierras degradadas (Guida Johnson *et. al*, 2017).

## **2.2 Restauración de zonas áridas**

La restauración es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, transformado e incluso totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre. Tiene por objeto restablecer la integridad, resiliencia y sustentabilidad del mismo (Guida Johnson *et. al*, 2017).

Se puede considerar que un ecosistema se ha recuperado y restaurado cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos como para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional. Este ecosistema se podrá mantener tanto estructural como funcionalmente (Guida Johnson *et. al*, 2017).

La vegetación es sumamente importante en áreas degradadas dado que posibilita recuperar parte de la diversidad y productividad de la comunidad local, genera condiciones de facilitación de las simientes de las especies y disminuye los procesos erosivos (Dalmaso y Martínez Carretero, 2013).

Las actividades de restauración en zonas áridas requieren de elementos vegetales adaptados a condiciones de déficit hídrico, salinidad, temperaturas extremas, radiación directa, suelos contaminados y/o de baja fertilidad (Dágata, 2018). Entre los endemismos vegetales del Monte se encuentran ejemplos que poseen tales características y que constituyen herramientas valiosas para afrontar tareas de restauración: *Opuntia ficus indica f. inermis* (Guevara, *et al.*, 1997), *Capparis atamisquea*, *Atriplex lampa*, *Larrea cuneifolia*, *Senecio subulatus* (Fernández, 2017),

*Senecio filaginoides*, *Cercidium praecox* ssp. *Chuquiraga erinacea*, *Grindelia chilensis* (Dalmasso, et al., 2002), *Prosopis flexuosa* var. *Depressa*, *Eupatrium buniifolium* (Dalmasso, et al., 2014), *Mimosa ephedroides*, *Acacia gilliesii*, *Prosopis strombulifera*, *Lycium tenuispinosum*, *Ephedra ochreatea* (Dágata, 2018), entre otras.

Actualmente, los esfuerzos de restauración de ecosistemas deteriorados cobran cada día mayor importancia, lo que ha propiciado la necesidad de estudiar el comportamiento de la germinación de las semillas para lograr las plantas necesarias para la regeneración y protección de estas áreas (Contreras-Quiroz, 2012).

### **2.3 Importancia de las cactáceas en la restauración de zonas áridas**

La mayoría de las cactáceas presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas, tales como la transformación de hojas a espinas, la succulencia y el metabolismo fotosintético CAM de sus tallos, que les permiten soportar las condiciones ambientales adversas típicas de los ambientes áridos y semiáridos en los que habitan (Cenizo, 2012). La utilización de especies de esta familia para la recuperación de poblaciones naturales en hábitats degradados constituye una alternativa para la revegetación (Masini, et al., 2014).

Los cactus conforman una parte esencial de la estructura y dinámica de las comunidades de los ecosistemas desérticos. Ofrecen alimento, refugio y hábitat a muchos organismos, como lo son pequeños mamíferos (roedores y murciélagos), aves, reptiles e insectos. Además, las Cactáceas de mayor tamaño brindan microambientes donde otras plantas pueden instalarse, constituyendo elementos importantes dentro de la dinámica de las islas de fertilidad de las tierras secas (Jiménez Sierra, 2011).

En las zonas áridas y semiáridas es difícil que plantas de otros ambientes puedan establecerse y utilizarse para tareas de restauración, a menos que cuenten con un gran subsidio humano, lo cual implica un derroche de energía, pues, entre otras cosas, es necesario un suministro constante de agua. Sin embargo, las especies de cactus que de manera natural han evolucionado durante siglos en los ambientes semidesérticos, logran sobrevivir exitosamente a pesar de la escasez de agua. Esto les ha permitido tener éxito en lugares donde otros vegetales difícilmente pueden sobrevivir (Jiménez Sierra, 2011).

Actualmente, las amenazas más relevantes para las poblaciones de Cactáceas son la destrucción del hábitat debido a las actividades agrícola-ganaderas, la deforestación, la introducción de especies exóticas, la construcción de caminos y los incendios. A esto se le suma la extracción de plantas con fines comerciales (Cenizo, 2012).

En este contexto la restauración constituye una alternativa que permitiría mejorar el estado de conservación de las Cactáceas. Para llevarla a cabo deben conocerse aspectos de la biología reproductiva de las especies de interés, por ejemplo, las características de sus semillas y sus requerimientos de germinación, a fin de reintroducirlas en su ambiente natural (Masini, et al., 2014).

Existen dos formas de reproducción de los cactus: por semillas (gámica) o por propagación vegetativa (agámica). Los que se reproducen de la primera forma presentan una amplia diversidad de caracteres genéticos y un período más largo de desarrollo (Trevisson y Perea, 2016). A través del segundo método se obtienen plantas idénticas a la progenitora (clones) y el tiempo de desarrollo es relativamente menor (Trevisson y Perea, 2016).

Méndez (2017) realizó un estudio sobre *Denmoza rhodacantha* en el que señala que esta especie se propaga por semillas y ocasionalmente por trozos de sus tallos. De la misma manera lo hace *Echinopsis leucantha* por lo que resulta de suma importancia analizar los factores que influyen en la germinación de sus semillas al momento de propagarlas (Cirrincione, com. pers.).

En Argentina, son escasos los estudios relacionados con la ecofisiología de la germinación de las Cactáceas nativas (Cenizo, 2012). Por lo que resulta esencial realizar investigaciones sobre

especies que presentan potencial para actividades de restauración, tal es el caso de *Denmoza rhodacantha* y *Echinopsis leucantha*.

## 2.4 Antecedentes de restauración con cactáceas

Se desarrolló en 2009 un protocolo para la restauración de poblaciones de *Mammillaria mathildae* en Querétaro, México. Esta especie está en peligro de extinción por su escaso número por lo que se llevó a cabo la restauración de la población en la Cañada de Juriquilla. Las plantas necesarias se obtuvieron por cultivo de tejidos. El 98 % de las plántulas sobrevivió a su aclimatación en el invernadero; sin embargo, después de su reintroducción se registró la muerte del 48 % en cinco meses. La alta mortandad se asoció con la baja disponibilidad de agua. Para lidiar con este problema, las plantas fueron inoculadas con un consorcio nativo de micorrizas vesículo arbusculares usando cultivo aeropónico. El tamaño alcanzado por la planta y la alta acumulación de fósforo ayudaron a esta especie a adaptarse rápidamente a la vida silvestre, donde la escasez de agua y la baja disponibilidad de nutrimentos es una constante (García Rubio, 2009).

La situación actual de las Cactáceas mexicanas es grave, debido al deterioro de hábitat y al comercio irracional (Salas-Cruz, 2014). Una alternativa para la propagación de cactus es el desarrollo de nuevos sustratos con las características ideales para el óptimo crecimiento de las plántulas. Por lo que se realizó un estudio en el que se desarrollaron técnicas de propagación y aclimatación para la reintroducción de las Cactáceas utilizando como sustrato zeolitas naturales. Las especies utilizadas: *Acharagma roseana*, *Astrophytum capricorne*, *Astrophytum myriostigma*, *Echinocereus reichenbachii*, *Escobaria dasyacantha*, *Mammillaria plumosa*, *Mammillaria prolifera*, *Sclerocactus scheeri* y *Turbinicarpus saueri*. La reintroducción se realizó en 2 zonas ecológicas localizadas en Nuevo León y Coahuila. Se registraron quincenal y mensualmente los parámetros de adaptación (sobrevivencia/mortalidad), de crecimiento (altura, diámetro, proyección de copa); la fenología y la sanidad de las plantas. Las Cactáceas fueron exitosamente establecidas en ambas localidades, *Mammillaria prolifera* obtuvo el mejor porcentaje de sobrevivencia (93 %) al ser colocada en sustrato con zeolita, en la exposición solar oriente y bajo la sombra de una planta nodriza (Salas-Cruz, 2014).

Por otro lado, en Chile se realizó un estudio para la restauración y recuperación de las poblaciones en peligro de *Eulychnia iquiquensis* mediante el uso de atrapa nieblas en dos ecosistemas al sur de Iquique (Pinto, 2014). Se plantaron 79 ejemplares cultivados a partir de semillas, 60 en Punta Gruesa y 19 en Patache. La respuesta de las plantas a la introducción en su ambiente natural ha sido muy favorable, rápidamente fortalecieron sus espinas, desarrollaron signos de crecimiento apical, engrosaron el tallo y se encuentran en buenas condiciones. Además, la plantación realizada ha triplicado el número de ejemplares de *Eulychnia iquiquensis* en Punta Gruesa y duplicado en Patache. Se observó que mientras mayor es el tamaño de una planta trasplantada mejor serán su adaptación y crecimiento en su hábitat natural (Pinto, 2014).

## 2.5 Factores que afectan la germinación

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse (Doria, 2010).

Las semillas se pueden clasificar según su tolerancia a la sequía en ortodoxas y recalcitrantes. Las Cactáceas presentan semillas del tipo ortodoxas, es decir son semillas tolerantes a la desecación y se dispersan y conservan luego de alcanzar un bajo porcentaje de humedad (Arredondo Gómez, 2010).

La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, detenido durante las fases finales de la maduración. Para que ocurra este proceso, deben suceder las siguientes condiciones: la semilla debe ser viable, las condiciones ambientales para la semilla deben ser favorables (agua, temperatura, oxígeno y luz), la semilla debe estar libre de dormición y en ausencia de agentes patógenos (Doria, 2010).

Las tres etapas de la germinación se mencionan a continuación (Doria, 2010):

- 1) Absorción de agua por imbibición, causando su hidratación y ruptura final de la testa de la semilla.
- 2) Inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones de crecimiento del embrión.
- 3) Crecimiento y división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula. En la mayoría de las semillas, el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula.

La duración de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades de las semillas: su contenido de compuestos hidratables y la permeabilidad de las cubiertas seminales al agua y oxígeno.

Además, la germinación está afectada por las condiciones del medio, tales como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, entre otros (Doria, 2010).

La temperatura es un factor decisivo en el proceso de germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Por ello, las semillas solo germinan dentro de un cierto rango de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar, aunque las demás condiciones sean favorables. La temperatura mínima sería aquella por debajo de la cual la germinación no se produce, y la máxima aquella por encima de la cual se anula igualmente el proceso. La temperatura óptima, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible (Doria, 2010).

En general, la temperatura tiene la capacidad de promover la germinación, como así también regular el tiempo y la velocidad de la misma (Cenizo, 2012). Además, puede afectar el porcentaje de germinación de las semillas induciendo o rompiendo procesos de latencia o influyendo en la velocidad de deterioro de las mismas (De La Cuadra, 1992; Passera, 2000).

La temperatura ha sido considerada como un factor importante para la germinación de semillas de Cactáceas. En general se ha documentado que entre 20 °C y 30 °C las semillas de cactus alcanzan su máxima germinación, situación que también podría explicar la abundante presencia en las zonas áridas de algunos cactus (Méndez y Pérez González, 2008).

El factor salinidad se relaciona con una reducción en la velocidad de imbibición de las semillas, provocando una disminución en la velocidad de germinación debido al efecto osmótico. Además, los procesos de división y alargamiento celular pueden presentar alteraciones, así como también, la movilización de las reservas indispensables para que ocurra el proceso germinativo (Meza, *et al.*, 2007).

Por otro lado, las sales pueden actuar en forma tóxica en lugar de ser un estímulo en la germinación de la semilla. Al bajar los potenciales hídricos en el suelo, las sales producen una disminución en la tasa y en la germinación total (Bazzigalupi, *et al.*, 2008).

La tolerancia a las sales es un carácter poligénico, heredable, que involucra respuestas al estrés iónico y osmótico a nivel celular. Sin embargo, los efectos de la salinidad varían dependiendo del estadio de crecimiento de las plantas y de la duración del estrés, siendo que, la mayor parte de las plantas son más sensibles a la salinidad durante la germinación y emergencia que durante los estadios de crecimiento y desarrollo posteriores (Bazzigalupi, *et al.*, 2008).

Con respecto al requerimiento de luz para germinar, las semillas se clasifican en fotoblásticas positivas, fotoblásticas negativas e indiferentes. Este proceso conocido como fotoblastismo se regula mediante un pigmento fotoreceptor llamado fitocromo, que absorbe principalmente en la

longitud de onda de 600-800 nm y detecta el balance rojo/rojo lejano de la radiación natural. Cuando adopta la forma de fitocromo rojo lejano (fisiológicamente activo) promueve la germinación de las semillas fotoblásticas positivas e inhibe la de las fotoblásticas negativas (Rojas Aréchiga y Batis, 2001).

Gran cantidad de Cactáceas poseen fotoblastismo positivo, por lo que la luz es un estímulo importante para controlar el momento de la germinación (Cenizo, 2012).

### **2.5.1 Dormición**

Se define a la latencia o dormición como un estado en el cual una semilla viable no germina, aunque se coloque en condiciones de humedad, temperatura y concentración de oxígeno idóneas para hacerlo (Doria, 2010).

La latencia de semillas se considera como una estrategia adaptativa que comúnmente desarrollan las plantas que habitan en ambientes impredecibles, tales como las zonas áridas y semiáridas (Rojas Aréchiga y Mandujano-Sánchez, 2017). Las semillas bajo este estado pueden mantener su viabilidad durante largos períodos de tiempo y sobrevivir en condiciones desfavorables y adversas, aunque no de forma indefinida (Doria, 2010).

En condiciones ideales las semillas que se utilizan para restauración no deberían presentar dormición, permitiendo que las especies germinen en un rango amplio de condiciones ambientales, aumentando el potencial de establecimiento de las mismas y minimizando costos (Dágata, 2018).

No obstante, en la realidad muchas especies que se requieren para programas de restauración, particularmente en zonas áridas, poseen diferentes tipos de dormición constituyendo la ruptura de la misma un problema a resolver (Dágata, 2018).

Se han realizado anteriormente ensayos de germinación con cactáceas en la provincia de Mendoza en los que se ha observado que las semillas recolectadas no germinan si no se realiza un tratamiento pre-germinativo que rompa posibles estados de dormición con la aplicación del regulador de crecimiento, ácido giberélico (giberelinas) (Cirrincione, com. pers.).

Otros tratamientos pre-germinativos para romper estados de dormición en cactáceas son: la inmersión en ácido para simular el paso de las semillas por el tracto digestivo de vertebrados, el lavado de la semilla para diluir o remover compuestos químicos existentes en el tegumento que inhiben la germinación, la escarificación mecánica y los períodos de estratificación (Rojas Aréchiga, y Mandujano-Sánchez, 2017).

## **3. MATERIALES Y METODOLOGÍA**

### **3.1 Características de la familia cactácea**

Las Cactáceas son endémicas de América, siendo una familia de plantas característica de ecosistemas áridos donde desempeñan un importante papel ecológico (Masini, *et al.*, 2014). Su distribución se extiende desde Canadá hasta la provincia de Santa Cruz en la Patagonia Argentina. La familia cuenta con unos 200 géneros y aproximadamente 2500 especies (Trevisson y Perea, 2016).

Argentina es uno de los países prioritarios para la conservación de las Cactáceas debido a la existencia de una alta riqueza específica y grandes niveles de endemismos (Ortega, 2015). En el país se encuentran alrededor de 37 géneros y más de 210 especies repartidas en casi todas las ecoregiones, siendo especialmente abundantes en la ecorregión del Chaco, en el Monte y en la Puna (Trevisson y Perea, 2016).

La familia está dividida en 3 subfamilias: *Pereskioideae*, *Opuntioideae* y *Cactoideae*. A continuación, se realiza una descripción de la subfamilia *Cactoideae* ya que, dentro de esta, están presentes las especies en estudio. Esta subfamilia se caracteriza por estar conformada por

plantas sin hojas, aréolas sin gloquidios, semillas sin arilo, flores solitarias y tallos con tubérculos alineados formando costillas (Trevisson y Perea, 2016).

El rasgo distintivo que presentan todos los integrantes de la familia cactácea independientemente de la forma que tengan, es la presencia de estructuras ubicadas generalmente en depresiones de la epidermis denominadas aréolas. En estas estructuras se forman yemas que luego dan origen a hojas, flores y nuevas ramificaciones. Además, pueden aparecer sobre ellas, pelos, cerdas, tomento y espinas (Trevisson y Perea, 2016). La función de estas estructuras es de protección, tanto para evitar la depredación como los daños derivados de una exposición prolongada a la radiación solar directa (Jiménez Sierra, 2011).

La mayoría de las Cactáceas presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas, tales como la estructura suculenta o crasa de los troncos que les permite acumular gran cantidad de agua en sus tejidos; las hojas se han reducido o prácticamente están ausentes, esto disminuye la pérdida de agua por transpiración; el peciolo, que es la estructura que normalmente sostiene a la hoja en las plantas comunes, está transformado en una estructura llamada podario o tubérculo (Jiménez Sierra, 2011).

Desde una perspectiva fisiológica, los cactus siguen una ruta metabólica peculiar, conocida como “metabolismo ácido crasuláceo” o CAM, con la cual logran economizar agua, ya que el intercambio gaseoso se realiza durante la noche cuando la temperatura del ambiente es más baja (Jiménez Sierra, 2011).

Las flores de esta familia son hermafroditas, es decir, que en una misma flor están presentes los órganos masculinos (estambres) y los femeninos (gineceo). Su forma, tamaño y color varían en función de los hábitos de los animales que actúan como polinizadores. Los frutos son muy diversos y sirven de alimento de los animales como murciélagos, insectos y pequeños mamíferos, los cuales al ingerirlos actúan como agentes de dispersión de las semillas, promoviendo la colonización de nuevos ambientes alejados de la planta madre (Jiménez Sierra, 2011).

### 3.2 Descripción de las especies estudiadas

Se trabajará con las semillas de las especies de cactus nativas que se describen a continuación:

#### 3.2.1 *Echinopsis leucantha* (Gillies ex Salm-Dyck) Walp (Figura N°4).



**Figura N°4:** Ejemplar de *Echinopsis leucantha* en El Carrizal, Mendoza.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 3.2.1.1 Clasificación, etimología del nombre genérico y sinonimia

Pertenece a la Clase *Magnoliopsida*, Orden *Caryophyllales*, Familia *Cactacea*, Subfamilia *Cactoideae* y al Género *Echinopsis* (Méndez, et al., 2017).

El nombre deriva del griego **Echino** (puercoespín) y **opsis** (aparición o parecido), dada la forma globular y el aspecto espinoso que recuerdan a un erizo recogido sobre sí mismo (Trevisson y Perea, 2016). El nombre **leucantha** deriva del latín y significa de flores blancas (Kiesling y Ferrari, 2007).

Sinónimo: *Cereus leucanthus* (Trevisson y Perea, 2016).

### 3.2.1.2 Distribución geográfica y hábitat

Su distribución geográfica coincide con la provincia biogeográfica del Monte (Almirón y Martínez-Carretero, 2010) (Figura N°5). Es endémica de la región y se extiende desde los Valles Calchaquíes en Salta, por Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, San Luis, Córdoba, La Pampa, sur de Buenos Aires hasta Río Negro (Trevisson y Perea, 2016).

*Echinopsis leucantha* es uno de los cactus más representativos de los matorrales de *Larrea spp.* del centro oeste de Argentina (Méndez, 2011). Crece a una altitud entre 0-1000 msnm., sobre suelos sueltos, arenosos, de muy buen drenaje, generalmente al abrigo de arbustos (Trevisson y Perea, 2016). Además, se ha observado la presencia de ejemplares de este cactus en suelos con altos contenido de sales en la provincia de Mendoza (Cirrincione, com. pers.).



Figura N°5: Distribución geográfica de *Echinopsis leucantha* en la Región del Monte.

Fuente: Trevisson y Perea, 2016.

### 3.2.1.3 Descripción botánica

Se caracteriza por ser una planta de tallo cilíndrico bajo, de 25-150 cm de alto y 10-20 cm de diámetro. Al principio son simples, luego proliferan en la base 12-14 costillas altas y ligeramente onduladas, separadas entre sí por un surco muy ancho (Trevisson y Perea, 2016).

Presenta una aréola oval, de 0,6 a 10 mm de alto, con tomento castaño claro cuando joven, luego oscuro. Contiene de 5-9 espinas radiales, de 1-2 cm de longitud, grises, ligeramente curvas; 1-4 espinas centrales de 3-4 cm de longitud, erguidas, curvadas hacia arriba y las de las aréolas superiores cerrándose sobre el ápice (Trevisson y Perea, 2016).

La flor es originada en aréolas laterales cercanas al ápice (Figura N°6). Con forma de embudo, de 13-15 cm de diámetro y 20-22 cm de longitud, arqueada, ascendente. Receptáculo con algunas escamas pequeñas y pelos blanco grisáceos cortos. Tépalos exteriores de color verde rosado. Tépalos interiores blancos. Anteras de color amarillo. Filamentos y estilo de tonalidad

blanco verdoso. Estigma blanco amarillento. Florece entre los meses de octubre y febrero (Trevisson y Perea, 2016).



**Figura N°6:** Flor de *Echinopsis leucantha*.

Fuente: Trevisson y Perea, 2016.

El fruto es carnoso, globoso hasta ovoide, de color anaranjado con tono rojizo, de 3,5 cm de alto y 3 cm de diámetro, con escamas pilosas. Pulpa blanca y dulce. Presenta dehiscencia longitudinal (Figura N°7). La fructificación se produce entre los meses de diciembre y abril (Trevisson y Perea, 2016).



**Figura N°7:** Fruto de *Echinopsis leucantha*.

Fuente: Trevisson y Perea, 2016.

La semilla es globosa, de aproximadamente 1,5 mm de longitud de color negro y textura rugosa (Trevisson y Perea, 2016). Presenta un peso de  $9,45 \pm 0,35$  mg (Almirón y Martínez-Carretero, 2010).

#### **3.2.1.4 Aspectos ecológicos y estado de conservación**

Muchas Cactáceas de sistemas áridos y semiáridos se desarrollan bajo el dosel de los arbustos ya que éstos atenúan la radiación solar y consecuentemente la temperatura del suelo (Figura N°8). Además, los arbustos ofrecen refugio contra herbívoros y suelen mejorar el contenido de nutrientes en el suelo (Méndez, 2011).

La calidad de protección de las plantas nodriza debajo de las cuales crece *Echinopsis leucantha*, está expresada por la cobertura de sus copas, siendo uno de los principales factores que condicionan una mayor o menor supervivencia o posibilidad de establecimiento del mismo (Méndez, 2011).



**Figura N°8:** *Echinopsis leucantha* bajo el dosel de los arbustos en El Carrizal, Mendoza.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La lista roja de las especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) categoriza a *Echinopsis leucantha* como especie de preocupación menor (LC). Además, está sometida a controles de gestión y comercio internacional, incluida en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), en este apéndice figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio (Méndez, *et al.*, 2017).

Entre las acciones de conservación de la especie se puede mencionar que ha sido incluida en áreas protegidas de Argentina (Méndez, *et al.*, 2017): Parque Provincial de Ischigualasto o Valle de la Luna, situado en el extremo norte de la provincia de San Juan (Márquez, *et al.*, 2005); Parque Nacional Lihú Calel ubicado en la región centro sur de la provincia de La Pampa (Prina, 2015); Parque Nacional Sierra de las Quijadas, ubicado al noroeste de la provincia de San Luis (Rivero Mega y Crespo, 2014); Parque Nacional Talampaya ubicado en el centro oeste de la provincia de La Rioja (Ceballos, 2007). No hay ningún uso o comercio conocido para esta especie (Méndez, *et al.*, 2017).

### 3.2.2 *Denmoza rhodacantha* (Salm-Dyck) Britton & Rose (Figura N°9).



**Figura N°9:** Ejemplar de *Denmoza rhodacantha* en Cacheuta, Mendoza.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### 3.2.2.1 Clasificación, etimología del nombre genérico y sinonimia

Pertenece a la Clase *Magnoliopsida*, Orden *Caryophyllales*, Familia *Cactaceae*, Subfamilia *Cactoideae* y al Género *Denmoza* (Méndez y Ortega-Baes., 2017).

El nombre ***Denmoza*** corresponde al anagrama de Mendoza, la provincia donde se describió por primera vez (Trevisson y Perea, 2016). El nombre ***rhodacantha*** significa de espinas rojas (Kiesling, 2007).

Sinónimo: *Cereus erythrocephalus* (Trevisson y Perea, 2016).

#### 3.2.2.2 Distribución geográfica y hábitat

Es una especie endémica de Argentina (Figura N°10). Se distribuye geográficamente por Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan hasta la provincia de Mendoza, siendo una planta característica de la provincia fitogeográfica del Cardonal (Méndez, 2015).

*Denmoza rhodacantha* crece a una altitud entre los 800-2800 msnm., en laderas soleadas, pedregosas y escarpadas, en sitios con clima invernal riguroso (Trevisson y Perea, 2016).



**Figura N°10:** Distribución geográfica de *Denmoza rhodacantha*.

Fuente: Trevisson y Perea, 2016.

### 3.2.2.3 Descripción botánica

Se caracteriza por ser una planta de tallo suculento de hasta 3 m de alto y de 30-50 cm de diámetro, que en ocasiones adquiere porte columnar bajo (Méndez, 2015). Ápice oblicuo, orientado al norte generalmente. Presenta de 20 a 30 costillas o más, de 1-2 cm de alto aproximadamente, redondeadas. Epidermis de color verde oscuro (Trevisson y Perea, 2016).

La aréola es oval, de 0,7 cm de alto, provista de tomento de color gris cuando joven luego más oscura. Presenta entre 9-10 espinas radiales, aciculares o subuladas, rojizas, castañas o gris blanquecinas, de 2,5-4 cm de longitud; 1-5 espinas centrales, subuladas de aproximadamente 6 cm de longitud, de tonalidad castaño rojizas o blanquecinas. En plantas adultas también se observan cerdas blancas (Trevisson y Perea, 2016).

La flor se origina en la zona central de la planta, es tubular, de hasta 7 cm de largo y 1-2 cm de diámetro, algo curvada (Figura N°11). Receptáculo con escamas triangulares imbricadas, y pilosidad blanca. Perianto poco abierto, de color rosa hasta rojo. Estambres sobresalientes rojos. Estaminodios en un anillo notable entre los estambres inferiores y la cámara nectarial. Estilo rojo, más largo que los estambres. La floración se produce entre los meses de octubre y febrero (Trevisson y Perea, 2016).



**Figura N°11:** Flor de *Denmoza rhodacantha*.

Fuente: Trevisson y Perea, 2016.

El fruto es una baya carnosita ovoide (Figura N°12), globosa, de aproximadamente 3-4 cm de diámetro, de tonalidades castaño rojizas, con escamas verde rojizas provistas de pilosidad gris y restos de perianto seco (Trevisson y Perea, 2016). Presenta dehiscencia longitudinal y pulpa blanca, jugosa y algo azucarada (Méndez,2015).

Las plantas juveniles, desde los 10 cm de diámetro y 5 cm de alto, producen flores y frutos. Las plantas maduras dan entre 30 a 40 frutos, en años con altas precipitaciones, con más de 1000 semillas por frutos (Méndez,2015).

La fructificación se produce entre los meses de noviembre y finales de marzo (Trevisson y Perea, 2016).



**Figura N°12:** Fruto de *Denmoza rhodacantha*.

Fuente: Trevisson y Perea, 2016.

La semilla es globosa, pequeña, de 1,8 mm de diámetro, de color negro y sin brillo, de textura rugosa y con estrofiolo (repliegue funicular) blanquecino (Trevisson y Perea, 2016).

### 3.2.2.4 Aspectos ecológicos y estado de conservación

*Denmoza rhodacantha* crece en ambientes de montaña del oeste de la provincia de Mendoza, donde coexiste y codomina en áreas con matorrales xerófilos de *Larrea cuneifolia* (Figura N° 13), conformando poblaciones denominadas cardonales (Méndez, 2015).

Las plantas se encuentran ocupando laderas con exposición norte y sus poblaciones están compuestas por individuos dispuestos de forma inclinada o casi vertical. Los ejemplares inclinados están asociados a las plantas nodrizas y los de disposición vertical sin su protección. Se ha determinado que los ángulos de inclinación de *Denmoza* se deben principalmente al fototropismo o necesidad de luz cuando se desarrollan bajo las plantas nodrizas (Méndez, 2015).



**Figura N°13:** *Denmoza rhodacantha* bajo el dosel de los arbustos Cacheuta, Mendoza.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La lista roja de las especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) categoriza a *Denmoza rhodacantha* como especie de preocupación menor (LC). Además, está sometida a controles de gestión y comercio internacional, incluida en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), en este apéndice figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio (Méndez y Ortega-Baes, 2017).

Entre las acciones de conservación de la especie se puede mencionar que ha sido incluida en áreas protegidas de Argentina (Méndez y Ortega-Baes, 2017): Parque Nacional Los Cardones ubicado en el centro oeste de la provincia de Salta (APN, 2017); Parque Nacional El Leoncito situado al sudoeste de la provincia de San Juan (APN, 2009); Parque Nacional Talampaya ubicado en el centro oeste de la provincia de La Rioja (APN, 2010). No hay ningún uso o comercio conocido para esta especie (Méndez y Ortega-Baes, 2017).

### 3.3 Recolección y acondicionamiento de frutos

Se identificó la presencia de las especies *Denmoza rhodacantha* y de *Echinopsis leucantha* mediante la utilización de una clave dicotómica y la descripción botánica de las mismas. Además, se contó con la colaboración del especialista en Cactáceas Ing. Agr. Ms. Sc. Miguel Cinrrincione.

La recolección de frutos de *Denmoza rhodacantha* se realizó en Cacheuta, y la de *Echinopsis leucantha* en El Carrizal (Tabla N°1).

**Tabla N°1:** Especie, fecha de recolección, lugar, coordenadas y elevación del lugar de recolección de los frutos de las especies estudiadas.

Especie	Fecha de recolección	Lugar de recolección	Coordenadas	Elevación del lugar de recolección
<i>E. leucantha</i>	20/02/2018	El Carrizal	33°17' 07.48" S 68°43'04.18" O	760 (m s.n.m.)
<i>D. rhodacantha</i>	03/02/2018	Cacheuta	33°1' 26.19" S 69° 7' 11.37" O	1.245 (m s.n.m.)

Se identificaron 10 plantas por especie y se cosecharon 3 frutos maduros en cada una de ellas, asegurando de este modo la variabilidad genética de las especies. Se consideraron como frutos maduros aquellos dehiscentes. Una vez obtenido el material, se procedió a la separación de los mismos de impurezas, restos vegetales y tierra.

Finalmente, los frutos fueron almacenados a temperatura ambiente en bolsas de papel madera correctamente identificadas, para la posterior extracción de las semillas.

A continuación, se describen los sitios de recolección:

#### 3.3.1 Cacheuta

Los frutos de *Denmoza rhodacantha* fueron cosechados en Cacheuta, departamento de Luján de Cuyo, provincia de Mendoza.

El lugar presenta un clima seco desértico (BW). La temperatura media anual es de 12,5 °C y la precipitación media anual de 230,5 mm (Méndez, 2011). El mes más cálido es enero con una temperatura media mensual de 20 °C y el mes más frío es julio con una temperatura media mensual de 5,1 °C (Méndez, 2006).

Su substrato geológico es del Plioceno, el cual soporta al Cuaternario compuesto por sedimentos finos de la Formación El Zampal (Méndez, 2011). Los suelos están clasificados como Torriortent (Méndez, 2006).

La vegetación está representada por la comunidad de *Larrea divaricata* Cav. que pertenece al piso de vegetación localizado en la zona semiárida oeste de la ciudad de Mendoza, dentro de la provincia fitogeográfica del Monte (Méndez, 2006).

#### 3.3.2 El Carrizal

Los frutos de *Echinopsis leucantha* fueron cosechados en El Carrizal, departamento de Luján de Cuyo, provincia de Mendoza.

En el lugar está el dique El Carrizal que recibe aportes de agua del tramo superior del Río Tunuyán (Drovandi, 2005). Sus aguas son empleadas para riego, generación de energía eléctrica y para usos recreativos (Comellas, 2014).

El sitio presenta una temperatura media anual de 14,8 °C y una precipitación media anual de 310 mm (Crescitelli Fliguer, 2015).

El Carrizal se ubica en la provincia fitogeográfica del Monte, correspondiente a la formación el jarillal (Van den Bosch, 2008). La mayor parte de la vegetación que cubre los alrededores del dique es xerófila (resistente a la sequedad) o halófila (crece en suelos salinos). La cobertura vegetal es relativamente pobre, caracterizada por especies como jarilla, zampa, atamisque, chañar, retamo, Cactáceas y pastos duros.

### 3.4 Recolección de las muestras de suelo

Se tomaron 6 muestras de suelo en Cacheuta, lugar donde se localiza *Denmoza rhodacantha* y 6 muestras de suelo en El Carrizal, lugar donde está presente *Echinopsis leucantha* (Tabla N°1).

El procedimiento consistió en realizar una calicata superficial alrededor de las raíces de las plantas que habían sido identificadas durante la recolección de los frutos (Figura N°14). Se tomaron dos muestras de suelo por planta, una correspondiente a los primeros 5 cm de profundidad y otra entre los 5 cm y 20 cm de profundidad, ambas de 1 kg. Cada una se colocó en bolsas plásticas correctamente identificadas para su posterior análisis en el laboratorio de la Cátedra de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias, con el objetivo de caracterizar los suelos donde habitan las especies (Anexo N°1).



**Figura N°14:** Calicata alrededor de un ejemplar de *Echinopsis leucantha* en El Carrizal, Mendoza.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 3.5 Descripción morfológica de frutos y semillas

Se realizó la extracción de las semillas de cada fruto por separado en forma manual considerando solo frutos enteros. Luego se lavaron con agua corriente hasta asegurar que quedaran libres de la pulpa azucarada y mucilaginosa que poseen, y así, evitar infecciones por hongos y bacterias. Por último, las semillas se secaron a temperatura ambiente durante 2 días, y éstas se almacenaron en sobres de papel madera. Los mismos se conservaron en un lugar seco a temperatura ambiente hasta la realización de los ensayos de germinación.

Para determinar el peso de las semillas se utilizó una balanza de precisión. Se pesaron 6 lotes de 1000 semillas cada una, el valor promedio de las repeticiones se expresó luego en peso de 1000 semillas.

Para conocer el número de semillas por fruto, se seleccionaron las mismas, descartando aquellas de coloración clara y/o tamaño muy reducido. Se contaron las semillas presentes en 10 frutos de

cada especie por separado y se realizó luego un promedio para conocer aproximadamente la cantidad de semillas por fruto.

Para la determinación de viabilidad mediante la prueba de tetrazolio se utilizaron 150 semillas de cada especie.

Para ello, se colocaron las semillas en remojo (agua destilada) por 24 horas, con la finalidad de suavizar la testa, que generalmente es muy dura (Flores, 2017). Luego se partieron a la mitad las semillas con la ayuda de cuchillas y pinzas de laboratorio. Las mitades que poseían embrión se introdujeron en tubos eppendorf y se embebieron en una solución al 0,5 % de 2, 3,5 cloruro de trifeniltetrazolio. Finalmente se colocaron los tubos en una estufa a 40 °C de temperatura en oscuridad (Dacar, com. pers.) (Figura N°15).



**Figura N°15:** Ensayo de viabilidad en la estufa a 40 °C.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cada una hora se observó la coloración del embrión de las semillas (Figura N°16). Luego de tres horas se identificó la tinción roja y se sacaron los tubos de la estufa (Dacar, com. pers.).

Posteriormente se procedió a la siguiente interpretación

- Embriones teñidos de rojo: viables.
- Embriones teñidos de blanco o café claro: no viables.

Finalmente se cuantificó el número de semillas viables y no viables por especie con la ayuda de una lupa binocular y se determinó el porcentaje de semillas viables.



**Figura N°16:** Tinción de los embriones.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **3.6 Ensayos previos**

#### **3.6.1 Ensayo de fotoblastismo**

Con el objetivo de determinar el carácter fotoblástico de *Echinopsis leucantha* y *Denmoza rhodacantha* se realizó un ensayo en el cuarto de luces de la Cátedra de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias. Para ello se seleccionaron 800 semillas por especie y se sumergieron en ácido giberélico para lograr la ruptura de posibles estados de dormición de origen endógeno en las semillas. Se colocaron 400 semillas de cada especie en bandejas de plástico que contenían tres capas de papel tissue, humectadas hasta la saturación con agua destilada estéril.

Se utilizaron dos cámaras de germinación una de luz y otra de oscuridad, ambas a una temperatura de 25 °C, la cual se considera óptima para la mayoría de las especies de cactáceas (Cenizo, 2012). La cámara de luz, estaba acondicionada con tubos fluorescentes, a una intensidad de  $100 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , una relación de luz roja/luz roja lejano de 1,26/0,57 respectivamente y un fotoperíodo de 14 horas de luz. Para ambas especies, se colocó una bandeja en la cámara de luz y otra en la cámara de oscuridad.

El ensayo tuvo una duración de 30 días. Una vez finalizado, se cuantificaron las semillas por especie que germinaron en la cámara de luz y en la cámara de oscuridad y se determinó el carácter fotoblástico de las especies.

#### **3.6.2 Ruptura de dormición**

Debido a que la ruptura de dormición de *Echinopsis leucantha* y *Denmoza rhodacantha* no ha sido estudiada en otros trabajos, se realizó un tratamiento pre-germinativo con ácido giberélico (AG3), para mejorar el poder germinativo de las semillas de ambas especies en estudio, a través de la ruptura de posibles estados de dormición de origen endógeno en las simientes (Cirrincione com. pers.).

Se utilizó este regulador del crecimiento, porque es un tratamiento que ya se ha estudiado en cactáceas (Rojas-Aréchiga, y Mandujano-Sánchez, 2017), y es empleado actualmente en otras especies (Cirrincione, com. pers.).

Previo a los ensayos de germinación se remojaron las semillas durante 6 horas a una concentración de 500 ppm de AG3 y luego se dejaron secar a temperatura ambiente.

### **3.7 Ensayos de germinación**

Los ensayos de germinación fueron realizados en la Cátedra de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias durante los meses de julio a noviembre de 2018.

Previamente se acondicionaron los materiales. Las cajas de Petri de 8,5 cm de diámetro y las pinzas histológicas fueron desinfectadas con alcohol, los discos de papel tissue y el agua destilada se esterilizaron en autoclave. Además, se tomó una fracción de semillas de cada especie por separado de los sobres de papel madera dónde habían sido almacenadas y se colocaron en bolsas cuyas paredes presentaban orificios que no permitían que las semillas salieran de su interior. Finalmente fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio (2 g/l de cloro activo) por inmersión completa durante 10 minutos y luego se lavaron 3 veces con agua destilada (Dágata, 2018).

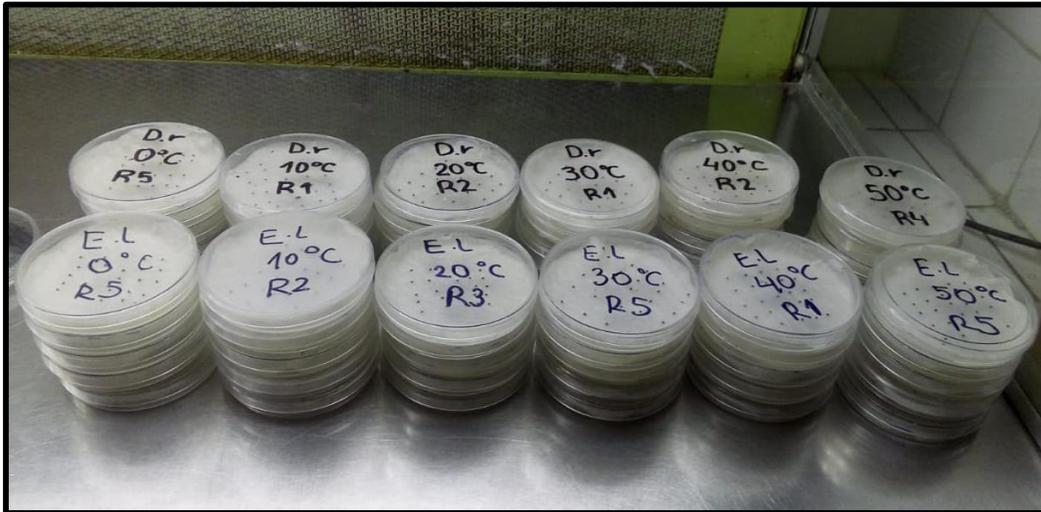
La siembra de las semillas se realizó en el gabinete de flujo laminar (Figura N°17). Primero se encendió la luz ultravioleta durante 15 minutos para garantizar la esterilidad del lugar y de los materiales. Luego las cajas de Petri fueron acondicionadas con 3 capas de papel tissue y humedecidas hasta saturación con agua destilada en los tratamientos de temperatura y con las soluciones correspondientes en el tratamiento salinidad. Se identificaron las cajas con la especie, tratamiento, nivel, número de repetición y fecha.



**Figura N°17:** Siembra de las semillas en el gabinete de flujo laminar de la Cátedra de Fisiología Vegetal.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los ensayos de temperatura y salinidad contaron con 5 repeticiones de 25 semillas cada una, por cada nivel del factor a analizar (Figura N°18). Las semillas sembradas fueron previamente seleccionadas y sólo se utilizaron semillas consideradas morfológicamente normales.



**Figura N°18:** Cajas de Petri sembradas con las semillas de *Denmoza rhodacantha* y *Echinopsis leucantha* para el ensayo de temperatura.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los ensayos de germinación se llevaron a cabo en cámaras de crecimiento. Cada una de las cuales disponía en su interior de un termómetro, para controlar la temperatura y de un foco led de luz cálida de 9 W con una intensidad de  $33 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  y una relación de luz roja/roja lejana de 3/0,8 respectivamente. En el exterior disponían de un timer para regular el fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.

Las observaciones de germinación se efectuaron contando el número de semillas germinadas, considerando como semillas germinadas aquellas en las que había emergido la radícula del embrión (Méndez, 2011). Las mismas fueron descartadas en cada recuento y registradas en una planilla.

Los recuentos se efectuaron cada 24 horas durante la primera semana y luego cada 48 horas.

### 3.7.1 Ensayo de temperatura

Las cajas de Petri sembradas en el gabinete de flujo laminar se colocaron en las respectivas cámaras de germinación correspondientes a los niveles de 0 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C y 50 °C de temperatura. Dicho ensayo se realizó de forma simultánea en las 6 cámaras de crecimiento y tuvo una duración de 30 días.

Los discos de papel tissue de las cajas de Petri fueron humectados hasta saturación con agua destilada estéril durante cada recuento. Para mantener la humedad se colocó parafina alrededor de la abertura de las cajas correspondientes al nivel de temperatura de 50 °C.

La temperatura de cada cámara se controló en cada recuento.

### 3.7.2 Ensayo de salinidad

El ensayo de salinidad se realizó en una cámara a 20 °C de temperatura para la germinación de las semillas de *Denmoza rhodacantha* y en una cámara a 30 °C para la germinación de las semillas de *Echinopsis leucantha*. Estas temperaturas se encuentran dentro del rango óptimo de germinación para cada especie según los resultados del ensayo anterior.

En el laboratorio, se prepararon las soluciones de NaCl correspondientes a las siguientes concentraciones 0,1 M; 0,2 M; 0,3 M que equivalen a conductividades eléctricas de 12 dS/m, 25 dS/m, 37 dS/m. Se utilizó como testigo agua destilada 0 dS/m.

Los discos de papel tissue fueron humectados hasta saturación con la solución de NaCl correspondiente a cada tratamiento durante cada recuento. La temperatura de las cámaras se controló mediante un termómetro, y el fotoperíodo mediante la programación del timer.

El ensayo de salinidad se realizó de forma simultánea en las cámaras de crecimiento y tuvo una duración de 30 días.

### 3.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó sobre la proporción promedio de semillas germinadas al finalizar el ensayo.

El experimento monofactorial se llevó a cabo bajo el diseño completamente aleatorizado (D.C.A) ya que la única fuente de variación adicional que existe es la debida a la asignación aleatoria de los tratamientos (niveles de temperatura o salinidad según el caso) a las unidades experimentales (caja de Petri). El modelo que se determinó para ajustar a los datos fue el de efectos fijos:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \varepsilon_{ij}$$

para salinidad       $i = 1, \dots, r = 5; j = 1, \dots, k = 4$   
para temperatura     $i = 1, \dots, r = 5; j = 1, \dots, k = 6$

Dónde:

$Y_{ij}$ : proporción de semillas germinadas en la  $i$ -ésima caja de Petri a la que se le aplicó el  $j$ -ésimo nivel de temperatura o salinidad.

$\mu$ : media general de la proporción de semillas germinadas.

$T_j$ : efecto del  $j$ -ésimo nivel de temperatura o salinidad.

$\varepsilon_{ij}$ : error aleatorio de la  $i$ -ésima caja de Petri a la que se le aplicó el  $j$ -ésimo nivel de temperatura o salinidad.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante el Análisis de la Varianza (ANAVA), utilizando el software estadístico InfoStat 2017. Las comparaciones múltiples de medias se analizaron de acuerdo a la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,01$ ).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Descripción morfológica de frutos y semillas

En lo que respecta al peso de mil semillas, los resultados indican que las semillas de *Denmoza rhodacantha* son más livianas que las semillas de *Echinopsis leucantha* (Tabla N°2).

En cuanto al número de semillas por fruto, la especie que presentó el mayor número fue *Echinopsis leucantha*, presentando prácticamente el doble de semillas por fruto que *Denmoza rhodacantha* (Tabla N°2).

Los resultados señalan que tanto la especie *Echinopsis leucantha* como la especie *Denmoza rhodacantha* presentan altos porcentajes de semillas viables (mayor al 80%).

**Tabla N°2:** Peso de mil semillas, número de semillas por fruto, porcentaje de semillas viables (promedio  $\pm$  desviación estándar) para las especies *Denmoza rhodacantha* y *Echinopsis leucantha*.

Especie	Peso de mil semillas (g)	N° de semillas por fruto	Porcentaje de semillas viables (%)
<i>D. rhodacantha</i>	0,69 $\pm$ 0,2	1.142 $\pm$ 40	82 $\pm$ 1,3
<i>E. leucantha</i>	0,88 $\pm$ 0,2	2.296 $\pm$ 66	90 $\pm$ 0,6

## 4.2 Ensayo de fotoblastismo

Las especies en estudio requieren de condiciones de luz para que las semillas puedan germinar. No se registraron semillas germinadas en la cámara de oscuridad (Tabla N°3).

**Tabla N°3:** Porcentaje de semillas germinadas de las especies en estudio, colocadas en cámaras de germinación en condiciones de luz y en oscuridad.

Especie	Porcentaje de semillas germinadas	
	Cámara de luz	Cámara de oscuridad
<i>D. rhodacantha</i>	66,1 %	0%
<i>E. leucantha</i>	72,2%	0%

## 4.3 Análisis de las muestras de suelo

Las muestras de suelo extraídas de las calicatas realizadas en El Carrizal presentan una calificación textural franco arenoso y franco mientras que las muestras de suelo extraídas de las calicatas de Cacheuta presentan una calificación textural franco arenoso, franco y franco limoso (Tabla N°4).

En lo que respecta al esqueleto grueso promedio, el suelo extraído de las calicatas en Cacheuta presenta un esqueleto grueso promedio mayor que el del Carrizal (diferencias aproximadamente del 50%).

En El Carrizal la conductividad eléctrica (CE) promedio de las muestras de suelo tomadas en superficie (0-5 cm) es mayor a la de Cacheuta. La misma situación ocurre si se compara la CE promedio de las muestras del suelo en profundidad (5-20 cm) entre estos sitios (Tabla N°4).

**Tabla N°4:** Calificación textural, esqueleto grueso promedio ( $\pm$  desviación estándar) y concentración salina promedio ( $\pm$  desviación estándar) de las muestras de suelo tomadas en superficie y profundidad en las calicatas realizadas en Cacheuta y El Carrizal.

Lugares	Calificación textural	Esqueleto grueso promedio	Concentración salina en superficie (0-5 cm)	Concentración salina en profundidad (5-20 cm)
Cacheuta	Franco, Franco arenoso, Franco limoso	61,1 $\pm$ 5,9 (g % g)	0,9 $\pm$ 0,3 dS/m	0,8 $\pm$ 0,3 dS/m
El Carrizal	Franco arenoso, Franco	33,3 $\pm$ 24,4 (g % g)	2,4 $\pm$ 1,1 dS/m	2,3 $\pm$ 1,1 dS/m

#### 4.4 Ensayo de temperatura

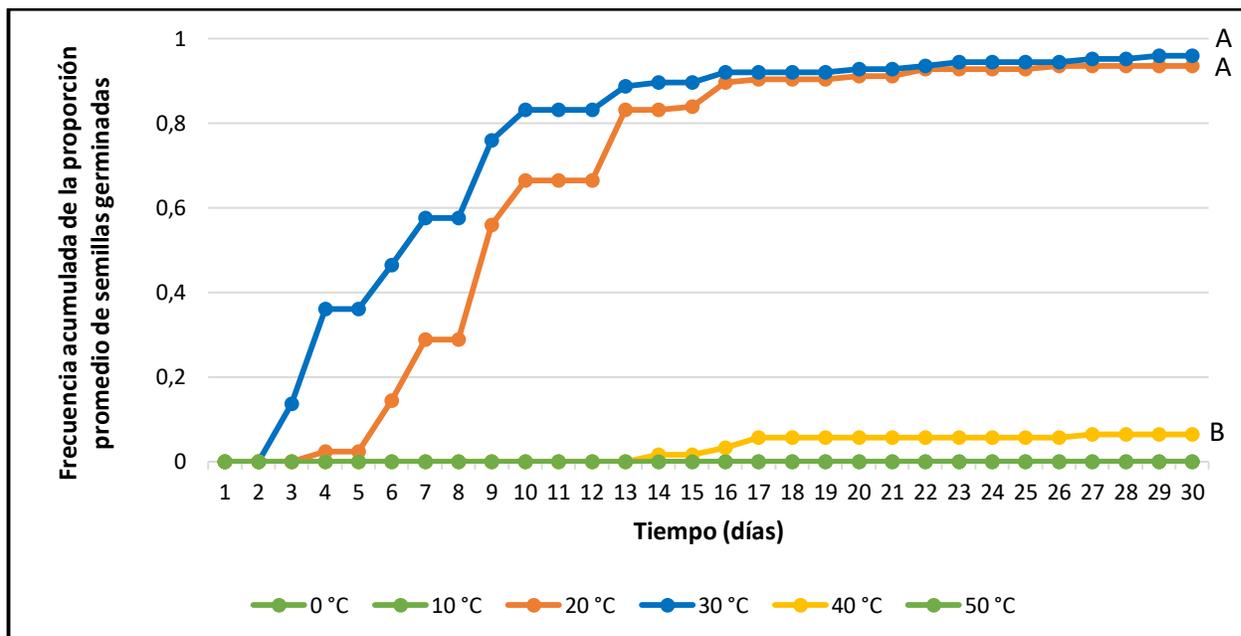
La mayor proporción promedio de semillas germinadas de *Echinopsis leucantha* se registró a 20 °C y a 30 °C de temperatura siendo de  $0,94 \pm 0,07$  y  $0,96 \pm 0,03$  respectivamente. Mientras que a 40 °C se obtuvo una proporción promedio de semillas germinadas menor comparada con los niveles anteriores siendo de  $0,06 \pm 0,07$  (Figura N°19).

El análisis estadístico indica que existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre los niveles de 20 °C, 30 °C y 40 °C de temperatura en la germinación de las semillas de esta especie (Tabla N°5).

Al finalizar el ensayo de temperatura no se registró ninguna semilla germinada en las cajas de Petri correspondientes a los niveles de temperatura de 0 °C, 10 °C y 50 °C. Por esta razón, se los excluyó del análisis estadístico (Figura N°19).

La germinación de las semillas a 30 °C comenzó al tercer día del ensayo y se registró una proporción promedio de semillas germinadas de  $0,13 \pm 0,1$ . La mayor proporción promedio de semillas germinadas se alcanzó el día 29 del ensayo a esta temperatura (Figura N°19).

Mientras que, a 20 °C, la germinación comenzó al cuarto día del ensayo y se registró una proporción promedio de semillas germinadas de  $0,02 \pm 0,01$ . La mayor proporción promedio de semillas germinadas se alcanzó el día 26 del ensayo (Figura N°19).



**Figura N°19:** Proporción acumulada de semillas germinadas de *Echinopsis leucantha* a distintas temperaturas durante el período de tiempo del ensayo. Las letras diferentes señalan que existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de temperatura. Los niveles que no fueron incluidos en el análisis estadístico se indican con el mismo color de referencia.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla N°5:** Resultados del Análisis de la Varianza para el factor temperatura de las especies en estudio.

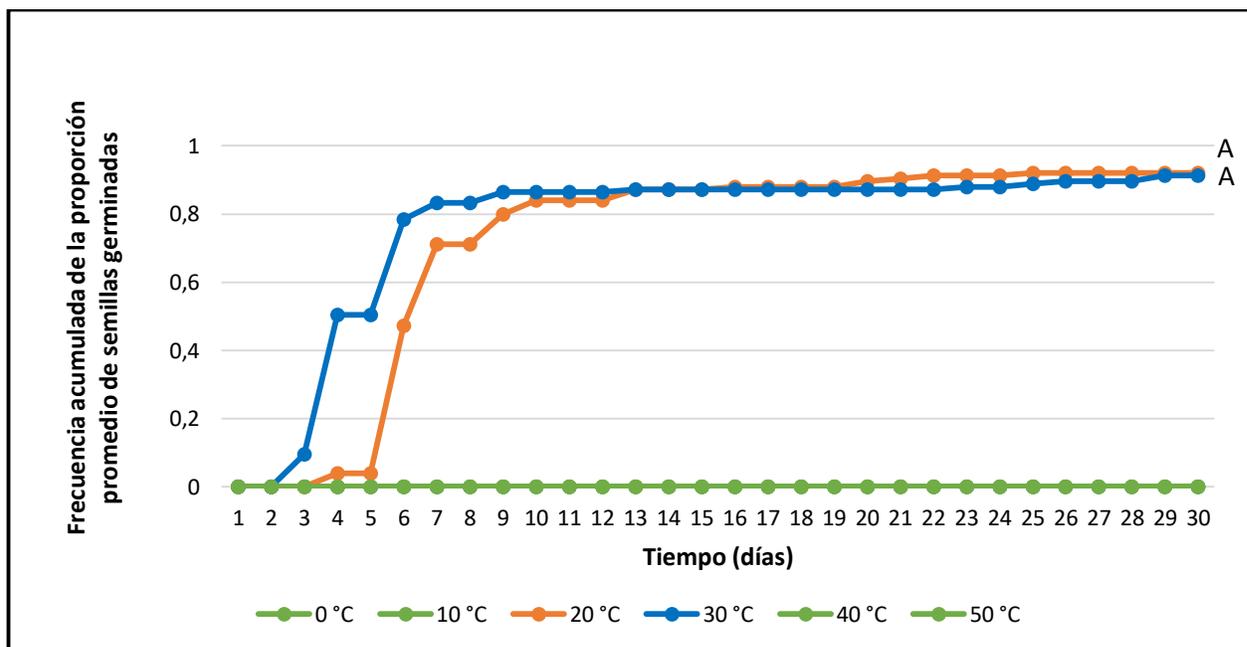
Especie	SC	gl	CM	F	p
<i>D. rhodacantha</i>	1,6 E <sup>-04</sup>	1	1,6 E <sup>-04</sup>	0,12	0,7404
<i>E. leucantha</i>	2,61	2	1,30	344,14	<0.0001

La mayor proporción promedio de semillas germinadas de *Denmoza rhodacantha* se obtuvo a 20 °C y a 30°C de temperatura siendo de  $0,92 \pm 0,03$  y  $0,91 \pm 0,04$  respectivamente (Figura N°20). El análisis estadístico indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,01$ ) entre los niveles de 20 °C y 30 °C de temperatura, en la germinación de las semillas de esta especie (Tabla N°5).

Es necesario destacar que al finalizar el experimento de temperatura no se registró ninguna semilla germinada en las cajas de Petri correspondientes a los niveles de temperatura de 0 °C, 10 °C, 40 °C y 50 °C. Debido a esto, los niveles mencionados anteriormente no fueron incluidos en el análisis estadístico (Figura N°20).

La germinación de las semillas a 30 °C comenzó al tercer día del ensayo y se registró una proporción promedio de semillas germinadas de  $0,09 \pm 0,1$ . La mayor proporción promedio de semillas germinadas se alcanzó el día 29 del ensayo a esta temperatura (Figura N°20).

Mientras que, a 20 °C, la germinación comenzó al cuarto día del ensayo y se registró una proporción promedio de semillas germinadas de  $0,04 \pm 0,01$ . La mayor proporción promedio de semillas germinadas se alcanzó el día 25 del ensayo (Figura N°20).



**Figura N°20:** Proporción acumulada de semillas germinadas de *Denmoza rhodacantha* a distintas temperaturas durante el período de tiempo del ensayo. Las letras iguales señalan que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de temperatura. Los niveles que no fueron incluidos en el análisis estadístico se indican con el mismo color de referencia.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 4.5 Ensayo de salinidad

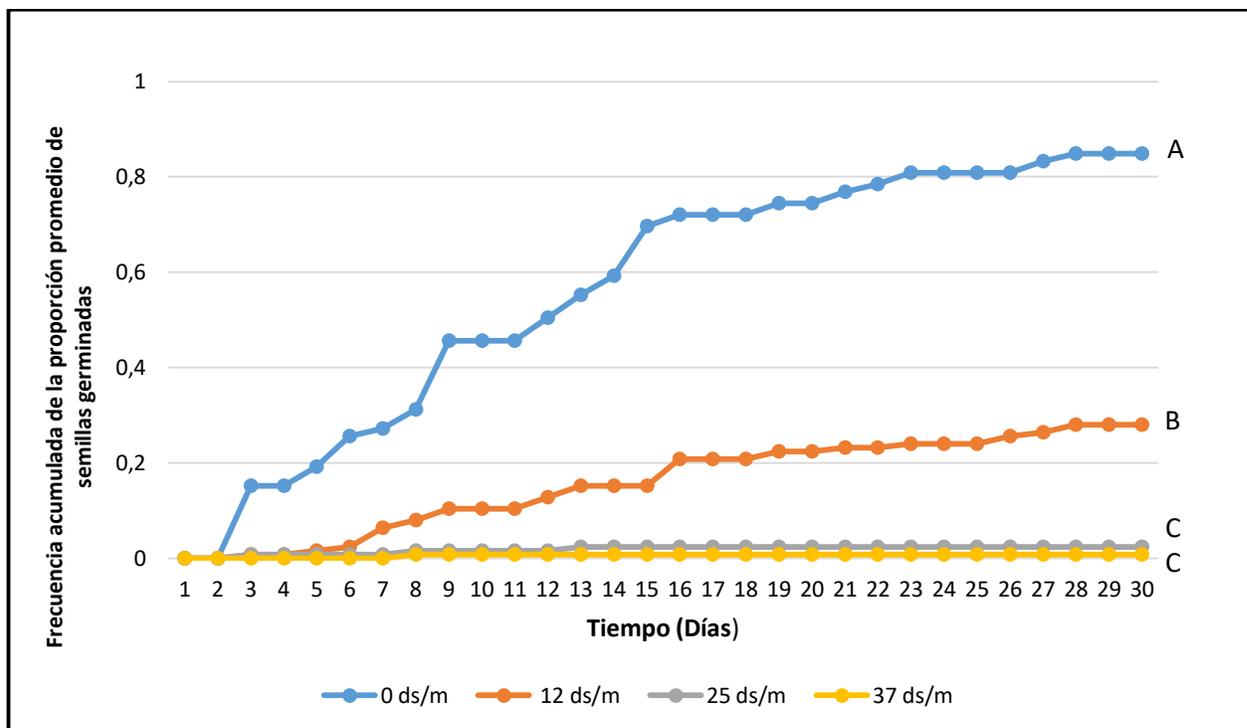
Los resultados del análisis estadístico señalan que existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre los niveles de salinidad de 12 dS/m, 25 dS/m, 37 dS/m y agua destilada (testigo) en la germinación de las semillas de la especie *Echinopsis leucantha* (Tabla N°6).

Se observó que a medida que aumentaron las concentraciones salinas disminuyó el número de semillas germinadas. La mayor proporción promedio de semillas germinadas se obtuvo en agua destilada siendo de  $0,85 \pm 0,1$ , existiendo diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás niveles de salinidad (Figura N°21).

A 12 dS/m se registró una proporción promedio de semillas germinadas de  $0,28 \pm 0,1$ , presentando diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás niveles de salinidad y el testigo. A 25 dS/m y a 37 dS/m prácticamente no se registró ninguna semilla germinada, siendo de  $0,02 \pm 0,05$  y  $0,01 \pm 0,02$  respectivamente, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre estos niveles, pero sí respecto a 12 dS/m y el agua destilada (Figura N°21).

La germinación de las semillas en agua destilada comenzó al tercer día del ensayo y se registró una proporción promedio de semillas germinadas de  $0,15 \pm 0,1$ . Al igual que en el testigo, la germinación a 12 dS/m comenzó al tercer día del ensayo y fue  $0,008 \pm 0,001$  (Figura N°21).

La máxima proporción promedio de semillas germinadas se alcanzó el día 28 del ensayo en agua destilada. Este es el nivel óptimo para la germinación de esta especie.



**Figura N°21:** Proporción acumulada de semillas germinadas de *Echinopsis leucantha* a distintas concentraciones de salinidad durante el período de tiempo del ensayo. Las letras diferentes señalan que existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de salinidad.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla N°6:** Resultados del Análisis de la Varianza para el factor salinidad de las especies en estudio.

Especie	SC	gl	CM	F	p
<i>D. rhodacantha</i>	2,28	3	0,76	98,61	<0.0001
<i>E. leucantha</i>	2,31	3	0,77	118,76	<0.0001

Los resultados del análisis estadístico indican que existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre los niveles de salinidad de 12 dS/m, 25 dS/m, 37 dS/m y agua destilada (testigo), en la germinación de las semillas de la especie *Denmoza rhodacantha* (Tabla N°6).

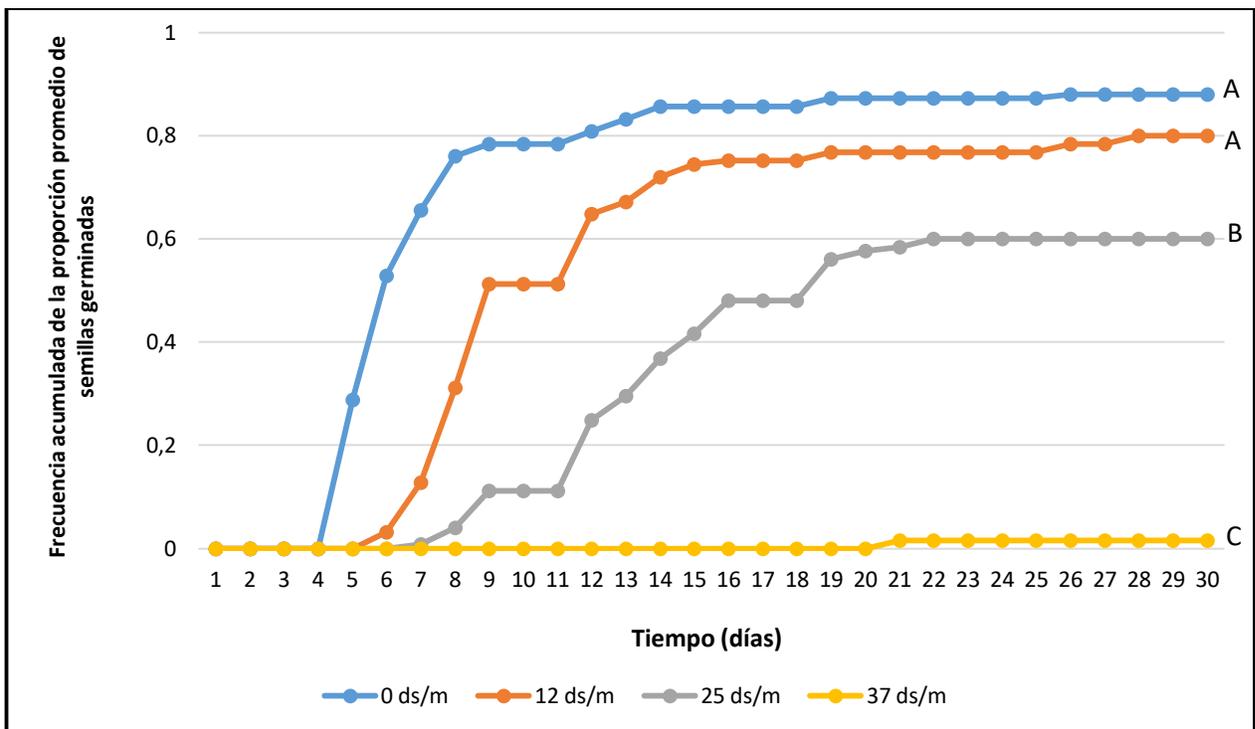
Se observó que a medida que aumentaron las concentraciones de sal disminuyó el número de semillas germinadas. La mayor proporción promedio de semillas germinadas se obtuvo en agua destilada y a 12 dS/m, siendo de  $0,88 \pm 0,1$  y  $0,80 \pm 0,1$  respectivamente. No existiendo diferencias estadísticamente significativas entre estos niveles, pero sí respecto a los demás niveles de salinidad (Figura N°22).

A 25 dS/m se obtuvo una proporción promedio de semillas germinadas de  $0,6 \pm 0,07$ , existiendo diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás niveles de salinidad y el testigo. A 37 dS/m prácticamente no se registró ninguna semilla germinada siendo la proporción promedio de  $0,02 \pm 0,04$ , existiendo diferencias significativas respecto a los demás niveles y el agua destilada (Figura N°22).

La germinación de las semillas en el testigo comenzó al quinto día del ensayo y se registró una proporción promedio de semillas germinadas de  $0,28 \pm 0,1$ . Mientras que a 12 dS/m comenzó el sexto día del ensayo y se registró una proporción promedio de semillas germinadas de  $0,03 \pm 0,02$ .

La mayor proporción promedio de semillas germinadas se alcanzó el día 26 del ensayo en agua destilada y a 12 dS/m, el día 28 del ensayo.

El rango óptimo en el que germinan las semillas de *Denmoza rhodacantha* es de 0 dS/m a 12 dS/m.



**Figura N°22:** Proporción acumulada de semillas germinadas de *Denmoza rhodacantha* a distintas concentraciones de salinidad durante el período de tiempo del ensayo. Las letras diferentes señalan que existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de salinidad.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 5. DISCUSIÓN

Los ejemplares de la especie *D. rhodacantha* habitan en laderas montañosas de la provincia de Mendoza, a mayor altura y en ambientes más fríos que *E. leucantha*, por lo que se esperaba que sus semillas germinen a menor temperatura. Sin embargo, los resultados del ensayo de esta tesina descartan esta hipótesis, ya que la temperatura óptima para la germinación de las semillas de ambas especies está comprendida en el rango de 20 °C a 30 °C.

Méndez y Pérez González (2008) en un trabajo sobre *E. leucantha* encontraron resultados similares a los de este estudio, donde concluyeron que tanto a 20 °C como a 27 °C se obtienen elevados porcentajes finales de germinación de las semillas de esta especie. El efecto de estas temperaturas podría explicar la fuerte presencia de este cactus en su hábitat natural.

También en un estudio realizado por Méndez (2007) sobre *D. rhodacantha*, se alcanzaron resultados que concuerdan con los de esta tesina, donde señala que esta especie germina a temperaturas comprendidas entre los 20 °C y 30 °C.

Es importante destacar que la proporción promedio de semillas germinadas al finalizar el ensayo de temperatura, tanto a 20 °C como a 30 °C, fue levemente mayor en la especie *E. leucantha* que en *D. rhodacantha*. Además, en esta tesina no se registraron semillas germinadas a las temperaturas extremas de 0 °C y 50 °C en ambas especies, ya que inhibieron la actividad de las enzimas y resultaron letales para los embriones. Por otro lado, la actividad enzimática de las semillas incubadas a 10 °C se vio disminuida en ambas especies y a 40 °C en las semillas de *D. rhodacantha* por lo que tampoco las semillas pudieron iniciar o completar las fases germinativas.

Estos resultados concuerdan con un ensayo realizado por Méndez (2007) donde señala que ambos extremos de bajas y altas temperaturas afectan la germinación de las semillas de la especie *D. rhodacantha*.

Otros autores han evaluado el efecto de la temperatura en la germinación de semillas de cactáceas y han obtenido resultados similares a los obtenidos en este estudio. Por ejemplo, *Trichocereus candicans* presenta altos porcentajes de germinación a temperaturas comprendidas entre 20 °C y 30 °C, obteniendo una mayor velocidad de germinación a 25 °C (Cenizo, 2012), *Gymnocalycium schickendantzii* presenta un alto porcentaje de germinación a 30 °C y las especies *Gymnocalycium quehlianum* y *Turbinicarpus lophophoroides* germinan en el rango de temperaturas de 20 °C a 30 °C (Méndez, 2011).

Además otras especies de cactáceas como por ejemplo *Mammillaria hamata* no tolera temperaturas menores a 4 °C, perdiendo su capacidad de germinación (Navarro Carbajal, 2008) y *Trichocereus candicans* que crece en ambientes en donde las temperaturas extremas frecuentemente se encuentran por debajo y por encima del rango en que germinan sus semillas teniendo únicamente probabilidades de germinar en micrositios donde las temperaturas extremas son atenuadas, principalmente debajo de la vegetación o rocas circundantes (Cenizo, 2012).

Se puede concluir que el momento apropiado para realizar una restauración en el campo con las semillas de las especies *D. rhodacantha* y *E. leucantha* corresponde con la época estival, durante los meses de diciembre, enero y febrero, que es cuando coinciden las temperaturas de la región fitogeográfica del Monte con las temperaturas óptimas para la germinación de estas especies. Además, en esta época ocurren la mayor cantidad de precipitaciones, lo que favorecería la germinación de las semillas, al proporcionarle la humedad adecuada al suelo y una mayor posibilidad de supervivencia y establecimiento de las plántulas. Esta respuesta también ha sido observada en otros arbustos nativos de la provincia de Mendoza: *Mimosa ephedroides*, *Acacia gilliesii*, *Prosopis strombulifera*, *Lycium tenuispinosum* y *Ephedra ochreatea* (Dágata, 2018).

En cuanto al factor salinidad, se esperaba en un principio que la especie *E. leucantha*, germinara a mayor nivel de salinidad que *D. rhodacantha*, al ser una especie que habita en suelos salinos. Sin embargo, los resultados de esta tesina no apoyan la hipótesis planteada ya que las semillas de *D. rhodacantha* germinaron en un rango de salinidad comprendido entre 0 dS/m (agua destilada) y 25 dS/m mientras que las semillas de *E. leucantha* germinaron en un rango de salinidad menor de 0 dS/m a 12 dS/m.

Además, se observó que, al aumentar las concentraciones de salinidad con las soluciones de cloruro de sodio, ambas especies se ven afectadas, disminuyendo el número de semillas germinadas. A 37 dS/m, las dos especies presentaron una proporción promedio de semillas germinadas prácticamente nula, al igual que a 25 dS/m en la especie *E. leucantha*. Estos resultados indican que el proceso de germinación se inhibe ya que los aniones y cationes presentes en el suelo reducen el potencial hídrico del mismo, lo que provoca que las semillas no logren hidratarse y no se produzca, en consecuencia, la germinación. Además, los procesos de división y alargamiento celular pueden presentar alteraciones, así como también, la movilización de las reservas indispensables para que ocurra el proceso de germinación (Meza, *et al.*, 2007).

Los resultados del ensayo de salinidad de la especie *E. leucantha* concuerdan con los obtenidos para la especie de cactus *Pachycereus pecten-aboriginum* (Vega-Villasante, *et al.*, 1996), cuyas semillas lograron germinar hasta los 12 dS/m, mientras que a concentraciones de 25 dS/m y 37 dS/m la germinación se vio inhibida.

*E. leucantha* no puede germinar a mayores niveles de salinidad que *D. rhodacantha*, pero sí puede hacerlo en ambientes como El Carrizal. Los resultados del análisis de suelo de las calicatas realizadas en este sitio indican que la conductividad eléctrica promedio en superficie es de  $2,4 \pm 1,1$  dS/m, este valor está comprendido dentro del intervalo de salinidad en el cual puede germinar esta especie.

Por otro lado, los resultados del análisis de suelo de las calicatas realizadas en Cacheuta, indican que la conductividad eléctrica promedio en superficie es de  $0,9 \pm 0,3$  dS/m; por lo que, la salinidad

de los suelos de este lugar estaría comprendida dentro del intervalo óptimo de salinidad en el cual puede germinar *D. rhodacantha*.

Se puede concluir de los resultados anteriores que ambas especies pueden germinar a concentraciones de sales mayores a las de los sitios de estudio. Por lo que *D. rhodacantha* podría ser utilizada para restaurar sitios que presenten una conductividad en el suelo de hasta 25 dS/m y *E. leucantha* de hasta 12 dS/m. Es necesario destacar que se clasifica como un suelo salino aquel que posee una CE mayor a 4 dS/m (Pérez-Valenzuela, 1999), por lo que estas especies presentan potencial para restaurar estos suelos.

Respecto al número de semillas por fruto, resulta relevante para estimar la cantidad de frutos a cosechar en el campo. *E. leucantha* presenta prácticamente el doble de semillas que *D. rhodacantha* por lo que sería necesario recolectar una mayor cantidad de frutos de esta última especie.

Además, saber cuál es el momento de cosecha es información que resulta importante para ahorrar tiempo en los primeros pasos de las tareas de restauración. La fructificación de *D. rhodacantha* se produce entre los meses de noviembre y finales de marzo. Las plantas juveniles, desde los 10 cm de diámetro y 5 cm de alto, producen flores y frutos. Las plantas maduras dan entre 30 a 40 frutos, en años con altas precipitaciones (Méndez, 2015). Mientras que *E. leucantha* fructifica entre los meses de diciembre y abril (Trevisson y Perea, 2016).

En cuanto a la viabilidad de las semillas de las especies estudiadas, las mismas fueron altas (mayor al 80%) en coincidencia con los resultados obtenidos para otras especies de arbustos de zonas áridas (Baskin y Baskin, 2014). Posiblemente, las semillas que no germinaron se encontraban en un período de latencia o dormición.

Ambas especies presentan un carácter fotoblástico positivo, por lo que requieren del estímulo de luz para poder germinar. Mientras que la oscuridad inhibiría el proceso. Otros autores señalan que las siguientes especies de cactáceas presentan este carácter: *Echinopsis leucantha* (Padrón Pereyra, 2012), *Mammillaria mazatlanensis*, *Stenocereus alamosensis*, *Stenocereus thurberi* subsp. *thurberi* (Sánchez-Soto, et al., 2010), *Trichocereus candicans* (Cenizo, 2012), *Echinomastus unguispinus* (Ruiz González et al., 2011) y *Trichocereus strigosus* (Méndez, 2011).

La luz es un factor de suma importancia ya que evita que las semillas germinen en condiciones que no son favorables para el establecimiento de la plántula. Además, las semillas de *D. rhodacantha* y *E. leucantha* son pequeñas y presentan escasa disponibilidad de reservas del embrión por lo que pueden requerir de luz como estrategia adaptativa para germinar, lo que asegura que las semillas se encuentren a poca profundidad, pudiendo emerger sin problemas (Baskin y Baskin, 2014). A la hora de implementar un programa de restauración, las semillas de ambas cactáceas deben enterrarse en el suelo, cerca de la superficie.

En condiciones ideales las semillas que se utilizan para restauración no deberían presentar dormición, permitiendo que las especies germinen en un rango amplio de condiciones ambientales, aumentando el potencial de establecimiento de las mismas y minimizando costos (Dágata, 2018). No obstante, en la realidad muchas especies que se requieren para programas de restauración, particularmente en zonas áridas, poseen diferentes tipos de dormición (Dágata, 2018). En función de esto se realizó un tratamiento pre-germinativo para romper posibles estados de dormición de las semillas de *E. leucantha* y *D. rhodacantha* con ácido giberélico, logrando de esta manera mejorar el poder germinativo de las semillas de ambas especies.

Se han realizado escasos estudios sobre la restauración de ambientes degradados con cactus. Algunas especies con las que se ha trabajado son: *Eulychnia iquiquensis*, *Acharagma roseana*, *Astrophytum capricorne*, *Astrophytum myriostigma*, *Echinocereus reichenbachii*, *Escobaria dasyacantha*, *Mammillaria plumosa*, *Mammillaria prolifera*, *Sclerocactus scheeri*, *Turbincarpus saueri* y *Mammillaria mathildae*. Se han obtenido resultados satisfactorios en estos estudios,

siendo la etapa más crítica la de supervivencia de las plantas en el campo por lo que se requiere de nuevas investigaciones.

Las comunidades vegetales donde está presente la especie de cactus *E. leucantha* están siendo actualmente desmontadas y corren el riesgo de ser eliminadas completamente debido al avance progresivo de las actividades humanas, de los cultivos y la salinización del suelo (natural o agrícola) (Méndez, 2011). Además, algunos sitios donde se distribuye la especie, como El Carrizal, han sido afectados por incendios de origen antrópico o natural en los últimos años, lo que ha generado que queden devastadas importantes poblaciones de este cactus.

Otra especie de gran importancia en la provincia es *Denmoza rhodacantha*. Los ejemplares de este cactus se encuentran cada vez más amenazados por las actividades humanas. Además, los incendios ocasionados en sitios como el Cerro Arco, Potrerillos y Cacheuta, han generado pérdidas en las comunidades vegetales que requieren muchos años para su recuperación natural (Cirrincione, com. pers.).

En función a los resultados obtenidos en la presente tesina de grado, y a las características del hábitat y nicho de las especies seleccionadas, se considera que las mismas resultan de interés para reintroducir estas especies en los sitios donde están siendo eliminadas y para desarrollar planes de restauración activa en otros ecosistemas degradados.

Sería relevante realizar nuevos estudios para evaluar otros factores que afectan la germinación de las semillas de las especies de *D. rhodacantha* y *E. leucantha* y los mecanismos fisiológicos que le permiten vivir a estas cactáceas en su hábitat natural. Además, sería importante realizar un ensayo en el que las semillas germinen en condiciones de invernadero y luego llevar las plantas al campo para analizar cómo se adaptan a las diferentes condiciones ambientales ya que los requerimientos para germinar pueden ser diferentes a los requerimientos que la planta necesita para crecer y desarrollarse. En todos los programas de restauración es necesario contemplar el monitoreo y la evaluación en otras etapas del ciclo de vida de las plantas.

## 6. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten concluir que la temperatura óptima para la germinación de las semillas de *D. rhodacantha* y *E. leucantha* está comprendida en el rango de 20 °C a 30 °C.

Respecto al factor salinidad, la mayor cantidad de semillas de la especie *D. rhodacantha* germina en el rango de 0 dS/m a 25 dS/m, mientras que las semillas de *E. leucantha* germinan en el rango de 0 dS/m a 12dS/m.

Las semillas de las especies en estudio presentan un carácter fotoblástico positivo, por lo que requieren del estímulo de luz para poder germinar. Además, presentan una elevada viabilidad.

El conocimiento que aporta esta tesina acerca de los requerimientos germinativos de las especies de cactáceas nativas, *D. rhodacantha* y *E. leucantha*, resulta relevante ya que además de brindar información para promover la propagación artificial de las especies con fines de restauración también puede ser utilizado para implementar futuras estrategias de manejo y conservación de poblaciones silvestres en la provincia de Mendoza.

## 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- **Almirón, M., Martínez Carretero, E.** 2010. *Echinopsis leucantha* (gillies ex salm-dyck) walp. (Cactoideae). Interacciones con plantas nodrizas en el desierto central argentino. [[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-73292010000200004](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292010000200004)]. [Consulta: 28 de febrero de 2019].
- **APN (Administración de Parques Nacionales).** 2017. Plan de Gestión Parque Nacional Los Cardones. Ministerio de ambiente y desarrollo sustentable. Administración de parques nacionales – Dirección regional Noa Provincia de Salta, Argentina. [[https://sib.gob.ar/archivos/PG\\_PN\\_LosCardones.pdf](https://sib.gob.ar/archivos/PG_PN_LosCardones.pdf)]. [Consulta: 4 de marzo de 2019].

- **APN (Administración de Parques Nacionales).** 2009. Plan de Manejo Parque Nacional El Leoncito 2009. Delegación Regional Centro Parques Nacionales. [[https://sib.gob.ar/archivos/PM\\_PN\\_EL\\_LEONCITO\\_completo.pdf](https://sib.gob.ar/archivos/PM_PN_EL_LEONCITO_completo.pdf)]. [Consulta: 4 de marzo de 2019].
- **Arredondo Gómez, A.** 2010. Manual para la cosecha y beneficio de semillas de Cactáceas ornamentales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Nordeste. San Luis, Potosí. [<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2713/869.pdf?sequence=1>]. [Consulta: 10 de marzo de 2019].
- **Baskin, C., C. y Baskin, J.M.** 2014. Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. Elsevier. Second edition. 1600 p.
- **Bazzigalupi, O., Pistorale, S.M. y Andrés, A.N.** 2008. Tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). [En línea]. Cienc. Inv. Agr. v.35 n.3 Santiago dic. 2008. [[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071816202008000300005&script=sci\\_arttext&lng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071816202008000300005&script=sci_arttext&lng=en)]. [Consulta: 14 de febrero de 2018].
- **Ceballos, M.** 2007. Informe de campaña al Parque Nacional Talampaya. [[https://sib.gob.ar/ficha/PLANTAE\\*echinopsis\\*leucantha](https://sib.gob.ar/ficha/PLANTAE*echinopsis*leucantha)]. [Consulta: 4 de marzo de 2019].
- **Genizo, V.** 2012. Efectos de la luz, temperatura y disponibilidad de agua en la germinación de *Trichocereus candicans* (cactaceae). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa, Argentina. 53p.
- **Collado A.** 2012. Desertificación en Argentina: el problema de las 60 millones de hectáreas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - E.E.A. San Luis. [En línea]. [<https://inta.gob.ar/noticias/desertificacion-en-argentina-el-problema-de-las-60-millones-de-hectareas>]. [Consulta: 07 de marzo de 2019].
- **Comellas, E., Drovandi, A., Ruiz, M. y Laudecina, A.** 2014. Consideraciones preliminares para la valoración económica de la calidad del agua para uso recreativo. Avances para el caso del Embalse el Carrizal. [En línea]. (1) Instituto Nacional del Agua, Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua; (2) Instituto Nacional del Agua, Centro Regional Andino; (3) Instituto Nacional del Agua, Centro de la Región Semiárida; (4) Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Económicas; (5) Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias. [<http://www.ina.gov.ar/ifrh-2014/Eje1/1.17.pdf>]. [Consulta: 19 de febrero de 2019].
- **Contreras-Quiroz, M.** 2012. Germinación de semillas de especies nativas de los pastizales del altiplano del norte de México. Universidad autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Forestales Subdirección de posgrado. Linares, Nuevo León, México. 65p.
- **Crescitelli Fliguer, C.Y.** 2015. Valor económico del uso recreativo del Embalse El Carrizal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. 96 p.
- **Dágata, S.** 2018. Arbustos nativos de la provincia de Mendoza, con potencial de uso en tareas de restauración: factores que afectan la germinación. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza, Argentina. 78 p.
- **Dalmaso, A., Martínez-Carretero, E. y Console, O.** 2002. Revegetación de áreas degradadas. Boletín de extensión científica del Instituto argentino de investigaciones de las Zonas Áridas. IADIZA. [En línea]. [<file:///C:/Users/MATI/DownloadS/m/revegetacion%20de%20areas%20degradadas.pdf>]. [Consulta: 25 de febrero de 2019]. 48 p.

- **Dalmaso A.** 2010. Revegetación de áreas degradadas con especies nativas. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 45: 149-171. [[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-23722010000100011](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722010000100011)], [Consulta: 17 de marzo, 2019].
- **Dalmaso A., Martínez Carretero E.** 2013. Revegetación de áreas degradadas. estudio de caso en plataformas petroleras en Malargüe, Mendoza. Rehabilitación y Restauración en la Diagonal árida Argentina. Universidad Nacional del Comahue. p. 275–292.
- **Dalmaso, A.D., Candia, R. y Funes Pinter, M. I.** 2014. Revegetación sin roturación de suelo en plataforma empetrolada CF88, Yacimiento Fortunosos, Malargüe. Revista Experimentia Vol.4. p. 99-104.
- **Dayreell, R., Arruda, A. J., Buisson, E. and Silveira, F. A.** 2016. Overcoming challenges on using native seedS/m for restoration of megadiverse resource-poor environments: a reply to MadS/men et al., Restoration Ecology, Vol.24. p.710–713. doi:10.1111/rec.12450.
- **De La Cuadra, C.** 1992. Germinación, latencia y dormición de semillas. Dormición en las avenas locas. Hojas divulgadoras. N°3, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 24 p.
- **Derbel, S. & Chaieb, M.** 2007. Germination behaviour and seedling establishment of two desert shrubs, *Calligonum polygonoides* (Polygonaceae) and *Spartidium saharae* (Fabaceae), under experimental conditions, Acta Botánica Gallica, 154:4, p.533-544.
- **Doria, J.** 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. [En línea]. I Reserva Científica del departamento de Fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700 [[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S025859362010000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362010000100011)]. [Consulta: 7 de marzo de 2019].
- **Drovandi, A., J. Zuluaga; M. Filippini; A. Bermejillo; P. Peralta; M. Bustamante; M. Ruiz; M. Granero; A. Morsucci; M. Velgas; A. Valdes; N. Nacif.** 2005. Diagnóstico Preliminar del Estado Trófico del Embalse El Carrizal, Provincia de Mendoza. [<https://www.ina.gov.ar/legacy/pdf/Cirsa-Limnologia-12%20EL%20CARRIZAL.pdf>]. [Consulta: 2 de marzo de 2019].
- **Fernández, M. E.** 2017. Tesis doctoral: Características ecofisiológicas y morfológicas de arbustos nativos de zonas áridas que determinan el crecimiento y supervivencia en condiciones de estrés. Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. 107p.
- **Flores Tabango, D.V.** 2017. Ensayos de germinación y pruebas de viabilidad de semillas de cactus (*Opuntia echios* var. *echios*) de la isla Plaza Sur. Universidad Central del Ecuador, sede Galápagos. Puerto Ayora, Ecuador. 78 p.
- **García Rubio, O. R.** 2009. Protocolo para la restauración de una población de *Mammillaria mathildae* en la provincia de Juriquilla, Qro. Centro universitario Querétaro, Quintana Ro. México. 191 p.
- **Granados Sánchez, D., Hernández García M. A., Vázquez Alarcón A., Ruíz Puga, P.** 2013. Los procesos de desertificación y las regiones áridas. [En línea]. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente. [[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-40182013000100005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182013000100005)]. [Consulta: 07 de marzo de 2019].

- **Guevara, J., Martínez Carretero, E., Juárez, M. C., Berra, A.B.** 1997. Reclamación de áreas degradadas del piedemonte de Mendoza, Argentina, mediante la plantación de *Opuntia ficus indica* f. *inermis* Multeguina. [En línea]. [<https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=42800602>] [Consulta: 9 de marzo de 2019].
- **Guida Johnson, B., Abraham, E., Cony, M.** 2017. Salinización del suelo en tierras secas irrigadas: perspectivas de restauración en Cuyo, Argentina. [En línea]. Revista Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. [ [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-86652017000100019](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652017000100019)]. [Consulta: 05 de marzo de 2019].
- **Jiménez Sierra, C. L.** 2011. Las Cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. [En línea]. Revista Digital Universitaria. Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Volumen 12 N°1. [<http://www.revista.unam.mx/vol.12/num1/art04/art04.pdf>]. [Consulta: 07 de marzo de 2019].
- **Kiesling R. y Ferrari O.** 2007. 100 cactus argentinos. Ed: Albatros. Buenos Aires, Argentina 128 p.
- **Lindow, L., Galíndez, G., Sührling, S. y Ortega-Baes, P.** 2017. ¿La ausencia de luz induce dormición secundaria en semillas de Cactáceas?.XXXVI J. Argentina Botánica – XXVIII. Reunión Anual Sociedad de Botánica de Chile – Fisiología.
- **Lloret, A.** 2018, 24 de septiembre. El fuego ha bajado su intensidad. Sitio Andino. [<http://www.sitioandino.com.ar/n/276140-guillermo-ferrari-sobre-los-incendios-el-fuego-ha-bajado-su-intensidad/>]. [Consulta: 2 de julio de 2019].
- **Luque, L., Ciano N., Nakamatsu, V., Vicente C., Lisoni, C.** 2005. Plan de abandono de canteras y picadas en la cuenca del Golfo San Jorge - Patagonia Argentina. 20 p. [<https://inta.gob.ar/documentos/plan-de-abandono-de-canteras-y-picadas-en-la-cuenca-del-golfo-san-jorge-patagonia-argentina>]. [Consulta: 25 de febrero de 2019].
- **Márquez, J., Martínez Carretero, E., Dalmaso, A., Pastrán, G., Ortiz, G.** 2005. Las áreas protegidas de la provincia de San Juan (Argentina) II. La vegetación del Parque Provincial Ischigualasto. [[https://www.academia.edu/5392999/LAS\\_%C3%81REAS\\_PROTEGIDAS\\_DE\\_LA\\_PROVINCIA\\_DE\\_SAN\\_JUAN\\_ARGENTINA\\_II.\\_LA\\_VEGETACI%C3%93N\\_DEL\\_PARQUE\\_PROVINCIAL\\_ISCHIGUALASTO\\_PROTECTED\\_AREAS\\_IN\\_SAN\\_JUAN\\_PROVINCE\\_ARGENTINE\\_II.\\_VEGETATION\\_OF\\_THE\\_ISCHIGUALASTO\\_PROVINCIAL\\_PARK](https://www.academia.edu/5392999/LAS_%C3%81REAS_PROTEGIDAS_DE_LA_PROVINCIA_DE_SAN_JUAN_ARGENTINA_II._LA_VEGETACI%C3%93N_DEL_PARQUE_PROVINCIAL_ISCHIGUALASTO_PROTECTED_AREAS_IN_SAN_JUAN_PROVINCE_ARGENTINE_II._VEGETATION_OF_THE_ISCHIGUALASTO_PROVINCIAL_PARK)]. [Consulta: 2 de marzo de 2019].
- **Martinelli M. y Martínez Carretero E.** 2014. Matorrales forrajeros en zonas áridas: indicadores de estado.29-40p. [[https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal//multequina/indice/pdf/23/23\\_3.pdf](https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal//multequina/indice/pdf/23/23_3.pdf)]. [Consulta: 10 de marzo de 2019].
- **Masini, C.A., Rovere, A.E. y Pirk G.I.**2014. Requerimientos pregerminativos de *Maihuenia patagonica* y *Maihueniopsis darwinii*, Cactáceas endémicas de Patagonia. Laboratorio Ecotono, Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250, San Carlos de Bariloche (8400), Río Negro, Argentina. 2Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). 3Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA, CONICET-UNCOMA). Quintral 1250, San Carlos de Bariloche (8400), Río Negro, Argentina. 198p.

- **Méndez, E.** 2011. Poblaciones de *Echinopsis leucantha* (Cactaceae) en el centro oeste de Argentina. Ed: Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras suculentas. Volumen VIII. Nº 3 Sep.-Dic.22p.
- **Méndez, E.** 2011. Efecto de la temperatura, escarificación y concentraciones de calcio en la germinación de *Gymnocalycium schickendantzii* (F.A.C. Weber) Britton & Rose (Cactaceae).  
[[http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=144:efecto-de-la-temperatura-escarificacion-y-concentraciones-de-calcio-en-la-germinacion-de-gymnocalycium-schickendantzii-fac-weber-britton-a-rose-cactaceae-&catid=12:no-2-ano-2011&Itemid=17](http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=144:efecto-de-la-temperatura-escarificacion-y-concentraciones-de-calcio-en-la-germinacion-de-gymnocalycium-schickendantzii-fac-weber-britton-a-rose-cactaceae-&catid=12:no-2-ano-2011&Itemid=17)]. [Consulta: 12 de marzo de 2019].
- **Méndez, E. y Pérez González, S. B.** 2008. Germinación de *Echinopsis leucantha* (Cactaceae). Efectos de temperatura y concentraciones de calcio. [[http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/2731/mendezagrarias2-08.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/2731/mendezagrarias2-08.pdf)]. [Consulta: 2 de marzo de 2019].
- **Méndez, E.** 2015. Inclinação de *Denmoza rhodacantha* (Cactaceae) en el w árido de Mendoza, Argentina. Efecto nurse. [[http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/8284/03-mendez-beg-104.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8284/03-mendez-beg-104.pdf)]. [Consulta: 3 de marzo de 2019].
- **Méndez, E.** 2006. *Opuntia Sulphurea*, un indicador de sobrepastoreo en matorrales de *Larrea Divaricata*. Oeste de Mendoza (Argentina). [<http://bdigital.uncu.edu.ar/772>]. [Consulta: 1 de marzo de 2019].
- **Méndez, E. y Ortega-Baes, P.** 2017. *Denmoza rhodacantha* (versión modificada de la evaluación 2013). La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas 2017. [<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152121A121459048.en>]. [Consulta: 3 de marzo de 2019].
- **Méndez, E., Ortega-Baes, P. y Kiesling, R.** 2017. *Echinopsis leucantha* (versión modificada de la evaluación de 2013). La Lista Roja de la IUCN de Especies Amenazadas 2017. [<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151888A121447684.en>]. [Consulta: 28 de febrero de 2019].
- **Méndez, E.** 2007. Variación estructural en poblaciones de *Denmoza rhodacantha* (Cactaceae) sobre laderas de montañas en Mendoza, Argentina. [[http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/1622/mendezagrarias39-2.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1622/mendezagrarias39-2.pdf)]. [Consulta: 9 de marzo de 2019].
- **Meza, N., Arizaleta, M y Bautista, D.** 2007. Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). [En línea] Revista Facultad de Agronomía. Caracas. [[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037878182007000100005&script=sci\\_art\\_text&tlng=en](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037878182007000100005&script=sci_art_text&tlng=en)]. [Consulta: 14 de febrero de 2018].
- **Navarro Carbajal, M . , Cervantes Olivera, G., Lázaro Castellanos, J.** 2008. Efecto de la escarificación de semillas en la germinación de dos especies de Mammillaria. [En línea]. [[https://www.researchgate.net/publication/273133674\\_Efecto\\_de\\_la\\_escarificacion\\_de\\_s\\_emillas\\_en\\_la\\_germinacion\\_de\\_dos\\_especies\\_de\\_Mammillaria](https://www.researchgate.net/publication/273133674_Efecto_de_la_escarificacion_de_s_emillas_en_la_germinacion_de_dos_especies_de_Mammillaria)]. [Consulta: 09 de agosto de 2019].
- **Ortega, P.** 2015. La familia Cactaceae en Argentina: patrones de diversidad y prioridades políticas para su conservación. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. p.71-78.
- **Passera, C.B.** 2000. Fisiología de *Prosopis spp.* Multequina. Vol. 9 (2), p53-80.
- **Pérez Valenzuela, B.R.** 1999. Edafología en la agricultura regadía cuyana. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Ed: Fundar. 203 p.

- **Pinto, R.** 2014. *Eulychnia iquiquensis* (Schumann) Britton & Rose: uso de atrapanieblas para la restauración y recuperación de poblaciones en peligro en el extremo norte de Chile. *Chloris Chilensis* Año 17. N° 2. [En línea]. [<http://www.chlorischile.cl>]. [Consulta: 15 de abril de 2019].
- **Pravata, M.** 2019, 27 de julio. Más de 16 mil hectáreas son relevadas por Ambiente tras los incendios en Potrerillos. *Diario Uno*. [[https://www.diariouno.com.ar/sociedad/16-mil-hectareas-son-relevadas-ambiente-incendios-potreriillos-07272019\\_HyR8HCYZS](https://www.diariouno.com.ar/sociedad/16-mil-hectareas-son-relevadas-ambiente-incendios-potreriillos-07272019_HyR8HCYZS)]. [Consulta: 30 de julio de 2019].
- **Prina, A., Muiño, W., González, M., Tamame, A. y Beinticinco, L.** 2015. Guía de Plantas del Parque Nacional Lihue Calel. [[https://www.researchgate.net/publication/304251171\\_Guia\\_de\\_Plantas\\_del\\_Parque\\_Nacional\\_Lihue\\_Calel](https://www.researchgate.net/publication/304251171_Guia_de_Plantas_del_Parque_Nacional_Lihue_Calel)]. [Consulta: 2 de marzo de 2019].
- **Rivero Mega, M. S. y Crespo E. M.** 2014. Diversidad diferencial de esporas de Glomeromycota en la rizosfera de Bromeliáceas nativas del Parque Nacional Sierra de Las Quijadas (San Luis, Argentina). [<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/BSAB/article/view/9462/10200>]. [Consulta: 27 de febrero de 2019].
- **Rodríguez Araujo, M.E, Turuelo N. y Pérez D.**2015. Banco de semillas de especies nativas de Monte y Payunia para restauración ecológica. 75-82p. [<https://www.redalyc.org/pdf/428/42844132005.pdf>]. [Consulta: 27 de febrero de 2019].
- **Rojas Aréchiga, M., y Batis, A.I.** 2001. Las semillas de Cactáceas. ¿Forman bancos en el suelo? Cactáceas y suculentas mexicanas, tomo XLVI, año 46, N°4. [En línea]. [[http://www.ibiologia.unam.mx/slccs/www/material\\_bib/R/RojasArechiga\\_y\\_Batis\\_2001.pdf](http://www.ibiologia.unam.mx/slccs/www/material_bib/R/RojasArechiga_y_Batis_2001.pdf)]. [Consulta: 9 de marzo de 2019].
- **Rojas-Aréchiga, M., y Mandujano-Sánchez, M.C.** 2017. Latencia secundaria en especies de la tribu Cacteeae (cactaceae). Instituto Politécnico Nacional. México. 9p.
- **Salas-Cruz, L. R.** 2014. Aplicación de zeolitas en la propagación, aclimatación y reintroducción de Cactáceas en dos zonas ecológicas del noreste de México. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León. [En línea]. [<http://eprints.uanl.mx/4012/>]. [Consulta: 14 de abril de 2019].
- **Taiz, L. y Zeiger, E.** Fisiología Vegetal. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.D.L.2006.Traducción de Plant physiology, 3rd Edition.
- **Trevisson, M. y Perea, M.** 2016. Cactus del oeste de Argentina. Ed: L.O.L.A (Literature of Latin America). Buenos Aires, Argentina. 160 p.
- **Vallone, R. y Nijensohn, L.** 2002. Guía de orientación para regantes de zonas áridas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Ed: TINTAR Editorial. Mendoza, Argentina. 151 p.
- **Van den Bosch, M. E.** 2008. Un modelo de desarrollo sustentable en las áreas bajo riego de los distritos Ugarteche y El Carrizal. Departamento de Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza: un aporte para el ordenamiento territorial rural. [[http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digiales/4631/vandenboschmaestriaenordenamiento-territorio-chico.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digiales/4631/vandenboschmaestriaenordenamiento-territorio-chico.pdf)]. [Consulta: 1 de marzo de 2019].

- **Vega-Villasante, F., Nolasco, H., Montaña, C., Romero-Schmidt, H., Vega-Villasante, E.** 1996. Efecto de la temperatura, acidez, iluminación, salinidad, irradiación solar e iluminación sobre la germinación de semillas de *Pachycereus pecten-aboriginum* “Cardón barbón” (Cactaceae). [En línea]. [[https://www.researchgate.net/profile/Fernando\\_Vega-Villasante/publication/282914412\\_Efecto\\_de\\_la\\_temperatura\\_acidez\\_iluminacion\\_salinidad\\_irradiacion\\_solar\\_e\\_iluminacion\\_sobre\\_la\\_germinacion\\_de\\_semillas\\_de\\_Pachycereus\\_pecten-aboriginum\\_cardon\\_barbon\\_Cactaceae/links/5622aa1b08ae93a5c9280c98/Efecto-de-la-temperatura-acidez-iluminacion-salinidad-irradiacion-solar-e-iluminacion-sobre-la-germinacion-de-semillas-de-Pachycereus-pecten-aboriginum-cardon-barbon-Cactaceae.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Vega-Villasante/publication/282914412_Efecto_de_la_temperatura_acidez_iluminacion_salinidad_irradiacion_solar_e_iluminacion_sobre_la_germinacion_de_semillas_de_Pachycereus_pecten-aboriginum_cardon_barbon_Cactaceae/links/5622aa1b08ae93a5c9280c98/Efecto-de-la-temperatura-acidez-iluminacion-salinidad-irradiacion-solar-e-iluminacion-sobre-la-germinacion-de-semillas-de-Pachycereus-pecten-aboriginum-cardon-barbon-Cactaceae.pdf)]. [Consulta: 31 de julio de 2019].

## 8. ANEXOS

### Anexo N°1: Análisis de las muestras de suelo

Se describe a continuación el procedimiento utilizado para el análisis de las muestras de suelo en el laboratorio (Pérez Valenzuela, 1999):

1. Secado de las muestras: se abrieron cada una de las bolsas que contenían las muestras de suelo y se dejaron secar a temperatura ambiente.
2. Tamizado: se utilizó un tamiz que presentaba orificios de 2 mm de diámetro. Se separó la fracción de gravas, de la fracción de la muestra que atravesó el tamiz, denominada tierra fina seca al aire (TFSA).
3. Conductimetría: fue el método empleado para el diagnóstico de condiciones de salinidad del suelo ya que es bastante preciso, rápido y práctico. La presencia de sales solubles en cantidades variables, pero siempre presentes, constituye el factor más relacionado con el éxito relativo o fracaso en las plantas. Mientras el agua químicamente pura ofrece una resistencia prácticamente infinita al paso de la corriente eléctrica, las sales presentes en la solución de suelo le dan a ésta la capacidad de conducir la electricidad. A esta propiedad se le denomina Conductividad Eléctrica (CE) y su valor es tanto mayor cuanto más elevada es la concentración salina (Vallone y Nijensohn, 2002).

Para determinar la CE de las muestras de suelo se elaboró la pasta de saturación, que consiste en colocar la TFSA de cada muestra por separado en recipientes correctamente identificados. Luego, a cada una de ellas, se les agregó de manera gradual agua desmineralizada y se mezcló con una espátula hasta formar una pasta con las siguientes características: superficie brillante, se despegaba limpiamente de la espátula, no juntaba agua libre en las depresiones y apenas fluía cuando se movía el recipiente. La pasta de saturación se dejó en reposo durante 24 horas y se verificó el criterio de saturación, agregando agua o suelo según la necesidad. (Pérez Valenzuela, 1999).

Una vez concluida la elaboración de la pasta de saturación se procedió a la obtención del extracto de saturación. Para ello se transfirió cada pasta por separado a un embudo de filtración provisto de papel de filtro, al vacío. El líquido filtrado se recogió en un frasco y se finalizó la extracción cuando transcurrieron más de 15 minutos entre gota y gota filtrada.

Finalmente, se determinó la conductividad eléctrica actual de cada muestra utilizando un conductímetro previamente calibrado. Para realizar la medición se llenó con el extracto de saturación la celda de conductividad, que es una pipeta de vidrio con un electrodo de platino, luego se ajustó la temperatura del líquido y se observó y registró la lectura del valor de CE. Las unidades en las que se expresó fueron dS/m.

**Anexo N°2: Supuestos y resultados para la realización del análisis de la varianza según los factores de temperatura y salinidad.**

1. Supuestos y resultados del análisis de la varianza para la especie *Denmoza rhodacantha* según el tratamiento temperatura.

**Independencia:** la asignación aleatoria de los niveles de temperatura a las cajas de Petri asegura la independencia de los errores.

**Normalidad:** se presenta la prueba de Shapiro Wilks modificada ( $H_0$ : los residuos se distribuyen normalmente vs  $H_1$ : los residuos siguen otra distribución).

**Tabla N°7:** Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el tratamiento de temperatura de la especie *Denmoza rhodacantha*.

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Proporción de las ge..	10	0,00	0,03	0,81	0,0320

Se cumple el supuesto de normalidad (p-valor > 0,01).

**Homoscedasticidad:** se presenta la prueba de Levene ( $H_0$ : las varianzas de todos los niveles de temperatura son iguales a la varianza de los errores vs  $H_1$ : alguna varianza es diferente).

**Tabla N°8:** Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor temperatura de la especie *Denmoza rhodacantha*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
RABS Proporción de las ge..	10	0,36	0,28	61,34	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,3E-03	1	1,3E-03	4,51	0,0665
Tratamiento (°C)	1,3E-03	1	1,3E-03	4,51	0,0665
Error	2,2E-03	8	2,8E-04		
Total	3,5E-03	9			

Se cumple el supuesto de homoscedasticidad (p-valor > 0,01).

2. Supuestos y resultados del análisis de la varianza para la especie *Echinopsis leucantha* según el tratamiento temperatura.

**Independencia:** la asignación aleatoria de los niveles de temperatura a las cajas de Petri asegura la independencia de los errores.

**Normalidad:** se presenta la prueba de Shapiro Wilks modificada ( $H_0$ : los residuos se distribuyen normalmente vs  $H_1$ : los residuos siguen otra distribución).

**Tabla N°9:** Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el tratamiento de temperatura de la especie *Echinopsis leucantha*.

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Proporción de las ge..	15	0,00	0,06	0,94	0,5741

Se cumple el supuesto de normalidad ( $p$ -valor  $> 0,01$ ).

**Homoscedasticidad:** se presenta la prueba de Levene ( $H_0$ : las varianzas de todos los niveles de temperatura son iguales a la varianza de los errores vs  $H_1$ : alguna varianza es diferente).

**Tabla N°10:** Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor temperatura de la especie *Echinopsis leucantha*.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
RABS Proporción de las ge..	15	0,48	0,40	53,38	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	2	3,3E-03	5,58	0,0193
Tratamiento (°C)	0,01	2	3,3E-03	5,58	0,0193
Error	0,01	12	6,0E-04		
Total	0,01	14			

Se cumple el supuesto de homoscedasticidad ( $p$ -valor  $> 0,01$ ).

3. Supuestos y resultados del análisis de la varianza para la especie *Denmoza rhodacantha* según el tratamiento salinidad.

**Independencia:** la asignación aleatoria de los niveles de temperatura a las cajas de Petri asegura la independencia de los errores.

**Normalidad:** se presenta la prueba de Shapiro Wilks modificada ( $H_0$ : los residuos se distribuyen normalmente vs  $H_1$ : los residuos siguen otra distribución).

**Tabla N°11:** Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el tratamiento salinidad de la especie *Denmoza rhodacantha*.

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Proporción de las ge..	20	0,00	0,08	0,91	0,1633

Se cumple el supuesto de normalidad ( $p$ -valor  $> 0,01$ ).

**Homoscedasticidad:** se presenta la prueba de Levene ( $H_0$ : las varianzas de todos los niveles de temperatura son iguales a la varianza de los errores vs  $H_1$ : alguna varianza es diferente).

**Tabla N°12:** Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor salinidad de la especie *Denmoza rhodacantha*.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
RABS Proporción de las ge..	20	0,39	0,27	55,44	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	3	4,6E-03	3,36	0,0451
Tratamiento (M)	0,01	3	4,6E-03	3,36	0,0451
Error	0,02	16	1,4E-03		
Total	0,04	19			

Se cumple el supuesto de homoscedasticidad (p-valor > 0,01).

4. Supuestos y resultados del análisis de la varianza para la especie *Echinopsis leucantha* según el tratamiento salinidad.

**Independencia:** la asignación aleatoria de los niveles de temperatura a las cajas de Petri asegura la independencia de los errores.

**Normalidad:** se presenta la prueba de Shapiro Wilks modificada ( $H_0$ : los residuos se distribuyen normalmente vs  $H_1$ : los residuos siguen otra distribución).

**Tabla N°13:** Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el tratamiento salinidad de la especie *Echinopsis leucantha*.

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Proporción de las ge..	20	0,00	0,07	0,92	0,2646

Se cumple el supuesto de normalidad (p-valor > 0,01).

**Homoscedasticidad:** se presenta la prueba de Levene ( $H_0$ : las varianzas de todos los niveles de temperatura son iguales a la varianza de los errores vs  $H_1$ : alguna varianza es diferente).

**Tabla N°14:** Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor salinidad de la especie *Echinopsis leucantha*.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Proporción de las ge..	20	0,45	0,35	69,20

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,02	3	0,01	4,43	0,0190
Tratamiento (M)	0,02	3	0,01	4,43	0,0190
Error	0,02	16	1,5E-03		
Total	0,04	19			

Se cumple el supuesto de homoscedasticidad ( $p$ -valor  $> 0,01$ ).