



**FUNDACION
REFORESTEMOS**

**PROYECTO
RESERVA NACIONAL LAGUNA TORCA**

INFORME DE CIERRE 2023

11/22/2023

PROYECTO RESERVA NACIONAL LAGUNA TORCA INFORME DE CIERRE 2023

1- ORÍGENES DEL PROYECTO Y OBJETIVOS.

La Reserva Nacional Laguna Torca (RNLT) contiene en su interior uno de los proyectos de control de dunas más importantes del país. El bosque que actualmente conforma la matriz boscosa de la reserva se encuentra compuesto por especies exóticas de rápido crecimiento que se adaptan fácilmente a condiciones de escasez hídrica y déficit de nutrientes. Estas plantaciones, si bien han cumplido satisfactoriamente la función de control de dunas, no representan la vegetación natural de Chile.

Considerando que el proceso de control de duna con especies exóticas ha sido eficaz, otorgando una condición de mayor estabilidad al sistema, es posible pensar que la incorporación de especies nativas en la matriz boscosa de la reserva permita proyectar un recambio parcial. Especialmente, teniendo en consideración que el ciclo de vida de las especies establecidas es mucho más corto que el de especies nativas.

Por otro lado, el trabajo con bosque nativo actual es limitado y presenta grandes interrogantes en torno al éxito de proyectos de reforestación. Debido a esto, existe la necesidad de incrementar la información referente al establecimiento de bosque nativo, ya sea en torno a la respuesta específica especie-sitio, como también, a la efectividad de las ecotecnologías disponibles actualmente. Este proceso es clave en la mejora de toma de decisiones.

Debido a lo anterior, el objetivo general del proyecto de reforestación fue incorporar vegetación nativa mediante forestación en un sector de escasa cobertura arbórea dentro de la Reserva Nacional Laguna Torca. Específicamente, se buscaba constituir núcleos de vegetación nativa de estructura arbórea dentro de la matriz exótica y, probar tecnologías de forestación nativa sobre un sistema boscoso exótico de control de dunas.

2- INFORMACIÓN GENERAL

El proyecto en la Reserva Nacional Laguna Torca comenzó en el año 2019, a través de reforestación con especies nativas que incluyó un ensayo experimental. Durante los años 2020 y 2021 se realizaron dos replantes. Los antecedentes del proyecto se presentan a continuación.

a. UBICACIÓN:

El proyecto de reforestación nativa fue emplazado en el lado Este de la reserva, a 0,5 km de distancia de la Laguna Torca (Figura 1). La superficie de intervención corresponde a un polígono de 2 ha, el cual posee coberturas semidensas a muy abiertas de vegetación arbórea. Además, presenta un estrato arbustivo irregular de especies utilizadas en control de dunas, tales como lupino (*Lupinus arboreus*) y genista (*Genista hispanica*).



b. MATERIAL VEGETAL:

Las especies consideradas para el proyecto de reforestación corresponden a especies propias del bosque esclerófilo de la zona centro sur de Chile. Sin embargo, ninguna de las especies contempladas crece libremente sobre sustrato arenoso, por lo cual es fundamental aplicar tratamientos de ayuda en los primeros años de establecimiento. Las especies utilizadas corresponden a quillay (*Quillaja saponaria*), litre (*Lithraea caustica*), maqui (*Aristotelia chilensis*), molle (*Schinus latifolius*), mayo (*Sophora macrocarpa*), corcolén (*Azara sp.*), maitén (*Maytenus boaria*) y huingán (*Schinus polygamus*).

Las plantas se obtuvieron del vivero Carlos Douglas de Forestal Mininco. El formato de las plantas corresponde a tipo speedling, con un tamaño promedio de 4,62 mm de diámetro a la altura de cuello y 0,48 metros de longitud.

c. METODOLOGÍA DE PLANTACIÓN:

Plantación 2019: 2,0 hectáreas, donde se ejecutaron dos acciones principales dentro de la misma superficie:

- (i) Forestación general: Se empleó el método de plantación en fajas, distanciadas cada 5 metros. Al interior de los pasillos generados se establecieron dos hileras de plantas, cuyas especies fueron distribuidas aleatoriamente. El distanciamiento entre plantas se estableció en terreno, permitiendo que las fajas les brindaran protección a través de un efecto nodriza. Bajo cada hilera de plantas se estableció una línea de riego. Se hicieron casillas manuales de 30 cm de ancho x 30 cm de largo x 30 cm de profundidad. Cada una de las plantas fue protegida con un protector de polipropileno triangular (12 cm en cada cara y 50 cm de altura). El protector se apoyó sobre un tutor de coligue. Se utilizó una densidad de plantación de 1.700 pl/ha. La proporción de especies empleadas correspondió a: 25% quillay (*Quillaja saponaria*), 15% litre (*Lithrea caustica*), 15% maqui (*Aristotelia chilensis*), 15% molle (*Schinus latifolius*), 15% mayu (*Sophora macrocarpa*), 10% corcolén (*Azara sp*) y 5% maitén (*Maytenus boaria*).
- (ii) Ensayo de investigación: Se estableció un ensayo de investigación con 11 parcelas permanentes de 300 m², siguiendo la misma proporción de especies de la forestación general. En cada parcela se probó un tratamiento de apoyo diferente (sin réplicas). Cada parcela permanente quedó con 50 plantas, de igual composición de especies entre sí. Los tratamientos correspondieron a los siguientes: 5 gr/pl de Hidrogel (H), 25 gr/pl de fertilizante Basacote (F) y 5 litros/pl de una mezcla de compost y turba (C+T).

Plantación 2020: Replante sobre plantación 2019 (2 ha). Se emplearon 300 plantas, considerando dos especies, 50% molle (*Schinus latifolius*) y 50% huingán (*Schinus polygamus*). Este replante se hizo fuera de las parcelas incluidas en el ensayo de investigación. El replante se realizó en las casillas con plantas muertas. Previo a la plantación, tales casillas fueron demarcadas con cinta roja. Al igual que en la plantación original, las plantas fueron protegidas por un protector de polipropileno.

Plantación 2021: Segundo replante sobre plantación 2019. Se emplearon 500 plantas de tres especies: 20% quillay (*Quillaja saponaria*), 20% quebracho (*Senna candollella*), 30% huingán (*Schinus polygamus*) y 30% molle (*Schinus latifolius*). En este replante se excluyeron las parcelas del ensayo de investigación. El replante se realizó en las casillas con plantas muertas. Previo a la plantación, tales casillas fueron demarcadas con cinta amarilla. Al igual que en la plantación original, las plantas fueron protegidas por un protector de polipropileno.

d. PROGRAMA DE RIEGO:

Se estableció un programa enfocado en un aporte acorde a la proyección de la plantación, que sugiere una disminución permanente en el tiempo de este tipo de apoyo. El programa se fijó a cuatro períodos de crecimiento: 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023. Los meses de funcionamiento del sistema de riego son entre septiembre y abril (ocho meses). La cantidad de agua por planta para cada riego es de 4 litros. El riego se aplicó a través de un sistema tecnificado por goteo. Durante los dos

primeros dos años se contaba con un cronograma de riego que optaba por regar todas las semanas, al año subsiguiente cada dos semanas y durante el último periodo una vez al mes.

e. MONITOREO

Se realizaron cinco monitoreos: muestreo agosto 2019, muestreo abril 2021, censo octubre 2021, censo mayo 2022 y censo junio 2023. En cada monitoreo se registraron las variables de especie, sobrevivencia (%), longitud de planta (cm) y diámetro a la altura del cuello (DAC, mm).

f. PRÓXIMOS PASOS

En marzo de 2024 se realizará un censo con el objetivo de evaluar el efecto del corte del riego sobre las plantas y lograr esclarecer qué especies presentan una mejor respuesta. Los resultados obtenidos en el censo serán de utilidad para determinar la fecha de retiro de protectores.

En relación al sistema de riego, dado que el tranque se encuentra instalado en la reserva, este será dejado a disposición de la administración de CONAF. Mientras que, las planzas, goteros y microtúbulos serán retirados en marzo 2024 junto con el censo pendiente. El responsable de la supervisión de dicha labor será Manuel Nouveau. Sin embargo, Luis González, Administrador de la RN Laguna Torca, manifestó su intención de contar con el sistema de riego, permitiéndonos dejarlo tal cual está.

3- RESULTADOS

Cuadro resumen de valores promedio de las variables supervivencia (% S), altura (A, cm) y DAC (DAC, mm), medidos en los monitoreos de agosto de 2019 y abril 2021 para el ensayo de investigación

Tratamiento	Agosto 2019			Abril 2021		
	% S	A cm	DAC mm	% S	A cm	DAC mm
(C+T) + H +	100	45,80	4,24	22	43,44	6,26
T	100	47,92	4,89	18	53,32	6,36
H	100	50,10	4,52	28	56,29	6,85
(C+T)	100	50,71	4,75	34	40,81	5,56
F	100	50,96	4,83	8	55,14	7,08
(C+T) + H	100	45,67	4,36	42	35,14	4,85
(C+T) + F	100	46,17	4,57	32	57,06	6,62

Cuadro resumen de valores promedio de las variables supervivencia (% S), altura (A, cm) y DAC (DAC, mm), medidos en los monitoreos de agosto de 2019 y abril 2021 para el ensayo de investigación

	Agosto 2019	Abril 2021
--	-------------	------------

Tratamiento	% S	A cm	DAC mm	% S	A cm	DAC mm
(C+T) + H +	100	45,80	4,24	22	43,44	6,26
T	100	47,92	4,89	18	53,32	6,36
H	100	50,10	4,52	28	56,29	6,85
(C+T)	100	50,71	4,75	34	40,81	5,56

El **monitoreo de 2019** al haber sido realizado en conjunto con la reforestación, todas las especies registraron un 100% de sobrevivencia. En el caso de la altura, corcolén alcanzó las mayores longitudes para la totalidad de tratamientos. Luego, se ubicaron maitén y molle. Maqui obtuvo los menores valores. En el caso del DAC los mayores diámetros se registraron en molle en todos los tratamientos. A continuación, sigue maitén y litre. Los menores diámetros los registró maqui.

Para el **monitoreo de abril de 2021**, los resultados registrados para el ensayo de investigación fueron los siguientes: molle registró los mayores valores de supervivencia para los tratamientos (C+T) + H + F y (C+T) + F. Luego, sigue quillay para el tratamiento (C+T) + H. Las menores supervivencias se registraron para corcolén y maitén en la gran mayoría de los tratamientos (0%). Litre obtuvo valores de 0% para los tratamientos (C+T) + H + F, H, F y T. Altura: molle obtuvo las mayores longitudes para los tratamientos H y (C+T) + F. Luego, sigue maqui para el tratamiento (C+T). Quillay obtuvo las menores alturas para la gran mayoría de los tratamientos en donde se registraban individuos vivos. Maitén y litre registraron valores similares para los tratamientos (C+T) + H y (C+T) + F. DAC: Molle alcanzó los mayores valores para los tratamientos (C+T) + F, H y F. Luego siguen maqui y litre (T y (C+T)) Quillay registró los menores valores para todos los tratamientos con individuos vivos.

En el mismo monitoreo de abril 2021 la reforestación general registró los siguientes datos: Huingán obtuvo valores de sobrevivencia en torno al 84%. Altura: Quillay registró los mayores valores de altura, cercanos a los 111 cm. Huingán registro valores en torno a 47 cm. DAC: Los mayores valores los obtuvo quillay, con valores cercanos a 11 mm. Mientras que, Huingán, obtuvo valores en torno a 5 mm.

En el **censo de octubre de 2021** se registraron los siguientes valores: Para la reforestación de 2019, Molle registró los mayores valores de sobrevivencia. Luego, siguen quillay, litre y maqui. Los menores valores se registraron en maitén, corcolén. Para el replante de 2020 Huingán registró el mayor valor de supervivencia (cercano al 80%). Mientras que, quillay obtuvo valores cercanos a 40%. Finalmente, para el replante de 2021 Molle y huigán registraron valores de 100%, mientras que, quillay alcanzó un valor de 83%.

<i>Quillaja saponaria</i>	<i>Schinus latifolius</i>	<i>Maytenus boaria</i>	<i>Lithrea caustica</i>	<i>Aristolelia chilensis</i>	<i>Senna candolleana</i>	<i>Schinus polygamus</i>	<i>Sophora macrocarpa</i>	<i>Sin identificar</i>	Total
374	555	9	53	8	94	225	1	2	1321

Tabla 1: Cantidad de individuos vivos registrados en el censo 2021.

En el **censo de mayo 2022** se observa un aumento en la cantidad de individuos registrados de litre y huigán en comparación al registro de la temporada 2021 que va allá más de lo atribuible a error de muestreo, lo que es un buen antecedente que podría indicar revegetación de plantas que se contaron

como muertas en el censo anterior. Los valores de sobrevivencia interanual se mantienen constantes lo que indica que la mortalidad es marginal.

<i>Quillaja saponaria</i>	<i>Schinus latifolius</i>	<i>Maytenus boaria</i>	<i>Lithrea caustica</i>	<i>Aristotelia chilensis</i>	<i>Senna candolleana</i>	<i>Schinus polygamus</i>	<i>Sophora macrocarpa</i>	<i>Sin identificar</i>	Total
386	567	9	83	8	88	271	1	0	1413

Tabla 2: Cantidad de individuos vivos registrados en el censo 2022.

En el **censo de junio 2023** los valores de sobrevivencia interanual se mantienen constantes lo que indica que la mortalidad entre años es marginal, con excepción de *Senna candolleana* y en menor medida *Lithrea caustica*.

<i>Quillaja saponaria</i>	<i>Schinus latifolius</i>	<i>Maytenus boaria</i>	<i>Lithrea caustica</i>	<i>Aristotelia chilensis</i>	<i>Senna candolleana</i>	<i>Schinus polygamus</i>	<i>Sophora macrocarpa</i>	<i>Sin identificar</i>	Total
360	553	6	68	1	46	260	1	3	1298

Tabla 3: Cantidad de individuos vivos registrados en el censo 2023.

4- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Al año 2023 no se observa niveles significativos de mortalidad interanual entre censos, lo que es una buena noticia. Sin embargo, en la visita de noviembre del 2023 se observa bastante estrés sobre las plantas que se encuentran en una condición de luz más expuesta, a pesar de encontrarnos en un año con precipitación tardía y bien distribuida sobre los meses de primavera, por lo cual es recomendable moderar la expectativa de establecimiento.

Molle es la especie que mejor respuesta ha tenido en la forestación y si bien, es difícil asegurarlo podrían existir individuos con características suficientes como para liberarlos del riego y establecerse en el sitio, los cuales ya poseen más de un metro de altura y abundante follaje.

En relación a los individuos de quillay no se observa individuos en estado para ser liberados del sistema de riego, sin embargo, se observa buen crecimiento de la temporada. Así mismo, muchos individuos correspondientes a la plantación del año 2021 han reestructurado su copa generando múltiples tallos y presentan buen aspecto.

Huingán y litre presentan crecimiento de la temporada, en el caso de huingán se observan algunos individuos con buen crecimiento entre años, sin embargo, se intuye que aún se requiere más tiempo para el establecimiento de estas especies.

5- EXPERIENCIAS Y APRENDIZAJES

Una de las principales dificultades encontradas en el proyecto corresponde a la labor de riego de la forestación, ya sea por los resultados apreciados en las plantas, como por la mantención del sistema.

A pesar de los constantes riegos realizados en la época estival, no se logró obtener el resultado esperado en sobrevivencia, lo cual podría atribuirse a un déficit en la dosis y frecuencia aplicada (4 L/mes) para las especies utilizadas, o bien, la selección de especies no se ajustó a las condiciones de sitio. Sumado a lo anterior, las constantes alzas en las temperaturas máximas de verano pueden conducir a rápidos descensos en la humedad ambiental y del suelo, más aún, en suelos de textura arenosa como los de RNLT. Lo anterior genera condiciones de estrés hídrico que, en condiciones prolongadas, puede generar la muerte de individuos.

Con respecto a la mantención del sistema de riego, se apreciaron grandes daños en la época de verano, principalmente en planzas y microtúbulos, producto del ataque de lagomorfos. Esta situación fue una constante en los meses de verano, lo cual, en reiteradas ocasiones generó inconvenientes en la ejecución de los riegos. Dada la dificultad de exclusión de lagomorfos, se traduce en un factor que debe ser contemplado en la mantención de sistemas de riegos. En este caso, las labores de reparación del sistema de irrigación previas a cada riego fueron de vital importancia para el desarrollo del proyecto.

Dada la naturaleza experimental del proyecto es relevante mencionar el inconveniente de ausencia de réplicas al momento de obtener conclusiones estadísticamente válidas. Más aun considerando la alta mortalidad apreciada en los primeros años post plantación. Producto de ello, para futuros proyectos experimentales se debe contar con un diseño estadístico robusto que permita capturar la variabilidad inherente a los ecosistemas forestales.

Otro factor influyente en el desarrollo del proyecto corresponde a la poca capacidad operativa de CONAF, producto del escaso personal en la reserva, para ejecutar las labores de riego. Esta situación generó que la responsabilidad de la mantención y ejecución de los riegos se reasignara a Fundación Reforestemos.

6- CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y los objetivos inicialmente establecidos, se podría aseverar que la incorporación de vegetación nativa al sistema de plantaciones de la reserva está siendo exitosa, principalmente para individuos de molle. Sin embargo, es relevante considerar que, dada la condición arenosa del suelo, el establecimiento de los árboles debe ser evaluado una vez que el riego sea suspendido, con el objetivo de identificar los individuos capaces de desarrollarse sin la necesidad de un riego estival permanente. Lo anterior da cuenta de la sensibilidad a la cual se encuentran expuestas las plantas dada la condición edafológica del sitio.

Dada la alta mortalidad inicial del ensayo y la ausencia de réplicas por tratamiento, resulta complejo poder evaluar el éxito del proyecto en el horizonte inicialmente establecido en el proyecto. No obstante, dado los resultados encontrados en la forestación general, se podría plantear que especies como molle y huingán tendrían un potencial desarrollo favorable en condiciones ambientales desfavorables, especialmente esta última en condiciones de sequía. Por otro lado, especies que se hipotetizaba que tendrían un desarrollo favorable, como quillay y litre, se vieron drásticamente afectadas por la sequía. Si bien, estas especies no se desarrollan naturalmente en sustratos puramente arenosos, esta experiencia nos permite ampliar el conocimiento en cuanto a su rango de tolerancia y respuesta a condiciones de estrés.

Otro aspecto relevante a considerar corresponde a la presencia de la vegetación arbustiva exótica presente al interior de la zona de forestación, de la cual se pueden percibir beneficios producto del efecto nodriza de los arbustos, sin embargo, se podría dar también un efecto de supresión sobre ciertos individuos, elementos relevantes considerar en el horizonte de tiempo para futuros proyectos.

Un factor determinante corresponde al periódico ataque de roedores al sistema de riego, que, al coincidir con la época de mayor estrés hídrico, pudo haber estado relacionado con la mortalidad en la época estival de ciertos individuos, producto de los atrasos en la ejecución del riego generados por las reparaciones.

En resumen, se puede concluir que este experimento no cuenta con el diseño técnico adecuado para ser replicable a otras condiciones. Las razones de lo anterior son las siguientes: (i) ausencia de réplicas por tratamiento, (ii) gran consumo de recursos hídricos producto del riego permanente en comparación a la implementación de otras ecotecnologías que brindan una mayor cantidad de servicios ecosistémicos, (iii) en términos estrictos no hay un ecosistema de referencia que guíe el proceso de restauración ecológica, más bien, se plantea un proceso de rehabilitación ecológica que necesita el subsidio permanente de recursos para cumplir una función que el sistema de plantaciones forestales desempeña. Finalmente, desde una óptica de análisis a mediano y largo plazo, desde la perspectiva ecológica y económica, se concluye que el proyecto presenta una falta de sostenibilidad temporal, derivada de la disparidad entre el impacto ambiental generado y los beneficios ambientales percibidos.