

Tesina para optar al grado de Licenciada en Ciencias del Ambiente

**“Evaluación de sustratos para la producción de *Neltuma caldenia*– (Burkart) C.E. Hughes y G.P. Lewis (Caldén) para rehabilitar áreas degradadas del Monte y Espinal del NE de la Patagonia.”**



**María Laura Peña**

Director: Dr. Juan Manuel Zeberio

Co- director: Ing. Juan Manuel Seco Lopez

Año lectivo 2023

## Agradecimientos

Luego de tanto esfuerzo y dedicación logré llegar a la etapa final de mi carrera universitaria al concretar esta tesina. Por eso quería agradecer enormemente a todas las personas involucradas en este recorrido quienes me ayudaron a avanzar por esta etapa de mi vida y a enriquecerla con nuevas experiencias y conocimientos. En primer lugar están los docentes Juan Manuel Zeberio y Juan Manuel Seco López, quienes con tanta paciencia me guiaron en la realización de este trabajo en conjunto y me dieron una oportunidad para experimentar y trabajar sobre la temática de mi preferencia: la restauración ecológica.

Agradezco enormemente a mi familia y a mis amigas Agustina y Aldhara, que me acompañaron durante mi paso por la universidad aguantando fielmente mis quejas y miedos antes de dar un final.

Por último y no por eso menos importante, quiero agradecer profundamente a mi pareja y compañero de carrera “Pocho” quien tomó mi mano y me cuidó cuando, atravesando momentos difíciles de mi vida, estuve a punto de dejarlo todo.

A todos ellos: ¡GRACIAS, GRACIAS, GRACIAS! ♥

# Índice

## Contenido

Agradecimientos .....	2
Índice .....	3
Resumen.....	4
Introducción .....	5
Objetivos .....	7
Objetivo general:.....	7
Objetivos específicos:.....	7
Hipótesis.....	8
Materiales y métodos.....	8
Selección de áreas a rehabilitar .....	8
Formulación de diferentes sustratos .....	9
Evaluación de características físicas y químicas de los sustratos formulados .....	10
Evaluación de tratamientos pregerminativos .....	10
Obtención y preparación de plantines .....	11
Determinación de calidad de sustrato y de la planta.....	12
Supervivencia y crecimiento a campo de <i>N. caldenia</i> .....	13
Resultados .....	14
Evaluación de características físicas y químicas de los sustratos formulados .....	14
Tratamientos pregerminativos.....	15
Obtención y preparación de plantines .....	15
Determinación de calidad de sustrato y de la planta.....	16
Supervivencia y crecimiento a campo de <i>N. caldenia</i> .....	19
Discusión y conclusión.....	20
Bibliografía.....	24
Anexo.....	28

## Resumen

En el noreste de la región patagónica, la expansión de la agricultura y los incendios han causado la fragmentación y degradación de los ecosistemas. Por esta causa se ha observado una importante pérdida de cobertura vegetal. De esta manera, frente a esta problemática, aparece la rehabilitación ecológica como una posible solución. Si bien se han llevado a cabo investigaciones sobre la supervivencia y el crecimiento de especies leñosas y herbáceas, así como sobre la reproducción en invernadero de especies nativas, aún hay aspectos importantes que no se han abordado exhaustivamente, como la evaluación de los sustratos más adecuados para la producción de plantas nativas de calidad destinadas a la rehabilitación de áreas degradadas.

El objetivo general del trabajo fue identificar la composición idónea de sustrato para producir individuos de *Neltuma caldenia* de calidad. Para ello se formularon tres tipos de sustratos (Tratamiento Tierra de Monte (control), Tratamiento 50% y Tratamiento C). Todos ellos compuestos por distintos porcentajes de suelo del área a rehabilitar (tierra de monte), compost y turba. Además se utilizaron dos tipos de envases: maceta y tubete.

Se observó que el tratamiento C en maceta (C:M) fue el que registró individuos con mayores alturas respecto a los demás tratamientos y envases. También presentó mayor desarrollo radicular respecto a los demás tratamientos. Respecto a las características fisicoquímicas, el sustrato C fue el que mayor retención de agua presentó (66, 5 ml), siendo esta una de las propiedades más deseables en la producción de plantas nativas de ambientes áridos.

**Palabras clave:** *Neltuma caldenia*, rehabilitación ecológica, sustrato, plantas nativas.

## Introducción

En los ecosistemas áridos y semiáridos muchas de las propiedades del sistema están determinadas por la cobertura arbórea y arbustiva, que a su vez está regulada por la disponibilidad de recursos en el suelo, por variables climáticas y por regímenes de disturbios naturales y antrópicos (Aguilar y Sala, 1999; Godagnone y Bran, 2009).

El área de estudio se encuentra en el Noreste de la región patagónica, donde el avance de la frontera agrícola y los incendios naturales han causado la fragmentación y degradación de los ecosistemas (Zeberio, 2018). Se observan amplias zonas que han perdido la cobertura vegetal en las cuales los síntomas de degradación de los suelos son avanzados y se caracterizan por la aparición del pavimento de desierto, en el cual se ha perdido la capa superficial de suelo y con ella la fuente de propágulos y semillas (Zeberio, 2012; Rodríguez, 2017). Frente a este escenario de degradación aparece la rehabilitación de ecosistemas como una de las opciones destinadas a recuperar los sistemas naturales (Aronson, 1993).

En varias regiones de nuestro país se han desarrollado experiencias de rehabilitación de áreas degradadas. Un ejemplo de ello son los pastizales sometidos a estrés por sobrepastoreo en el Chaco árido, donde Quiroga et al. (2009) realizaron clausuras en las cuales implantaron pastos nativos bajo diferentes tratamientos para repoblar la zona, partiendo de la idea de que en ambientes sobrepastoreados la compactación, la falta de semillas en el banco, la competencia con los arbustos, y la falta de mantillo son factores que limitan el establecimiento de gramíneas forrajeras nativas. Otro ejemplo es lo sucedido en la provincia de Neuquén, donde se llevaron a cabo ensayos de rehabilitación de la vegetación nativa del lugar. Uno de ellos consistió en rehabilitar canteras a partir de trasplante directo de individuos adultos de especies nativas que crecían en zonas aledañas al área a rehabilitar (Nittman, 2010). Otro de los ensayos consistió en

observar la supervivencia de plantines de *Cercidium praecox* de diferentes tamaños, con y sin protección anti-herbivoría y con y sin hidrogel, plantados en dos épocas del año diferentes, obteniendo los plantines de vivero a partir de semillas de procedencia local (Altamirano y Pérez, 2010). La tercera de las experiencias realizadas se basó en el análisis de la supervivencia temprana de *Senna aphylla* plantada de forma aislada y asociada a un subarbusto nativo (González, 2010).

En el área de estudio se han desarrollado trabajos relativos a la rehabilitación de ecosistemas, evaluando la supervivencia temprana y tardía de especies leñosas y herbáceas, como así también el crecimiento de estas especies y el papel que cumplen en el reclutamiento de especies nativas del Monte. Además, se evaluaron aspectos relacionados a la reproducción en invernadero de individuos de especies nativas leñosas y herbáceas (Zeberio, 2018; Zeberio et al., 2018; Zeberio y Pérez, 2021). Se aplicaron distintos tratamientos pregerminativos para determinar el más adecuado para cada una de ellas y se trató de homogeneizar la producción de individuos destinados a las tareas de rehabilitación ecológica (Zeberio y Calabrese, 2013; Peter et al., 2014).

Ante la multiplicidad de temáticas que abarca la rehabilitación ecológica, emergen aspectos de notable relevancia que aún no han sido abordados de manera exhaustiva. Es así como surge la necesidad de evaluar cuáles serían los sustratos más apropiados para la producción de ejemplares de plantas nativas de calidad destinadas a la rehabilitación de áreas degradadas del sur del espinal. La calidad supone plantas que se adapten más eficientemente y reporten mayores niveles de supervivencia, menores costos de riego y fertilización sobre los ejemplares trasplantados y mayor probabilidad de éxito de los esfuerzos dirigidos a recuperar áreas degradadas. Es necesario considerar la calidad de las plantas utilizadas en la rehabilitación ecológica ya que esta puede estar afectada por factores relativos al origen de las semillas, las técnicas de cosecha y el manejo

posterior (Gregorio et. al, 2017). Se han efectuado trabajos para evaluar cuáles son los sustratos más adecuados para producir plantas de calidad (Cortina et al., 2006; Negros Castillo et al., 2010; Salto et al., 2013; 2016), sin embargo, ninguno de ellos está referido a las especies presentes en el área transicional del Monte y el Espinal del Noreste de la Patagonia.

## **Objetivos**

### **Objetivo general:**

Identificar las condiciones de sustrato adecuadas para la producción, establecimiento y supervivencia de individuos de *Neltuma caldenia* de calidad para rehabilitación ecológica en el NE de la Patagonia.

### **Objetivos específicos:**

1- Formular distintos sustratos constituidos por porcentajes diferentes de suelo del área de estudio para sembrar individuos de *N. caldenia*.

2- Evaluar en laboratorio las características físicas y químicas de los distintos sustratos formulados.

3- Evaluar la germinación de las semillas de *N. caldenia* bajo diferentes tratamientos pregerminativos.

4- Determinar el crecimiento de la parte aérea y de las raíces de *N. caldenia* bajo los distintos sustratos empleados en diferentes tipos de envases.

5- Determinar la supervivencia y crecimiento a campo de los ejemplares de *N. caldenia* sembrados en los diferentes tipos de sustrato y envase.

## Hipótesis

La combinación de diferentes materiales empleados en la formulación de sustrato para producir individuos de *Neltuma caldenia*, así como la aplicación de tratamientos pregerminativos a la semilla, influyen sobre la supervivencia temprana y el crecimiento de los individuos, posibilitando el éxito de la rehabilitación de ecosistemas semiáridos degradados.

## Materiales y métodos

### Selección de áreas a rehabilitar

Sobre la base de estudios previos realizados en la zona transicional entre el Monte y el Espinal del NE de la Patagonia, se seleccionó un sitio cuya historia de uso y nivel de degradación están documentados (Zeberio, 2018). En él se desarrolló la reintroducción de ejemplares de *Neltuma caldenia* para evaluar su supervivencia temprana.

El sitio de estudio, donde se llevó a cabo la plantación y evaluación de los individuos de *N. caldenia* se ubica al sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina; en la Chacra Experimental Patagones perteneciente al Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires, cuyo acceso se encuentra sobre la ruta nacional N° 3, km 942, a 22 km al norte de la ciudad de Carmen de Patagones (Figura N° 1).

La ubicación absoluta del predio está dada por las coordenadas 40°40' 03.5" S y 62°52' 50.3"

**O.**

El sitio fue seleccionado debido a la compatibilidad del organismo (Chacra Experimental Patagones) para con proyectos de restauración, conservación y manejo del monte (Ministerio de Desarrollo Agrario, s.f.). Además presenta sectores con elevados niveles de degradación.

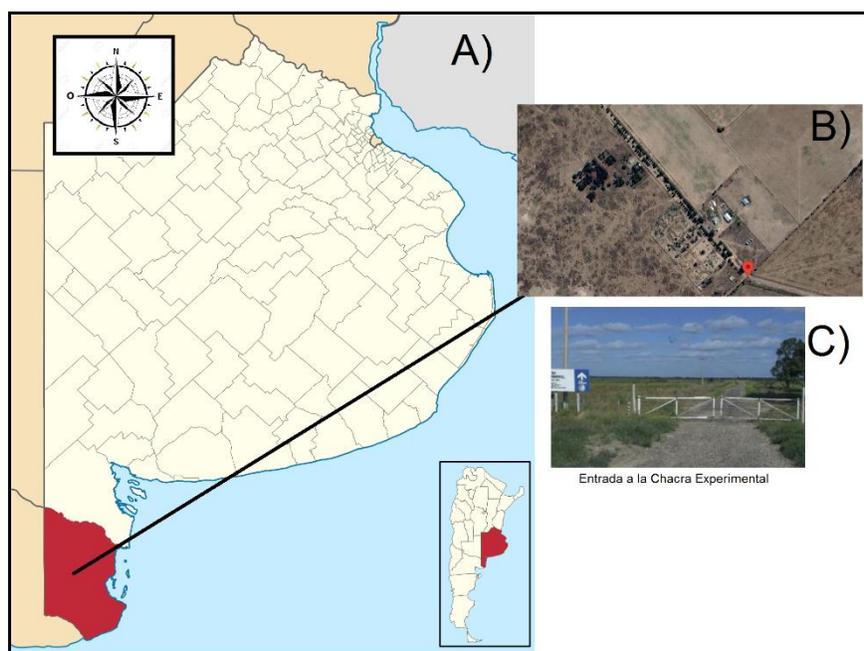


Figura 1. Ubicación del área de estudio en el mapa. A) Partido de Patagones; B) Sitio de estudio; C) Entrada a la CE.

## Formulación de diferentes sustratos

Se mezclaron, en diferentes proporciones, suelo del área a rehabilitar (para mantener la diversidad de microorganismos presentes en el ambiente natural) con compost comercial (“*Terrafertil: árboles y arbustos*”) y turba de musgo *Sphagnum fueguina*. De esta forma se obtuvieron 3 sustratos distintos con la finalidad de evaluar el efecto de cada uno sobre la germinación, crecimiento y aptitud de ejemplares de *N. caldenia* para uso en rehabilitación ecológica.

-Sustrato 50% (0,50): compuesto por 50% suelo del área y 50% turba

-Sustrato C: compuesto por 50% suelo del área, 40% compost comercial y 10% turba

-Sustrato T.M (Tierra de Monte): compuesto enteramente por suelo del área de recolección de las semillas (tratamiento control)

## **Evaluación de características físicas y químicas de los sustratos formulados**

En el laboratorio de suelos de la Sede Atlántica de la UNRN se efectuaron las mediciones de porosidad total y retención de agua (propiedades físicas) y pH y conductividad eléctrica (propiedades químicas) de los distintos sustratos preparados siguiendo la metodología de DeInalbon y Valenzuela (2005). De cada uno de los sustratos formulados se tomaron tres muestras para realizar la evaluación fisicoquímica en el laboratorio. Se estimaron los valores medios de los distintos parámetros evaluados.

## **Evaluación de tratamientos pregerminativos**

Sobre la base de trabajos previamente realizados se colectaron semillas de *N. caldenia*. Estas son de origen local ya que las mismas presentan una mejor adaptación a las condiciones ambientales del área y permitiría alcanzar niveles de supervivencia más elevados (Zeberio 2018; Zeberio et al. 2018). Estas semillas fueron colectadas, acondicionadas y almacenadas en condiciones adecuadas de luz, temperatura y humedad para garantizar su viabilidad para el ensayo en el laboratorio de reproducción de especies nativas de la Chacra Experimental Patagones siguiendo la metodología propuesta por Beider (2012).

Sobre las semillas colectadas se tomaron al azar algunas de ellas y se realizaron tratamientos para romper la latencia propia de la especie. El primer tratamiento (T1) consistió en la escarificación mecánica (utilización de lija para madera para deteriorar la cutícula seminal e inmersión en agua de red) y el segundo (T2) fue la escarificación ácida, que consiste en el remojo

en ácido sulfúrico (98 % p/v), enjuague en peróxido de hidrógeno para eliminar restos de ácido, lavado en agua destilada y remojo en agua de red durante 24 h. El último tratamiento fue el control (T3), sin ningún método aplicado a las semillas. Se colocaron 10 semillas por tratamiento en placas de Petri de 100 x 20 mm con papel secante y algodón. Las placas de Petri fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 10% para evitar la aparición de hongos. En total se aplicaron tres tratamientos de tres repeticiones cada uno (total de 9 placas y 90 semillas). Luego se llevaron a estufa a 25°C, humedad constante y se observaron los patrones de germinación durante siete días.

A los datos obtenidos se les efectuó la prueba de normalidad (Shapiro-Wilks modificado) y de homocedasticidad (Levene). Como no cumplían con los supuestos de normalidad se empleó el test de análisis de la varianza no paramétrica Kruskal-Wallis y se realizó la comparación de medias mediante el LSD de Fisher. Los análisis fueron realizados con el software Infostat (Di Rienzo et al., 2019).

## **Obtención y preparación de plantines**

El tratamiento pregerminativo que presente mejores porcentajes de germinación de semillas será el utilizado para la obtención y preparación de los plantines. En el invernadero del CEANPa se seleccionaron 120 semillas de *N. caldenia*, se aplicó el tratamiento pregerminativo mas apto. Luego una mitad (60 semillas) se sembraron en tubetes forestales (T) de 270cc y las demás en macetas de polietileno (M) tipo bolsa de 500cc. Se emplearon 20 tubetes por cada uno de los tres tratamientos formulados (Sustrato 50%, Sustrato C y Sustrato TM). Se replicó el mismo procedimiento para las macetas. De esta manera se obtuvieron 20 macetas y 20 tubetes por cada tratamiento.

Desde la emergencia de la plántula y hasta la primera parada vegetativa (finalización del primer ciclo de crecimiento), con una frecuencia mensual, se registró el crecimiento aéreo y el diámetro basal del tallo. Para el primero se utilizó una cinta métrica y para el segundo un calibre.

Para evaluar la relación entre el tipo de sustrato y tipo de recipiente con el crecimiento de los plantines se efectuó la prueba de normalidad (Shapiro-Wilks modificado) y de homocedasticidad (Levene). Como no cumplían con los supuestos de normalidad se empleó el test de análisis de la varianza no paramétrica Kruskal-Wallis y se realizó la comparación de medias mediante el LSD de Fisher. Los análisis fueron realizados con el software Infostat (Di Rienzo et al., 2019).

### **Determinación de calidad de sustrato y de la planta**

Para determinar la calidad del sustrato y la planta se seleccionaron aleatoriamente tres individuos de cada tratamiento y tipo de envase. Los individuos seleccionados para evaluar el crecimiento de las raíces y el tallo fueron criados en invernadero durante 20 meses. Luego se procedió a retirarlos de sus contenedores y se escindió la parte aérea de las raíces utilizando una tijera de podar. Cuidadosamente se lavaron las raíces con agua potable procurando quebrar lo menos posible las mismas. Finalmente, tanto la parte aérea como las raíces, se colocaron en sobres de papel madera y se llevó a estufa a 65°C hasta alcanzar el peso constante. Esta medida nos permitió conocer el desarrollo de las raíces y la parte aérea de cada individuo según el tratamiento y envase.

A los datos obtenidos se les efectuó la prueba de normalidad (Shapiro-Wilks modificado) y de homocedasticidad (Levene). Como no cumplían con los supuestos de normalidad se empleó el test de análisis de la varianza no paramétrica Kruskal-Wallis y se realizó la comparación de

medias mediante el LSD de Fisher. Los análisis fueron realizados con el software Infostat (Di Rienzo et al., 2019).

### Supervivencia y crecimiento a campo de *N. caldenia*

Para evaluar la supervivencia y crecimiento a campo de los individuos germinados en los distintos sustratos y envases, se seleccionaron aleatoriamente tres individuos por tipo de sustrato y envase (18 individuos totales). Los mismos fueron sometidos a un proceso de rustificación que consistió en ir disminuyendo su riego hasta llegar a una frecuencia de un riego por semana, y fueron expuestos a las condiciones ambientales locales, tal cual establece la metodología propuesta por Beider (2012).

Luego, de forma aleatoria, se trasplantaron en el predio de la Chacra Experimental Patagones según el diseño experimental propuesto en la Figura 2. Se registró la supervivencia temprana, antes del comienzo y al finalizar la temporada estival 2022- 2023.

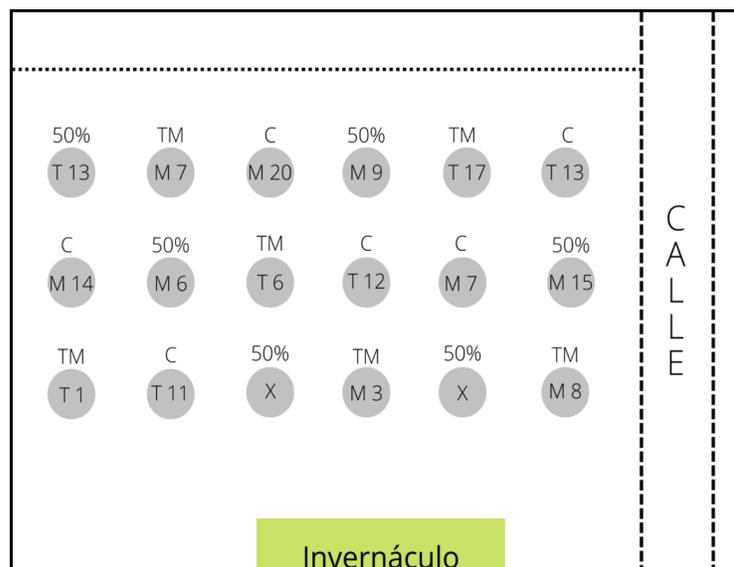


Figura 2. Diseño del ensayo de supervivencia de los individuos de *N. caldenia*. Donde T = Tubete y M= Maceta. Los números corresponden al número de identificación del individuo.

## Resultados

### Evaluación de características físicas y químicas de los sustratos formulados

La evaluación de pH demostró que los sustratos de los tratamientos 50% (turba y tierra de monte) y C (turba, compost y tierra de monte) son ligeramente ácidos con un potencial de hidrógeno de entre 4,56 y 4,96, respectivamente. El sustrato del tratamiento testigo TM (Tierra de Monte) es ligeramente alcalino con un pH de 8,02 (Tabla 1). Respecto a la conductividad eléctrica, el sustrato que mayor valor presentó fue el tratamiento C con una conductividad de 0,31 mS/cm, seguido por el tratamiento TM con un valor de 0,17 mS/cm y en último lugar se encuentra el sustrato 50% con una conductividad de 0,13 mS/cm.

Respecto a las propiedades físicas, el sustrato que mayor porcentaje de porosidad total presentó fue el del tratamiento 50% con una porosidad de 26,3 %, seguido por el tratamiento C con una porosidad total de 25,6 %. En última instancia se encuentra el tratamiento TM con un porcentaje de 15,3 %. En relación con la capacidad de retención de agua, el sustrato que presentó el mayor valor fue el tratamiento C con una capacidad de 66,5 ml. Los tratamientos TM y 50% presentaron valores cercanos (57,4 ml y 57,6 ml respectivamente).

Tratamiento	Ph	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Porosidad total (%)	Retención de agua (ml)
TM	8,02	0,17	15,3 (± 0,6)	57,4
50%	4,56	0,13	26,3 (± 2,5)	57,6
C	4,96	0,31	25,6 (± 1,7)	66,5

Tabla 1. Resultados del análisis físico químico de los sustratos empleados. Se presentan los valores medios y el desvío estándar de la porosidad total.

## Tratamientos pregerminativos

Existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T1 (acción mecánica, lija) y T2 (escarificación con ácido) respecto al T3 (control) (Tabla 2), siendo los primeros dos tratamientos los que más semillas germinadas presentaron en el lapso de tiempo en que las placas de Petri fueron examinadas. Como la media del T1 fue mayor (9,00) se seleccionó como el método pregerminativo más adecuado para las semillas de *N. caldenia* que se plantaron posteriormente en los distintos envases.

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T3	2,67	3	0,72	A
T2	7,67	3	0,72	B
T1	9,00	3	0,72	B

Tabla 2. Resultados de los tratamientos pregerminativos aplicados y comparación LSD Fisher. T1= acción mecánica, lija; T2= ácido sulfúrico; T3= control, Resultados con una letra diferente representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

## Obtención y preparación de plantines

Los resultados de los datos del diámetro del cuello no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ).

Respecto a las medidas del crecimiento de la parte aérea de las distintas plantas, se observó que el tratamiento C en maceta (C:M) fue el que registró individuos con mayores valores absolutos de altura respecto a los demás tratamientos y envases. Sin embargo, este tratamiento estadísticamente no difirió de C:T, TM:M, 0.50:T y 0.50:M ( $p > 0,05$ ), mientras que el tratamiento C en tubete (C:T) tuvo un comportamiento similar con el tratamiento TM en maceta (TM:M;

$p > 0,05$ ). El tratamiento TM:T fue el que mostró el menor crecimiento en altura entre los individuos analizados ( $p < 0,05$ ) (Gráfico 1).

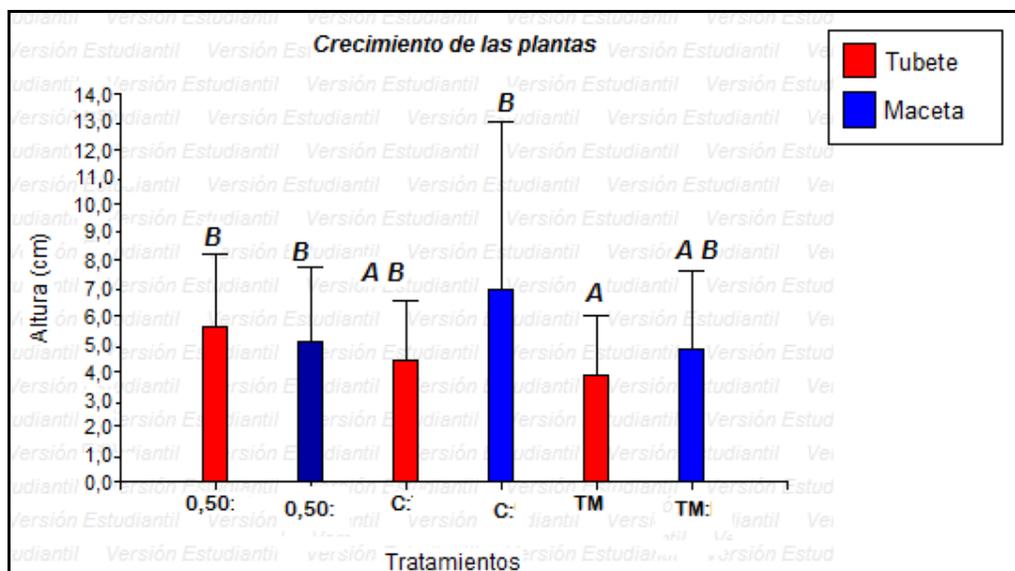


Gráfico 1. Crecimiento en altura de *N. caldenia* en los distintos tratamientos y envases. Las letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Donde 0,50= tratamiento 50%; C=tratamiento C; TM=tratamiento Tierra de Monte.

## Determinación de calidad de sustrato y de la planta

Al momento de realizar la escisión de las plantas se pudo apreciar la diferencia en el desarrollo de las raíces entre los individuos plantados en macetas, quienes presentaron raíces secundarias más abundantes (Imagen 1).

Además se encontraron pequeños nódulos que evidencian asociaciones simbióticas con microorganismos del género *Rhizobium* en las raíces de individuos en tubete de los tres tratamientos (Imagen 2).



Imagen 1. Comparación de desarrollos radiculares de individuos de Tierra del Monte en ambos envases.



Imagen 2. Nódulos (en amarillo) presentes en las raíces de *N. caldenia* cultivados en tubetes.

En relación con los resultados del peso constante de los tallos (Gráfico 2), los tratamientos C:M, C:T y TM:M no mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ). Sin embargo, el tratamiento C:M fue el que presentó mayores valores absolutos de biomasa aérea.

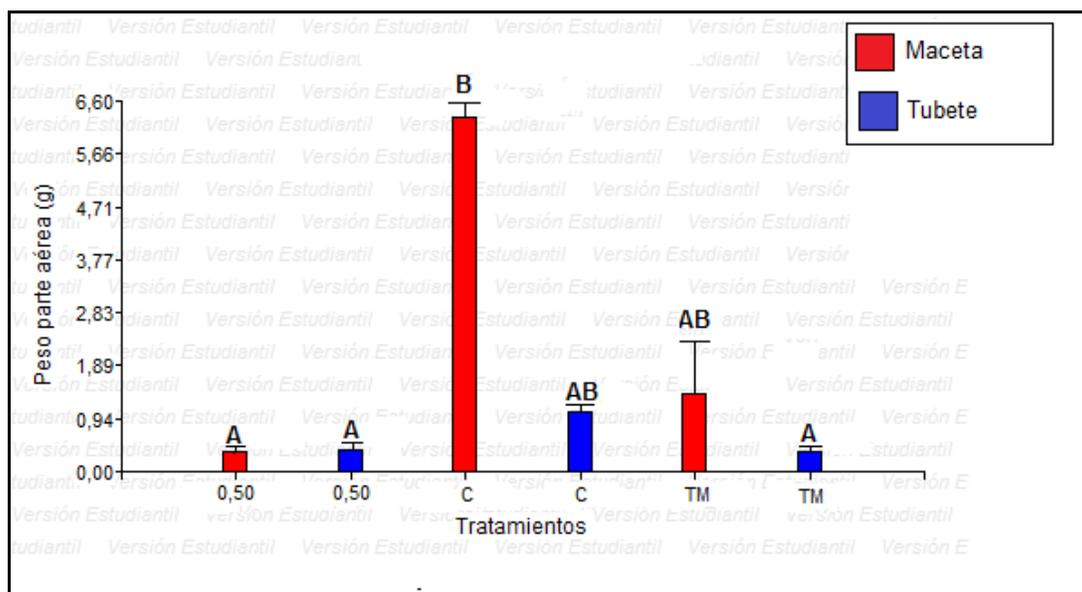


Gráfico 2. Desarrollo de biomasa aérea de *N. caldenia* en los distintos tratamientos y envases. Las letras diferentes representan diferencias significativas ( $p<0,05$ ). Donde 0,50= tratamiento 50%; C=tratamiento C; TM=tratamiento Tierra de Monte.

Respecto a los resultados del peso constante de las raíces (Gráfico 3), los tratamientos C:M, C:T y TM:M no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos ( $p>0,005$ ). Sin embargo, el tratamiento C:M fue el que presentó mayores valores absolutos de biomasa de las raíces. También se pudo observar que los demás tratamientos se comportaron de la misma manera que los resultados del peso de biomasa aérea. Es decir que los sustratos 0,50:T , 0,50:M y TM:T no mostraron buenos índices de desarrollo aéreo ni de raíces de *N. caldenia*.

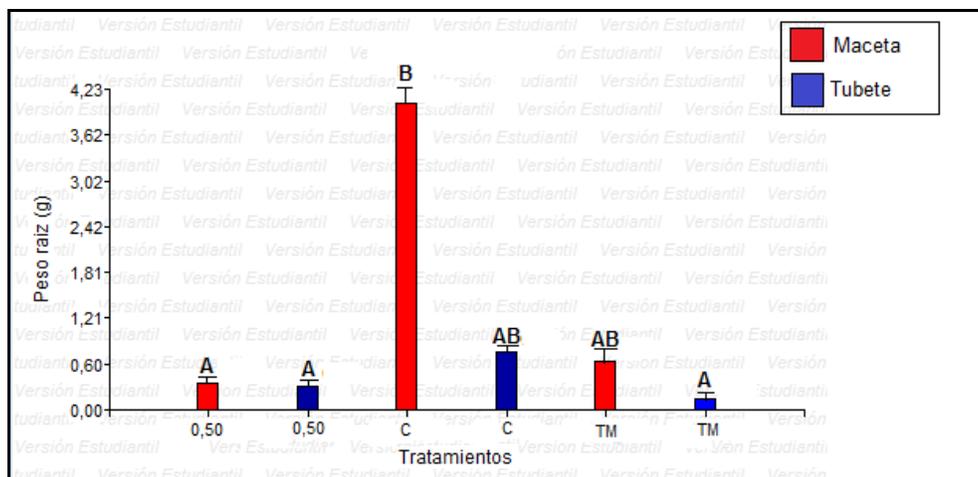


Gráfico 3. Desarrollo de raíces de *N. caldenia* en los distintos tratamientos y envases. Las letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Donde 0,50= tratamiento 50%; C=tratamiento C; TM=tratamiento Tierra de Monte.

### Supervivencia y crecimiento a campo de *N. caldenia*

Los individuos cultivados en tubete con el tratamiento 50% no superaron el proceso de rustificación, por lo que solo se trasplantó un solo individuo de los tres seleccionados (en la Figura 2 se muestran con una X). Respecto a las demás plantas se adaptaron bien en el predio y se dejó pasar el tiempo sin cuidado alguno para realizar el conteo de supervivencia temprana correspondiente. Los datos obtenidos no fueron suficientes para realizar un análisis estadístico a causa de las inclemencias climáticas registradas (sequía extrema) Debido a los tiempos académicos destinados a este Trabajo Final de Carrera no se pudo rehacer el ensayo de trasplante de individuos a campo.

## Discusión y conclusión

Las semillas de *N. caldenia* presentan un tegumento impermeable que impide una imbibición uniforme. Con los tratamientos pregerminativos se buscó encontrar la manera más eficiente y cómoda de desgastar ese tegumento y lograr así una mejor absorción de agua e intercambio gaseoso entre el embrión y el medio como afirman Catalán y Balzarini (1992) en su trabajo con semillas del mismo género (ex *Prosopis*). Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Utello et al. (2023) sobre semillas de *N. caldenia* y con los de Prokopiuk y Chifa (2000) quienes trabajaron con semillas del mismo género, donde el desgaste mecánico con lija presentó mayor porcentaje de germinación y longitud de raíz, seguido por el método de escarificación con ácido. Las semillas de *N. caldenia* expuestas al ácido sulfúrico podrían haber sido afectadas por el calor generado por la reacción exotérmica producida por el contacto entre el ácido y la semilla. Posiblemente, los tiempos de exposición más prolongados afectan al embrión tornándose inviable para la germinación (Varela y Arana, 2011).

En el presente trabajo se decidió utilizar el método pregerminativo de lijado ya que este tratamiento de escarificación mecánica presenta mayor facilidad de realización debido a la utilización de materiales accesibles. A pesar de que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos pregerminativos con ácido y lija, nos inclinamos por la utilización de la escarificación mecánica por su simpleza. El uso de ácido sulfúrico para desgastar el tegumento de las semillas de *N. caldenia* presenta mayor dificultad relacionadas a la obtención, manipulación y disposición final de residuos.

El crecimiento de los individuos de *N. caldenia* plantados en el sustrato C (compuesto por compost comercial, turba y tierra de monte) y en maceta lograron mayor altura. Esto puede deberse a que el tamaño y forma del contenedor influye en el crecimiento de los plantines (Navall et al., 2010; Salto et al., 2013; 2016). La utilización de macetas permitió mayor desarrollo de raíces secundarias mientras que al utilizar tubetes forestales se observó un desarrollo radicular pobre en biomasa pero con la raíz pivotante más fuerte. Esto se debe a que los plantines en los tubetes invierten mayor energía en desarrollar su estructura radical comenzando a emitir raíces secundarias recién cuando llegan a la base del envase, retrasando su crecimiento en altura (Salto et al., 2013).

Es importante también considerar las propiedades fisicoquímicas de los sustratos ya que al añadir compost y turba al suelo de monte se mejora notablemente su capacidad de aireación, capacidad de intercambio catiónico y retención de nutrientes (Negreros-Castillo et al., 2010). En el presente trabajo utilizamos compost, turba y tierra de monte que permitió obtener un sustrato más poroso y con mayor retención de agua (sustrato C). Debido a este enriquecimiento, el crecimiento absoluto en biomasa de las raíces y de la biomasa aérea del tratamiento C en maceta (C:M) fue superior al resto de los tratamientos. Estos resultados coinciden con los reportados por Negreros-Castillo et al. (2010), quienes probaron el efecto del sustrato sobre la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble (especies forestales de gran importancia económica) utilizadas en un proyecto de reforestación. Estos autores tuvieron como resultado que el tratamiento suelo + compost provocó un aumento significativo en el crecimiento del diámetro, altura, peso de la raíz y la relación tallo/raíz de cada una de las especies. En nuestro trabajo se observó una influencia de las propiedades fisicoquímicas en el crecimiento de las plantas con sustrato C, mas no se evidenciaron influencias directas con los sustratos TM y 50%.

Respecto a la supervivencia en el campo, el presente trabajo no logró cumplir con su objetivo debido a las condiciones climáticas que prosiguieron al trasplante de los individuos de *N. caldenia*. Las bajas precipitaciones registradas, que fueron de solo 43 mm durante los meses de Octubre 2022 a Enero 2023 (Figuras 1 y 2 en Anexo), y temperaturas superiores a la media (Secretaría de Agricultura y Pesca, 2022) fueron un umbral difícil de superar. Estas condiciones resultarían estresantes para los plantines ya que la disponibilidad de agua es un factor determinante en la fase inicial de crecimiento de las plantas y afecta a variables relacionadas con la producción de biomasa. López Lauenstein et al. (2012) en su trabajo con individuos de *Prosopis flexuosa* explica que ante el estrés hídrico la especie genera un aumento en su proporción de raíz. Además al tener gran cantidad de hojas pequeñas, *P. flexuosa* puede desprender las mismas para realizar un mejor ajuste del área foliar y evitar así las fallas en el sistema hidráulico ante el estrés hídrico. Gracias a estos mecanismos de adaptación los individuos lograrían sobrevivir en condiciones de sequía. Este efecto de ajuste está presente en varias especies del género, incluido el *N. caldenia*. Sin embargo, en el presente trabajo los plantines de *N. caldenia* tuvieron que afrontar no solo las bajas precipitaciones sino también temperaturas que oscilaron entre los 25 °C en octubre a 35°C en diciembre de 2022 (Meteoblue, 2022), siendo limitantes principales para su capacidad de supervivencia y crecimiento inicial durante el período inmediato posterior a la plantación (Gupta, 1995). Por otro lado, debido a la época de plantación seleccionada en nuestro trabajo, a finales del invierno, el desarrollo foliar incipiente pudo haber sido un atractivo para los herbívoros silvestres que causaron daños. Además, el estado vegetativo de las plantas pudo haber condicionado la adaptación a las nuevas condiciones aumentando la susceptibilidad de los individuos a sufrir estrés ambiental.

Los resultados obtenidos en esta tesina resaltan la importancia de conocer el rango completo de producción de una planta, desde la obtención de su semilla hasta la supervivencia en el campo de los individuos. Al establecer un proceso de producción eficiente se nos permite tener un mayor control sobre la calidad y el rendimiento de la planta en proyectos de rehabilitación ecológica.

Por otra parte, pensando en una posible producción en viveros, conocer los diferentes métodos de reproducción disponibles nos permite elegir el más adecuado en términos de eficiencia. Se observó que el tratamiento C en maceta fue el que registró individuos con mayores alturas respecto a los demás tratamientos y envases. También presentó mayor desarrollo de las raíces en comparación a los demás tratamientos. Respecto a las características fisicoquímicas, el sustrato C fue el que mayor retención de agua presentó (66,5 ml) siendo una de las propiedades más deseables en la producción de plantas nativas de ambientes áridos.

La hipótesis inicial no puede ser aceptada o rechazada debido a que, por las condiciones mencionadas anteriormente, no se pudo evaluar la supervivencia temprana de los individuos de *N. caldenia*. Sin embargo, el empleo de distintos sustratos demostró cierta influencia en el crecimiento de los plantines. Es destacable la formación de nódulos en las raíces de los individuos en tubetes porque suponen una mejor captación de nutrientes y agua. Sería deseable continuar con esa línea de trabajo para conocer el papel que estos grupos de organismos tienen sobre el desarrollo de *N. caldenia*.

## Bibliografía

Aguiar, M.R., Sala, O.E., 1999. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*. 14, 273–277.

Altamirano, A., Pérez, D., 2010. Supervivencia temprana de *Cercidiumpraecox* (Fabaceae). En: Perez, D.R., Rovere, A.E., Farinaccio, F.M. Rehabilitación en el desierto, Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana. Vazquez- Mazzini. Buenos Aires. 49-55.

Aronson, J., Floret, C., Floc'h, E., Ovalle, C., Pontanier, R., 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the South. *Restoration Ecology*. 1, 8–17.

Beider, A. 2012. Viverización de especies nativas de zonas áridas. *Experimentia-Revista de Transferencia Científica*, 2, 9-67.

Catalán, L. A., y Balzarini, M. 1992. Improved laboratory germination conditions for several arboreal *Prosopis* species: *P. chilensis*, *P. flexuosa*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. caldenia* and *P. affinis*. *Seedscience and technology*, 20(2), 293-298.

Cortina, J., Navarro, del Campo, A., 2006. Evaluación del éxito de la reintroducción de especies leñosas en ambientes mediterráneos, en: Cortina, J., Peñuelas, J.L., Puértolas, J., Vilagrosa, A., Savé, R. eds. *Calidad de Planta Forestal para Restauración de Ambientes Mediterráneos. Estado Actual de Conocimientos*. Pp. 2–26.

De Inalbon, M. R., y Valenzuela, A. 2005. Procedimientos analíticos para suelos normales y salinos. Técnicas utilizadas en el laboratorio de suelos y agua. Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña-Chaco–Argentina. *PA Revisión*, 1.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Godagnone, R.E., Bran, D.E., 2009. Inventario integral de los recursos naturales de la provincia de Río Negro. INTA. Ediciones INTA. Pp 392

González, F. 2010. Supervivencia temprana de *Sennaaphylla* (Fabaceae) plantada aislada y asociada a un sub-arbusto nativo. En: Perez, D.R., Rovere, A.E., Farinaccio, F.M. Rehabilitación en el desierto, Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana. Vazquez- Mazzini. Buenos Aires. 61-65.

Gregorio, N., Herbohn, J., Harrison, S., Pasa, A., y Ferraren, A. 2017. Regulating the quality of seedlings for forest restoration: Lessons from the National Greening Program in the Philippines. *Small-scale forestry*, 16, 83-102.

Gupta, G. 1995. Rain-water management for tree planting in the Indian Desert. *J Arid. Environ.* 31:219-235.

López Lauenstein, D., Fernández, M. E., y Verga, A. 2012. Respuesta diferenciada a la sequía de plantas jóvenes de *Prosopischilensis*, *P. flexuosa* y sus híbridos interespecíficos: implicancias para la reforestación en zonas áridas. *Ecología austral*, 22(1), 43-52.

Meteoblue. 2022. "Archivo meteorológico Carmen de Patagones". (Página web). Recuperado de: [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/carmen-de-patagones\\_argentina\\_3862583?fcstlength=1myear=2022ymonth=12](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/carmen-de-patagones_argentina_3862583?fcstlength=1myear=2022ymonth=12)

Ministerio de Agroindustria. (27 de mayo de 2023). "Las chacras experimentales de la provincia de Buenos Aires: Chacra experimental Patagones". (Archivo PDF) 1-15. Recuperado de: [https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Chacra\\_Patagones.pdf](https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Chacra_Patagones.pdf)

Navall, S. M., Silva, R. E., y Bortayro, G. P. 2010. Metodología para la producción de algarrobos en vivero forestal (*Prosopissp.*). Bajo de la Alumbreira, Departamento Belén. Provincia de Catamarca. Argentina. XXIV<sup>o</sup> Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos.

Negreros-Castillo, P., Apodaca-Martinez, M., y Mize, C. W. 2010. Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y bosques*, 16(2), 7-18.

Nittmann, J.J., 2010. Rehabilitación de canteras a partir de trasplante directo de individuos adultos. En: Perez, D.R., Rovere, A.E., Farinaccio, F.M. Rehabilitación en el desierto, Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana. Vazquez- Mazzini. Buenos Aires. 44-48.

Peter, G., Leder, C., Calvo, D., Cruz, A., Torres Robles, S., 2014. Evaluación de tratamientos pregerminativos en seis especies nativas del ecotono monte- espinal del noreste de la Patagonia. *Bioscriba* 1, 1–10.

Prokopiuk, D., y Chifa, C. 2000. Comparación de tratamientos pregerminativos en semillas de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.). *Comunicaciones científicas y Tecnológicas*, 2000, 4p.

Quiroga, E., Blanco, L., Oriente, E., 2009. Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos. *Ecología Austral*. 19, 107–117.

Rodriguez, L.B., 2017. Variación de la vegetación leñosa en relación con la historia de uso del SO bonaerense y NE rionegrino. Tesis de grado Lic. en Ciencias del Ambiente. UNRN. Pp. 42.

Salto, C., García, M., Harrand, L., 2013. Influencia de diferentes sustratos y contenedores sobre variables morfológicas de plantines de dos especies de *Prosopis*. *Quebracho*. 21. 90-102.

Salto, C., Harrand, L., Oberschelp, P., Ewens, M., 2016. Crecimiento de plantines de *Neltuma alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. *Bosque*. 37. 527-537-

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2022. Estimaciones agrícolas: informe semanal. 06 de Octubre del 2022. Recuperado de: [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/\\_archivos/estimaciones/220000\\_2022/221000\\_Octubre/221006%20Informe%20Semanal%20al%2006\\_10\\_2022.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/_archivos/estimaciones/220000_2022/221000_Octubre/221006%20Informe%20Semanal%20al%2006_10_2022.pdf) Utello, M. J., Tarico, J. C., Demaestri, M. A., y Plevich, J. O. (2023). Evaluación de tratamientos pregerminativos en semillas de Prosopiscaldenia. BOSQUE, 44(1), 37-45.

Varela, S. A. y Arana, V., 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie técnica Sistemas forestales integrados. Ed. INTA EEA Bariloche.

Zeberio, J.M. y Calabrese, G.M, 2013. Tratamientos pregerminativos en tres especies del género Prosopis. En: Perez D. R., Rovere, A.E., Rodriguez Araujo, M.E. Restauración y rehabilitación en la diagonal árida Argentina. Vazquez- Mazzini. Buenos Aires. 140-149.

Zeberio, J.M., 2012. Avance de la frontera agropecuaria en el noreste patagónico y sus consecuencias en los procesos de desertificación y pérdida de biodiversidad., En: Dos Santos Afonso, M., Rosa, T.S. (Eds.), Ciencia Y Tecnología Ambiental. Un enfoque integrador. Asociación Argentina para el progreso de la ciencia, Buenos Aires. 216–221.

Zeberio, J.M., 2018. Estado de conservación y posibilidades de conservación en ecosistemas semiáridos: el caso del Monte en el Noreste de Río Negro. Tesis de doctorado. FCNyM- UNLP. Pp.181

Zeberio JM, CA Pérez. 2021. Rehabilitación ecológica en el noreste Patagónico: Supervivencia y reclutamiento de especies nativas en suelos con diferentes características texturales. Ecología Austral 31: 491-504

Zeberio, J.M, Torres Robles, S. yG. M. Calabrese, 2018. Uso del suelo y estado de conservación de la vegetación leñosa del Monte del Noreste Patagónico. Ecología Austral. 28- 543-552.

## Anexo

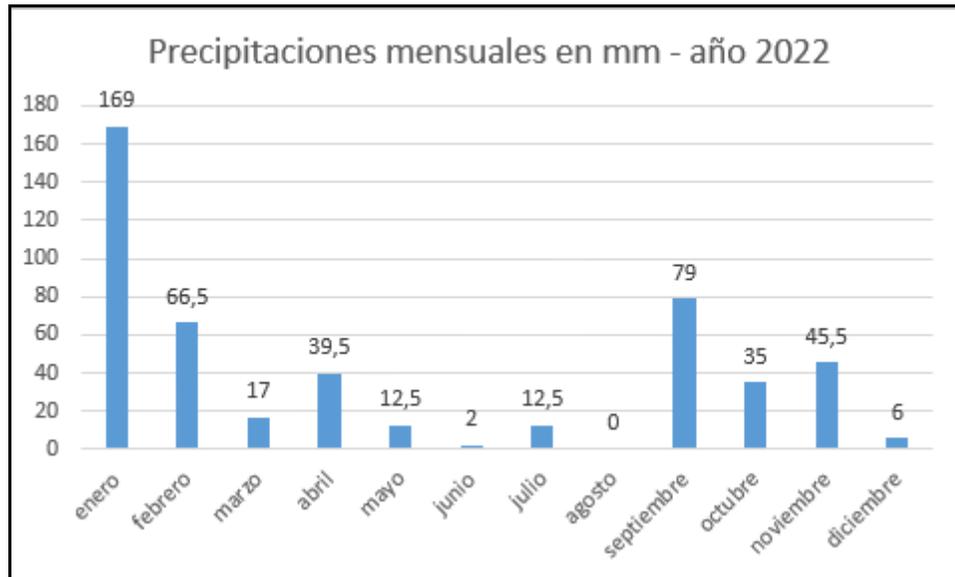


Figura 1. Precipitación media mensual registrada en la CE Patagones durante el año 2022.

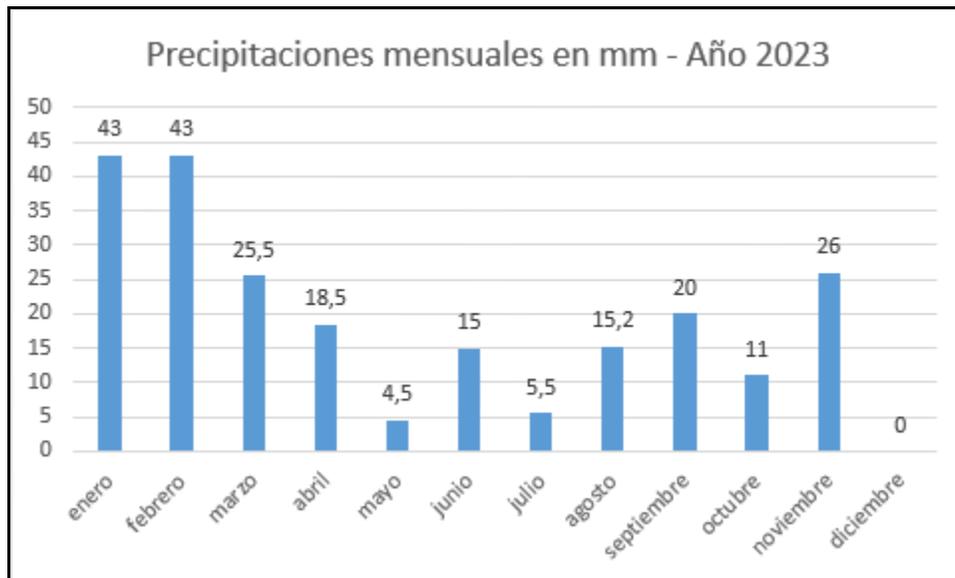


Figura 2. Precipitación media mensual registrada en la CE Patagones durante el año 2023.