

Diagnóstico y conservación de flora costera de la Región de Antofagasta

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

BOLETÍN INIA



ISSN 0717-4829

Autores:

- **Sergio Ibáñez Browne**
INIA Intihuasi
- **Gustavo Bolados Corral**
INIA Intihuasi
- **Ana Sandoval Sandoval**
INIA Intihuasi
- **Paola Agüero Espíndola**
INIA Intihuasi
- **Carolina Pañitrur De la Fuente**
INIA Intihuasi

Diagnóstico y conservación de flora costera de la Región de Antofagasta

Editora:

Carolina Pañitrur D.

Ingeniera Agrónoma, Dra.
INIA Intihuasi

Boletín INIA

INIA, Santiago 2023

ISSN 0717-4829



Diagnóstico y conservación de flora costera de la Región de Antofagasta

Editora:

Carolina Pañitrur De la Fuente, Ingeniera Agrónoma, Dra.

INIA Intihuasi

Jefa de proyecto. Coordinadora Técnica de Soberanía Alimentaria INIA

Autores:

Sergio Ibáñez Browne, Ingeniero Agrónomo, INIA Intihuasi

Gustavo Bolados Corral, Encargado de restauración, INIA Intihuasi

Ana Sandoval Sandoval, Encargada de propagación, INIA Intihuasi

Paola Agüero Espíndola, Coordinadora de proyecto, INIA Intihuasi

Carolina Pañitrur De la Fuente, Ingeniera Agrónoma, Dra., INIA Intihuasi

Director Regional INIA Intihuasi

Claudio Salas Figueroa

Boletín INIA

ISSN: 0717-4829

© 2023. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Centro Regional de Investigación Intihuasi, Banco Base de Semillas

Camino a Peralillo s/n, Teléfono: (56-51) 2411006. Vicuña, Región de Coquimbo, Chile

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y/o autores

Edición de Textos

Beatriz Ramírez Miranda

Bióloga Marina. Magister en Gestión de Recursos Marinos

Magíster en Gobierno y Gerencia Pública

Profesional de la Secretaría Regional del Medio Ambiente de Antofagasta

Todas las fotografías han sido realizadas por los autores del boletín

Diseño, Diagramación

Carola Esquivel - esquivel.carola@gmail.com

Cantidad ejemplares: xxx

Impreso en Chile - Printed in Chile

ÍNDICE

Presentación	7
Prólogo	9
1. Introducción.....	11
2. Objetivos.....	12
3. Área de estudio	13
4. ¿Cómo está compuesta la flora de la costa de la Región de Antofagasta?	14
5. ¿Cómo estudiamos la distribución de las especies de plantas?	16
6. ¿Cómo vimos que afecta la niebla a la vegetación?	18
7. Principales resultados obtenidos	21
7.1. ¿Cómo se diagnosticó la flora?	21
7.2. ¿Cómo se propagaron las plantas?	24
7.3. Devolviendo las plantas a la naturaleza: ensayos de reintroducción.....	31
8. Nuevos aportes y descubrimientos	44
9. Incorporando flora local a la ciudad: Jardines demostrativos	52
10. Cartera de proyectos	54
11. RESUMEN FINAL	55
12. Equipo de trabajo.....	56

Presentación

Desde el GORE Antofagasta tuvimos a la vista la necesidad de proteger de manera urgente nuestro patrimonio natural, ya que muchas especies que son únicas, se encuentran en peligro de conservación. Y no sólo mandados por la Ley Orgánica Constitucional N° 19.175 sobre Gobierno y Administración Regional, que establece que los Gobiernos Regionales deben “fomentar y velar por la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente, adoptando medidas adecuadas”, sino porque en estos casos, de esas medidas, depende nuestro futuro.



Por eso hemos priorizado e impulsado el estudio “Diagnóstico y Conservación de la Flora Costera de la Región de Antofagasta” que permite conocer el territorio y la condición de la flora costera regional, con el propósito de contribuir a la toma de decisiones y materializar esfuerzos en materias de conservación, entendiendo que es fundamental primero, conocer, para luego valorar y proteger.

Tenemos ecosistemas tan frágiles; oasis de niebla, que albergan la flora del desierto costero, cuya característica principal es la unicidad de especies. Así como también endemismos locales restringidos y sus particularidades fisiológicas para adaptarse a condiciones de hiperaridez, y que dependen de la neblina o camanchaca como su principal sustento hídrico.

Además de las condiciones propias del territorio, el hombre y el cambio climático amenazan estas especies de plantas. Por eso este proyecto es valioso, ya que esta iniciativa analizó la información, se volcó al terreno, llevó las muestras al laboratorio y nuevamente al campo, se ha logrado además un rescate de semillas.

Todo esto ha permitido proporcionar un diagnóstico del estado actual de las especies presentes en la costa de Antofagasta, incluyendo un listado florístico

de la zona. Y respecto de las especies más amenazadas se identificaron las localidades más importantes en términos de hábitat, para especies de importancia. Lográndose además levantar un plan piloto de conservación de semillas, donde se recolectaron más de cien especies para su conservación a largo plazo destinadas a un Banco Base de Semillas, donde es posible analizar su germinación y propagación, incluso fue posible reintroducir las especies en distintas áreas de la región para evaluar su respuesta al terreno.

Gracias a este diagnóstico y a éstos resultados, el proyecto se transforma en una tremenda herramienta para nuestros futuros esfuerzos de conservación y restauración de los frágiles ecosistemas costeros de la Región de Antofagasta, contribución valiosa que estará desde ahora disponible.

Ricardo Díaz Cortés

Gobernador Región de Antofagasta

Prólogo

La flora costera de la Región de Antofagasta constituye un patrimonio natural único, diverso y extremadamente frágil de nuestro territorio regional. Estas características han sido reconocidas por el Ministerio del Medio Ambiente a través del instrumento de gestión ambiental Plan de Recuperación, Conservación y Gestión (RECOGE) de la Flora Costera del Norte de Chile (DS. N°44/2018).



Con el fin de gestionar la implementación inicial de dicho instrumento, el Gobierno Regional de Antofagasta apoyó a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), el desarrollo del estudio: “Diagnóstico y Conservación de la Flora Costera, Región Antofagasta”, BIP 30130966 coordinado técnicamente por la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la región de Antofagasta y ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Intihuasi)

El propósito de la iniciativa era diagnosticar ambientalmente el estado de la flora costera regional, determinar y aplicar medidas piloto de conservación *ex situ*, propagación y reintroducción de las especies amenazadas para la conservación del ecosistema costero y mantención de sus servicios ecosistémicos.

A lo largo de cuatro años de desarrollo del estudio se han generado resultados científicos de alta calidad, muy importantes para la conservación de estas especies, ya que no sólo se identificaron nuevas zonas para la conservación de este patrimonio sino también, se obtuvieron datos actualizados de la influencia de la humedad costera en la sobrevivencia de las especies – información que sirve de base para un monitoreo de largo plazo del efecto del cambio climático – se generaron nuevos registros para especies cuya última data era casi 100 años atrás; se obtuvo nueva información para clasificar según su estado de conservación a otras especies de la flora costera; se registró una nueva especie para el patrimonio natural regional *Diplostephium paposanum*; se colectó para su conservación *ex situ* material genético vegetal; se desarrollaron múltiples

actividades de difusión como seminarios, talleres de educación al aire libre, entre otras muchas acciones.

En ese contexto, la presente entrega corresponde al Boletín informativo final del estudio cuyo contenido relata de manera detallada y en un lenguaje sencillo, los principales resultados científicos y educativos generados a lo largo de su desarrollo.

Les invitamos cordialmente a revisar esta publicación y esperamos que la información presentada sea de interés y utilidad para el estudio, conservación, cuidado y difusión de las hermosas especies que forman parte de nuestra flora costera de la región de Antofagasta.

Gustavo Aarón Riveros Adasme

Secretario Regional Ministerial del Medio Ambiente
Región de Antofagasta

1. Introducción

La flora de la costa de la Región de Antofagasta presenta una interesante diversidad, a pesar de situarse en la aridez del desierto de Atacama. Estas mismas condiciones la restringen a unos pocos lugares, lo que sumado a perturbaciones humanas y las condiciones del cambio climático, tienen a estas especies de plantas en un grado importante de amenaza. Bajo el contexto del plan RECOGE de la flora costera del norte de Chile, se ejecutó el proyecto de "Diagnostico y conservación de la flora costera de la Región de Antofagasta", en el cual se establecieron importantes avances en el conocimiento para la conservación de estas especies de plantas y también, el registro de una nueva especie para el catálogo florístico nacional, así como también, nuevos registros para otras especies cuyos últimas observaciones de campo databan desde hace más de 90 años.

En ese marco, el presente documento corresponde al boletín final de un estudio de carácter científico y educativo, que da cuenta de los principales resultados obtenidos a lo largo de tres años y medio de desarrollo y que consideró múltiples actividades tales como: análisis de información, campañas de terreno, experimentos de laboratorio, experimentos de campo, rescate de semillas, talleres con expertos y actores locales junto con una intensa agenda de difusión.

Es así que, por medio de este proyecto, la región de Antofagasta cuenta con un diagnóstico del estado actual de las especies presentes en el litoral de la región, incluyendo un listado florístico de la zona, una priorización de 1 a 100, de aquellas especies más amenazadas junto con una priorización de localidades en base a la presencia de dichas especies, indicando su importancia en cuanto a la oferta de hábitat para especies de importancia.

De manera adicional, se realizó un plan piloto de conservación *ex situ*, en el cual se lograron coleccionar semillas de 137 especies de plantas para conservar, a largo plazo, en el Banco Base de Semillas del INIA. De estas especies conservadas, se estudió la germinación y propagación de cerca de 90 especies de la flora costera y se lograron propagar 65 de ellas. Finalmente, 12 de estas especies propagadas fueron reintroducidas en la parte norte y sur de la región, para evaluar su respuesta ante el establecimiento en terreno.

En este proyecto también se difundieron los resultados obtenidos, a través de insertos en diarios regionales y nacionales, con el fin de informar y concientizar a la ciudadanía sobre la importancia de conservar este valioso patrimonio, que es la flora costera de la región. Además, se publicaron 2 boletines con los principales resultados, así como artículos científicos y estudios presentados en congresos y en revistas de investigación.

De esta manera, esperamos que los resultados de este proyecto sean el trabajo seminal de futuros esfuerzos para conservar y restaurar los frágiles ecosistemas del litoral de la Región de Antofagasta.

2. Objetivos

El objetivo general de este proyecto fue “Diagnosticar ambientalmente el estado de la flora costera regional, determinar y aplicar medidas piloto de conservación *ex situ*, propagación y reintroducción de las especies amenazadas, para la conservación del ecosistema costero y la mantención de sus servicios ecosistémicos”.

Sus objetivos específicos fueron:



Figura 1. Objetivos e hitos del estudio “Diagnóstico y Conservación de la Flora costera Región Antofagasta”.

3. Área de estudio

El proyecto concentró su trabajo en la franja costera de la Región de Antofagasta (**Figura 2**), que incluye, de acuerdo a las formaciones vegetacionales de Gajardo (1994), al Desierto Costero de Tocopilla, con 3.052 km², y al Desierto Costero de Taltal, con 2.089 km².

Esta franja costera ha sido reconocida por diversos autores como una zona relevante para la conservación de la biodiversidad de la flora chilena, ya que, a pesar de las condiciones desérticas, posee una gran diversidad de plantas, elevados niveles de endemismos y una fuerte amenaza que pone en riesgo su conservación futura. Si bien la franja costera es continua, no lo es así su vegetación. Debido principalmente a que este ecosistema está constituido por islas de vegetación, que se forman gracias al ingreso de las neblinas costeras o “camanchacas”. Estos “oasis de niebla”, como se conocen en Chile, representan centros de alta biodiversidad inmersos en un desierto hiperárido. Al mismo tiempo, este tipo de vegetación forma parte de un ecosistema mayor, conocido como Formación de Lomas, que recorre la franja costera desde el límite de Perú y Ecuador hasta la región de Coquimbo.

En la Región de Antofagasta, es posible observar estos ecosistemas en lugares como el Parque Nacional Morro Moreno, en la Reserva Nacional La Chimba, en el sector costero de Paposos y su Monumento Natural Paposos, y en el Parque Nacional Pan de Azúcar.

La concentración de biodiversidad ha sido reconocida para localidades como Paposos, señalándose incluso como uno de los oasis más biodiversos del norte de Chile, donde es posible encontrar cerca del 10 % de la flora nativa nacional.

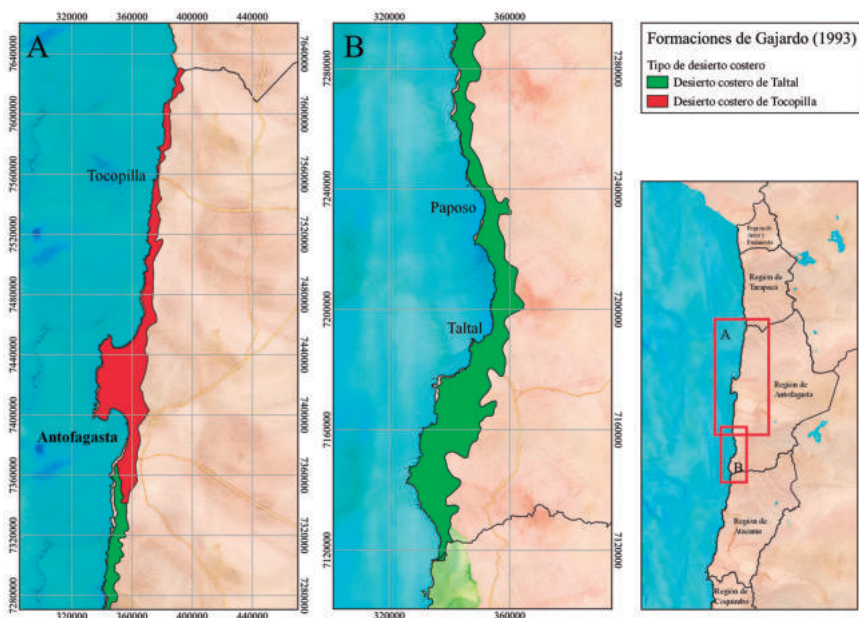


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio. En rojo, formación vegetal “Desierto Costero de Tocopilla” y en verde “Desierto Costero de Taltal”. Los cuadros rojos en la imagen de la derecha, indican respectivamente los mapas “A” y “B”.

4. ¿Cómo está compuesta la flora de la costa de la Región de Antofagasta?

De acuerdo a la revisión realizada en este estudio, se determinó la presencia de 573 taxones, pertenecientes a 554 especies de plantas en la costa de la Región de Antofagasta (**Figura 3**). De éstas, 476 corresponden a especies nativas, pero lo más notable es que 307 de estas especies son endémicas del país, es decir, crecen exclusivamente en Chile. Además, 104 de estas especies sólo se encuentran en la costa de la Región de Antofagasta y; para 21 de ellas, sólo se conocen en una única localidad dentro de la región.

Desde un punto de vista taxonómico, el orden más importante corresponde a las Caryophyllales, con 11 familias, 38 géneros y 112 especies. Este orden se caracteriza por presentar especies adaptadas a condiciones ambientales extremas y poco favorables para la vida vegetal, tales como sequía extrema, condiciones de suelos pobres y salinos, o temperaturas extremas. En el sitio de estudio se presentan las primeras dos características, es así como se pueden

observar especies adaptadas a la extrema sequía, como cactáceas y montiáceas, o especies que pueden establecerse en suelos salinos cercanos al mar por su capacidad de almacenar sal en sus hojas, como las amarantáceas, aizoáceas o frankeniáceas. En cuanto a las familias, la más diversificada corresponde a las asteráceas, con 40 géneros y 65 especies. Esta familia tiene una gran capacidad colonizadora, y puede sobrevivir en diversos tipos de hábitats. Los géneros más numerosos de esta familia son *Senecio* (6 especies) y *Polyachyrus* (5 especies y una subespecie). Por último, el género más diversificado en la zona de estudio pertenece a la familia solanácea y corresponde a *Nolana*, el cual está compuesto por 30 especies. Este género se encuentra muy diversificado en el desierto de Atacama, en el cual se encuentra ampliamente distribuido en toda su extensión, incluyendo el desierto de Sechura en Perú.



Figura 3. Especies de flora presentes en el área de estudio, clasificados de acuerdo a su origen.

La gran cantidad de especies exclusivas de esta zona es un indicador de la importancia florística del litoral de la región. Lamentablemente, 38 de estas especies se encuentran hoy clasificadas en alguna categoría de amenaza ("Vulnerable", "En Peligro" y "Peligro Crítico"). Debido a la gran concentración de especies amenazadas, el 21 de noviembre del 2018 se oficializó, en el Decreto Supremo N°44 del Ministerio del Medio Ambiente, el Plan de Recuperación, Conservación y Gestión (RECOGE) de la Flora Costera del Norte de Chile. Este busca la conservación de 91 especies presentes en el litoral que se encuentran en algún tipo de categoría de amenaza ("Vulnerable", "En Peligro" o "Peligro

Crítico”) de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del Ministerio de Medio Ambiente. De estas, 76 especies se encuentran en la Región de Antofagasta, por lo que fueron un foco de gran interés durante la ejecución de este estudio.

5. ¿Cómo estudiamos la distribución de las especies de plantas?

Las especies de plantas se pueden encontrar en lugares específicos, dependiendo de sus requisitos. De esta manera, las que requieren mayor cantidad de agua se van a encontrar en lugares donde puedan recibir más influencia de la niebla, mientras que otras que soporten condiciones más secas se pueden encontrar en sitios más desérticos. Así, la composición de plantas determina la vegetación, la cual cambia dependiendo las condiciones ambientales de cada sitio. Para clasificar la vegetación del lugar, se dividió a grandes rasgos la costa de la región en tres unidades determinadas por las afinidades florísticas (**Figura 4**). Estas unidades se basan en la división realizada por Gajardo (1994), correspondientes al Desierto costero de Tocopilla y el Desierto costero de Taltal, pero se agregó otra unidad muy importante correspondiente a las “Lomas” u “Oasis de niebla”.

En este análisis, se observó que la flora encontrada en el Desierto costero de Tocopilla y en el Desierto costero de Taltal es más similar entre sí, que la flora en las Lomas (**Figura 4**), por lo que se hizo esta distinción en el estudio. Tanto las especies del Desierto de Tocopilla como las del Desierto de Taltal deben adaptarse a duras condiciones de sequía, por lo que la estrategia dominante apunta a la reserva de agua. Por lo tanto, en estas unidades es común observar principalmente arbustos bajos, normalmente con hojas suculentas.

La diferencia es que las plantas del Desierto de Taltal, a pesar de recibir ayuda hídrica de la niebla, también pueden recibir precipitaciones esporádicas. Gracias a esto, son comunes las hierbas anuales en esta zona. Mientras que, las especies del Desierto de Tocopilla dependen casi exclusivamente de la niebla para sobrevivir, en ausencia de lluvias por varios años.

La flora de las Lomas es funcionalmente diferente. En este lugar no sólo sobreviven especies que puedan acumular agua, sino que también tienden a proliferar estrategias destinadas a capturar el agua más que a acumularla. Entre estas se pueden observar especies con escamas (ej. *Puya boliviensis*), espinas (ej. *Eulychnia taltalensis*) o apéndices foliares (ej. *Croton chilensis*). A pesar de que también se encuentran especies suculentas, o sólo de hojas suculentas, son comunes las especies con hojas esclerófilas (hojas duras adaptadas sólo

a periodos cortos de sequía) e incluso membranáceas (hojas normales no adaptadas a la sequía). También es posible encontrar hierbas anuales y perennes, además de algunas trepadoras e incluso parásitas.

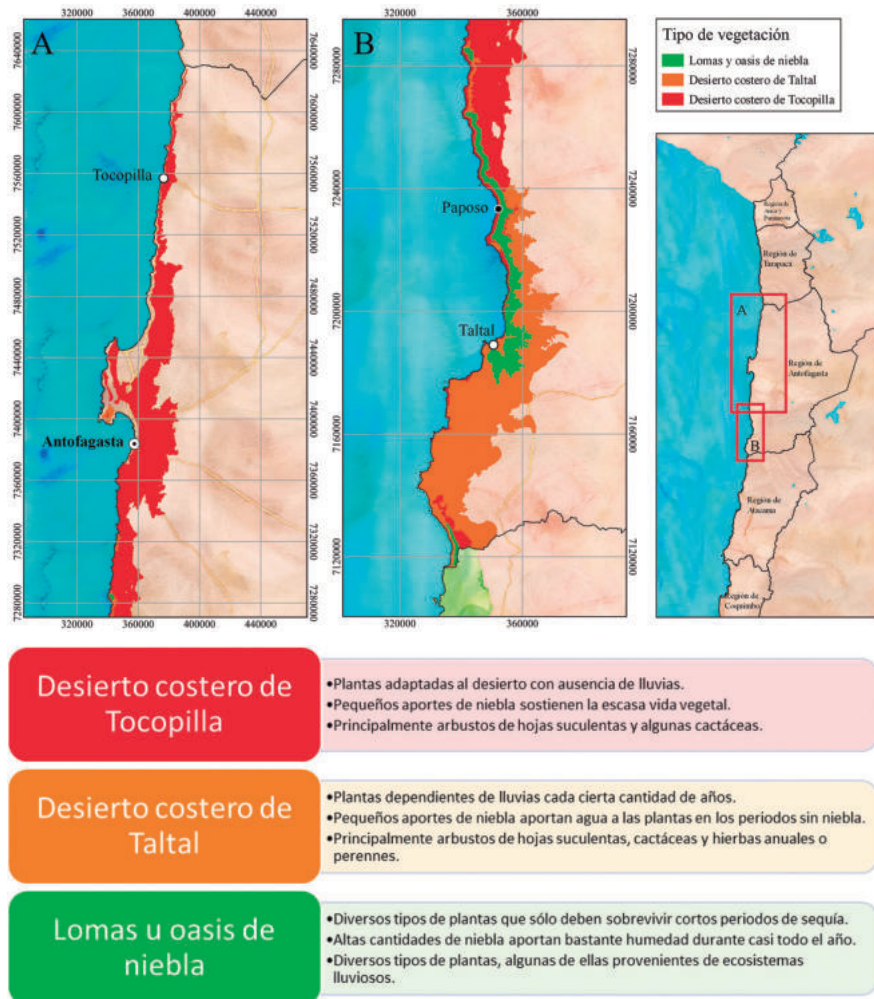


Figura 4. Unidades vegetacionales consideradas en el estudio y su distribución en el mapa regional, que suman las “Lomas” u “oasis de niebla” a las formaciones propuestas por Gajardo (1994) de “Desierto Costero de Tocopilla” y “Desierto Costero de Taltal”. Se resumen las principales características de cada unidad.

6. ¿Cómo vimos que afecta la niebla a la vegetación?

Además del estudio vegetacional, se midió la humedad del aire utilizando sensores instalados en terreno. Esto permitió analizar cómo se distribuye, durante el año, la nube de camanchaca en la zona de estudio. A pesar de que se determinó que la vegetación desaparecía en sitios con una humedad promedio anual menor a 75%, parece ser más importante, para la presencia de especies, que la humedad en periodos secos no sea excesivamente baja. Estos periodos de sequía pueden ser durante el verano, cuando la humedad de la camanchaca disminuye (aunque en invierno la nube se mantiene más baja, disminuyendo la humedad a mayores altitudes) o durante el día, ya que la humedad baja considerablemente a medio día, sobre todo a mayores altitudes.

Las tres unidades florísticas determinadas pueden, a su vez, seguirse subdividiendo en varias otras unidades vegetacionales más pequeñas. El principal causante del cambio de especies que se distingue entre ellas, es la humedad de la camanchaca, lo cual se expresa muy bien a través de la altitud. Debido a que la nube de niebla se mueve principalmente entre los 200 y los 1.000 m.s.n.m., la vegetación que se observa a los 600 m.s.n.m. es muy distinta a la que está bajo los 200 m.s.n.m. y sobre los 1.000 m.s.n.m. Ello forma cinturones de vegetación en relación a las diferencias de humedad generadas por la altitud (Figura 5).

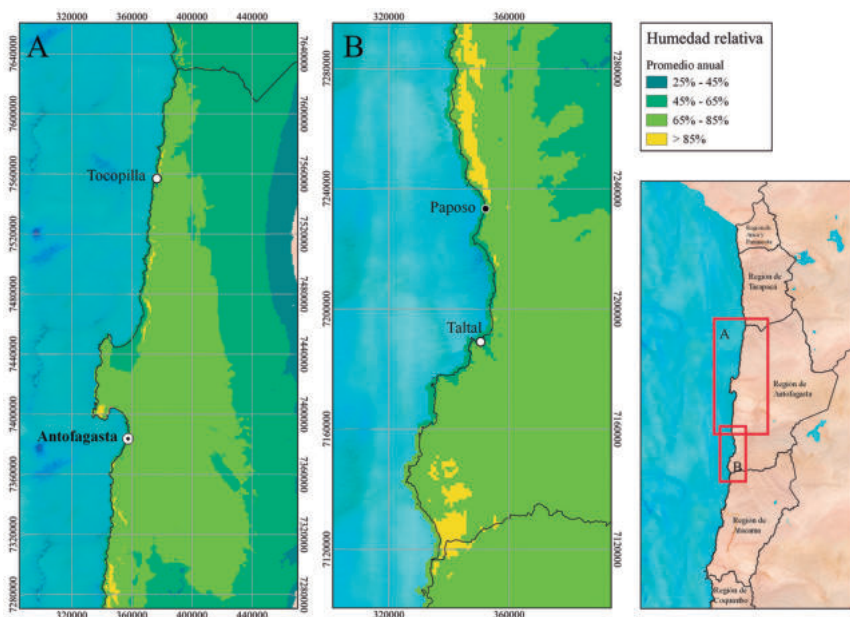


Figura 5. Mapa de distribución de la humedad relativa anual en la zona de estudio.

Siguiendo esta estructura en cinturones de vegetación, se determinaron distintos patrones dependiendo de la unidad vegetacional, donde diferentes tipos de especies de plantas son más comunes de encontrar y caracterizan los rangos de altitud encontrados en el desierto. En el caso del Desierto de Tocopilla, y más específicamente entre el norte de Tocopilla y el norte de Antofagasta, se observa en la cordillera de la costa una estructura de tres formaciones vegetacionales (**Figura 6**). En la parte más expuesta a la camanchaca (aproximadamente entre los 400 y 600 msnm) se encuentra una vegetación dominada por *Solanum brachyantherum* y *Nolana sedifolia*. Ocasionalmente es común observar *Eulychnia iquiquensis*. Esta formación se encuentra rodeada por arriba y abajo por un matorral dominado por *Nolana peruviana* y *Tetragonia angustifolia*. A mayores altitudes se observa un matorral de muy escasa cobertura dominado por *Huidobria fruticosa* y *Philippium pachyphylla*. Entre Miguel Díaz y Taltal es donde la cordillera alcanza mayores altitudes, presentando también mayor diversidad florística y vegetal (**Figura 7**). En la zona de la camanchaca se encuentra una vegetación siempreverde de alta cobertura, dominada por *Eulychnia taltalensis* y *Nolana ramosissima*. Esta se encuentra a su vez rodeada por una formación dominada por *Copiapoa gigantea* y *Cristaria integerrima*. A mayores altitudes, donde la influencia de la camanchaca es menor, es posible encontrar un matorral dominado por *Gypothamnium pinifolium* y *Nolana villosa*. Esta última formación también se observa en el Desierto de Taltal, donde sólo se diferencian dos formaciones (**Figura 8**). La de *Gypothamnium pinifolium* y *Nolana villosa* se encuentra más lejana de la costa, tras los cerros de baja altitud que caracterizan la zona entre Caleta Esmeralda y Taltal. Más cercano a la costa se encuentra la formación dominada por *Heliotropium pycnophyllum* y *Tetragonia maritima*.

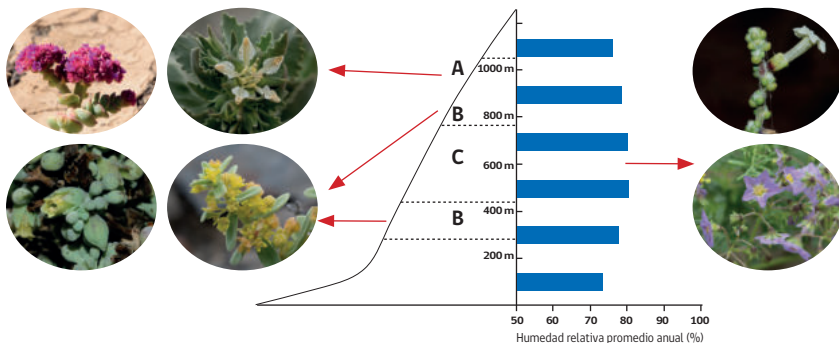


Figura 6. Perfiles vegetacionales posibles de encontrar en la zona norte de la Región de Antofagasta, entre Tocopilla y Antofagasta, indicando el promedio anual de la humedad relativa cada 200 m de altitud. A) Comunidad de *Huidobria fruticosa* y *Philippium pachyphylla* entre los 900 y los 1200 msnm. B) Comunidad de *Nolana peruviana* y *Tetragonia angustifolia* entre los 300 y los 450 msnm, y luego entre los 750 y los 900 msnm. C) Comunidad de *Solanum brachyantherum* y *Nolana sedifolia* entre los 450 y los 750 msnm.

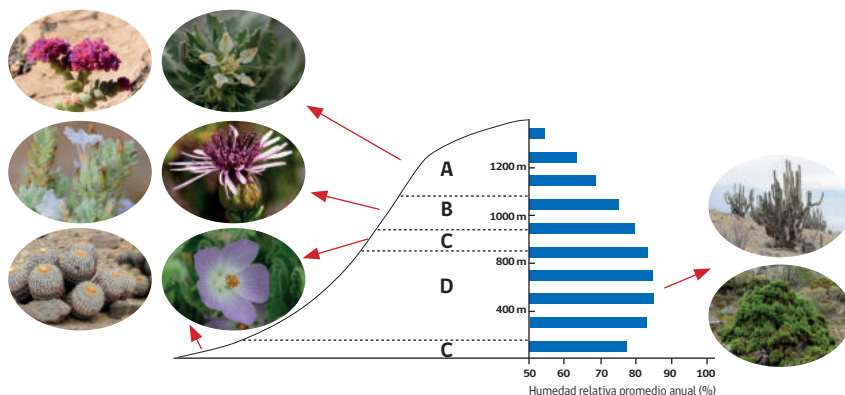


Figura 7. Perfil vegetacional posible de encontrar en la zona sur de la Región de Antofagasta, entre Miguel Díaz y Taltal, indicando el promedio anual de la humedad relativa cada 200 m de altitud. A) Comunidad de *Huidobria fruticosa* y *Philippiamra pachyphylla* sobre los 1.100 msnm. B) Comunidad de *Nolana villosa* y *Gypothamnium pinifolium* entre los 950 y los 1.100 msnm. C) Comunidad de *Copiapo gigantea* y *Cristaria integerrima* entre los 850 y los 950 msnm, y luego entre el nivel del mar hasta los 150 msnm. D) Comunidad de *Eulychnia taltalensis* y *Nolana ramosissima* entre los 850 y los 150 msnm.

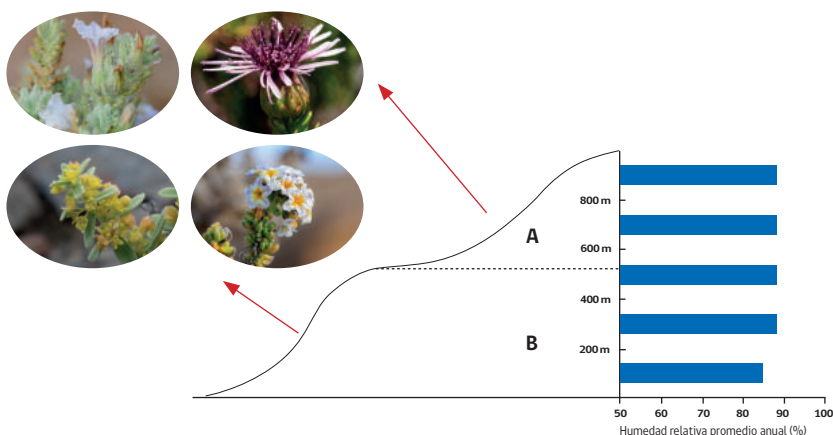


Figura 8. Perfil vegetacional posible observar en el extremo sur de la Región de Antofagasta, entre Taltal y Pan de Azúcar, indicando el promedio anual de humedad relativa cada 200 m de altitud. A) Comunidad de *Nolana villosa* y *Gypothamnium pinifolium* sobre los 500 msnm. B) Comunidad de *Tetragonia maritima* y *Heliotropium pycnophyllum* bajo los 500 msnm.

7. Principales resultados obtenidos

7.1. ¿Cómo se diagnosticó la flora?

Para evaluar las especies más amenazadas de la zona de estudio, se realizó una priorización de especies con el fin de saber en cuales enfocar esfuerzos de conservación. Para esto, se tomó el listado florístico de la zona de estudio y se calculó una nota en que la calificación más alta la obtenían especies con la distribución más acotada y con una mayor diferenciación evolutiva con sus parientes más cercanos. A partir de esta nota, se identificaron las especies con la calificación más alta, lo cual, sumado a aquellas con categoría de conservación de amenaza, se realizó un listado con las 100 especies más amenazadas.

Todas las especies de esta lista se sometieron a una evaluación exhaustiva, incluyendo un análisis de su historial de colecta y un monitoreo en campo para conocer el estado de sus poblaciones. Como resultado de estas investigaciones, se concluyó que, de las 82 especies estudiadas, 68 están experimentando una disminución en su distribución (**Figura 9**).

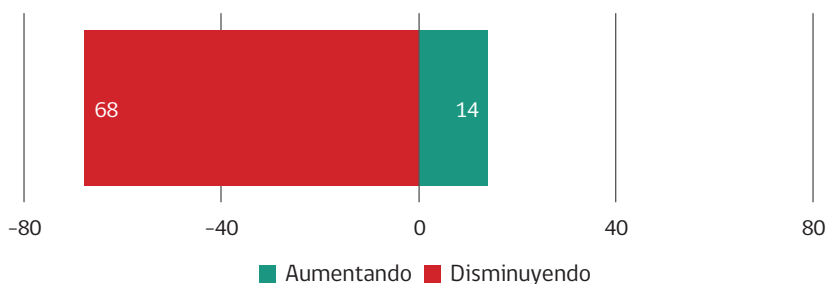


Figura 9. Tendencia actual de las poblaciones de las especies prioritarias estudiadas de acuerdo a su evaluación en terreno.

En las mismas especies, se evaluó el grado de afectación que reciben de parte de proyectos ingresados al SEIA en sus poblaciones, dividiéndolas en cinco categorías (**Figura 10**). La mayoría de las especies tienen un grado de afectación bajo o muy bajo por parte de estos tipos de proyectos. Esto se debe a que la mayoría de los proyectos se encuentran principalmente a los alrededores de Mejillones, donde la diversidad vegetal es relativamente baja. Sin embargo, algunas especies estudiadas que se distribuyen en las cercanías de esa localidad, tienen una afectación muy alta, tales como *Plantago nebularis*, *Nolana lachimbensis*, *Eriosyce recondita* y *Copiapoa atacamensis* (**Figura 11**). Afortunadamente, las cuatro se encuentran presentes en áreas protegidas.

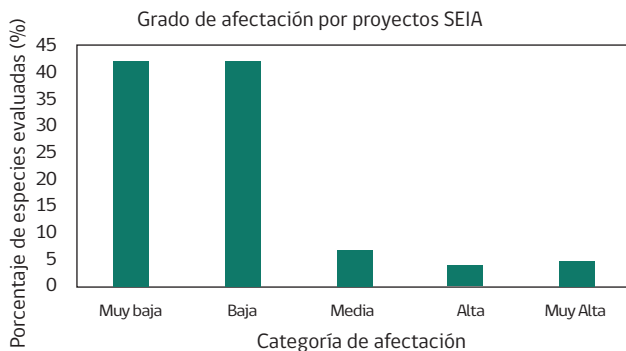


Figura 10. Grado de afectación a especies por proyectos ingresados al SEIA.

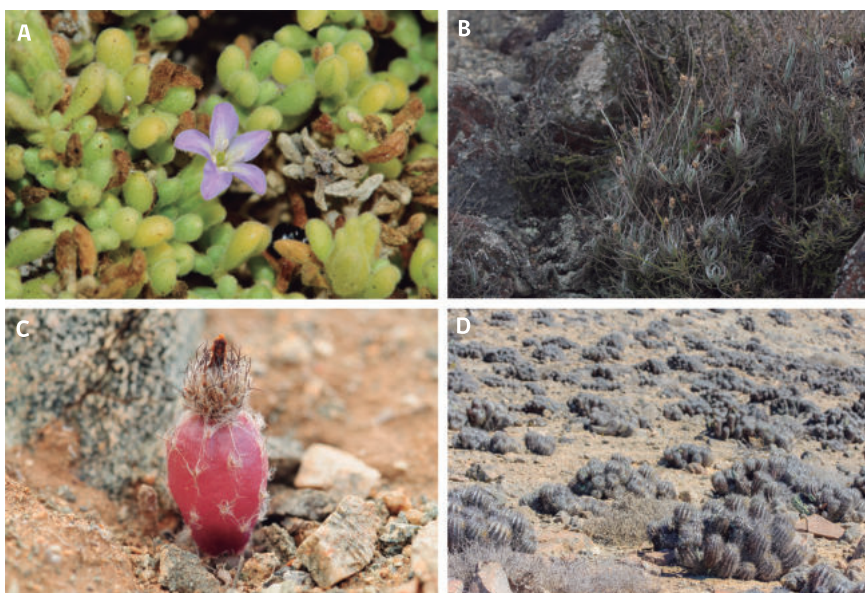


Figura 11. Algunas plantas de la Península de Mejillones, conservadas en el PN Morro Moreno. A) *Nolana lachimbensis*, B) *Plantago nebularis*, C) *Eriosyce recondita*, D) *Copiapoatacamensis*.

De manera similar, se evaluó la afectación de las especies en relación a la cercanía con proyectos mineros (**Figura 12**). A partir de esto, se concluyó que la mayoría de las especies tienen una afectación media a estos tipos de proyectos. En este caso, el grado de afectación es mayor, ya que muchos proyectos mineros se establecen cercanos a lugares con alta diversidad, tales como en

la Quebrada Paposo, Quebrada de Taltal, Caleta Esmeralda y los alrededores de Tocopilla. Debido a esto, muchas especies de distribución muy limitada en estos lugares se encuentran con muy altos grados de afectación, tales como *Copiapoa aphanes*, *Rimacactus laui*, *Heliotropium jaffuelii*, *Malesherbia tocopillana* y *Tillandsia tragophoba* (**Figura 13**).

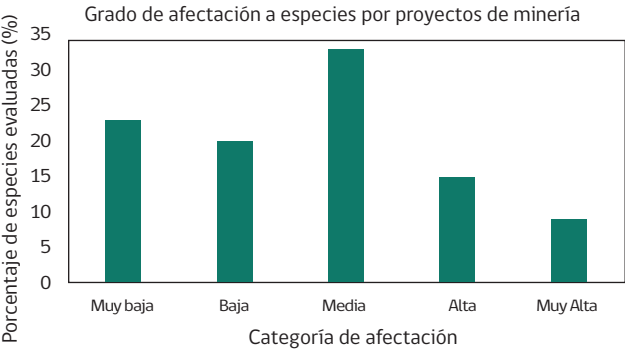


Figura 12. Grado de afectación a especies por proyectos de minería.

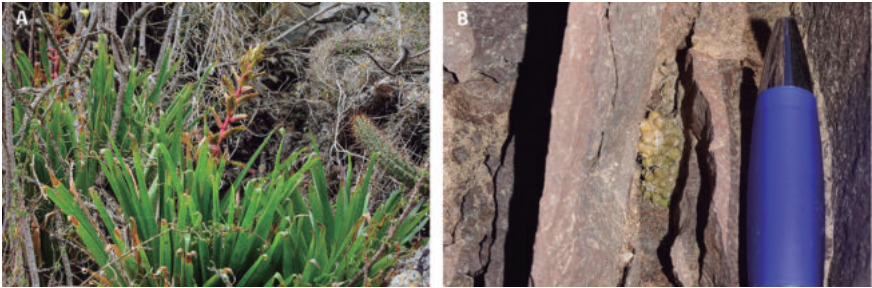


Figura 13. Especies conocidas sólo para una localidad en el área de estudio. A) *Tillandsia tragophoba*, B) *Rimacactus laui*.

Finalmente, se evaluó el grado de conservación *ex situ* de las especies estudiadas (**Figura 14**), concluyendo que 46 especies de las 100 se encuentran conservadas en el Banco Base de Semillas.

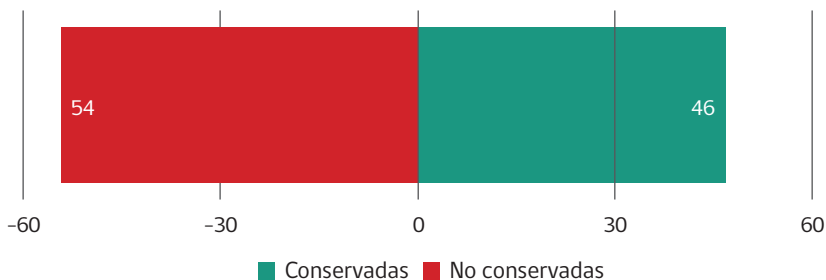


Figura 14. Especies con poblaciones conservadas de manera *ex situ* en el Banco Base de Semillas de INIA.

7.2. ¿Cómo se propagaron las plantas?

Gracias a las colectas de semillas realizadas en la zona de estudio, se tuvo la oportunidad de estudiar la germinación y propagación de cerca de 90 especies de la flora costera de la Región de Antofagasta. Para ello, se instalaron ensayos de germinación tanto en agar en placas Petri, como directamente en sustrato (**Figura 15**). Estos ensayos fueron monitoreados periódicamente y las semillas germinadas se fueron rescatando cuidadosamente para permitir su establecimiento en vivero.

A través de la propagación, se logró obtener plantas para 65 de las especies estudiadas. Algunas resultaron ser de más fácil germinación, como es el caso de *Dicliptera paposana*, mientras que otras llegaron a ser todo un desafío, como *Malesherbia tocopillana*. Para esta última no existían registros previos de propagación, por lo que esta primera experiencia tiene un gran valor para el conocimiento sobre el cultivo de esta especie. Para algunas especies fue monitoreado además el desarrollo de las plántulas (**Figura 16**), con el fin de identificar los distintos estadios que se observan en el tiempo y también el tiempo que toma la obtención de una planta capaz de ir a condiciones de terreno.



Figura 15. Algunos ejemplos de semillas germinadas y plántulas observadas en los ensayos de germinación. A) Almácigo de *Adesmia gracilima*, colectada en el sector La Sepultura, de la Quebrada El Rincón. B) Plántula de *Oxyphyllum ulicinum*, colectado en la Quebrada de Las Lozas. C) Semillas germinando de *Lathyrus lomanus*, endémica de la región de Antofagasta, colectada en la Aguada El Panul. D) Plántula de *Copiapo gigantea*, colectada en la Quebrada de La Plata. E) Plántulas de *Deuterocohnia chrysantha*, obtenidas a partir de semillas colectadas en 2005 que están siendo conservadas en el Banco Base de Semillas. F) Detalle de la germinación de *Sibara dilloniorum*, una hierba anual endémica de la región de Antofagasta.



Figura 16. Secuencia de las etapas observadas en el desarrollo de una planta de *Malesherbia tocopillana*, desde su germinación en laboratorio y luego su cultivo en invernadero. A) Detalle de una semilla colectada. B) Semilla germinada en laboratorio. C) Plántula emergiendo en sustrato. D) Plántula con cotiledones liberados. E-F) Detalle de sus primeras hojas verdaderas. G-H-I) Plantas en crecimiento en invernadero. J) Detalle de follaje de plantas ya maduras en su etapa e endurecimiento, y K-L) Detalle de la floración obtenida en plantas propagadas.

La propagación obtuvo plantas para 40 de las especies incluidas en la lista de prioritarias para la conservación determinadas por este proyecto, incluyendo a 24 especies ubicadas dentro de los 100 primeros lugares. Esto incluye, por ejemplo, a *Nolana lachimbensis*, una especie endémica de la región de Antofagasta, que se encuentra catalogada como En Peligro Crítico de Extinción (DS 44/2021 MMA) y que se ubica en el puesto 31 de la priorización realizada por este estudio. Para esta especie, se obtuvieron plantas para las dos poblaciones conocidas (Figura 17), Morro Moreno y La Chimba, las cuales mostraron las mismas diferencias observadas en las poblaciones naturales, que las hacen diferir levemente en su color y textura, debido a su pilosidad, luciendo una de un verde algo más intenso, mientras que la otra más blanquecina.



Figura 17. Detalle del desarrollo de plantas a partir de semillas de *Nolana lachimbensis*, especie endémica regional y En Peligro Crítico de Extinción A) Detalle de semillas bajo lupa. B) Plántula recién emergida. C) Plántula en crecimiento. D) Planta de vivero proveniente de semillas recolectadas en la población que habita en Morro Moreno. E) Planta producida en vivero con semillas provenientes de la población que crece en La Chimba.

Dentro de las plantas propagadas, se encuentran también otras 18 especies catalogadas como amenazadas de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). Esto incluyó a 11 especies en categoría En Peligro, entre las que se encuentran *Croton chilensis* (**Figura 18**), ubicada en el puesto 68 de la priorización; *Dalea azurea*, (**Figura 19**), priorizada en puesto 38; *Senna paposana* (**Figura 20**), situada en el lugar 83 y *Oxyphyllum ulicinum* (**Figura 21**), en el puesto 143, además de las ya mencionadas *Dicliptera paposana*, priorizada en el lugar 57, y *Malesherbia tocopillana*., ubicada en el tercer lugar de urgencia de conservación.



Figura 18. Obtención de plantas de *Croton chilensis*, especie endémica de la región de Antofagasta, catalogada como En Peligro y Rara (DS 50/2008 MINSEGPRES). A) Semillas. B) Plántula recién emergida. C) Planta de 7 meses de edad.

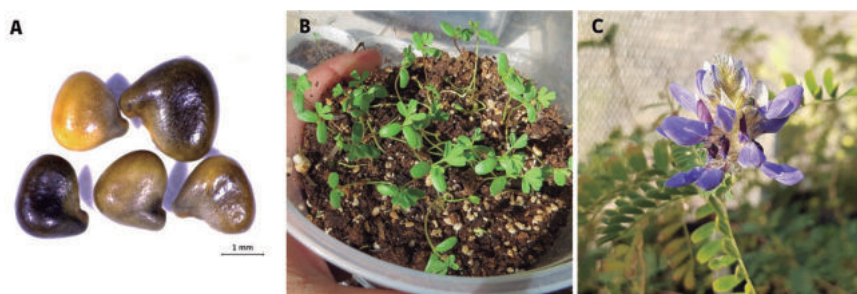


Figura 19. Obtención de plantas de *Dalea azurea*, especie endémica de la región de Antofagasta, catalogada como En Peligro y Rara (DS 151/2007 MINSEGPRES). A) Detalle de semillas. B) Almácigo C) Detalle de inflorescencia obtenida en plantas de vivero.



Figura 20. Obtención de plantas de *Senna paposana*, especie endémica de la región de Antofagasta, catalogada como En Peligro (DS 41/2011 MMA). A) Detalle de semillas. B) Planta en crecimiento C) Detalle de inflorescencia obtenida en plantas de vivero.



Figura 21. Obtención de plantas de *Oxyphyllum uliicinum*, especie endémica de las regiones de Antofagasta y Atacama, catalogada como En Peligro (DS 16/2016 MMA). A) Detalle de semillas. B) Plántula con sus primeras hojas verdaderas C) Planta propagada y establecida en el jardín demostrativo del BBS.

Entre las especies amenazadas propagadas también se encontraron 9 especies catalogadas como Vulnerables, entre las que se encuentran *Puya boliviensis* (**Figura 22**) y *Salvia tubiflora* (**Figura 23**), ambas presentes, además de en la zona de estudio, en la costa de la región de Atacama.

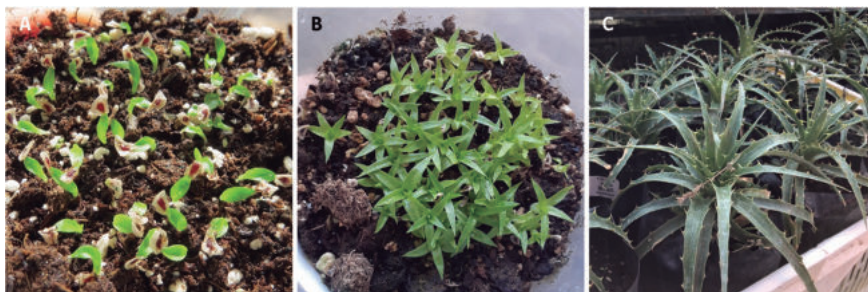


Figura 22. Obtención de plantas de *Puya boliviensis*, especie endémica de las regiones de Antofagasta y Atacama, catalogada como Vulnerable (DS 41/2011 MMA). A) Detalle de semillas germinando. B) Almacigo C) Plantas de un año de edad, al ser enviadas a los ensayos de reintroducción.

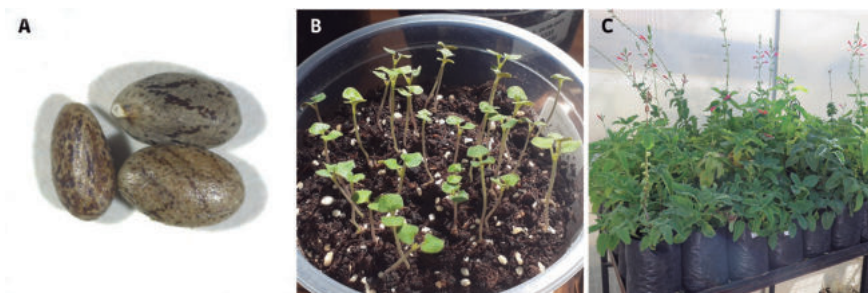


Figura 23. Obtención de plantas de *Salvia tubiflora*, especie catalogada como Vulnerable (DS 13/2013 MMA). A) Detalle de semillas. B) Almacigo C) Plantas en floración durante la etapa de endurecimiento.

En relación a la priorización realizada en el marco de este proyecto, destaca la obtención de plantas de especies como *Plantago nebularis* y *P. johnstonii* (**Figura 24**), ambas endémicas de la región de Antofagasta.

Plantago johnstonii es una especie que fue reencontrada gracias a las expediciones realizadas en el marco de este proyecto. Esta no había sido registrada desde 1925, por lo que se creía extinta. Se obtuvieron plantas de esta especie, desde semillas recolectadas en la única localidad conocida, la Aguada del Panul. De acuerdo a la priorización, esta especie se ubica en el puesto 10.

Plantago nebularis es una especie descrita recientemente, y corresponde a un endemismo propio de Morro Moreno. Por lo que las plantas obtenidas de esta especie, corresponden probablemente y al igual que las anteriores, a las primeras obtenidas en cultivo. Su posición en la priorización de especies corresponde al lugar N°12.

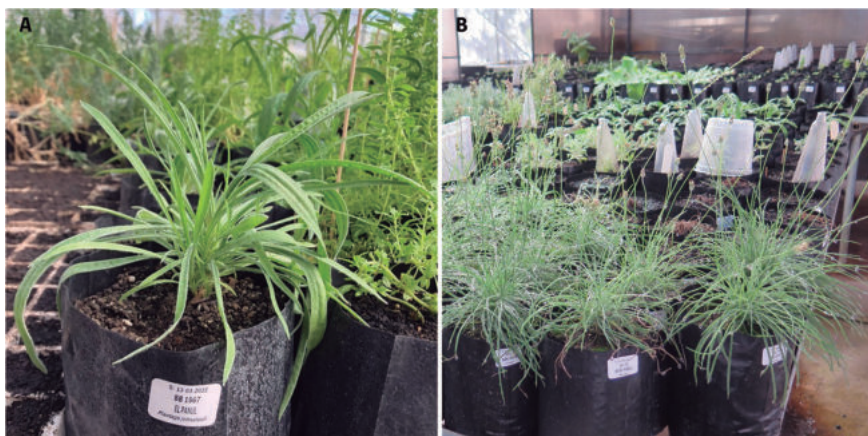


Figura 24. Plantas de especies prioritarias para la conservación y de endemismos muy localizados. A) *Plantago johnstonii*, endémica de la Aguada del Panul y B) *Plantago nebularis*, endémica de Morro Moreno.



Figura 25. Plantas de especies otras prioritarias para la conservación A) *Adesmia gracillima*, recolectada en El Rincón, ubicada en lugar 11 de la priorización y B) *Lathyrus lomanus*, priorizada en el lugar 16.

7.3. Devolviendo las plantas a la naturaleza: ensayos de reintroducción

Con las plantas propagadas en el vivero del Banco Base de Semillas, se efectuó un plan de reintroducción de especies a su hábitat. Esto se realizó en dos lugares distintos, correspondientes a la Quebrada Quillagua, en Tocopilla, y en el Cerro Mirador, en Paposo.

En Tocopilla, se plantaron cuatro especies en un sitio ubicado en una quebrada muy cercana a la ciudad (**Figura 26**). Este lugar fue elegido por primera vez por los alumnos del Liceo Domingo Latrille para hacer una plantación de *Nolana* peruviiana, una especie nativa del lugar muy común. Para enriquecer el área, se instaló una plantación cercana a ese lugar. Las plantas fueron establecidas con mallas de protección; esto con el fin de protegerlas de la herbivoría y atrapar la humedad a baja altura (**Figura 27**). Las especies utilizadas fueron el Farolito de Tocopilla (*Malesherbia tocopillana*), Heliotropio de Tocopilla (*Heliotropium jaffuellii*), Sosa (*Nolana clivicola*) y Cola de Zorro (*Ophryosporus anomalus*) (**Figura 28**).

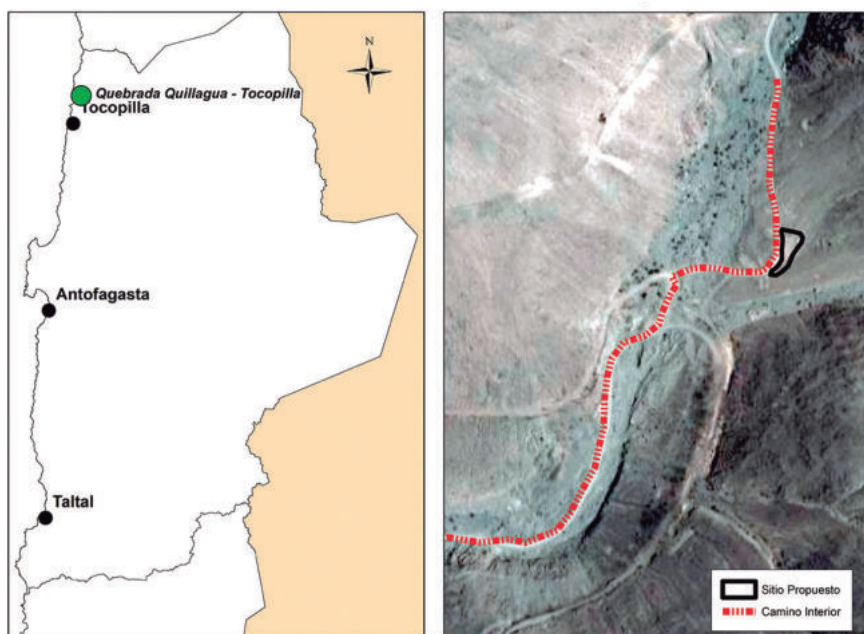


Figura 26. Ubicación del sitio de plantación en la Quebrada de Quillagua en Tocopilla.



Figura 27. Proceso de Establecimiento de plantas en Quebrada Quillagua en Tocopilla.



Malesherbia tocopillana
Farolito de Tocopilla



Heliotropium jaffuelii
Heliotropo de Tocopilla



Ophryosporus anomalus
Cola de zorro



Nolana clivicola
Sosa

Figura 28. Especies utilizadas en las actividades de reintroducción en la Quebrada Quillagua en Tocopilla

En este sitio se establecieron 60 individuos de las especies recién nombradas, distribuidas como se muestra en la siguiente tabla:

Especie considerada	Total plantas
<i>Malesherbia tocopillana</i>	20
<i>Heliotropium jaffuelii</i>	12
<i>Nolana clivicola</i>	8
<i>Ophryosporus anomalus</i>	20
TOTAL	60

A la fecha, la totalidad de las plantas establecidas en Septiembre del 2022 se encuentran muertas (Figura 29). El mayor peak de mortalidad se produjo en el periodo estival del año en curso (Diciembre 2022 – Marzo 2023). La mortalidad en dicho periodo se puede relacionar a eventos climáticos, como olas de calor, baja cantidad de humedad y nula presencia de camanchaca. Sin embargo, monitoreos más seguidos o mayor presencia, hubiesen permitido determinar factores críticos o limitantes y haber tomado desiciones para aumentar la supervivencia de las plantas establecidas.

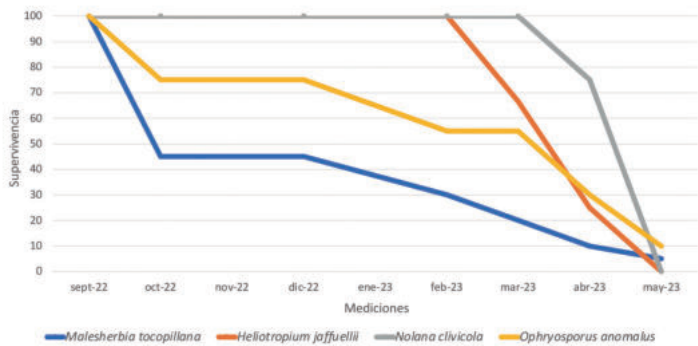


Figura 29. Gráfico de Supervivencia de las plantas establecidas en la Quebrada Quillagua en Tocopilla

El otro sitio de plantación corresponde al Cerro Mirador, cercano a Paposo (**Figura 30**). A pesar de la alta biodiversidad en esta localidad, el sitio elegido se encuentra fuertemente afectado por especies invasoras, en especial “rocío” (*Mesembryanthemum crystallinum*; **Figura 31**), una planta agresiva en ecosistemas desérticos del norte de Chile (**Figura 29**). Debido a esto, se escogió este lugar esperando poder cambiar las especies invasoras por plantas nativas del lugar. En el Cerro Mirador se establecieron dos sitios de plantación con distintas especies, distanciados a un kilómetro cada uno.

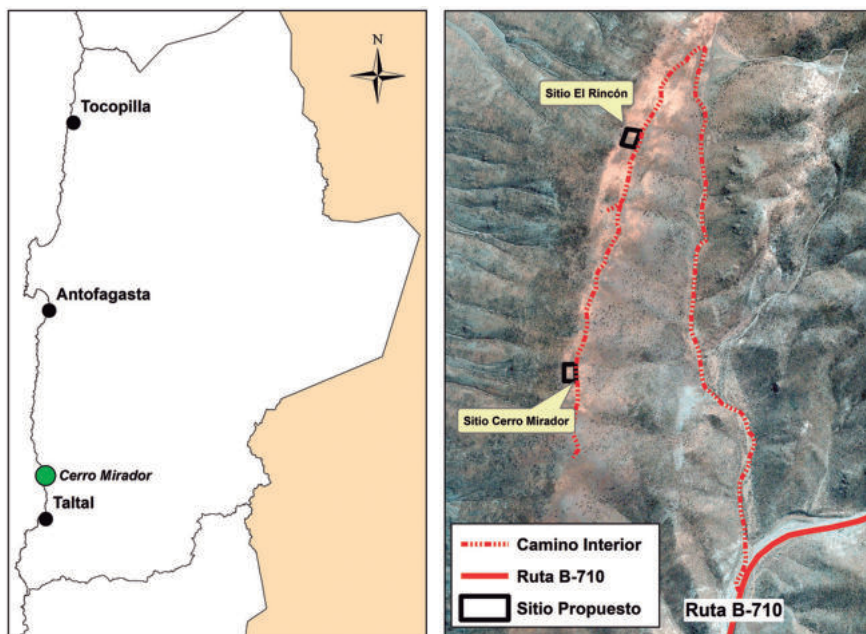


Figura 30. Ubicación del sitio de reintroducción en el Cerro Mirador en Páposo.

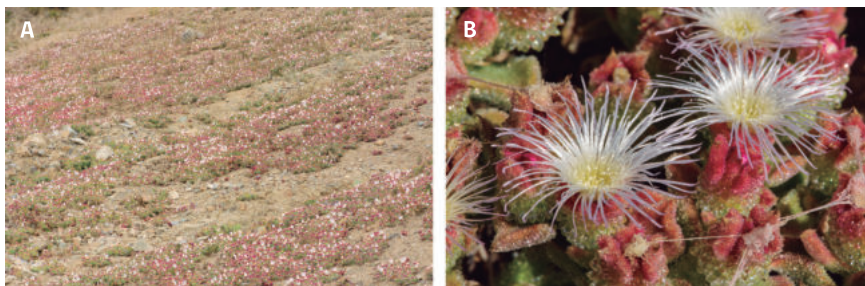


Figura 31. Plantas de rocío (*Mesembryanthemum crystallinum*) en la zona de Páposo, una especie invasora originaria de África. A) Terrenos invadidos por esta especie invasora. B) Detalle de las flores del rocío.

En este sitio, se establecieron experimentos para determinar la mejor metodología de establecimiento, cuidado y mantenimiento de plantas en terreno. Se diseñó un experimento con cuatro tratamientos: plantas con aplicación de riego manual (T1), plantas con atrapanieblas (T2), plantas con atrapanieblas y riego manual (T3) y plantas control, sin riego ni atrapanieblas (T0) (**Figura 32**). Todos los tratamientos recibieron un riego inicial y se establecieron dentro de un cerco perimetral de 1.500 metros cuadrados, que brinda protección contra herbívoros, dada la presión por alimento del ganado y fauna local.

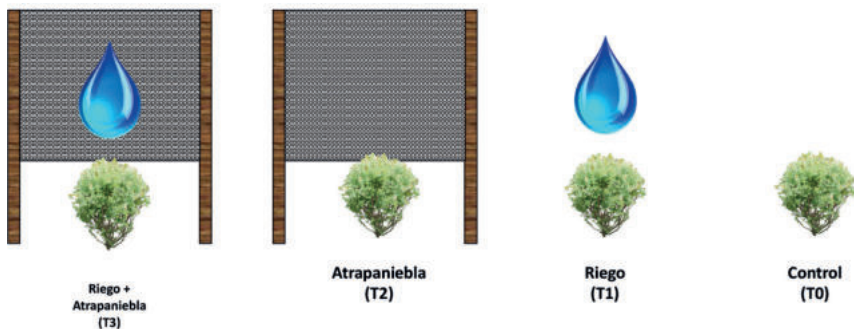


Figura 32. Tratamientos determinados para las actividades de reintroducción instalado en Cerro

En el Cerro Mirador se establecieron dos unidades de reintroducción: La primera, llamada Sitio Mirador, en donde se establecieron 240 individuos de tres especies: Dalea (*Dalea azurea*), Dicliptera (*Dicliptera paposana*) y Chagual de Paposo (*Puya boliviensis*) (**Figura 33**); y la segunda, llamada Sitio El Rincón, en donde se se establecieron 280 individuos de cinco especies: Alcaparra de Paposo (*Senna paposana*), Higuierilla (*Croton chilensis*), Panul (*Apium panul*), Salvia roja (*Salvia tubiflora*) y Tabaco cimarrón (*Nolana solanifolia*) (**Figura 34**). La cantidad de plantas por sitio y tratamiento se muestra en la siguiente tabla:

Sitio	Especie	Tratamientos / N° de plantas establecidas				TOTAL
		T0	T1	T2	T3	
El Rincón	<i>Apium panul</i>	5	5	5	5	20
	<i>Croton chilensis</i>	10	10	10	10	40
	<i>Nicotiana solanifolia</i>	5	5	5	5	20
	<i>Salvia tubiflora</i>	25	25	25	25	100
	<i>Senna paposana</i>	25	25	25	25	100
Cerro Mirador	<i>Dalea azurea</i>	25	25	25	25	100
	<i>Dicliptera paposana</i>	25	25	25	25	100
	<i>Puya boliviensis</i>	10	10	10	10	40
						520



Dalea azurea
Dalea



Dicliptera paposana
Dicliptera



Puya boliviensis
Chagual de paposo

Figura 33. Especies establecidas en el sitio Cerro Mirador



Senna paposana
Alcaparra de paposo



Croton chilensis
Higuerilla



Apium panul
Panul



Nicotiana solanifolia
Tabaco cimarrón



Salvia tubiflora
Salvia roja

Figura 34. Especies establecidas en el sitio El Rincón.

Se realizaron monitoreos de supervivencia, sanidad y crecimiento posteriores al establecimiento y por el período que dure el proyecto. Para supervivencia y sanidad se establecieron monitoreos quincenales (dos por mes) y para el crecimiento, dado que es una variable de respuesta lenta, se consideraron mediciones cada dos meses.

Después de diez meses de establecidas las plantas, se han realizado 20 monitoreos de supervivencia. Los resultados a fines de junio del 2023 muestran las siguientes curvas agrupadas por sitio y diferentes tratamientos (**Figuras 35 y 36**)

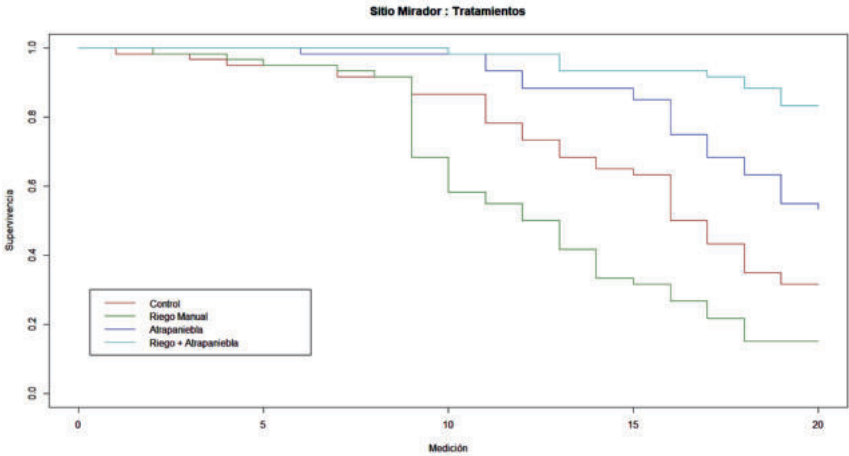


Figura 35. Curva de supervivencia del sitio Cerro Mirador agrupados por tratamiento (sin hacer diferencia entre especies).

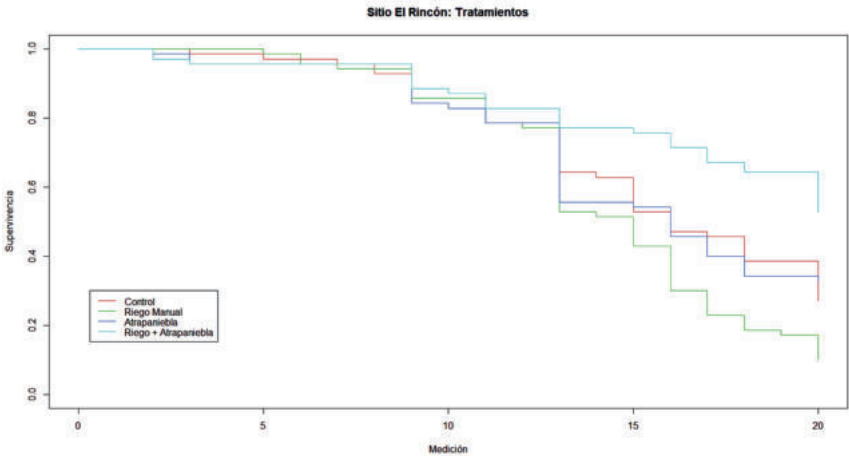


Figura 36. Curva de supervivencia del sitio El Rincón agrupados por tratamiento (sin hacer diferencia entre especies).

Las curvas muestran que el mejor tratamiento para ambos sitios de plantación corresponde al efecto combinado entre la aplicación de riego manual y los atrapanieblas (T3). Por otro lado, el tratamiento con menor supervivencia para ambos sitios es con la aplicación de riego manual (T1).

A nivel de especies, para el sitio Cerro Mirador, *D. paposana* es la que mayor mortalidad ha presentado. *P. boliviensis* presenta buenos porcentajes de supervivencia independiente del tratamiento (94,4%). Para las especies establecidas en el sitio El Rincón, *A. panul* presenta la mayor mortalidad en el sitio, mientras que *N. solanifolia* y *C. chilensis* muestran los mayores porcentajes de supervivencia en el sitio (77,1% y 50% respectivamente).

El detalle de la supervivencia por especie, tratamiento y sitio de plantación se muestra en la siguiente tabla:

Sitio	Especie	Tratamientos / Supervivencia (%)			
		T0	T1	T2	T3
El Rincón	<i>Apium panul</i>	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Croton chilensis</i>	10,0	50,0	70,0	70,0
	<i>Nicotiana solanifolia</i>	100,0	66,7	75,0	66,7
	<i>Salvia tubiflora</i>	41,7	0,0	26,9	70,8
	<i>Senna paposana</i>	19,2	0,0	24,0	36,0
Cerro Mirador	<i>Dalea azurea</i>	40,0	0,0	41,7	84,6
	<i>Dicliptera paposana</i>	7,7	0,0	46,2	75,0
	<i>Puya boliviensis</i>	77,8	100,0	100,0	100,0

La supervivencia general, independiente de la especie y el tratamiento en el sitio El Rincón corresponde al 36,3 %, mientras en el sitio Cerro Mirador, la supervivencia asciende a 69.2 %, por lo que la supervivencia promedio general de las actividades de reintroducción corresponde al 48,5 %.

Plantación y Monitoreos Participativos

La etapa de reintroducción del proyecto permitió incorporar a actores locales en el establecimiento y monitoreo de las plantas establecidas.

Para las plantas establecidas en la Quebrada Quillagua en Tocopilla, se contó con la presencia de estudiantes del Liceo Municipal Domingo Latrille durante los primeros monitoreos de sanidad y supervivencia (**Figura 37**). Esta actividad permitió acercar a los estudiantes del liceo a los esfuerzos de reintroducción de flora local en el proyecto. Los sucesivos monitoreos fueron realizados por un profesional de la municipalidad de Tocopilla.



Figura 37. Monitoreo participativo de los alumnos del Liceo Domingo Latrille en Tocopilla. (A) Capacitación sobre toma de datos. (B) Toma de datos de las especies establecidas.

En las actividades realizadas en el Cerro Mirador en Papos, se planteó realizar un experimento con el objetivo de definir una metodología para el establecimiento exitoso de las especies reintroducidas. Para esto, se determinó realizar obras que disminuyeran el efecto de los factores bióticos y abióticos sobre las plantas establecidas. Para cada sitio definido, se construyeron cercos perimetrales rectangulares de 1.500 m² (50x30m) y de 1,2 m de altura. Dentro del área cercada se establecieron las cinco replicas con los cuatro tratamientos definidos en la metodología de la actividad de reintroducción. Además, dentro de cada sitio se construyeron cinco atrapanieblas (diez en total) de 13,5 m² (4,5x3m) y para la plantación se consideró hoyadura de 0,036 m³ (30x30x40

cm) (**Figura 38**). También se contó con el apoyo de la organización local Taltal Sustentable, la que participó en la plantación y monitoreos de los dos sitios establecidos en el Cerro Mirador (**Figura 39**). De la misma forma, en último día de actividades, participaron miembros del Seremi de Medioambiente de la región de Antofagasta, la Municipalidad de Taltal y Jardín Botánico de Aguas Antofagasta (**Figura 40**).

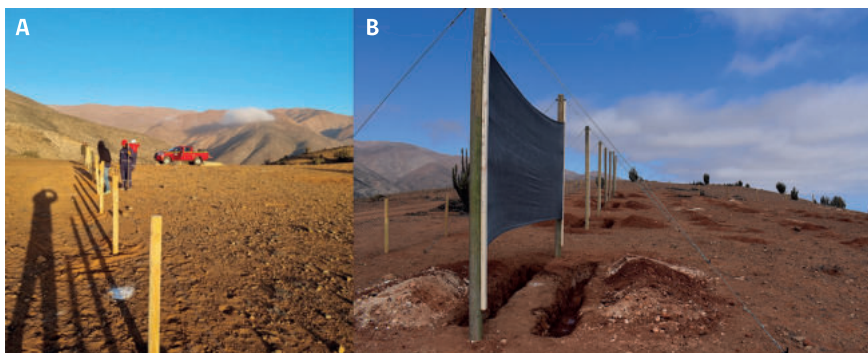


Figura 38. Obra gruesa en Cerro Mirador. (A) Confección cerco perimetral de ambos sitios. (B) Construcción de Atrapanieblas y Hoyadura en ambos sitios.

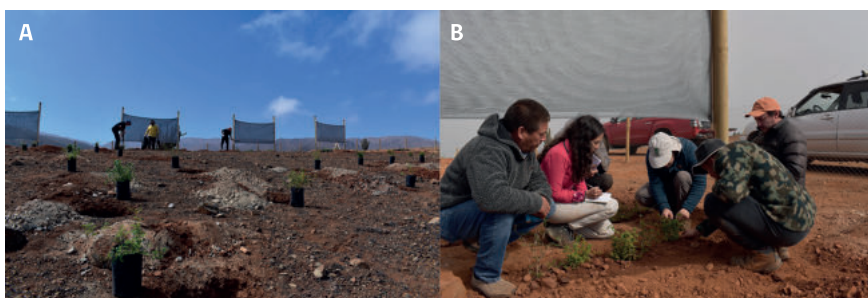


Figura 39. (A) Actividades de plantación y (B) Monitoreo de especies establecidas en ambos sitios.



Figura 40. Equipo de trabajo en Cerro Mirador Paposo



Figura 41. Estado actual de algunas de las especies reintroducidas en ambos sitios.

8. Nuevos aportes y descubrimientos

Una nueva especie para la flora chilena

Diplostephium paposanum S.T.Ibáñez & Muñoz-Schick es una nueva especie para la flora de Chile que se descubrió gracias a las expediciones realizadas por el proyecto. Este arbusto que fue encontrado en la Quebrada Botija, creciendo a unos 170 m.s.n.m., extendiendo la distribución de este género, propio de Los Andes, hacia ambientes más costeros (Ibáñez, et al. 2022). Este hallazgo suma una cuarta especie para el género a la flora chilena, siendo esta la primera especie endémica, ya que las otras, por distribuirse en los Andes, son compartidas con los países vecinos.

Mientras aún se estudiaba, la especie fue incorporada a la propagación (**Figura 42**). La única población encontrada no poseía más de 20 individuos, por lo que la obtención de plantas en cultivo no sólo contribuye a su conocimiento, sino que además a su conservación *ex situ*.

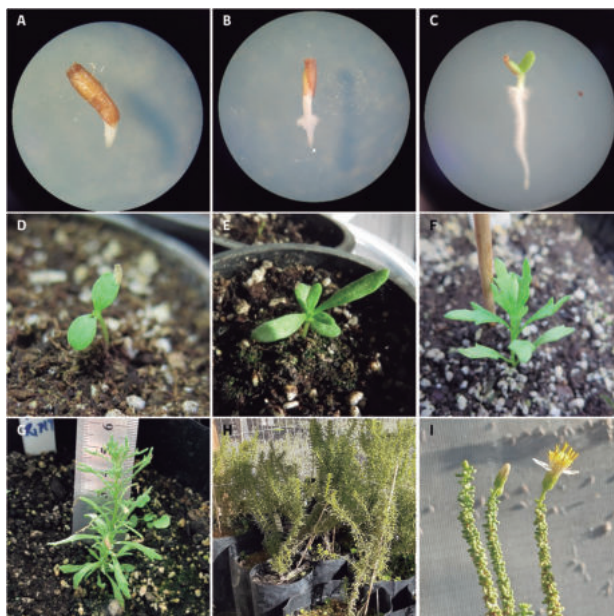


Figura 42. Etapas de desarrollo de la nueva especie descrita para la ciencia, *Diplostephium paposanum*. A) Semilla recién germinada. B) Destalle del desarrollo de los pelos radiculares. C) Emergencia de los cotiledones D) Plántula emergida E) Desarrollo de primeras hojas verdaderas. F-G) Primeras hojas verdaderas dentadas. H) Plantas en etapa de endurecimiento en vivero. I) Detalle del follaje de plantas maduras y su inflorescencia obtenida en plantas de cultivo.

Extinciones locales y esfuerzos para revertir

La cola de zorro (*Ophryosporus anomalus*) es una especie distribuida entre Iquique hasta Cobija (**Figura 43**). En la Región de Antofagasta es extremadamente rara, donde solo se ha encontrado en dos lugares. Uno de ellos es Tocopilla, donde se colectó hace casi 100 años y nunca más fue observada, habiéndose comprobado su desaparición del lugar exacto donde se había colectado. En este proyecto, gracias a semillas de esta especie colectadas en Cobija, se reprodujeron plantas para reintroducirlas en Tocopilla, donde se espera que puedan devolver los servicios ecológicos que se perdieron hace casi un siglo.



Figura 43. Cola de zorro (*Ophryosporus anomalus*), especie extremadamente rara, reintroducida en Tocopilla.

Nuevas poblaciones detectadas en endemismos locales

Durante el presente estudio, se descubrieron nuevas poblaciones de seis especies de la región que anteriormente sólo se conocían de sólo una localidad. Algunos ejemplos:

Adesmia gracillima, conocida únicamente para la Aguada del Panul, fue registrada creciendo también en El Rincón, gracias a las exploraciones realizadas en el marco de este proyecto.

Lathyrus lomanus, también con la Aguada del Panul como única localidad conocida, fue detectada creciendo en paredes rocosas de Miguel Díaz, aunque fuera del alcance del equipo para tomar alguna muestra.

Cristaria leucantha, registrada para la Aguadas del Cardón, fue posible ampliar su distribución a las altas cumbres de la Aguada del Panul.

Griselinia carlomunozii, colectada sólo en El Rincón y El Médano, pudo encontrarse nuevas poblaciones en El Panul.

Oxalis ricardii, conocida sólo para el área de la playa de Cachinales, entre El Rincón y Quebrada Cascabeles, fue encontrada una nueva población en Esmeralda, a casi 50 km hacia el sur.

Reyesia cactorum, sólo conocida para la Aguada del Cardón, ahora se encontró además en la Quebrada de La Plata.

Senecio botijae, conocido sólo para la Quebrada Botija, fue detectado también en la Quebrada de La Plata, gracias a este estudio.

Spergularia cremnophila, registrada para el Parque Nacional Pan de Azúcar. Gracias a las nuevas expediciones se encontró una población en el Morro Moreno, a más de 270 km de distancia de la única población conocida hasta la fecha.



Figura 44. Endemismos locales que ampliaron su distribución gracias a las nuevas exploraciones. A) *Adesmia gracillima*, B) *Lathyrus lomanus*, C) *Spergularia cremnophila*, D) *Senecio botijae*.

Rescatando una especie extremadamente rara

Heliotropium jaffuelii es una de las especies más raras de nuestra zona de estudio, siendo la primera de la lista de especies priorizadas para conservación. Sólo ha sido encontrada en los alrededores de Tocopilla, en un área muy acotada. En el marco de este proyecto, se prospectaron minuciosamente todos los sectores donde esta planta ha sido registrada, logrando contabilizar sólo seis individuos. En este proyecto, se logró propagar esta especie (**Figura 45**), obteniéndose doce individuos. Por lo tanto, es posible afirmar que se han logrado obtener más plantas de esta especie a través de la propagación que las que existen en la naturaleza.

Nuevas especies propuestas para la clasificación de su estado de conservación
Gracias a los datos obtenidos de este proyecto, se pudo recopilar información relevante para elaborar las Fichas de Antecedentes para cuatro especies, las cuales fueron propuestas para evaluación por el Comité de Clasificación de Especies en el 18avo proceso. A la fecha, sólo está pendiente el pronunciamiento del Consejo de Ministros para Sustentabilidad Ambiental (CMS) para que estas categorías propuestas sean oficializadas. El Reglamento de Clasificación de Especies según Estado de Conservación (RCE) es el procedimiento que regula este proceso y está a cargo del Ministerio del Medio Ambiente.

Entre las especies propuestas por este proyecto se encuentra *Lathyrus lomanus* (**Figura 46**) y *Nolana onoana*, ambos determinados como En Peligro. Además, están *Plantago nebularis*, endémico de Morro Moreno, y *Calceolaria rinconada*, las cuales se encontrarían en Peligro Crítico. Nuevas especies se están preparando para su evaluación.

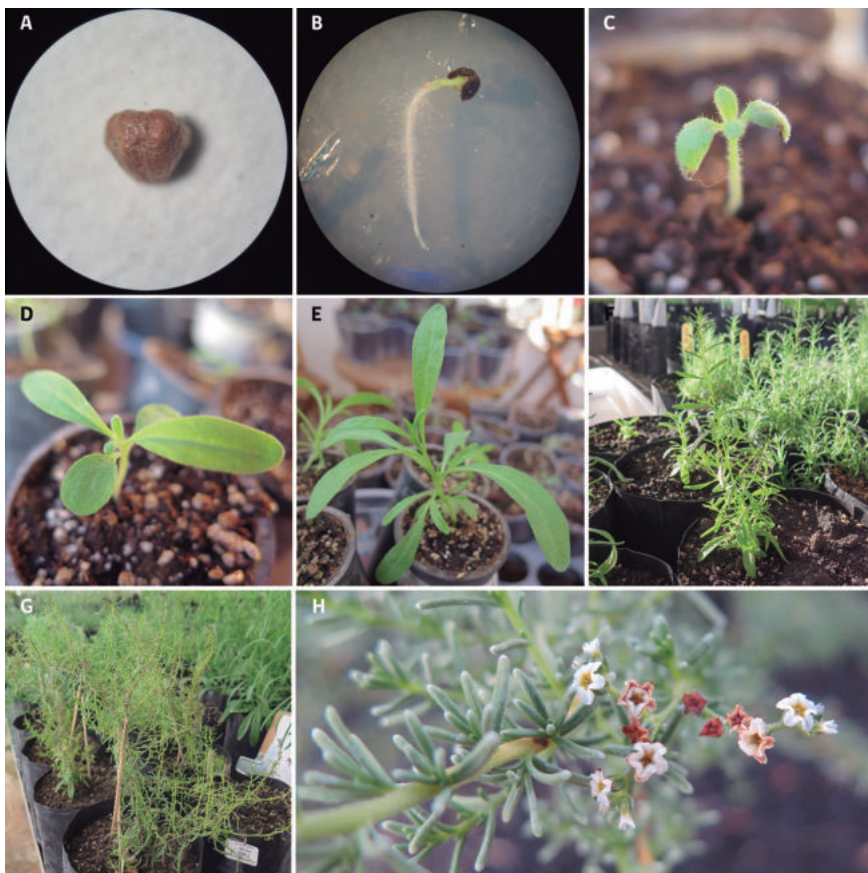


Figura 45. Secuencia de las etapas observadas en el desarrollo de una planta de *Heliotropium jaffuelii*, la cual fue germinada en laboratorio y luego cultivada en invernadero. A) Detalle de una semilla colectada. B) Semilla germinada en laboratorio. C) Plántula repicada a sustrato. D) Detalle de sus primeras hojas verdaderas. E) Plantas en crecimiento. F-G) Plantas de mayor tamaño creciendo en contenedores de mayor volumen. H) Planta establecida en el jardín demostrativo del Banco Base de Semillas, en dónde continuó su desarrollo y logró su floración.

Nuevas especies propuestas para la clasificación de su estado de conservación

Gracias a los datos obtenidos de este proyecto, se pudo recopilar información relevante para elaborar las Fichas de Antecedentes para cuatro especies, las cuales fueron propuestas para evaluación por el Comité de Clasificación de Especies en el 18avo proceso. A la fecha, sólo está pendiente el pronunciamiento del Consejo de Ministros para Sustentabilidad Ambiental (CMS) para que estas categorías propuestas sean oficializadas. El Reglamento de Clasificación de Especies según Estado de Conservación (RCE) es el procedimiento que regula este proceso y está a cargo del Ministerio del Medio Ambiente.

Entre las especies propuestas por este proyecto se encuentra *Lathyrus lomanus* (Figura 46) y *Nolana onoana*, ambos determinados como En Peligro. Además, están *Plantago nebularis*, endémico de Morro Moreno, y *Calceolaria rinconada*, las cuales se encontrarían en Peligro Crítico. Nuevas especies se están preparando para su evaluación.

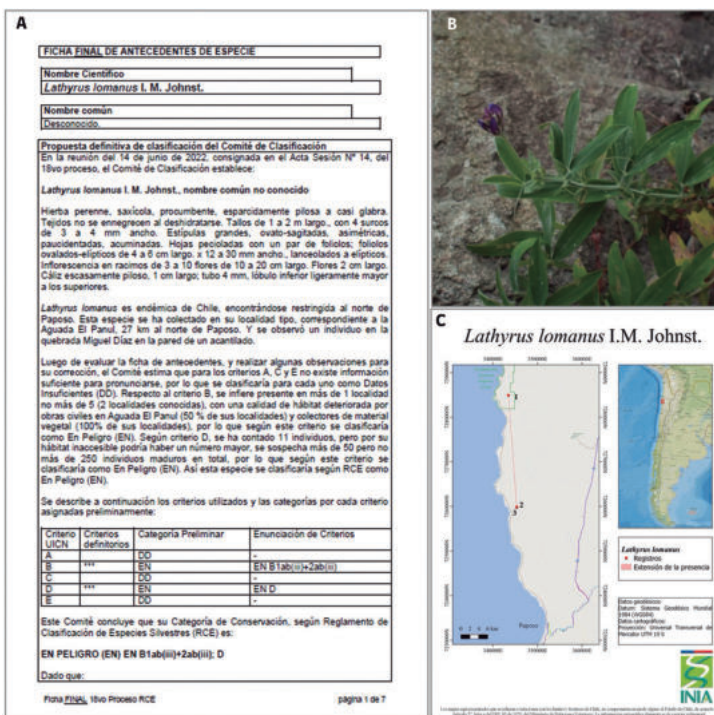


Figura 46. Ejemplo de Ficha de Antecedentes presentada para la clasificación de *Lathyrus lomanus* al 18avo Proceso de Clasificación de Especies. A) Vista de la ficha. B) Foto de la planta C) Mapa de distribución y el polígono de Extensión de la Presencia en base a los registros históricos y actuales.

Estudiando la humedad ambiental: Sequía en invierno

En un estudio derivado de este proyecto, se descubrió que a pesar de que en invierno la camanchaca alcanza su máximo en la zona de Papos, hay días de sequía extremadamente intensos en esta estación que obligan a las especies a tener adaptaciones, siendo esto un factor relevante en las distribuciones. Estos días son causados por las lluvias en la zona central de Chile, ya que las precipitaciones se producen cuando un frente de baja presión llega desde el suroeste de Sudamérica, empujando el anticiclón del Pacífico hacia la costa de la zona norte de Chile. Esto causa que una masa de aire caliente caiga sobre el continente, inhibiendo la llegada de la camanchaca a la costa, sobre todo a mayores altitudes.

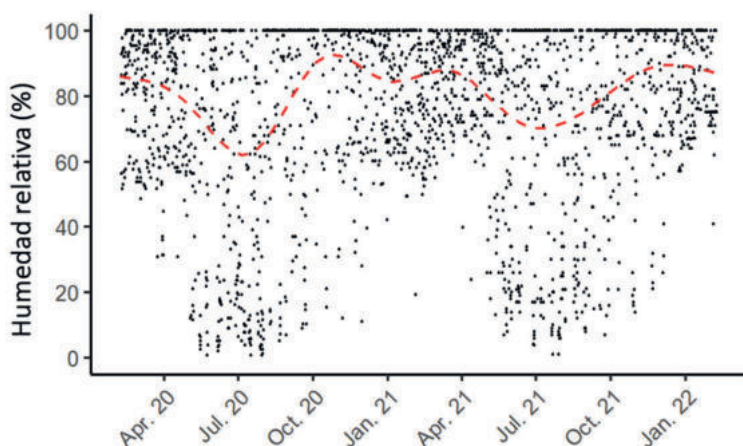


Figura 47. Lecturas de humedad relativa medidas en el Cerro Mirador sobre Papos, a los 800 msnm, entre los años 2020 y 2021, en que cada punto representa una de las 4 lecturas de cada día, y la línea roja indica el promedio de estas. A pesar de que la mayoría de los puntos marcan cerca del 100%, se observa que alrededor de julio las lecturas de humedad bajan mucho, indicando días de extrema sequía en invierno.

9. Incorporando flora local a la ciudad: Jardines demostrativos

Parte de las plantas propagadas fueron destinadas a la difusión de la flora, ya que fueron utilizadas en la creación de jardines demostrativos. Dar a conocer la flora es una manera de promover su valoración por parte de la comunidad. Estos fueron instalados en distintas ciudades costeras de la Región de Antofagasta.

En Tocopilla, gracias al apoyo de la Ilustre Municipalidad de Tocopilla, unas 30 plantas de 6 especies fueron instaladas en un jardín ubicado en el Monumento a Alexis Sánchez, el cual quedó al cuidado del personal municipal.

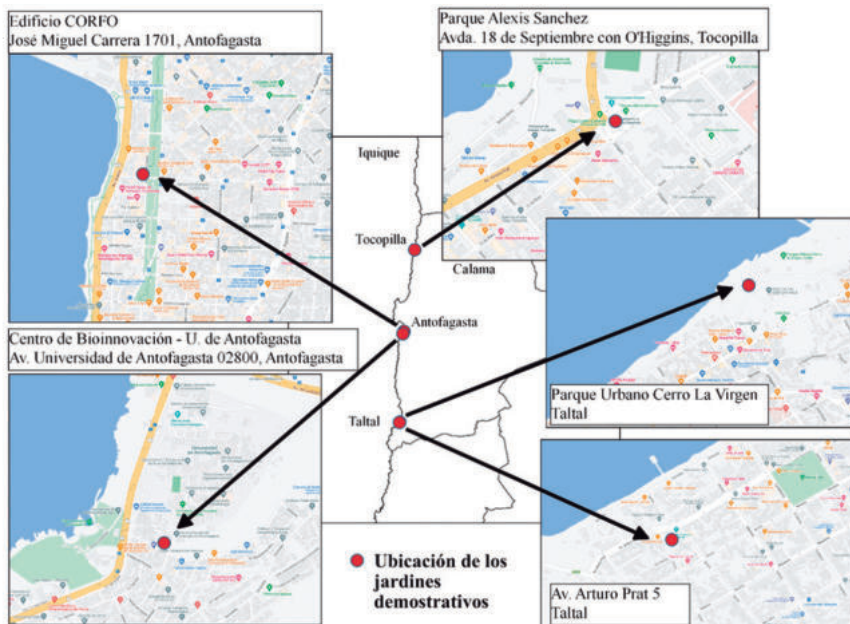
En Antofagasta, otros dos jardines demostrativos fueron instalados. El primero ubicado en el frontis del Edificio CORFO, cuenta en la actualidad con representantes de 7 especies, a pesar de que lamentablemente las plantas de las especies más icónicas para la comuna incorporadas inicialmente, como es el caso de *Plantago nebularis*, *Nolana lachimbensis* y *Senecio antofagastanus*, no lograron establecerse. Un tercer jardín fue establecido recientemente en el Centro de Bioinnovación de la Universidad de Antofagasta. Plantas propagadas de la flora costera fueron también entregadas al Jardín Botánico de Aguas Antofagasta para que fueran incorporadas a su Jardín Regional, con el objetivo de dar a conocer la flora entre sus visitantes.

Otros tres jardines fueron establecidos en Taltal, con el apoyo de la Ilustre Municipalidad de Taltal. El primero, ubicado en el Parque Urbano Cerro La Virgen, un segundo en el Museo Augusto Capdeville y un tercero en un jardín infantil de la comuna. Nueve especies se encuentran representadas en estos tres jardines, incluyendo a un individuo de la especie recientemente descrita, gracias a su hallazgo durante el desarrollo de este proyecto, *Diplostephium paposanum*. Otros ejemplares de esta nueva especie fueron donados, junto a otras diez especies al Vivero Municipal de Taltal, con el fin de motivar el uso de la flora endémica en los espacios urbanos y en la educación ambiental de la comunidad.

En total, suman cerca de 130 plantas de 11 especies las que se encuentra ya instaladas en los jardines de la región, sumando en total más de 400 plantas de 20 especies que fueron destinadas para este objetivo. Esperamos sea sólo un inicio de la incorporación de la flora regional al espacio urbano, aportando no sólo a la belleza y a su valoración, sino que al mismo tiempo es un aporte a la conservación *ex situ* de las especies de flora regional.



Figura 48. Vistas de algunos Jardines demostrativos A) *Plantago nebularis*, plantados en jardín de Antofagasta. B) *Dicliptera paposana* establecida en jardín de Tocopilla. C) *Diplostethium paposanum*, en Museo de Taltal D) *Nolana elegans*, floreciendo en el jardín de conservación del Banco Base de Semillas en Vicuña. E) Vista de Jardín instalado en Taltal.



10. Cartera de proyectos

Como parte de los objetivos específicos de este proyecto, se contempla la creación de perfiles de proyectos que emerjan tanto de los problemas y lagunas de acción identificados en el alcance del proyecto, como de las necesidades de acción relacionadas con la conservación de la flora del norte de Chile.

Dentro de este compromiso, hemos tomado la decisión de dar continuidad a las actividades que se han iniciado. Esto nos permitirá mantener un seguimiento constante de las plantas reintroducidas, así como explorar nuevas técnicas de plantación para garantizar la supervivencia de estos individuos. Además, estamos enfocados en mejorar la priorización de especies, centrándonos especialmente en aquellas que se encuentran en mayor peligro. Entre los otros aspectos que planeamos seguir trabajando, se incluyen los siguientes:

- * Actualizar las priorizaciones usando información evolutiva de las especies.
- * Detectar aquellas especies que tienen poblaciones reducidas debido al cambio climático, tales como diversas poblaciones de especies de cactáceas.
- * Delimitar umbrales de requerimientos hídricos en las especies, para corroborar cuales se verían más amenazadas por la disminución de la niebla.
- * Determinar técnicas de plantación para asegurar la supervivencia de las plantas, comparando diversas técnicas.

11. RESUMEN FINAL

La costa de la Región de Antofagasta alberga una flora única en el país, lo que ha atraído la atención de botánicos desde el siglo XVIII. Esta área cuenta con el 10% de la flora de Chile, incluyendo al menos 100 especies endémicas que solo se encuentran en esta región costera. Estos datos subrayan la importancia de preservar las plantas que crecen aquí. Desde la década del 2000, se ha reconocido la necesidad de conservar la flora de esta zona, debido a las amenazas que ponen en peligro las especies propias de la región. Para abordar este desafío, se publica en el 2014 el plan RECOGE, en el que se establece como prioridad las acciones de conservación de esta flora.

En el proyecto realizado se logró identificar y confirmar la presencia de especies que se conocían muy poco en cuanto a su distribución, incluso algunas que habían estado pérdidas durante casi un siglo y que fueron redescubiertas gracias a este trabajo. También se descubrieron nuevas especies que permanecían ocultas a pesar de las intensas exploraciones botánicas en la zona.

Para garantizar la supervivencia a largo plazo de estas especies, se recolectaron semillas de diversas especies cripticas y se realizaron acciones de conservación *ex situ*. Esto asegura que el material genético de las plantas pueda mantenerse incluso si las amenazas locales las afectan o ponen en peligro su supervivencia. Asimismo, se estudió la germinación y propagación de casi 90 especies recolectadas, muchas de las cuales nunca se habían propagado antes. Gracias a esto, se desarrollaron métodos y protocolos óptimos para la germinación de estas especies. Las acciones de reintroducción también fueron fundamentales, ya que permitieron registrar cuáles son los métodos y condiciones más adecuados. Esto proporciona valiosas directrices y recomendaciones para futuros proyectos de restauración ecológica.

La información generada en este proyecto será crucial para la toma de decisiones basadas en los resultados obtenidos. Esto será esencial para el éxito de futuros proyectos y acciones de conservación de la flora de la costa y del Desierto de Atacama, garantizando la preservación de su biodiversidad para las generaciones venideras.

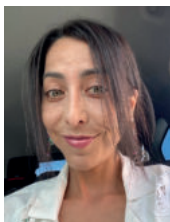
12. Equipo de trabajo



Carolina Pañitrur

Jefa de proyecto

carolina.panitrur@inia.cl



Paola Agüero

Coordinadora de proyecto

pagueroespindola@inia.cl



Sergio Ibáñez

Encargado de conservación

sergio.ibanez@inia.cl



Ana Sandoval

Encargada de propagación

ana.sandoval@inia.cl



Gustavo Bolados

Encargado de restauración

gubolados@inia.cl



Paola Milla

Administración

paola.milla@inia.cl



Marcos Acosta

Técnico terreno

marcos.acosta@inia.cl



Johana Navarro

Técnico laboratorio

johana.navarro@inia.cl



Boletín INIA

www.inia.cl

