



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

TESINA DE GRADO

Influencia de la temperatura y la salinidad en la germinación de *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus*, dos Cactáceas nativas de la provincia de Mendoza con potencial uso en actividades de restauración.

Tesista: Valdivia, María Consuelo.

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

Codirectora: Dra. Sartor, Carmen Elena.

2019

Influencia de la temperatura y la salinidad en la germinación de *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus*, dos Cactáceas nativas de la provincia de Mendoza con potencial uso en actividades de restauración.

Tesista: Valdivia, María Consuelo.

consuvaldivia19@gmail.com

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

mcirrincione@fca.uncu.edu.ar

Codirectora: Dra. Sartor, Carmen Elena.

csartor@fca.uncu.edu.ar

Jurado:

Alaria, Alejandrina.

Kozub, Carolina.

Fernández, María Emilia.

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

RESUMEN

La restauración de ecosistemas deteriorados de zonas áridas, cobra cada día mayor importancia. Para restaurar, se requiere disponer de especies vegetales que sean capaces de sobrevivir en las regiones en donde habitan.

Los ejemplares de la familia *Cactaceae* presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas, que les permiten soportar las condiciones ambientales desfavorables que se presentan en los ecosistemas áridos.

Por ello, se necesita ampliar conocimientos acerca de la germinación de las semillas de estas especies, para lograr las plantas necesarias para la regeneración y protección de los ecosistemas degradados.

El objetivo de la presente tesina de grado, fue determinar el efecto de la temperatura y de la salinidad sobre la germinación de dos *Cactáceas* nativas de la provincia de Mendoza, Argentina: *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus*.

Para ello, se realizaron dos ensayos de germinación en cámaras de crecimiento: en uno se evaluó el efecto de la temperatura, a niveles de 0, 10, 20, 30, 40 y 50 °C; y en otro, el de salinidad, se utilizaron concentraciones de cloruro de sodio (ClNa) de: 0,1; 0,2 y 0,3 M, lo que equivale a conductividades eléctricas de 12, 25 y 37 dS/m; utilizando como testigo agua destilada (0 M). La duración de ambos ensayos fue de 30 días.

Además, se caracterizaron las semillas de las especies en estudio y los lugares en donde las mismas fueron encontradas.

Los resultados mostraron que *S. mirabilis* y *N. submammulosus* requieren de un rango de temperaturas que va desde los 20 a 30 °C para germinar.

En el ensayo de salinidad por otro lado, se determinó que las semillas de *S. mirabilis* germinan en el rango comprendido entre 0 a 12 dS/m, y a conductividades eléctricas de 25 y 37 dS/m la germinación es prácticamente nula. Para *N. submammulosus* el mayor porcentaje de semillas se logra en el intervalo comprendido de 0 a 25 dS/m, mientras que a 37 dS/m la germinación se ve disminuida.

Esta información acerca de la ecofisiología de las dos especies de *Cactáceas* será de utilidad en las técnicas de propagación de las mismas para su utilización en tareas de restauración, y constituye además, un aporte al conocimiento sobre aspectos de su autoecología.

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

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de un modo u otro hicieron posible la realización de esta tesina.

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

A los jurados de esta tesina: Alejandrina, Carolina y María Emilia por sus sugerencias, tiempo y compromiso.

A la Facultad de Ciencias Agrarias en la cual pude formarme.

A la Cátedra de Fisiología vegetal, por el financiamiento y por proporcionarme un lugar donde realizar este trabajo.

Al vivero “Cactus Mendoza”, por proporcionarme el material para realizar los ensayos de la tesina.

A Javier, por su colaboración en las tareas de laboratorio y por facilitarme el trabajo.

A la profesora María Claudia, por su buena predisposición, compromiso y gran ayuda en los análisis estadísticos.

A la profesora Rosana, por sus consejos y su apoyo al momento de realizar los análisis de suelo.

A mi amiga y compañera de tesina Giuliana, por sus consejos y su apoyo incondicional.

A mis amigos Mayra, Nadya, Aldana, Nahir, Matías, por haber compartido conmigo estos años de carrera de los que conservo los más lindos recuerdos.

A Renzo, por su compañía, buen humor y cariño.

Por último, a mis padres Omar y Griselda, y a todos los miembros de mi familia, por el cariño y apoyo que me brindan día a día, y por acompañarme a lo largo de la carrera.

A todos ellos va dedicado esta tesina.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Formulación del problema y fundamentación.....	1
1.2 Hipótesis.....	2
1.3 Objetivos.....	3
2. ESTADO ACTUALIZADO DEL TEMA.....	3
2.1 Degradación de tierras en zonas áridas.....	3
2.2 Importancia de las Cactáceas en tareas de restauración.....	4
2.2.1 Cactáceas.....	5
2.2.2 Antecedentes de restauración de Cactáceas a nivel mundial.....	6
2.3 Factores que afectan la germinación.....	7
2.3.1 Fotoblastismo.....	8
2.3.2 Dormición.....	9
3. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	10
3.1. Descripción de las especies estudiadas.....	10
3.1.1 <i>Setiechinopsis mirabilis</i>	10
3.1.2 <i>Notocactus submammulosus</i>	13
3.2 Condiciones de campo.....	16
3.2.1 Recolección de frutos.....	16
3.2.1.1 Reserva cultural y paisajística Manzano Histórico.....	17
3.2.1.2 Embalse El Carrizal.....	18
3.2.2 Recolección de muestras de suelo.....	19
3.2.3 Almacenamiento de los frutos.....	19
3.3 Condiciones de laboratorio.....	20
3.3.1 Caracterización del material recolectado.....	20
3.3.2 Prueba de viabilidad.....	20
3.3.3 Ruptura de dormición.....	21
3.3.4 Prueba previa de germinación.....	21
3.3.5 Ensayos de germinación.....	22
3.3.5.1 Ensayo de temperatura.....	23
3.3.5.2 Ensayo de salinidad.....	24
4. RESULTADOS.....	25
4.1 Caracterización del material recolectado.....	25
4.2 Prueba previa de germinación.....	25
4.3 Análisis de las muestras de suelo.....	25

4.4 Resultados del ensayo de temperatura de las especies <i>Setiechinopsis mirabilis</i> y <i>Notocactus submammulosus</i>	26
4.5 Resultados del ensayo de salinidad de las especies <i>Setiechinopsis mirabilis</i> y <i>Notocactus submammulosus</i>	28
5. DISCUSIÓN.....	30
6. CONCLUSIONES.....	33
7. BIBLIOGRAFIA.....	34
ANEXO 1: CLAVE DICOTÓMICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS 3 SUBFAMILIAS, DENTRO DE LA FAMILIA CACTÁCEAS.....	40
ANEXO 2: CONCENTRACIONES DE SALINIDAD DE LOS SUELOS EN LOS QUE HABITAN LAS ESPECIES EN ESTUDIO.....	40
ANEXO 3: SUPUESTOS Y RESULTADOS DEL ADEVA PARA LAS DOS ESPECIES EN ESTUDIO, SEGÚN LOS FACTORES TEMPERATURA Y SALINIDAD.....	41
I) Supuestos y resultados del ADEVA para la especie <i>Setiechinopsis mirabilis</i> según la temperatura.....	41
II) Supuestos y resultados del ADEVA para la especie <i>Notocactus submammulosus</i> según la temperatura.....	42
III) Supuestos y resultados del ADEVA para la especie <i>Setiechinopsis mirabilis</i> según salinidad.....	42
IV) Supuestos y resultados del ADEVA para la especie <i>Notocactus submammulosus</i> según salinidad.....	43

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Formulación del problema y fundamentación

Las zonas áridas y semiáridas constituyen ecosistemas frágiles susceptibles a procesos degradativos cuando se manejan inadecuadamente. Esto resulta un problema que afecta la conservación de la diversidad tanto a escala local como global (IICA, 1982).

En estas zonas, la recuperación natural es un proceso lento, complejo y hasta en algunas condiciones, incierto e improbable. De allí, surge la intervención del hombre en forma activa, con técnicas que inicien y aceleren la misma para lograr restaurar los ecosistemas (Dágata, 2018).

La restauración de ecosistemas representa un abordaje estratégico para revertir la degradación de estas tierras, recuperar bienes y servicios ambientales, y promover la conservación de ecosistemas áridos a escala regional (Guida-Johnson, *et al.*, 2017).

Se requiere disponer especies que sean capaces de sobrevivir a condiciones ambientales adversas en las regiones en donde habitan (Contreras-Quiroz, 2012). Por eso, una buena estrategia de restauración es la revegetación del área con plantas nativas (Dalmasso, *et al.*, 2002).

Setiechinopsis mirabilis, es una especie de Cactácea que crece entre los 100 a 1000 m s.n.m, sobre suelos que poseen altos contenidos de sales (Trevisson y Perea, 2016). Las comunidades vegetales donde esta especie está presente, están siendo actualmente desmontadas (Figura 1), y corren el riesgo de ser eliminadas completamente debido al avance progresivo de las actividades agrícolas, de la salinización de los suelos (antrópica o natural) y de los incendios (antrópicos o naturales) en la provincia de Mendoza (Méndez, 2011). Además, algunos lugares donde se distribuye la especie, como es el Embalse El Carrizal han sido afectados recientemente por incendios, lo que ha generado que queden devastadas importantes poblaciones de este cactus (Cirrincione, com. pers.).



Figura 1: Desmontes realizados en el Embalse El Carrizal. Julio de 2019.

Otro cactus de interés en Mendoza es *Notocactus submammulosus*, esta especie crece entre los 500 a 1500 m s.n.m, sobre suelos pedregosos, sueltos, con escasa fertilidad (Trevisson y Perea, 2016). Los ejemplares de esta Cactácea se encuentran cada vez más amenazados por los incendios (naturales o antrópicos), por las urbanizaciones, los emprendimientos turísticos y la construcción de caminos. Además, al igual que en el caso de *S. mirabilis*, los incendios ocasionados, como en la Reserva El Manzano Histórico (Figura 2), donde está presente esta

especie, han generado importantes pérdidas en las comunidades vegetales (Cirrincione, com. pers.).



Figura 2: Incendio provocado en la Reserva El Manzano Histórico. Enero de 2017.

Frente a los disturbios generados en los ecosistemas donde habitan *S. mirabilis* y *N. submammulosus*, estas dos especies serían adecuadas para restaurar estos ecosistemas degradados, ya que presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas, que les permiten soportar las condiciones ambientales desfavorables que se presentan (Cenizo, 2012).

Además, estas especies pueden ser importantes, para la restauración activa de otras áreas deterioradas. Por lo que sería fundamental abordar el estudio de las características de estas especies y sus requerimientos de germinación, para lograr su propagación exitosa en planes y proyectos de restauración.

Por otro lado, las semillas desempeñan una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, restauración de zonas y sucesión ecológica (Doria, 2010).

Cada especie demanda de un determinado conjunto de condiciones para que se desencadene la germinación de las semillas, mientras que las semillas de algunas especies pueden germinar en un amplio rango de condiciones, otras presentan requerimientos sumamente específicos (Doria, 2010). Entre los factores abióticos que regulan el proceso de germinación, y cuyo efecto es necesario conocer para propagar en forma exitosa cada especie, resultan apreciables la temperatura y la salinidad (Doria, 2010).

En función de lo expuesto, en la presente tesis se evaluó el efecto de la temperatura y la salinidad sobre la germinación de las siguientes Cactáceas de la provincia de Mendoza, con potencial uso para tareas de restauración: *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus*

1.2 Hipótesis

- *Setiechinopsis mirabilis*, al ser una especie que habita en suelos salinos, podrá germinar a una mayor concentración de sales, que *Notocactus submammulosus*.
- *Notocactus submammulosus* al ser una especie que habita en ambientes altos, y por ello fríos, podrá germinar a temperaturas más bajas que *Setiechinopsis mirabilis*,

1.3 Objetivos

Objetivo general:

- Determinar las condiciones óptimas de temperatura y salinidad para la germinación de *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus*.

Objetivos particulares:

- Caracterizar el material recolectado a campo de las especies seleccionadas.
- Evaluar la influencia de la temperatura sobre la germinación de ambas especies.
- Evaluar la influencia de la salinidad sobre la germinación de ambas especies.
- Comparar las condiciones óptimas de germinación de *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus*.
- Determinar el carácter fotoblástico de las especies en estudio.
- Evaluar el poder germinativo de las semillas de ambas especies, a través de la ruptura de posibles estados de dormición en las simientes.

2. ESTADO ACTUALIZADO DEL TEMA

2.1 Degradación de tierras en zonas áridas

Las zonas áridas y semiáridas ocupan aproximadamente el 30 % de la superficie mundial, mientras que en Sudamérica alcanzan cerca del 40 % del territorio (Dalmasso, *et al.*, 2002).

El 75 % del territorio continental argentino está sometido a diversos grados de aridez, en tanto que en la provincia de Mendoza abarcan prácticamente la totalidad del mismo (95 %) (PAN-LCD, 2002).

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, los procesos de erosión hídricos y eólicos y el suelo poco desarrollado, determinan la inherente fragilidad de los ecosistemas áridos (Guida-Johnson, *et al.*, 2017).

Los cambios climáticos o el mal uso de los recursos naturales en estas zonas, conducen a una pérdida progresiva de productividad, a veces, irreversible. Estos procesos, culminan en serios problemas de desertificación (González-Loyarte, 1994).

El concepto de desertificación presenta muchas definiciones, pero todas tienen como denominador común la percepción de que se trata de un problema de carácter mundial, causado principalmente por la acción degradadora del hombre sobre el ambiente (Morales, 2005).

Argentina posee más de 60.000.000 hectáreas sujetas a procesos de desertificación de moderados a graves, agregándose cada año 650.000 ha con distintos grados de erosión (PAN-LCD, 2002). En cuanto a la provincia de Mendoza, todos los ecosistemas están afectados por procesos de desertificación en distinto grado y de tendencia creciente (Roig, *et al.*, 2000).

Por otra parte, la “degradación” denota la pérdida de capacidad del suelo o del agua, o de otros recursos, para sustentar una determinada actividad productiva en un determinado nivel. En otras palabras, se refiere a la pérdida de productividad biofísica (Morales, 2005).

Existe un amplio consenso en cuanto a que la degradación de las tierras es consecuencia de la acción humana y de factores climáticos. En primer lugar, en el grupo de factores humanos se destacan la deforestación, la extracción excesiva de productos forestales, los incendios forestales, la sobrecarga animal, el uso demasiado intensivo del suelo, su manejo inadecuado y el empleo de tecnologías no apropiadas para ecosistemas frágiles. Respecto de las causas climáticas de la degradación, es posible mencionar las recurrentes y prolongadas sequías que afectan a algunos de los países de la región, y que agudizan aún más las consecuencias derivadas de la acción humana (Guida-Johnson, *et al.*, 2017).

Entre las principales consecuencias de la degradación se encuentran la pérdida de la capacidad de infiltración de la capa superficial de suelo, reducción en la capacidad de almacenaje de agua del mismo, pérdida de fertilidad y materia orgánica, su degradación química y la pérdida de la cubierta vegetativa (Dágata, 2018).

La evaluación de los recursos naturales y su capacidad de sustentación constituyen condiciones básicas para conocer el grado de deterioro de los ecosistemas y plantear acciones que permitan luchar contra la degradación (González-Loyarte, 1994).

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 Importancia de las Cactáceas en tareas de restauración

El tiempo de establecimiento de la vegetación luego de un proceso de degradación puede ser considerablemente largo, dependiendo de la duración y de la intensidad del disturbio, de las condiciones ambientales y del comportamiento de las especies. Debido a ello, resulta necesaria la intervención del hombre con técnicas que inicien y/o aceleren dichos procesos (Dalmasso, 2007).

Toda restauración es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Es el proceso de ayuda al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido. 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 (SER, 2004).

El principal objetivo de la restauración es reparar el ecosistema de la manera más integral posible (Dalmasso, 2010). El desarrollo de la restauración ecológica en Argentina comenzó en los años 90 con proyectos localizados principalmente en regiones áridas y semiáridas, asociados a la recuperación de ecosistemas degradados por minería, explotación petrolera o ganadería (Guida-Johnson, *et al.*, 2017). 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 producir plantines y revegetar éstas áreas (Contreras-Quiroz, 2012).

Las actividades de restauración requieren, entre otras cosas, de elementos vegetales adaptados a condiciones de déficit hídrico, salinidad, temperaturas extremas, radiación directa, suelos contaminados y/o de baja fertilidad (Dágata, 2018).

El establecimiento de 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 (Carretero y Dalmaso, 2015). Además ayuda a restituir la estructura y la cobertura vegetal previa a la degradación (Dalmaso, 2010). La restauración podría requerir de la reintroducción intencional de especies autóctonas que se habían perdido en un ecosistema (SER, 2004). Recuperar la vegetación de un área degradada implica decidir qué especies se van a utilizar (Carretero y Dalmaso, 2015), esta es una de las decisiones fundamentales en los proyectos de restauración, y pueden determinar el éxito de los mismos (Padilla y Pugnaire, 2006).

Entre los endemismos vegetales de la región fitogeográfica del Monte, se encuentran ejemplos que poseen tales características y aparecen como herramientas valiosas para afrontar tareas de recuperación de la productividad y la restauración de los servicios ecosistémicos: *Capparis atamisquea*, *Atriplex lampa*, *Larrea cuneifolia*, *Senecio subulatus* (Fernández, 2017), *Senecio filaginoides*, *Cercidium praecox* ssp. *Chuquiraga erinacea*, *Grindelia chiloensis* (Dalmaso et al., 2002), *Prosopis flexuosa* var. *Depressa*, *Eupatrium buniifolium* (Dalmaso et al., 2014), *Mimosa ephedroides*, *Acacia depressa*, *Prosopis strombulifera*, *Lycium tenuispinosum*, *Ephedra ochreatea* (Dágata, 2018); entre otras.

Los cactus, debido a sus múltiples adaptaciones, resultan adecuados para la restauración de ambientes degradados (Guevara, et al., 1997). Éstos contribuyen a mantener la estabilidad estructural y funcional del ecosistema. También constituyen centros de concentración biológica, ya que facilitan la existencia y la actividad de pequeños vertebrados e invertebrados (Gutiérrez, 2001).

Según Guevara, et al., (1997), la plantación de Cactáceas es la forma más rápida, segura, y además económica, para recuperar áreas degradadas. La productividad de las mismas, se puede incrementar entre 1 y 10 veces, como en el caso de la Cactácea *Opuntia ficus-indica*, única Cactácea que es consumida por el ganado bovino durante períodos de sequía (INEG, 2013).

2.2.1 Cactáceas

La familia *Cactaceae* constituye un taxón de interés tanto por su distribución como por sus características biológicas y su estado de conservación (Masini, et al., 2014). Esta familia es originaria de América y comprende cuatro subfamilias de plantas perennes: *Pereskioideae*, *Maihuenioidea*, *Cactoideae* y *Opuntioideae*. La mayor abundancia en géneros y especies se encuentra en México y el segundo centro de diversificación está en Bolivia, Perú y Argentina (Cenizo, 2012).

Argentina presenta unas 235 especies de cactus (Zuloaga et al., 2008), siendo uno de los países con mayor riqueza, y una proporción de especies endémicas del 61 %. (Ortega-Baes y Godínez-Alvarez, 2006).

Las Cactáceas están ampliamente distribuidas en el país, habitando regiones biogeográficas como la Prepuna, la Puna, el Monte, el Chaco y la Patagonia (Kiesling, 1975).

Es una familia de plantas característica de ecosistemas áridos y semiáridos, donde desempeñan un gran papel ecológico (Masini, et al., 2014). La mayoría de las Cactáceas presentan diversas formas de crecimiento y 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 en los que habitan (Cenizo, 2012).

A nivel del suelo, las semillas y plántulas están expuestas a fluctuaciones diarias y estacionales de temperatura, radiación solar directa, baja disponibilidad de humedad y, en ocasiones, un alto contenido de sales. Esto significa que el paso de semilla a plántula es una etapa crítica de su ciclo de vida y esto se ve reflejado en las bajas tasas de establecimiento de las especies. Los individuos que logran establecerse poseen ciclos de vida prolongados, bajas tasas de crecimiento, estadios tempranos vulnerables y distribución generalmente restringida; y son sensibles a disturbios ambientales (Masini, *et al.*, 2014).

La creciente expansión de las actividades antrópicas en regiones áridas y semiáridas afecta a las poblaciones de Cactáceas nativas (Cenizo, 2012). Por ello, la mayor parte de las Cactáceas, se encuentran amenazadas o en peligro de extinción principalmente por la destrucción del hábitat (por actividades agrícolas – ganaderas, avance de las ciudades, industrias, construcción de caminos, introducción de especies exóticas) y la extracción con fines comerciales o fines ornamentales. Por ello, es fundamental estudiarlas para contribuir a su conservación (Masini, *et al.*, 2014).

La restauración constituye una alternativa que permitiría mejorar su estado de conservación. Por lo tanto 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).

Si bien las Cactáceas en general, pueden reproducirse asexual o vegetativamente, la propagación a partir de semillas permite preservar su diversidad genética, y en algunas especies es incluso, la única forma de reproducción. Por esto, es necesaria la implementación de mecanismos de propagación eficientes para la conservación de la diversidad de sus poblaciones (Masini, *et al.*, 2014). La reproducción por semillas, además satisface la demanda sin perjudicar las poblaciones naturales (Kiesling y Ferrari, 2007).

Las especies, *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus* se reproducen únicamente por semillas, por lo cual es de suma importancia analizar los factores que influyen en su germinación (Cirrincione, com. pers.).

2.2.2 Antecedentes de restauración de Cactáceas a nivel mundial

Se han realizado investigaciones sobre la restauración de algunas especies de Cactáceas a nivel mundial en varios países:

Se realizó una experiencia de restauración con la especie *Eulychnia iquiquensis*, en dos ecosistemas de niebla al sur de Iquique (Chile). 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 fue muy favorable; rápidamente éstas fortalecieron sus espinas, desarrollaron signos de crecimiento apical, engrosaron el tallo y se encuentran actualmente en muy buenas condiciones (Pinto, 2014).

En México, se inició un proceso de restauración con la especie *Mammillaria mathildae*, en Querétaro. Las plantas se obtuvieron por cultivo de tejidos. El 98 % de las plántulas sobrevivió a su aclimatación en el invernadero; sin embargo, después de su re-introducción se registró una caída del 48 % en cinco meses. La alta mortandad se asoció con la baja disponibilidad de agua característica del lugar. Para lidiar con este problema, las plantas fueron inoculadas con un consorcio nativo de micorrizas vesículo arbusculares usando cultivo aeropónico. Las micorrizas colonizaron el 100 % de las plántulas en 60 días, y en 74 días el lote de plantas mostró diferencias significativas respecto del control en tamaño, diámetro y contenido de fósforo. En 10 meses, las plántulas alcanzaron el tamaño de plantas silvestres de cuatro años de edad; y tras

seis meses floreció el 66 % en invernadero y 14 % en campo. El 89 % de las plantas sobrevivió a la estación seca del bosque tropical caducifolio, en contraste el 49 % de las plantas no micorrizadas murió en el mismo período. El tamaño alcanzado por las plantas, 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 nutrientes es una constante (García-Rubio, 2009).

En otra experiencia, se desarrollaron técnicas de propagación y aclimatación para la restauración de las Cactáceas: *Acharagma roseana* ssp. *Roseana*, *Astrophytum capricorne*, *Astrophytum myriostigma*, *Echinocereus reichenbachii*, *Escobaria dasyacantha*, *Mammillaria plumosa*, *Mammillaria prolifera*, *Sclerocactus scheeri* y *Turbinicarpus saueri* ssp. *Septentrionalis* utilizando zeolita natural como sustrato. La reintroducción de las especies se realizó en 2 zonas ecológicas localizadas en Nuevo León y Coahuila (México). 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).

2.3 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 ésta se disperse en tiempo y espacio. Constituyen el mecanismo por el que las plantas perduran generación tras generación (Doria, 2010).

La germinación puede entenderse como una serie de procesos catabólicos y anabólicos que tienen lugar con el reinicio acelerado del crecimiento del embrión dentro de la semilla y puede considerarse que finaliza con la emergencia de la radícula del embrión (Evenari, 1965).

Según Evenari (1965), el proceso de germinación se divide en tres fases: A) En la fase I ocurre la imbibición de agua por parte de la semilla. B) En la fase II se produce la activación del metabolismo de la misma, donde ocurre la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, también se incrementan las actividades enzimáticas, así como la degradación inicial de las reservas. C) Finalmente, en la fase III tiene lugar la emergencia de la radícula, concluyendo el proceso germinativo.

Para que la germinación ocurra, deben satisfacerse determinadas condiciones: la semilla debe ser viable, las semillas deben estar libres de dormición, las condiciones ambientales para desencadenar la germinación de la semilla deben ser favorables, y finalmente, las condiciones de sanidad deben ser satisfactorias (ausencia de agentes patógenos) (Doria, 2010).

En lo que refiere a otros factores que afectan la germinación, resultan de gran importancia, la temperatura y la salinidad.

La temperatura es un factor que puede afectar el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas, influyendo en la velocidad de deterioro de éstas, e induciendo o rompiendo procesos de latencia (De La Cuadra, 1992; Passera, 2000).

Las enzimas 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 (Doria, 2010).

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 la germinación de semillas de cactus, la temperatura promedio ideal es de 25 °C, siendo de 20 °C para especies de clima frío y de hasta 30 °C para climas tropicales. Las oscilaciones diarias de temperatura son supuestamente beneficiosas para la germinación. Además, estas oscilaciones producen plantas más resistentes a los cambios atmosféricos. Algunas especies germinan en pocos días, pero lo normal es de una a dos semanas, en otras hasta 3 meses; es irregular (Kiesling y Ferrari, 2007).

Con respecto a la salinidad, es uno de los problemas ambientales más antiguos de la humanidad que limita la distribución de las plantas en la naturaleza y la productividad de los cultivos. Las plantas sometidas a salinización son afectadas desde la germinación hasta estados más avanzados del desarrollo (Meza, *et al.*, 2007).

A causa de la salinidad el proceso de germinación se inhibe desde el momento en que la semilla no puede absorber el agua por imbibición, lo que causa retrasos en la activación metabólica necesaria para la emisión de la radícula y la movilización subsiguiente de reservas en diferentes partes de la semilla y por la absorción excesiva de iones tóxicos, específicamente sodio y cloro (Meza, *et al.*, 2007).

La tolerancia a las sales es un carácter poligénico, heredable, que involucra respuestas al estrés iónico y osmótico a nivel celular. 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. Las sales actúan en forma tóxica antes que como estímulo de la germinación de la semilla. La acción tóxica del catión o del anión, puede superar al efecto producido sobre la presión osmótica. Además, al bajar los potenciales hídricos en el suelo, las sales producen una disminución en la tasa y la germinación total (Bazzigalupi, *et al.*, 2008).

Por otro lado, en Argentina, son escasos los estudios relacionados con la ecofisiología de la germinación de las Cactáceas nativas (Cenizo, 2012). Algunas especies de las que se conocen estudios respecto de esta temática incluyen a: *Trichocereus candicans* (Cenizo, 2012), *Echinopsis leucantha* (Méndez y Pérez-González, 2008), *Gymnocalycium schickendantzii* (Méndez, 2011), *Maihuenia patagonica*, *Maihueniopsis darwinii* (Masini, *et al.*, 2014), *Opuntia ficus indica* (Guevara, *et al.*, 1997).

No se han publicado hasta la fecha trabajos científicos acerca de la germinación de *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus*.

2.3.1 Fotoblastismo

Con respecto al requerimiento de luz para germinar, las semillas se han clasificado en fotoblasticas positivas, 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 (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 en su hábitat natural (Cenizo, 2012).

El fotoblastismo es independiente de la presencia de mecanismos de dormición, del hábito, y se relaciona en cierta medida con la filogenia de las especies (Masini, *et al.*, 2014).

2.3.2 Dormición

Puede ocurrir que las semillas que se han cosechado no germinen, aun cuando se le proporcionan las condiciones ideales para este proceso, entonces se habla de semillas en estado de dormición o latencia (Trevisson y Perea, 2016).

Se entiende al proceso de dormición o latencia como un estado temporario de suspensión del crecimiento visible de cualquier estructura de la planta que posea un meristema (Lang *et al.*, 1987).

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. La latencia es una propiedad de la semilla que define las condiciones ambientales en las cuales es capaz de germinar (Rojas-Aréchiga y Mandujano-Sánchez, 2017)

La dormición puede deberse a factores propios de la semilla tales como tegumentos duros, tegumentos impermeables al agua y al oxígeno, inmadurez del embrión, restricciones mecánicas para el desarrollo del embrión, presencia de inhibidores en diferentes tejidos de la semilla, entre otros factores (Trevisson y Perea, 2016).

La presencia de inhibidores de la germinación es importante en las Cactáceas. Estos inhibidores son compuestos producidos por la propia semilla o por otro órgano de la planta destinado a provocar el reposo de las semillas mediante el bloqueo de alguna etapa esencial para la germinación. El reposo de la semilla se puede considerar un ajuste fisiológico de la planta al ambiente para garantizar que la germinación sólo tenga lugar cuando las condiciones externas sean favorables para el crecimiento de la nueva planta (Trevisson y Perea, 2016).

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

La semilla está a menudo bien equipada para sobrevivir largos periodos de condiciones desfavorables, y el embrión está protegido por una o varias capas de tegumentos. Varias cactáceas presentan estas capas por lo que se han usado tratamientos pre-germinativos para romper la dormición; por ejemplo: la inmersión en ácido para simular el paso de las semillas por el tracto digestivo de vertebrados, la aplicación de reguladores de crecimiento como las giberelinas (ácido giberélico), 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)

Cabe mencionar que la ruptura de la dormición y la germinación son dos procesos distintos que pueden tener requerimientos diferentes por ello, para lograr la germinación exitosa de distintas especies se debe prestar atención a los requerimientos de ambos procesos (Dágata, 2018)

3. MATERIALES Y MÉTODOLÓGÍA

3.1. Descripción de las especies estudiadas

Se trabajó con semillas de las Cactáceas que se describen a continuación:

3.1.1 *Setiechinopsis mirabilis*

3.1.1.1 Clasificación

Pertenece a la Clase *Magnoliopsida*, Subclase *Caryophyllidae*, Orden *Caryophyllales*, Familia *Cactáceae*, Subfamilia *Cactoideae*, Tribu *Trichocereae*, Género *Echinopsis* (DeMaio, *et al.*, 2017)

3.1.1.2 Sinonimia

El nombre aceptado de esta especie en la actualidad es *Echinopsis mirabilis* (Speg) **de Haas** (SIB, 2019).

De acuerdo con DeMaio, *et al.*, 2017, a la especie en estudio también se la puede llamar:

- *Acanthopetalus mirabilis*
- *Arthrocerus mirabilis*
- *Arthrocerus mirabilis*

3.1.1.3 Nombre común

Se lo conoce con el nombre “Flor de la oración”, se debe a que sus flores abren al atardecer (“a la oración”), la hora del rezo diario (Kiesling y Ferrari, 2007).

3.1.1.4 Etimología del nombre genérico

El nombre deriva del latín **seta** (cerda – pelo), del griego **echinos** (puercoespín) y **opsis** (apariencia – parecido), debido a su similitud en algunos rasgos con las especies del género *Echinopsis* pero con flor muy delgada y provista de pelos cortos y muy finos (Trevisson y Perea, 2016).

Mirabilis significa “admirable”, “sorprendente” (Kiesling y Ferrari, 2007).

Establecido en el año 1940 por Backenberg, fue modificado por De Haas.

3.1.1.5 Distribución geográfica

Especie endémica de Mendoza, Santiago del Estero, Córdoba, La Rioja, San Juan, San Luis (Figura 3) (Trevisson y Perea, 2016).



Figura 3: Distribución geográfica de *Setiechinopsis mirabilis*, representada por las áreas sombreadas en el mapa (Trevisson y Perea, 2016).

3.1.1.6 Hábitat

Crece entre los 100- 1000 m s.n.m, generalmente al abrigo de matas o arbustos (Trevisson y Perea, 2016).

3.1.1.7 Descripción botánica

Es la única especie del género *Setiechinopsis* que crece en suelos salinos, muchas veces a la sombra de la especie *Atriplex lampa* (Figura 4). Las poblaciones de *S. mirabilis* son afectadas por el ascenso periódico de la capa de sal y eventualmente disminuyen o desaparecen algún año (Kiesling y Ferrari, 2007).



Figura 4: *Setiechinopsis mirabilis* ubicado a la sombra de *Atriplex sp* en el Dique El Carrizal.

Plantas pequeñas con espinas negras y de raíz principal napiforme y corta (Kiesling y Ferrari, 2007).

Tallo simple, cilíndrico bajo, de 12-15 cm de alto y 2-3 cm de diámetro (Figura 5). Epidermis color verde opaco, a veces, con tonalidad violácea, 11 costillas levemente onduladas, con una ligera rotación sobre su eje longitudinal (Kiesling y Ferrari, 2007).



Figura 5: Ejemplar de *Setiechinopsis mirabilis*, (Trevisson y Perea, 2016).

Aréola oval, de 6 mm de alto, provista de tomento gris blanquecina, muy abundante en aréolas superiores. 9-14 espinas radiales rectas, blandas, de color blanco grisáceo con la punta castaña rojiza. Espina central solitaria, erecta, de 10- 15 mm de longitud, algo aplanada, de la misma coloración que las radiales. Generalmente ausente en las aréolas basales (Trevisson y Perea, 2016).

3.1.1.8 Floración y fructificación

La flor es originada en aréolas cercanas al ápice de la planta. En forma de trompeta muy alargada, de 11-15 cm de longitud (Figura 6). Receptáculo de 0,5-0,6 cm de diámetro, con escamas finas, a menudo filiformes, tomentosas. Segmentos exteriores del perianto similares a las escamas, más largos. Segmentos interiores del perianto blancos, acuminados, casi laciniados. Apertura nocturna. Dura abierta sólo unas horas. Muy aromática (Trevisson y Perea, 2016).



Figura 6: Flores de *Setiechinopsis mirabilis*, (Trevisson y Perea, 2016).

El fruto es carnoso, fusiforme, verde oscuro o castaño azulado, de 3,5-4 cm de longitud y 5-10 mm de diámetro, escamoso, con los restos del perianto adherido (Figura 7). Dehiscencia longitudinal. Semilla granular a piriforme, de 1,5 mm de diámetro, color castaño rojizo con manchas negras (Trevisson y Perea, 2016).



Figura 7: Fruto de *Setiechinopsis mirabilis* (Trevisson y Perea, 2016).

La especie es de reproducción rápida, sólo por semillas (Kiesling y Ferrari, 2007).

3.1.1.9 Fenología

Florece entre noviembre y enero. Los frutos maduran entre febrero y marzo (Trevisson y Perea, 2016).

3.1.1.10 Conservación

La lista roja de las especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) categoriza a *Setiechinopsis mirabilis* como especie LEAST CONCERN (LC): de preocupación menor. Además la especie 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 Silvestre (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 (DeMaio, *et al.*, 2017).

Entre las acciones de conservación de la especie se puede mencionar que ha sido incluida en áreas protegidas de Argentina: Parque Nacional Sierra de las Quijadas, ubicado en la provincia de San Luis, y Reserva Provincial de Mar Chiquita, ubicada en la provincia de Buenos Aires (DeMaio, *et al.*, 2017).

No hay amenazas importantes ni tampoco ningún uso o comercio conocido para esta especie (DeMaio, *et al.*, 2017).

3.1.2 *Notocactus submammulosus*

3.1.2.1 Clasificación

Pertenece a la Clase *Magnoliopsida*, Subclase *Caryophyllidae*, Orden *Caryophyllales*, Familia *Cactaceae*, Subfamilia *Cactoideae*, Tribu *Notocactaeae*, Género *Parodia* (Larocca, *et al.*, 2017).

3.1.2.2 Sinonimia

El nombre aceptado para esta especie es *Parodia submammulosa* (Lem.) R. Kiesling subsp. *Submammulosa* (SIB, 2019).

De acuerdo con Larocca, *et al.*, (2017); la especie en estudio también se puede llamar:

- *Malacocarpus mammulosus*
- *Notocactus paulus*
- *Notocactus roseoluteus*

3.1.2.3 Nombre común

La especie no posee nombre común.

3.1.2.4 Etimología del nombre genérico

Parodia: el nombre fue adjudicado en honor al farmacéutico y naturalista Domingo Parodi (1823 – 1889). El género fue establecido en el año 1923 por Spegazzini.

3.1.2.5 Distribución geográfica

Especie endémica de Mendoza, La Pampa, San Luis, Río Negro, Buenos Aires y Córdoba (Figura 8) (Trevisson y Perea, 2016).



Figura 8: Distribución geográfica de *Notocactus submammulosus*, representada por el área sombreada en el mapa (Trevisson y Perea, 2016).

3.1.2.6 Hábitat

Crece entre los 500-1500 m s.n.m, en ambientes serranos, sobre suelos pedregosos y poco profundos (Trevisson y Perea, 2016).

3.1.2.7 Descripción botánica

Tallo globoso achatado, con la zona apical umbilicada, de 6-12 cm de diámetro y 6-10 cm de alto, con 13 costillas altas, separadas por surcos profundos (Figura 9), provistas de tubérculos cónicos, muy notables y aréolas entre ellos (Trevisson y Perea, 2016).



Figura 9: Ejemplar de *Notocactus submammulosus*, (Trevisson y Perea, 2016).

La aréola es oval o circular, de 6 mm de alto, ubicada en pequeñas depresiones sobre los tubérculos. 7-9 espinas radiales, de 0,5-0,7 cm de longitud, ligeramente aplanadas o aciculares, rectas. 2-3 espinas centrales, de 1,5 – 2,5 cm de longitud, aplanadas. Todas de color amarillo pálido con base de tonalidad rojiza (Trevisson y Perea, 2016).

3.1.2.8 Floración y fructificación

La flor es originada en la zona central de la planta (Figura 10). Acampanada, de 4- 4,5 cm de alto y de diámetro. Escamas del receptáculo con tomento y cerdas en las axilas, a veces con finas espinas. Tépalos externos cortos, mucronados, amarillos con una línea media verde rojiza. Tépalos internos más largos, agudos, de color amarillo. Estambre y estilo amarillo. Estigma rojo, a veces con tonalidades violáceas (Trevisson y Perea, 2016).

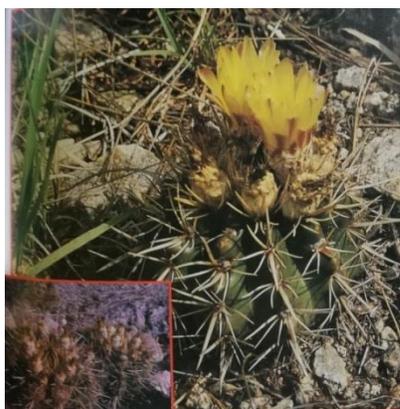


Figura 10: Flores de *Notocactus submammulosus*, (Trevisson y Perea, 2016).

El fruto es seco, desde ovoide hasta globoso, de unos 2 cm de longitud y 1 cm de diámetro, con abundante tomento de color gris claro y con finas cerdas castaño oscuro (Figura 11). Dehiscente basal. Semilla globosa, truncada, de color castaño oscuro, con la zona de hilo más claro, de 1,3 mm de diámetro, rugosa (Trevisson y Perea, 2016).



Figura 11: Fruto de *Notocactus submammulosus*, (Trevisson y Perea, 2016).

La especie se reproduce sólo por semillas (Kiesling y Ferrari, 2007).

3.1.2.9 Fenología

Florece entre octubre y diciembre. Los frutos maduran entre enero y marzo (Trevisson y Perea, 2016).

3.1.2.10 Conservación

La lista roja de las especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) categoriza a *Notocactus submammulosus* como especie LEAST CONCERN (LC): de preocupación menor. Además la especie 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 Silvestre (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 (Larocca, *et al.*, 2017).

Entre las acciones de conservación de la especie se puede mencionar que ha sido incluida en un área protegida de Argentina: Parque Nacional Lihú Calel, ubicado en la provincia de La Pampa (Larocca, *et al.*, 2017).

Las principales amenazas para esta especie son el avance progresivo de las actividades humanas a través de la agricultura y la acuicultura. En cuanto su uso y comercio, esta especie se utiliza como planta ornamental en colecciones especializadas, pero los especímenes por lo general no se recogen en el medio silvestre. Existe cierta aspiración local (Larocca, *et al.*, 2017).

3.2 Condiciones de campo

3.2.1 Recolección de frutos

Se llevó a cabo una recolección de 2 a 3 frutos por planta, en 10 plantas, de las dos especies de Cactáceas de la misma comunidad, para asegurar, la variabilidad genética de las especies en estudio (Kozub, com.pers.). Las dos especies en estudio fueron identificadas por medio de una clave dicotómica (Anexo 1) y la descripción botánica mencionada anteriormente. Además se contó con la colaboración del especialista en cactáceas Miguel Cirrincione.

Las semillas de ambas Cactáceas se cosecharon en la provincia de Mendoza, durante el mes de febrero de 2018. La recolección de frutos de *N. submammulosus* se realizó en la Reserva

cultural y paisajística Manzano Histórico y la de *S. mirabilis* a los alrededores del Dique El Carrizal (Tabla 1).

La madurez de los frutos se determinó en base a su dehiscencia, entendiéndose ésta como el fenómeno que se presenta cuando el pericarpio del fruto se abre por si solo y llega a su madurez para dejar escapar las semillas (Cirrincione, com.pers.).

Tabla 1: Especie, fecha de cosecha, lugar, coordenadas y elevación del lugar de recolección de los frutos.

Especie	Fecha de cosecha	Lugar de recolección	Coordenadas	Elevación del lugar de recolección
<i>Setiechinopsis mirabilis</i>	20/02/2018	Dique El Carrizal	33° 17'54'' S 68° 43'26'' O	739 m s.n.m.
<i>Notocactus submammulosus</i>	03/02/2018	Reserva cultural y paisajística Manzano Histórico	33° 35'14'' S 69° 21'68'' O	1500 m s.n.m.

A continuación se realiza una breve descripción de los lugares de recolección:

3.2.1.1 Reserva cultural y paisajística Manzano Histórico

Los frutos de *Notocactus submammulosus* fueron recolectados en la Reserva cultural y paisajística Manzano Histórico (Tabla 1), que se encuentra ubicada en el Departamento de Tunuyán. Al mismo tiempo en el que se recolectaron los frutos de la especie en estudio, se tomaron muestras de suelo donde ésta habita, para su posterior análisis.

La Reserva tiene por finalidad, dar protección y valorizar el lugar donde el General José de San Martín hizo una parada de descanso, bajo un árbol, en su viaje de regreso a Argentina. Por tal motivo lleva el nombre de "El Manzano Histórico". En conmemoración, en la zona se erigió un monumento al prócer, que funciona como centro turístico. La reserva tiene valor desde el punto de vista natural también, por su diversidad biológica y su belleza paisajística. Fue creada por la Ley provincial n° 6128, del año 1994 y se la declara Lugar Histórico Nacional, mediante el decreto n° 368/75 del Poder Ejecutivo Nacional (S.A.O.T., 2019).

Según la Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial de Mendoza, 2019, la reserva presenta 1100 hectáreas de superficie y se encuentra a una altitud que va desde los 1.700 hasta 6.550 m s. n. m. La misma es un valle de clima árido, rodeado de picos nevados y quebradas de la Cordillera de Los Andes. En zonas que no son de acceso público posee cumbres de 5000 m hasta cerros de 6000 m, más al sur de la Cordillera de Los Andes.

La temperatura media anual del área es de 10,8 °C y la precipitación media anual es de 361 mm (Climate-data, 2019).

Al tratarse de un ecosistema de extrema elevación y bajas precipitaciones, la biodiversidad es baja. Sin embargo, la vegetación que allí habita es de particular interés, demostrando notables adaptaciones a la vida de altura y concentrándose hacia las partes más bajas de la reserva. En general, la flora está adaptada a soportar bajas temperaturas, suelos pobres minerales y las tormentas de nieve y viento (S.A.O.T., 2019).

La reserva pertenece en su mayor proporción a la región fitogeográfica del Monte y en parte a la región fitogeográfica Altoandina. Entre los ejemplares de flora nativa más representativos está

Canis aureus (Chacal), *Baccharis articulata* (Carqueja) y *Aloysia citrodora* (Cedrón). También se encuentran cactus, pastizales, *Larrea sp* (Jarilla) y algunas especies aromáticas como *Thymus sp* (Tomillo) y *Tagetes minuta* (Chil-chil de la sierra). También es frecuente *Rosa rubiginosa* (Rosa mosqueta) (S.A.O.T., 2019).

3.2.1.2 Embalse El Carrizal

Los frutos de *Setiechinopsis mirabilis* fueron recolectados en los alrededores del Dique o Embalse El Carrizal (Tabla 1). El mismo se encuentra ubicado en la Cuenca del Río Tunuyán, en los departamentos de Luján de Cuyo y Rivadavia (Crescitelli-Fliguer, 2015). Al mismo tiempo en el que se recolectaron los frutos de la especie en estudio, se tomaron muestras de suelo donde ésta habita, para su posterior análisis.

El Dique divide a la cuenca en dos sectores: uno denominado como subcuenca Superior del Río Tunuyán, y otro denominado como Subcuenca Inferior (Comellas, *et al.*, 2014).

La zona se caracteriza por un gran dique de piedra, tierra y arcilla, que embalsa un espejo de agua de 15 km de largo por 5 km de ancho y que posee una extensión de 3.150 ha. El embalse posee una superficie de 31,48 km² y un volumen de 223,79 hm³ (Crescitelli-Fliguer, 2015). Se encuentra bajo control del Departamento General de Irrigación (DGI).

La temperatura media anual del área es de 12,8 °C y la precipitación media anual es de 310 mm (Crescitelli-Fliguer, 2015).

El objetivo principal del embalse es almacenar y regular los caudales derivados del oasis Superior, más las crecidas estivales producto de la fusión nival, para de esta manera abastecer de recurso hídrico al tramo Inferior del Río Tunuyán. De acuerdo al manejo establecido por el DGI, se deriva aproximadamente el 17 % del caudal del Río Tunuyán para el oasis superior y el resto le corresponde al oasis inferior. Asimismo, en el embalse se encuentra la usina generadora de electricidad de mayor importancia en la zona dado que la fuerte pendiente del área hace particularmente propicio su aprovechamiento, generando aproximadamente 17.000 kilovatios/hora de energía eléctrica (Crescitelli-Fliguer, 2015).

El espejo de agua también es un atractivo turístico, en donde se llevan a cabo pesca, windsurf, navegación a vela, etc. En sus orillas se realizan campings (Drovandi, *et al.*, 2005).

La mayor parte de la vegetación que cubre los alrededores del Dique El Carrizal es xerófila (resistente a la sequedad) o halófila (crece en suelos salinos). La fisonomía de la vegetación cambia dependiendo de la altitud (Crescitelli-Fliguer, 2015).

Luján de Cuyo y Rivadavia pertenecen a la provincia fitogeográfica del Monte, de modo que presentan una cubierta vegetal relativamente pobre, caracterizada por especies como *Larrea sp* (Jarilla), *Atriplex lampa* (Zampa), *Atamisquea emarginata* (Atamisque), *Geoffroea decorticans* (Chañar), *Bulnesia retama* (Retamo), Cactáceas y pastos duros y xerofíticos (Crescitelli-Fliguer, 2015).

Por otro lado, en los márgenes del río Tunuyán, aparecen especies de flora afectadas a la humedad tales como *Thypa sp* (Totora), *Cortaderia selloana* (Cortadera) y *Juncus sp* (Junco) (Crescitelli-Fliguer, 2015).

3.2.2 Recolección de muestras de suelo

Se tomaron 12 muestras de suelo: 6 de estas muestras, fueron recolectadas en los alrededores del Dique El Carrizal donde *S. mirabilis* habita, y las restantes 6 fueron recolectadas en los alrededores del Manzano Histórico, donde se encontró a *N. submammulosus*.

En cada sitio se seleccionaron tres plantas al azar de cada especie, y se procedió a realizar una calicata superficial alrededor de las raíces de las mismas (Figura 12 y 13).



Figura 12: Calicata realizada alrededor de un ejemplar de *Setiechinopsis mirabilis* en el Dique El Carrizal.



Figura 13: Calicata realizada alrededor de un ejemplar de *Notocactus submammulosus* en la Reserva Manzano Histórico.

Se extrajeron 2 muestras de suelo por cada planta, una correspondiente a los primeros 5 cm de profundidad del perfil del suelo, y otra correspondiente a una de profundidad entre 5 y 20 cm, ambas de 1 kg de peso.

Las muestras se recogieron en bolsas plásticas debidamente identificadas y se llevaron a analizar al laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias, con el propósito de caracterizar los suelos en donde las especies habitan.

3.2.3 Almacenamiento de los frutos

Una vez cosechado el material, se procedió a la separación de los mismos de impurezas (restos vegetales y tierra.). Los frutos fueron almacenados en bolsas papel madera, a temperatura ambiente, hasta su posterior utilización (Cenizo, 2012).

3.3 Condiciones de laboratorio

3.3.1 Caracterización del material recolectado

Se realizó la extracción de las semillas de cada fruto por separado, en forma manual (Masini, *et al.*, 2014). Luego se lavaron las semillas con agua corriente hasta asegurar que quedaran libres de la pulpa azucarada y mucilaginosas que poseen, y así, evitar infecciones por hongos y bacterias. Por último, las semillas se secaron a temperatura ambiente durante 2 días, y luego éstas se almacenaron en sobres de papel madera. Los sobres se conservaron en un lugar seco a temperatura ambiente hasta la realización de los ensayos de germinación.

Se caracterizaron las semillas de *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus* de acuerdo a los siguientes parámetros:

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

Para obtener el número de semillas por fruto, se extrajeron semillas de 10 frutos de cada especie en estudio. Para esto, solo se consideraron los frutos enteros. Luego se realizó una selección manual - visual de las semillas, descartando aquellas de coloración clara y/o tamaño muy reducido.

Se contaron las semillas presentes en los frutos y se realizó un promedio para conocer aproximadamente la cantidad de semillas por fruto de cada especie.

El número de semillas producidas por fruto de cactáceas fluctúa de 1 hasta más de 1000. Son escasos los estudios que documentan evidencias sobre la variación en el número de semillas por fruto dentro de un taxón (Ayala-Cordero, *et al.*, 2004).

3.3.2 Prueba de viabilidad

La viabilidad expresa el potencial de una semilla para germinar. Pocos estudios se han hecho sobre especies de Cactáceas, por lo que existe una necesidad de ampliar el conocimiento que se tiene al respecto (Rojas-Aréchiga y Batis, 2001)

Para la determinación de viabilidad se utilizaron 100 semillas de cada especie, y se pre-acondicionaron mediante remojo en agua destilada durante 24 horas, con la finalidad de suavizar el tegumento de las semillas, que en las Cactáceas es muy duro (Flores-Tabango, 2017).

Se utilizó la prueba de Tetrazolio, la misma utiliza un colorante, indicador de la actividad enzimática, que colorea de rojo los embriones viables de las semillas. El color resultante de la reacción es un indicador positivo de la viabilidad a través de la detección de la respiración a nivel celular. Tejidos no viables no reaccionan y consecuentemente no se tiñen.

Las semillas se partieron a la mitad con la ayuda de cuchillas y pinzas, y las mitades que contenían embrión se colocaron en tubos eppendorf, dentro de una solución al 0,5 % de 2, 3, 5 trifeniltetrazolio. Los tubos se dejaron en oscuridad en una estufa a 40 °C (Figura 14) (Dacar, *com.pers.*).



Figura 14: Ensayo de viabilidad de semillas, en estufa de 40 grados.

Cada una hora se observó la coloración del embrión de las semillas. Una vez que se identificó la tinción roja se sacaron los tubos de la estufa (Dacar, com.pers.).

Posteriormente se realizó la siguiente interpretación de la prueba de Tetrazolio:

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

Luego se realizó el recuento de aquellas semillas cuyo embrión estuviese viable. Dicho recuento se efectuó con una lupa para una mejor visualización.

3.3.3 Ruptura de dormición

Debido a que la ruptura de dormición de *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus* no ha sido estudiada en otros trabajos, se realizó un tratamiento pre-germinativo con ácido giberélico, 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.).

Para ello se sumergieron las semillas durante 6 horas a una concentración de 500 ppm de ácido giberélico, previamente a realizar los ensayos de germinación definitivos.

Se utilizó ácido giberélico en las semillas de las especies en estudio, 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.).

3.3.4 Prueba previa de germinación

Antes de la realización de los ensayos de germinación definitivos, se realizó un ensayo de fotoblastismo para determinar si la luz afecta la germinación de las semillas de las especies en estudio (Cenizo, 2012).

El ensayo se realizó en el cuarto de luces de la Cátedra de Fisiología Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agrarias. Para ello se seleccionaron 800 semillas de *S. mirabilis* y *N. submammulosus*, se sumergieron en ácido giberélico para lograr la ruptura de posibles estados de dormición de origen endógeno en las semillas. Luego las semillas, se dividieron en 2 bandejas plásticas con 400 semillas, para cada especie.

Sobre las bandejas se colocaron tres filas de papel tissue, humectadas hasta la saturación con agua destilada estéril y luego se colocaron las semillas.

Las bandejas se colocaron a germinar en dos cámaras de germinación, a 25 °C, la temperatura a la cual se considera óptima para la mayoría de las especies de cactáceas (Cenizo, 2012).

Una bandeja de cada especie se colocó a germinar en condiciones de oscuridad, mientras que la otra bandeja restante de cada especie, se colocó a germinar en condiciones de luz (Cenizo, 2012). En condiciones de luz se utilizaron tubos fluorescentes, a una intensidad de 100 $\mu\text{E m}^2 \text{ s}$, una relación de luz roja/ luz roja lejano de 1.26 / 0.57 respectivamente y un fotoperiodo de 12 horas de luz.

La prueba duró 30 días (Cenizo, 2012). Una vez finalizado el ensayo, se cuantificaron las semillas germinadas por especie en la cámara de luz y en la cámara de oscuridad y se determinó el carácter fotoblástico de las mismas.

3.3.5 Ensayos de germinación

El ensayo de temperatura y el ensayo de salinidad, fueron realizados en la Cátedra de Fisiología Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agrarias. El ensayo de temperatura se realizó en primer lugar, en el mes de junio de 2018, y el ensayo de salinidad se realizó en el mes de agosto del mismo año.

Previo a los mismos, se juntaron y mezclaron las semillas de todos los frutos de cada especie. Se tomaron alícuotas de dichas semillas y se desinfectaron con hipoclorito de sodio (2 g/l de cloro activo) por inmersión completa durante 10 minutos, luego se lavaron 3 veces con agua destilada.

Las semillas desinfectadas se colocaron en cajas de Petri de 8,5 cm de diámetro. Las mismas fueron acondicionadas con 3 discos de papel tissue y humedecidas hasta saturación con: agua destilada en los tratamientos de temperatura, y con las respectivas soluciones en los tratamientos de salinidad. Previo a su uso, los discos de papel, junto con el agua destilada fueron esterilizados en autoclave y las cajas de Petri desinfectadas con alcohol (Passera, com. pers.) Las cajas de Petri fueron claramente identificadas con datos de: nombre de la especie, tratamiento, nivel, número de repetición y fecha.

Los dos ensayos contaron con 5 repeticiones de 25 semillas cada una, por cada nivel del factor a analizar. Las semillas a utilizar fueron previamente seleccionadas y sólo se utilizaron semillas consideradas morfológicamente normales.

La siembra en cajas de Petri se realizó en el gabinete de flujo laminar de la cátedra de Fisiología Vegetal (Figura 15). Previo a la siembra, se procedió a activar la luz ultravioleta durante 15 minutos para garantizar la esterilidad del lugar donde se colocaron los materiales.



Figura 15: Ensayo de temperatura, siembra en gabinete de flujo laminar de la Cátedra de Fisiología vegetal.

Cada cámara de germinación disponía de un termómetro para controlar la temperatura; de un foco de led de luz cálida de 9 w, con una intensidad de $33 \mu\text{E m}^2 \text{s}$; de una relación de luz roja / luz roja lejana de 3 / 0.8 respectivamente; y de un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.

Los recuentos de los dos ensayos, se realizaron cada 24 horas durante la primer semana del ensayo y luego cada 48 horas. Para efectuar los recuentos se consideró semilla germinada aquella cuya radícula tuviera un milímetro o más de crecimiento (Evenari, 1965). Las semillas germinadas fueron descartadas en cada recuento y registradas en una planilla.

La duración del ensayo de temperatura y del ensayo de salinidad fue de 30 días; y se obtuvieron 23 recuentos de cada ensayo. El criterio que se tomó para dar por finalizados a dichos ensayos, fue la ausencia de germinación durante tres días seguidos, de las semillas colocadas en cada caja de Petri.

3.3.5.1 Ensayo de temperatura

El ensayo de temperatura se realizó en forma simultánea en 6 cámaras de germinación, e incluyó niveles de: 0, 10, 20, 30, 40 y 50 °C (Figura 16).



Figura 16: Cajas de Petri humectadas para colocarlas posteriormente en las cámaras de germinación.

Los discos de papel de las cajas de Petri, que contenían las semillas de cada especie, fueron humectados hasta saturación con agua destilada estéril.

Para reducir la evaporación y mantener la humedad de las cajas de Petri, se colocó parafina alrededor de cada caja.

3.3.5.2 Ensayo de salinidad

Se utilizó una solución de cloruro de sodio (ClNa) con las siguientes concentraciones: 0,1; 0,2 y 0,3 M, lo que equivale a conductividades eléctricas de 12, 25 y 37 dS/m. Como testigo se utilizó agua destilada (0 M). La presente tesina se desarrollará con unidades de conductividad eléctrica.

Los discos de papel de las cajas de Petri, que contenían las semillas de cada especie, fueron humectados hasta saturación con: agua destilada en el tratamiento testigo, y con las respectivas soluciones nombradas el resto de los tratamientos.

Para reducir la evaporación y mantener la concentración de la solución salina en las cajas de Petri se colocó parafina alrededor de cada caja.

El ensayo de salinidad se realizó en una cámara de germinación a 30 °C en ambas especies, según los resultados obtenidos en el ensayo anterior.

3.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó sobre la proporción de semillas germinadas obtenidas al final de los ensayos de temperatura y salinidad.

Se llevó a cabo un experimento monofactorial, 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:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} \text{para salinidad } i = 1, \dots, r = 5; \quad j = 1, \dots, k = 4 \\ \text{para temperatura } i = 1, \dots, r = 5; \quad j = 1, \dots, k = 6 \end{array}$$

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.

μ : media general de la proporción promedio de semillas germinadas.

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

ε_{ij} : error aleatorio de 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.

El análisis de los datos se realizó usando el Análisis de la Varianza (ANOVA / ADEVA / ANAVA), utilizando el software InfoStat 2016.

Las comparaciones múltiples de medias se analizaron de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha=0,01$). Se presentan los valores del estadístico F y del p-valor.

También, se comprobaron los supuestos del ANOVA; los resultados del mismo están presentes en el Anexo III.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterización del material recolectado

Las semillas de *N. submammulosus* (Tabla 2) son levemente más livianas ($0,84 \text{ g} \pm 0,2$) que las semillas de *S. mirabilis* ($0,90 \text{ g} \pm 0,1$). Por otro lado, *S. mirabilis* presentó un mayor número de semillas por fruto ($194 \text{ semillas} \pm 32,3$), que *N. submammulosus* ($181 \text{ semillas} \pm 30,8$). Además, el mayor porcentaje de semillas viables fue de *N. submammulosus* ($86 \% \pm 2,53$), mientras que *S. mirabilis* obtuvo un menor porcentaje de semillas viables ($78 \pm 3,11$).

Tabla 2: Peso de mil semillas, número de semillas por fruto, porcentaje de semillas viables (promedio \pm desviación estándar) para las dos especies en estudio.

	<i>Setiechinopsis mirabilis</i>	<i>Notocactus submammulosus</i>
Peso de mil semillas (g)	$0,90 \pm 0,1$	$0,84 \pm 0,2$
Número de semillas por fruto	$194 \pm 32,3$	$181 \pm 30,8$
Porcentaje de semillas viables (%)	$78 \pm 3,11$	$86 \pm 2,53$

4.2 Prueba previa de germinación

Las semillas de ambas especies germinaron en condiciones de luz, mientras que no hubo germinación de las mismas en condiciones de oscuridad (Tabla 3).

El mayor porcentaje de semillas germinadas fue de *N. submammulosus* ($99,2 \%$); mientras que *S. mirabilis* registró un porcentaje de semillas germinadas levemente menor ($92,7 \%$).

Tabla 3: Porcentaje de semillas germinadas de las especies en estudio, colocadas en cámaras de germinación en oscuridad y con luz.

Especie	Porcentaje de semillas germinadas	
	Cámara de luz	Cámara de oscuridad
<i>Setiechinopsis mirabilis</i>	$92,7 \%$	0%
<i>Notocactus submammulosus</i>	$99,2 \%$	0%

4.3 Análisis de las muestras de suelo

El suelo recogido en las calicatas realizadas en el Embalse El Carrizal presenta una textura Arenosa - Franco - Franco arenosa; mientras que el suelo recogido en las calicatas realizadas en El Manzano Histórico presenta una textura Franco arenosa (Tabla 4). Por otro lado, el Embalse El Carrizal presenta un mayor esqueleto grueso promedio ($29,15 \text{ g\%g} \pm 11,13$), que El Manzano Histórico ($21,3 \text{ g\%g} \pm 14,12$).

Tabla 4: Textura, esqueleto grueso promedio (\pm desviación estándar) de las muestras de suelo tomadas en las calicatas del Embalse El Carrizal y de la Reserva El Manzano Histórico.

Muestras de suelo	Embalse El Carrizal <i>Setiechinopsis mirabilis</i>	Reserva El Manzano Histórico <i>Notocactus submammulosus</i>
Textura	Arenoso - Franco - Franco arenoso	Franco arenoso
Esqueleto grueso promedio (g%g)	29,15 \pm 11,13	21,3 \pm 14,12

El suelo del Embalse El Carrizal, donde habita *S. mirabilis* es mucho más salino que el suelo de la Reserva El Manzano Histórico, donde habita *N. submammulosus* (Tabla 5).

Los resultados muestran que (para una descripción de la técnica usada ver Anexo 2) las muestras de suelo de *S. mirabilis* tomadas en El Carrizal en superficie (0-5 cm), demostraron tener una CEes promedio de 2,65 dS/m \pm 0,11. Las muestras de suelo tomadas en profundidad (5- 20 cm), presentaron una CEes promedio de: 2,75 dS/m \pm 0,46 (Tabla 5).

Por otro lado, las muestras de suelo de *N. submammulosus* tomadas en El Manzano Histórico en superficie (0-5 cm), demostraron tener una CEes promedio de 0,31 dS/m \pm 0,02. Las muestras de suelo tomadas en profundidad (5- 20 cm), presentaron una CEes promedio de 0,45 dS/m \pm 0,07 (Tabla 5).

Tabla 5: Concentración salina promedio (\pm desviación estándar), de las muestras de suelo tomadas en superficie y profundidad en las calicatas realizadas en el Embalse El Carrizal y la Reserva El Manzano Histórico.

Salinidad	Embalse El Carrizal	Reserva Manzano Histórico
Superficie (0 – 5 cm)	2,65 \pm 0,11 (dS/m)	0,31 \pm 0,02 (dS/m)
Profundidad (5 – 20 cm)	2,75 \pm 0,46 (dS/m)	0,45 \pm 0,07 (dS/m)

4.4 Resultados del ensayo de temperatura de las especies *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus*

La mayor proporción media de semillas germinadas que se obtuvo para *Setiechinopsis mirabilis* fue de 0,78 \pm 0,06, y se dio a una temperatura de 30 °C. Seguida de 20 °C, cuya proporción media de semillas germinadas fue de 0,18 \pm 0,09; mientras que a las temperaturas de 0, 10, 40 y 50 °C no hubo germinación de las semillas de la especie (Figura 17).

Dado que las semillas sometidas a las temperaturas de 0, 10, 40 y 50 °C no germinaron, estos niveles no fueron incluidos en el análisis estadístico. El análisis estadístico indica que se tiene evidencia muestral suficiente, con un nivel de significancia menor a 0,01, para sostener que la proporción de semillas germinadas a 20 °C fue significativamente diferente de la proporción de semillas germinadas a 30 °C (Figura 17 y Tabla 6).

La germinación de las semillas de dicha especie en 30 °C comenzó al tercer día de ensayo, y fue una proporción de 0,08 \pm 0,05; mientras que la germinación en 20 °C comenzó al cuarto día, y la proporción de semillas germinadas fue de 0,008 \pm 0,01 (Figura 17).

El mayor porcentaje de semillas germinadas se alcanzó en el día 29 para la temperatura de 20 °C, y en el día 21 para la temperatura de 30 °C (Figura 17).

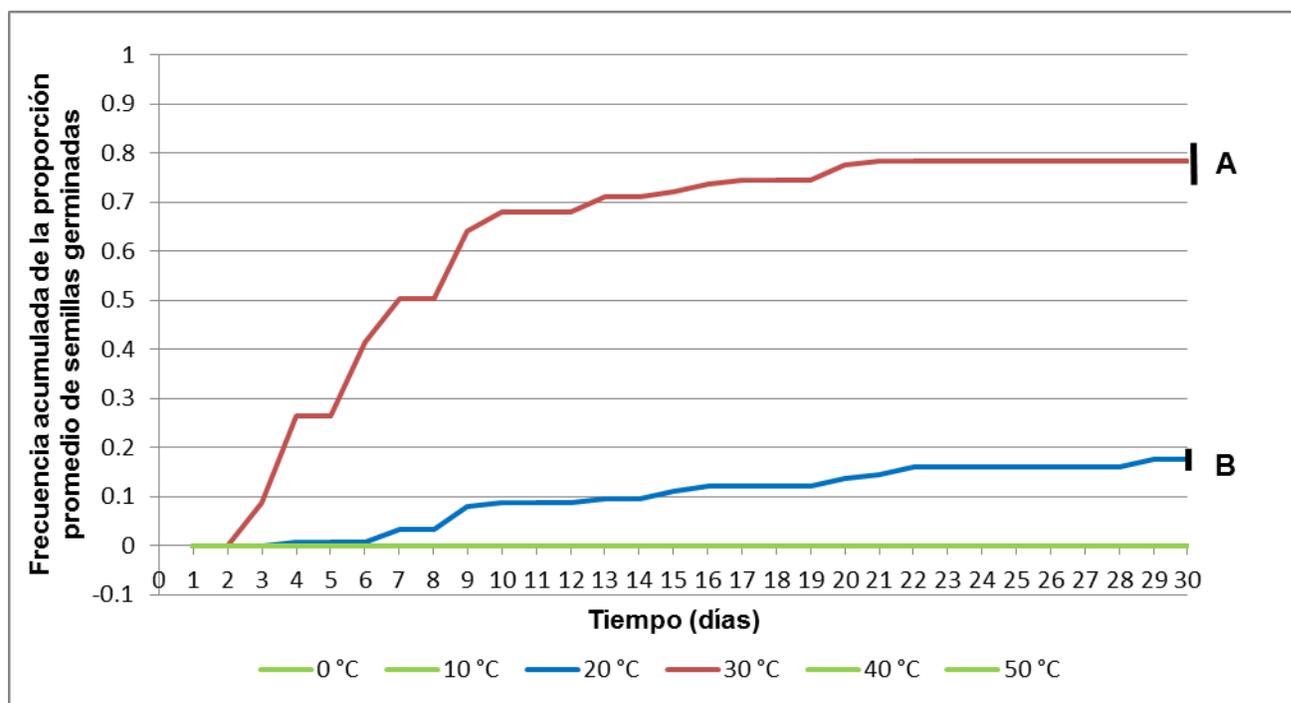


Figura 17: Proporción acumulada de semillas germinadas (y desvío estándar) de *Setiechinopsis mirabilis* a distintas temperaturas en función al tiempo que duró el ensayo.
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.01$)

Tabla 6: Resultados del Análisis de la Varianza para el factor temperatura de las especies en estudio.

Especie	F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
<i>Setiechinopsis mirabilis</i>	Temperatura	0,90	1	0,90	158,45	<0,0001
<i>Notocactus submammulosus</i>	Temperatura	0,09	1	0,09	6,78	0,0315

Al igual que para *S. mirabilis*, no se registró germinación de las semillas de *Notocactus submammulosus*, en las temperaturas de 0, 10, 40 y 50 °C (Figura 16). Por esta razón se las excluyó del análisis estadístico. El análisis estadístico indica que se tiene evidencia muestral suficiente, con un nivel de significancia menor a 0,01, para sostener que no existen diferencias significativas entre la proporción de semillas germinadas a 20 °C y la proporción de semillas germinadas a 30 °C (Figura 18 y Tabla 6).

La germinación de las semillas de dicha especie a 30 °C comenzó al tercer día de ensayo, y fue de $0,02 \pm 0,03$; mientras que la germinación en 20 °C comenzó al quinto día, y su proporción de semillas germinadas fue menor, de $0,01 \pm 0,00$ (Figura 18). El mayor porcentaje de semillas germinadas se logró en el día 28 para las temperaturas de 20 y 30 °C (Figura 18).

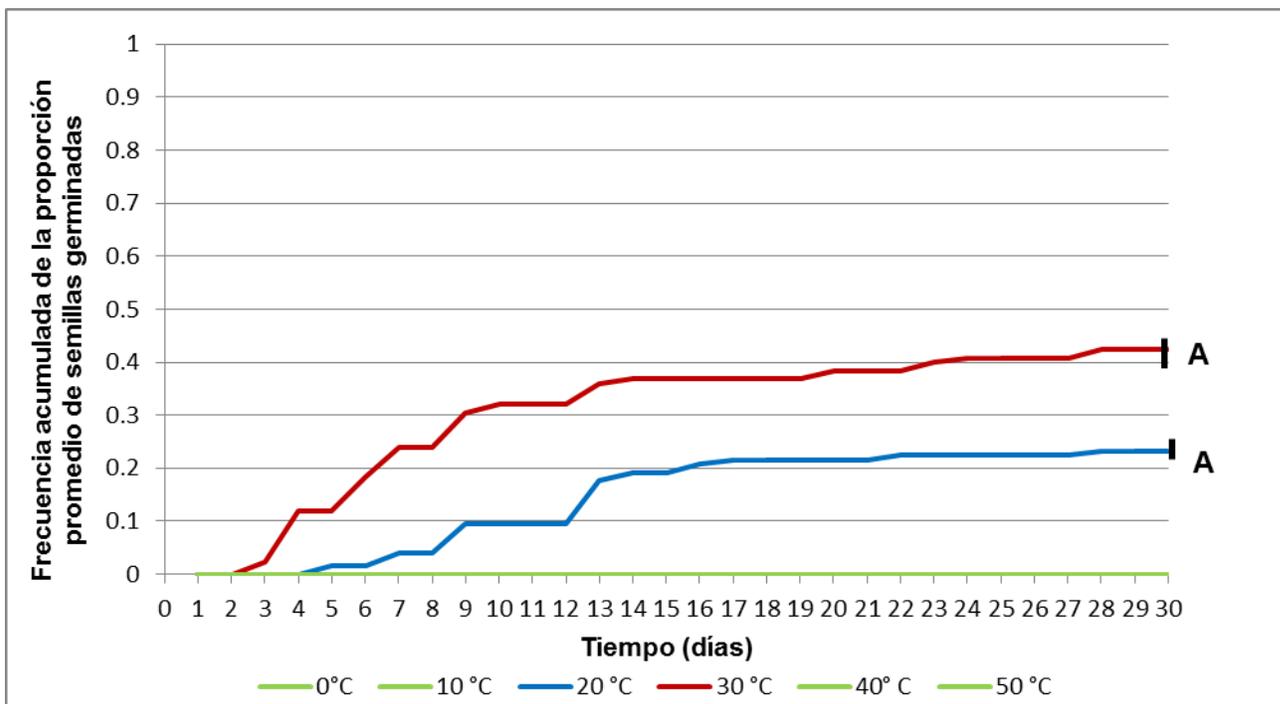


Figura 18: Proporción acumulada de semillas germinadas (y desvío estándar) de *Notocactus submammulosus* a distintas temperaturas en función al tiempo que duró el ensayo.
 *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.01$)

4.5 Resultados del ensayo de salinidad de las especies *Setiechinopsis mirabilis* y *Notocactus submammulosus*

La germinación de las semillas de *Setiechinopsis mirabilis*, disminuyó con el aumento de la conductividad eléctrica (Figura 19). La mayor proporción media de semillas germinadas de *S. mirabilis* se produjo en el nivel con agua destilada (control) y fue de $0,75 \pm 0,05$, difiriendo significativamente respecto a los restantes niveles de salinidad (Figura 19 y Tabla 7). En el nivel de 12 dS/m, la proporción media de semillas germinadas fue de $0,19 \pm 0,07$, presentando diferencias significativas respecto al resto de niveles de salinidad y al nivel control (Figura 17). Por otro lado, a 25 dS/m, la proporción media de semillas germinadas fue de $0,07 \pm 0,05$; y a 37 dS/m se inhibió la germinación de las semillas de la especie, no presentando diferencias significativas entre los niveles de salinidad de 25 y 37 dS/m, pero si con el nivel control y con 12 dS/m (Figura 19).

La germinación de las semillas de dicha especie con agua destilada comenzó al tercer día de ensayo, y fue de $0,008 \pm 0,01$; mientras que a los niveles de salinidad de 12 y 25 dS/m la germinación de las semillas comenzó al cuarto día del ensayo, mostrando una proporción de semillas germinadas de $0,09 \pm 0,05$ y $0,008 \pm 0,00$ respectivamente (Figura 19).

El mayor porcentaje de semillas germinadas se alcanzó en el día 27 en agua destilada; en el día 13 para el nivel de salinidad de 12 dS/m, y en el día 22 para el nivel de salinidad de 25 dS/m (Figura 19).

El nivel óptimo de salinidad para la germinación de *S. mirabilis* fue con agua destilada.

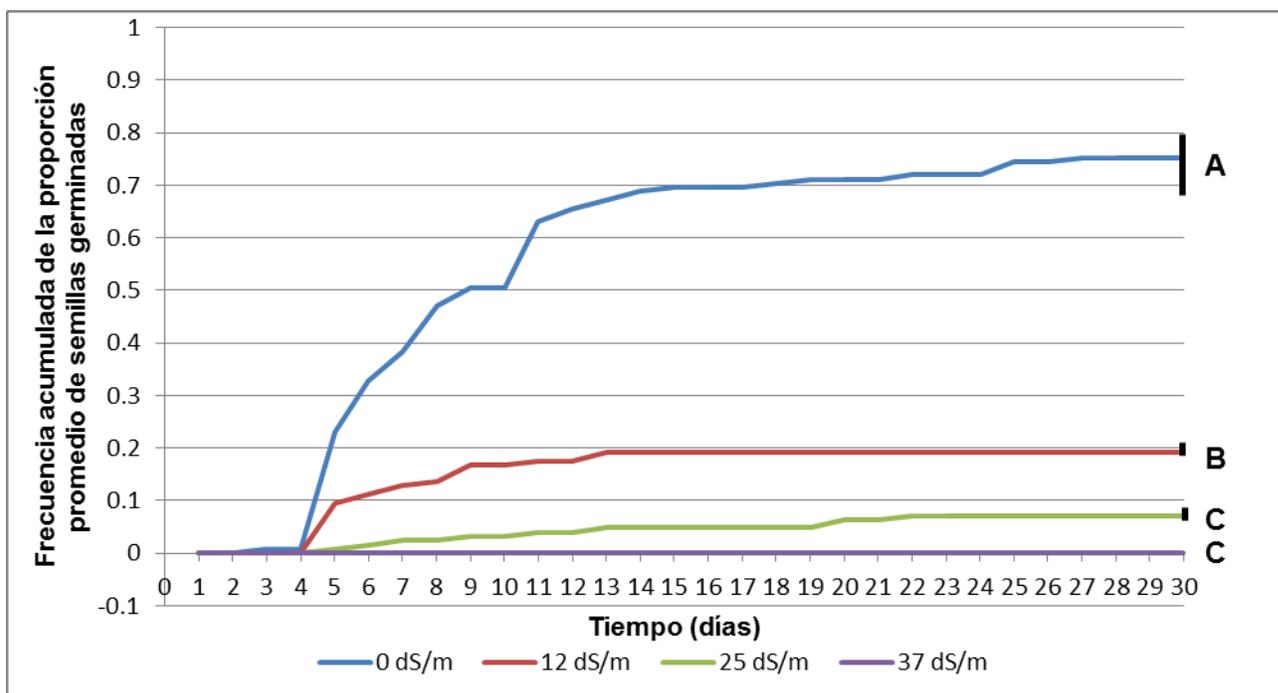


Figura 19: Proporción acumulada de semillas germinadas (y desvío estándar) de *Setiechinopsis mirabilis* a distintas concentraciones de salinidad en función al tiempo que duró el ensayo.
 *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.01$)

Tabla 7: Resultados del Análisis de la Varianza para el factor salinidad de las especies en estudio.

Especie	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<i>Setiechinopsis mirabilis</i>	Salinidad	1,71	3	0,57	229,55	<0,0001
<i>Notocactus submammulosus</i>	Salinidad	0,50	3	0,17	10,26	0,0005

La mayor proporción media de semillas germinadas de *Notocactus submammulosus* fue de $0,6 \pm 0,16$ en el control, y $0,6 \pm 0,30$ a 12 dS/m. En 25 dS/m, la proporción media de semillas germinadas fue de $0,33 \pm 0,06$. Los niveles de salinidad de 0; 12 y 25 dS/m no presentaron diferencias significativas entre sí (Figura 20 y Tabla 7). En 37 dS/m, la proporción media de semillas germinadas fue de $0,15 \pm 0,07$, presentando diferencias significativas con los niveles de salinidad de 0; 12 dS/m (Figura 20).

La germinación de las semillas de dicha especie a 0; 12 y 25 dS/m comenzó al sexto día de ensayo, alcanzando una proporción de semillas germinadas de $0,48 \pm 0,24$; $0,36 \pm 0,18$ y $0,01 \pm 0,01$ respectivamente; mientras que al nivel de 37 dS/m la germinación de las semillas comenzó al octavo día del ensayo, mostrando una proporción de semillas germinadas de $0,02 \pm 0,01$ (Figura 20).

La mayor proporción de semillas germinadas se logró en el día 16 en agua destilada, en el día 18 para 12 dS/m; en el día 22 para 25 dS/m y en el día 14 para 37 dS/m (Figura 20).

Los niveles óptimos de salinidad para la germinación de *N. submammulosus* fueron 0 y 12 dS/m.

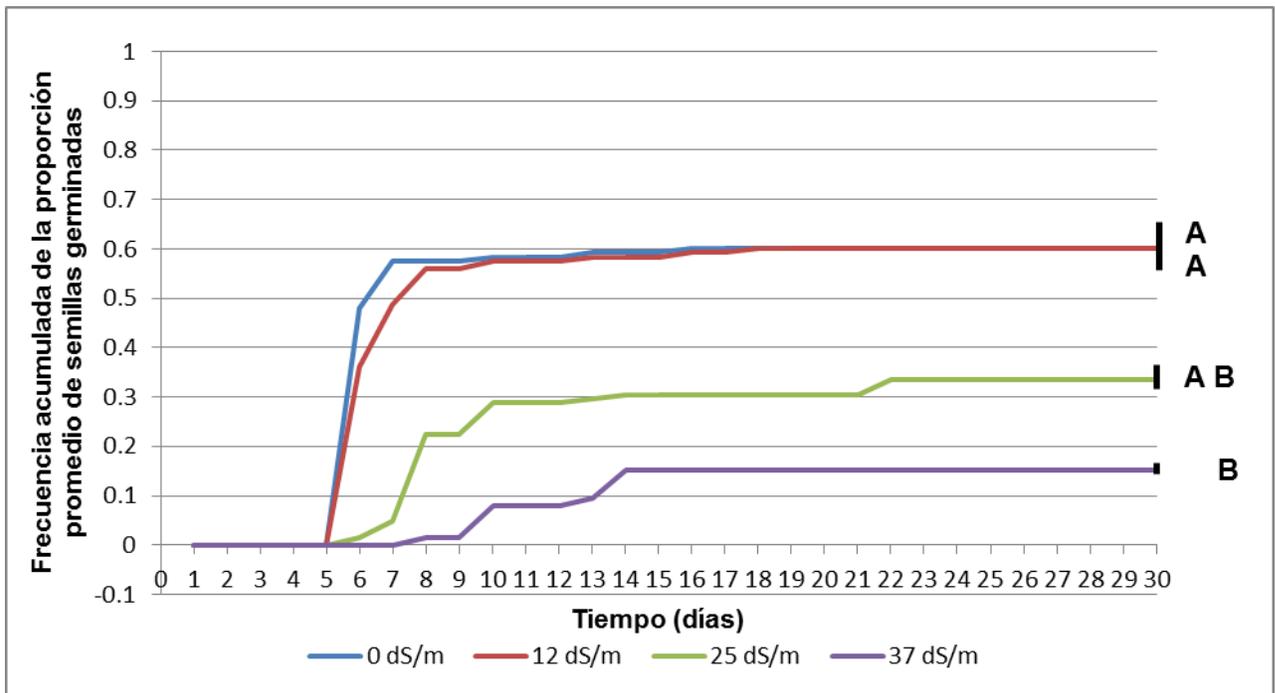


Figura 20: Proporción acumulada de semillas germinadas (y desvío estándar) de *Notocactus submammulosus* a distintas concentraciones de salinidad en función al tiempo que duró el ensayo.
 *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.01$)

5. DISCUSIÓN

Una de las hipótesis planteadas para esta tesina de grado fue: *Setiechinopsis mirabilis*, al ser una especie que habita en suelos salinos, podrá germinar a una mayor concentración de sales, que *Notocactus submammulosus*.

Los datos obtenidos para ambas especies en los ensayos de salinidad, no apoyan la hipótesis al respecto, ya que *S. mirabilis* no logró germinar a una mayor concentración de sales que *N. submammulosus*.

N. submammulosus pudo germinar en todos los niveles de salinidad evaluados en el ensayo, alcanzando una alta proporción promedio de semillas germinadas al final del ensayo en agua destilada, 12 y 25 dS/m y una baja proporción promedio de semillas germinadas en 37 dS/m. Al contrario, *S. mirabilis*, no pudo germinar en 37 dS/m, y en los niveles de salinidad de 25 y 12 dS/m la proporción promedio de semillas germinadas al final del ensayo fue baja; pero con el nivel control, se logró una alta proporción promedio de semillas germinadas.

La germinación de las semillas de las Cactáceas disminuyó con el aumento de las conductividades eléctricas, posiblemente porque los aniones y cationes presentes en el suelo, reducen el potencial hídrico del mismo, lo que provoca que las semillas no logren hidratarse y se vea disminuida, o 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).

Esto concuerda con los resultados obtenidos para la Cactácea *Pachycereus pecten-aboriginum* (Vega-Villasante *et al.*, 1996), cuyas semillas fueron sometidas a concentraciones de salinidad (CINa) crecientes (0,025; 0,05, 0,1; 0,2 y 0,3 M). La germinación de las semillas de esta especie

se logró en concentraciones salinas de hasta 0,1 M, lo que equivale a 12 dS/m mientras que a concentraciones de 0,2 (25 dS/m) y 0,3 M (37 dS/m) la germinación se vio inhibida.

Se deduce entonces, que *S. mirabilis* no puede germinar a tan altas concentraciones de sales como lo hace *N. submammulosus*; pero vive en ambientes salinos, como es el Embalse El Carrizal. Los resultados del análisis de suelo de las calicatas realizadas en Embalse El Carrizal, indican que la máxima concentración de sales que se encontró en la superficie del suelo fue de 2,65 dS/m \pm 0,11; por lo que la salinidad de los suelos de este lugar estaría comprendida dentro del intervalo de salinidad en el cual puede germinar *S. mirabilis*.

Además, a *S. mirabilis* muchas veces se lo encuentra asociado a la especie *Atriplex lampa*, que posiblemente le brinda condiciones adecuadas para germinar, por ejemplo: el mantillo de *A. lampa* que cae al suelo retiene la humedad edáfica, y eso propicia la germinación de *S. mirabilis*. En el suelo, *Atriplex lampa* puede germinar satisfactoriamente en niveles de conductividad eléctrica de hasta 10 dS/m, mientras que su germinación se ve disminuida a mayores valores de conductividad eléctrica (Passera, com. pers.); por lo que el rango de salinidad en el cual germinan las semillas de *A. lampa* está dentro del rango en el cual germina *S. mirabilis*.

Por otro lado, los resultados del análisis de suelo de las calicatas realizadas en la Reserva El Manzano Histórico, indican que la máxima conductividad eléctrica que se encontró en la superficie del suelo fue de 0,31 dS/m \pm 0,02; por lo que, la salinidad de los suelos de este lugar estaría comprendida dentro del intervalo de salinidad en el cual puede germinar *N. submammulosus*. Por lo tanto, *N. submammulosus*, puede germinar tanto en bajas, como altas concentraciones de sales, pero vive en lugares no salinos, como es la Reserva El Manzano Histórico. Esto podría deberse a que las semillas de esta especie no han llegado a los suelos salinos aún, o porque en alguna etapa del crecimiento la planta no es tolerante a salinidad; o quizá porque es otro el factor condicionante, por ejemplo el agua. Por ello, se recomienda seguir investigando sobre el tema para saber cuál es la causa.

Se concluye que, las semillas de *S. mirabilis* se pueden utilizar para restaurar suelos que posean una conductividad eléctrica hasta de 12 dS/m. Un suelo salino posee una conductividad eléctrica mayor a 4 dS/m (Pérez-Valenzuela, 1999), por lo que *S. mirabilis* sería una especie potencial para restaurar suelos salinos.

En cuanto a las semillas de *N. submammulosus*, se concluye, que las mismas se podrían utilizar para restaurar suelos de hasta 25 dS/m.

La segunda hipótesis planteada en esta tesina de grado fue: *N. submammulosus* al ser una especie que habita en ambientes altos, y por ello fríos, podrá germinar a temperaturas más bajas que *Setiechinopsis mirabilis*,

En lo que se refiere a los ensayos de temperatura, los datos obtenidos para ambas especies en estudio, tampoco apoyan la hipótesis; ya que *N. submammulosus* no logró germinar en un intervalo menor de temperatura, a comparación de *S. mirabilis*.

Ambas especies solo pudieron germinar en las temperaturas de 20 y 30 °C evaluadas en los ensayos, mientras que a 0,10, 40 y 50 °C el proceso de germinación no tuvo lugar. Similares resultados fueron encontrados en trabajos sobre Cactáceas: *Gymnocalycium schickendantzii* (Méndez, 2011), *Trichocereus candicans* (Mazzola, et al., 2013; Cenizo, 2012) *Echinomastus unguispinus* (Ruiz González et al., 2011).

Que no se registre germinación a 0, 10, 40 o 50 °C podría deberse, a que esas temperaturas resultan letales para los embriones de las semillas, y no se pudo completar el proceso germinativo.

El rango de temperaturas de germinación para las dos especies coincide, con los resultados de los autores Cenizo (2010), Kiesling y Ferrari (2007) que han observado que la mayoría de las Cactáceas germinan adecuadamente a temperaturas de 25 °C.

Esta sería una estrategia que permite que la germinación de las semillas ocurra en el verano, estación que concuerda con la estación de lluvias en los ambientes analizados. Esta estrategia también se encuentra en especies de zonas áridas como: *Mimosa ephedroides*, *Acacia gilliesii*, *Prosopis strombulifera*, *Lycium tenuispinosum*, *Ephedra ochreatea* (Dágata, 2018).

De estos resultados se concluye, que el momento ideal para realizar una restauración en el campo con las semillas de ambas especies, posiblemente sería en los meses de diciembre, enero y febrero, que es cuando se dan las mayores temperaturas (verano) en la provincia fitogeográfica del Monte. A su vez, estos meses coinciden con la época estival, donde ocurre la mayor cantidad de precipitaciones en esta provincia fitogeográfica, lo que garantizaría la germinación de las semillas, al proporcionarle la humedad adecuada al suelo.

Las lluvias frecuentes, además, posiblemente permitirían que el suelo se lavara en el Embalse El Carrizal y en la Reserva El Manzano Histórico; y así podría disminuir la cantidad de sales presentes en el mismo, lo que podría permitir quizá, la germinación de ambas especies.

Por otro lado, para semillas pequeñas, como las de *S. mirabilis* y *N. submammulosus*, la escasa disponibilidad de reservas del embrión, puede derivar en que las mismas requieran de luz para germinar como estrategia adaptativa, lo que asegura que las semillas se encuentren a poca profundidad, pudiendo emerger sin problemas (Baskin y Baskin, 2014).

Lo enunciado en el párrafo anterior se vio avalado por los resultados obtenidos en el ensayo de fotoblastismo, ya que las semillas germinaron en presencia de luz, y no germinaron en condiciones de oscuridad. Esto concuerda con los resultados obtenidos en trabajos de Cactáceas: *Echinopsis leucantha* (Padrón-Pereyra, 2012), *Trichocereus candicans* (Cenizo, 2012), (Méndez, 2011), *Mammillaria mazatlanensis*, *Stenocereus alamosensis*, *Stenocereus thurberi subsp. Thurberi* (Sánchez-Soto *et al.*, 2010) *Echinomastus unguispinus* (Ruiz González *et al.*, 2011) *Trichocereus strigosus* (Méndez, 2011). Por lo que, al realizarse una restauración, las semillas de ambas Cactáceas deben enterrarse en el suelo, cerca de la superficie.

En cuanto a la viabilidad de las semillas de las especies estudiadas, las mismas fueron altas (>70 %) en coincidencia con los resultados obtenidos para otras especies de arbustos y Cactáceas de zonas áridas (Baskin y Baskin, 2014). Posiblemente, las semillas que no germinaron de ambas especies, se encontraban en un período de latencia o dormición. Sin embargo, en el ensayo de fotoblastismo se registró una germinación mayor al 90 % en ambas especies en estudio; pero en los ensayos de temperatura y salinidad, el porcentaje de germinación para ambas especies fue algo menor. Lo enunciado puede deberse a que en el cuarto de luces, donde se realizó el ensayo de fotoblastismo, hubo alternancia de temperaturas, lo que probablemente produjo una mayor germinación. Esto coincide con un estudio de germinación realizado con la Cactácea *Echinopsis leucantha*, donde se obtuvieron altos porcentajes finales de semillas germinadas con alternancia de temperatura (Méndez y Pérez González, 2008). Otra posible explicación podría ser que en el cuarto de luces la temperatura fue de 25 °C, lo que puede haber llevado a que germinen mayor cantidad de semillas de las especies estudiadas en el cuarto de luces, y menor cantidad en las cámaras de germinación.

La viabilidad de las semillas es un dato importante, ya que, al igual que el número de semillas que se puede obtener por fruto de ambas Cactáceas, permite estimar la cantidad de frutos a cosechar de las mismas. Además, tener conocimiento sobre el momento de cosecha y los

posibles lugares donde se pueden obtener los frutos de las especies en forma abundante, es información que resulta importante para los primeros pasos de las tareas de restauración.

Para concluir, se deberían realizar más estudios para evaluar la supervivencia de estas dos Cactáceas en el campo, luego de la germinación; ya que los requerimientos de las semillas para germinar, pueden ser diferentes a los requerimientos que la planta necesite para crecer y desarrollarse. Esto es necesario ya que, se han realizado escasos estudios en la actualidad sobre la restauración de ambientes con individuos de Cactáceas; y en algunos de estos estudios ha resultado satisfactoria la restauración (*Eulychnia iquiquensis*, Chile; *Acharagma roseana* ssp. *Roseana*, *Astrophytum capricorne*, *Astrophytum myriostigma*, *Echinocereus reichenbachii*, *Escobaria dasyacantha*, *Mammillaria plumosa*, *Mammillaria prolifera*, *Sclerocactus scheeri* y *Turbinicarpus saueri* ssp. *Septentrionalis*; México), mientras que en otros la etapa más crítica ha sido la de supervivencia de las plantas en el campo (*Mammillaria mathildae*, México), y se han tenido que tomar medidas al respecto.

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 su utilización en tareas de restauración.

Con las semillas de *S. mirabilis* se podría restaurar ambientes degradados por salinidad, ambientes degradados por actividades agrícolas y ambientes incendiados; mientras que las semillas de *N. submammulosus*, se podrían restaurar ambientes degradados por actividades antrópicas; también ambientes deteriorados por incendios, y además, por los resultados obtenidos en esta tesina, sería útil en la restauración de ambientes degradados por salinidad.

Con la información recaudada, la restauración logra una importancia económica, social y ambiental para la recuperación de bienes y servicios ambientales de los ecosistemas degradados de zonas áridas (Dalmaso, 2010). Además, la información permite ahorrar costos, labores y tiempo a la hora de restaurar.

6. CONCLUSIONES

Los resultados de esta tesina de grado permiten concluir, que las semillas de *S. mirabilis* y *N. submammulosus* requieren para germinar un rango de temperaturas que va de 20 a 30 °C.

Por otro lado, el intervalo de salinidad para la germinación de las semillas de *S. mirabilis* está comprendido entre 0 y 12 dS/m; mientras que para *N. submammulosus* el intervalo de germinación está comprendido entre 0 y 25 dS/m.

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

El valor del trabajo radica en aportar información sobre las condiciones que afectan la germinación de estas especies de Cactáceas nativas, lo cual permite avanzar en los pasos para poder lograr la viverización de las mismas para su posterior utilización en tareas de restauración o conservación de zonas áridas.

7. BIBLIOGRAFIA

Ayala-Cordero, G., Terrazas, T., López-Mata, L. y Trejo, C. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*. Vol. 29 n° 12 [En línea]. [<http://www.redalyc.org/pdf/339/33909907.pdf>]. [Consulta: 3 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]. [Consulta: 14 de febrero de 2018].

Carretero, E.M. y Dalmasso, A.D. 2015. Revegetación de ambientes degradados. Selección de especies. En Restauración de la Diagonal Árida Argentina. Vol.2, p.70.

Cenizo, 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.

Climate-data. 2019. Manzano histórico, Mendoza, Argentina. [En línea]. [<https://es.climate-data.org/america-del-sur/argentina/mendoza/el-manzano-historico-770984/>]. [Consulta: 17 de junio 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]. [<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 Flieger, 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.

Dalmasso, A.D. 2007 Tesis: Revegetación de áreas degradadas con especies nativas en el marco de la geosinfitosociología. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 148 p.

Dalmasso, A. D., Martínez-Carretero, E. y Console, O. 2002. Revegetación de áreas degradadas. Boletín de extensión científica. Vol.5, 48 p.

Dalmasso, A.D. 2010. Ecología y fitogeografía revegetación de áreas degradadas con especies nativas. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica v.45 N° 1-2. Córdoba. [En línea]. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722010000100011]. [Consulta: 8 de marzo de 2019].

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.

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.

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.

DeMaio, P., Perea, M. y Trevisson, M. 2017. *Echinopsis mirabilis* (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.T151767A121442393.en>]. [Consulta: 3 de marzo de 2019].

Derbel, S. y Chaieb, M. 2007. Germination behaviour and seedling establishment of two desert shrubs, *Calligonum polygonoides* (Polygonaceae) and *Spartidium saharae* (Fabaceae), under experimental conditions, Acta Botanica 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=S0258-59362010000100011]. [Consulta: 7 de marzo de 2018].

Drovandi, A., Zuluaga, J., Filippini, M., Bermejillo, A., Peralta, P., Bustamante, M., Ruiz, M., Granero, M., Morsucci, A., Velgas, M., Valdes, A. y Nacif, A. 2005. Diagnóstico Preliminar del Estado Trófico del Embalse El Carrizal, Provincia de Mendoza. IV Taller Internacional sobre enfoques regionales para el desarrollo y gestión de embalses en la cuenca del Plata. INA - Centro Regional Andino / Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

Evenari, M. 1965. Bull. Soc. Franc. Physiol.Veg. Vol. 3(4), p.105-124.

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.

González Loyarte, M. 1994. Estudios de degradación de suelos y recursos forestales en zonas áridas de Mendoza, Argentina. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA – CRICYT/CONICET). Unidades: botánica y Fitosociología, y Detección y Control de la Desertificación, Argentina. Buenos Aires, Argentina. 39 p.

Guevara, J., Martínez-Carretero, E., Juárez, M. C. y 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: 27 de febrero de 2019].

- Guida-Johnson, B., Abraham, E. y 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. [Consulta: 26 de febrero de 2019].
- Gutiérrez, J.R.** 2001. Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. En Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. Vol 16. 253-260.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA).** 1982. Informes y documentos para Análisis y Consideración a La Segunda Reunión Ordinaria del Comité Ejecutivo y a la Segunda Reunión Extraordinaria de La Junta Interamericana de Agricultura. 30 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEG).** 2013. Características principales del cultivo de nopal en el distrito federal, caso Milpa Alta. México. 78 p.
- Kiesling, R.** 1975. Los géneros de Cactaceae de Argentina. Ed: Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires, Argentina. Volumen XVI. 227p
- Kiesling R. y Ferrari O.** 2007. 100 cactus argentinos. Ed: Albatros. Buenos Aires, Argentina 128 p.
- Lang, G.A.** 1987. Dormancy: A universal terminology. HortScience 22:817–920
- Larocca, J., Machado, M., Demaio, P. y Duarte, W.** 2017. *Parodia mammulosa* (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.T151941A121573479.en>]. [Consulta: 3 marzo 2019].
- Lindow, L., Galíndez, G., Sühring, 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.
- Masini, C.A., Rovere, A.E. y Pirk G.I.** 2014. Requerimientos pregerminativos de *Maihuenia patagonica* y *Maihueniopsis darwinii*, cactáceas endémicas de Patagonia. Gayana Bot. vol.71 N° 2. [En línea]. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432014000200002]. [Consulta: 24 de setiembre de 2019]. Río Negro, Argentina. 198p.
- Mazzola, M. B.; Cenizo, V.J. y King, A.G.** 2013. Factores que afectan la germinación de *Trichocereus candicans* (Cactaceae). Boletín Sociedad Argentina de Botánica. 515 p.
- Méndez, M.** 2011. Efecto de la temperatura, escarificación y concentraciones de calcio en la germinación de *Gymnocalycium schickendantzii* (F.A.C. Weber) Britton & Rose (Cactaceae). Revista Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Tomo 43, N°2. 109 p.
- Méndez, M.** 2011. Efecto de la temperatura y la luz sobre la germinación de semillas de *Trichocereus candicans* y *Trichocereus strigosus*. Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas. Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas. [En línea]. [<http://hdl.handle.net/11336/75310>]. [Consulta: 31 de julio de 2019].
- Méndez, M. y Pérez-Gonzalez.** 2008. Germinación de *Echinopsis leucantha* (Cactaceae). Efectos de temperatura y concentraciones de calcio. Revista Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Tomo XL. N° 2. 91-96 p.

- 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=S0378-78182007000100005&script=sci_arttext&tlng=en]. [Consulta: 14 de febrero de 2018].
- Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía (MEIYE).** 2017. Mendoza gobierno, Dirección de agricultura y contingencias climáticas. [<http://www.contingencias.mendoza.gov.ar/web1/agrometeorologia/anuales.php>]. [Consulta: 18 de marzo de 2019].
- Morales, C.E.** 2005. Pobreza, desertificación y degradación de tierras. [http://parquedelasesculturas.providencia.cl/ambiente/pobreza_desertificacion_y_degradacion_d_e_tierras.pdf]. [Consulta: 6 de marzo de 2019].
- Nijensohn, L.** 1994. Propuesta de determinación de la condición sódica en suelos. Informes Científicos y Técnicos del Instituto de Suelos y Riego. Nº 46, 8 pp. Mendoza.
- Ortega-Baes, P. y Godínez-Álvarez, H.** 2006. Global Diversity and Conservation Priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation* 15(3): 817-827.
- Padilla, F.M. y Pugnaire, F.I.** 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*. Vol.4: 196-202.
- Padrón-Pereyra, C.A.** 2012. Innovaciones en el agordesarrollo de las cactáceas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de alimentos*. [En línea]. [https://www.researchgate.net/publication/228333553_innovaciones_en_el_agordesarrollo_de_la_s_cactaceas]. [Consulta: 27 de febrero de 2019].
- Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación (P.A.N.-L.C.D).** 2002. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, República Argentina. [<http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/unccd/cdpnac.htm>].
- Passera, C.B.** 1990. Efecto de la temperatura y del estrés hídrico en la germinación de "*Atriplex lampa*" moq. (Chenopodiaceae). 77-84 p.
- Passera, C.B.** 2000. Fisiología de *Prosopis spp* .Multequina. Vol. 9 (2), p53-80.
- Passera, C.B., Robles-Cruz, A.B., Caraciolo Maia, L.M. y Allegretti, L.I.** 2002. Efecto de diferentes niveles de salinidad sobre el crecimiento de *Atriplex lampa*. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*. Tomo XXXIV. Nº 2. Mendoza. 106 p.
- Pérez-Valenzuela, B.R.** 1999. Edafología en la agricultura regadía cuyana. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. 205p.
- 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. Nº 2. [en línea]. [<http://www.chlorischile.cl>]. [Consulta: 15 de abril de 2019].
- Reyes-Santiago, J.** 2013. Manual práctico: conservación y restauración de cactáceas y otras plantas suculentas mexicanas. Comisión Nacional Forestal. México. 110 p.
- Robles, A. B., Cardoso, J.A., Ramos, M.E.** 2010. Influencia de la salinidad en la germinación de especies del género *Atriplex*. Granada, España. [En línea]. [<http://digital.csic.es/bitstream/10261/29768/20/robles.pdf>]. [Consulta: 31 de julio de 2019].

Roig, F.A, Martínez Carretero, E. y Méndez, E. 2000. Vegetación de la Provincia de Mendoza. En: ABRAHAM, E. M. & F. RODRÍGUEZ MARTÍNEZ (eds.), Argentina. Recursos y Problemas Ambientales de la Zona árida. Primera Parte. Provincias de Mendoza, San Juan y La Rioja. Vol.1-2, pp. 63-64.

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/Rojas-Arechiga_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.

Ruiz González, S., Rojas-Aréchiga, M., y Mandujano, M. C. 2011. Descripción morfológica y germinación de las semillas de *Echinomastus unguispinus*. [En línea]. [https://www.researchgate.net/publication/323762237_Descripcion_morfologica_y_germinacion_de_las_semillas_de_Echinomastus_unguispinus]. [Consulta: 31 de julio de 2019].

Ruiz-Guirado, M.B. 2002. Crecimiento, rendimiento y calidad de semillas de tres cv de *Cenchrus ciliaris* bajo condiciones de salinidad. Escuela para Graduados Alberto Soriano Convenio Facultad de Agronomía – UBA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires. 126 p.

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: 17 de abril de 2019].

Sánchez-Soto, B.; Reyes-Olivas, A.; García-Moya, E.; Terrazas, T. 2010. Germinación de tres cactáceas que habitan la región costera del noroeste de México. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. [En línea]. [<https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/299-c-SANCHEZ-7.pdf>]. [Consulta: 31 de julio de 2019]. 299-305p

S.A.O.T. (Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial). 2019. Mendoza gobierno, Dirección de Recursos Naturales Renovables. [<http://www.areasnaturales.mendoza.gov.ar/manzano-historico/25-manzano.html>]. [Consulta: 3 de marzo de 2019].

Society for Ecological Restoration International (SER). 2004. Principios de SER Internacional sobre restauración ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas 15 p.

Sistema de Información de Biodiversidad (SIB). 2019. [En línea]. [https://sib.gob.ar/ficha/PLANTAE*setiechinopsis*mirabilis]. [https://sib.gob.ar/ficha/PLANTAE*parodia*submammulosa] [Consulta: 25 de agosto de 2019].

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.

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]. [Consulta: 31 de julio de 2019].

Zuloaga, F.O., Morrone, O. y Belgrano, M. J. 2008. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. 3348 pp.

ANEXO 1: CLAVE DICOTÓMICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS 3 SUBFAMILIAS, DENTRO DE LA FAMILIA CACTÁCEAS.

Se presenta a continuación la descripción de las tres subfamilias, de la familia *Cactaceae* (Treviison y Perea, 2016).

- 1- Subfamilia *Pereskioideae*: comprende plantas actuales muy parecidas a los primitivos cactus. Presentan tallos leñosos, erguidos o sarmentosos, hojas con pecíolo, persistentes o semicaducas, aplanadas, no suculentas. Aréolas espinosas, más o menos carnosas, ubicadas en las axilas de las hojas. Flores pedunculadas, solitarias o agrupadas in inflorescencias.
- 2- Subfamilia *Opuntioidea*: plantas con hojas in pecíolo, presentes pero reducidas, cilíndricas, caducas. Aréolas con gloquidios. Semillas cubiertas por un arilo de origen fonicular de color blanco amarillento, generalmente duro. Flores solitarias, rotáceas. Plantas sin costillas, en forma de cojín, mata, arbusto o árbol.
- 3- Subfamilia *Cactoideae*: plantas sin hojas. Aréolas sin gloquidios. Semillas sin arilo. Flores solitarias, acampanadas, infundibuliformes, rotáceas, tubulares, etc. Tallos con tubérculos alineados formando costillas.

ANEXO 2: CONCENTRACIONES DE SALINIDAD DE LOS SUELOS EN LOS QUE HABITAN LAS ESPECIES EN ESTUDIO

Para determinar la concentración de salinidad de los suelos del Dique El Carrizal y del Manzano histórico se utilizó el método "Conductimetría":

Se describe a continuación el procedimiento realizado en el laboratorio de la Cátedra de Edafología para obtener la conductividad eléctrica de la pasta de saturación en laboratorio (Pérez-Valenzuela, 1999):

- 1) 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).
- 2) Para determinar la conductividad eléctrica de las muestras de suelo se elaboró una pasta de saturación, la misma 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: poseía 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.
- 3) 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.
- 4) 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

conductividad eléctrica. Las unidades en las que se expresó la conductividad eléctrica fue dS/m, y se realizó su equivalencia en M.

ANEXO 3: SUPUESTOS Y RESULTADOS DEL ADEVA PARA LAS DOS ESPECIES EN ESTUDIO, SEGÚN LOS FACTORES TEMPERATURA Y SALINIDAD

I) Supuestos y resultados del ADEVA para la especie *Setiechinopsis mirabilis* según la 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 8: Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el factor temperatura de la especie *Setiechinopsis mirabilis*.

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Proporción de las ge..	10	0.00	0.07	0.92	0.4510

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 9: Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor temperatura de la especie *Setiechinopsis mirabilis*.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
RABS Proporción de las ge..	10	0.04	0.00	87.10	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.4E-04	1	6.4E-04	0.30	0.5973
Tratamiento	6.4E-04	1	6.4E-04	0.30	0.5973
Error	0.02	8	2.1E-03		
Total	0.02	9			

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

II) Supuestos y resultados del ADEVA para la especie *Notocactus submammulosus* según la 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 10: Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el factor temperatura de la especie *Notocactus submammulosus*.

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Proporción de las ge..	10	0.00	0.11	0.95	0.7431

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 11: Prueba de homoscedasticidad de Levene para el factor temperatura de la especie *Notocactus submammulosus*.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
RABS Proporción de las ge..	10	0.29	0.20	56.12	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	1	0.01	3.28	0.1077
Tratamiento	0.01	1	0.01	3.28	0.1077
Error	0.02	8	2.5E-03		
Total	0.03	9			

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

III) Supuestos y resultados del ADEVA para la especie *Setiechinopsis mirabilis* según salinidad

INDEPENDENCIA: la asignación aleatoria de los niveles de salinidad 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 12: Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el factor salinidad de la especie *Setiechinopsis mirabilis*.

Shapiro-Wilks (modificado)						
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)	
RDUO Proporción sem las ge..	20	0.00	0.05	0.89	0.0678	

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 salinidad son iguales a la varianza de los errores" VS H_1 : "alguna varianza es diferente"):

Tabla 13: Prueba de homoscedasticidad de Levene para el tratamiento de salinidad de la especie *Setiechinopsis mirabilis*.

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
RABS Proporción sem las ge..	20	0.40	0.28	79.78		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	0.01	3	2.4E-03	3.51	0.0398	
Tratamiento	0.01	3	2.4E-03	3.51	0.0398	
Error	0.01	16	6.8E-04			
Total	0.02	19				

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

IV) Supuestos y resultados del ADEVA para la especie *Notocactus submammulosus* según salinidad

INDEPENDENCIA: la asignación aleatoria de los niveles de salinidad 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 14: Prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para el tratamiento de salinidad de la especie *Notocactus submammulosus*.

Shapiro-Wilks (modificado)						
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)	
RDUO Transformación P	20	0.00	0.12	0.92	0.2440	

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 salinidad son iguales a la varianza de los errores" VS H_1 : "alguna varianza es diferente"):

Tabla 15: Prueba de homoscedasticidad de Levene para el tratamiento de salinidad de la especie *Notocactus submammulosus*.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
RABS Transformación P	20	0.42	0.31	63.47	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.04	3	0.01	3.86	0.0297
Tratamiento	0.04	3	0.01	3.86	0.0297
Error	0.05	16	3.4E-03		
Total	0.09	19			

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