

**Reporte de las principales
dificultades de propagación
observadas en el vivero Alto Maipo**
Preparado para Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

ALTO MAIPO SpA

Iván A. Grez M.

Especialista en Flora y Vegetación

Febrero 2018

CONTENIDO

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 2. ANTECEDENTES GENERALES | 4 |
| 3. ACTIVIDADES EJECUTADAS..... | 5 |
| 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES | 12 |
| 5. BIBLIOGRAFIA | 13 |
| 6. ANEXOS | 13 |

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento, da cuenta de las principales dificultades en las etapas de propagación y producción de plantas observadas en el vivero Alto Maipo en el marco de las acciones tendientes al cumplimiento de los compromisos ambientales de forestación suscritos por el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM).

El cumplimiento de los diversos compromisos de forestación actualmente en desarrollo ha requerido de un importante esfuerzo de investigación asociado al conocimiento de la biología reproductiva de las especies involucradas.

Lo anterior, se hace especialmente relevante en especies que, a la fecha, no han sido investigadas, como son las especies altoandinas y xerofíticas particularmente, las cuales son el eje principal del presente informe y han sido consideradas como críticas.

Todas estas acciones han tendido a la optimización de actividades de producción de plantas y revegetación, desarrolladas a la fecha por PHAM en aspectos relativos a:

- Análisis de la disponibilidad de propágulos y aspectos de propagación, con especial énfasis en las especies alto andinas, las que presentan un mayor grado de dificultad por la carencia de información y material para la producción masiva de plantas.
- Mejoramiento de los protocolos de producción masiva para las especies de protocolos conocidos.
- Mejoramiento de la calidad de plantas, desarrollando opciones de acondicionamiento en vivero.
- Análisis y perfeccionamiento de las técnicas de forestación utilizadas en la actualidad.
- Proposición e implementación de modificaciones que permitan aumentar las posibilidades de éxito de las revegetaciones propuestas.

En adelante, se entregan los antecedentes de los principales problemas detectados, la estrategia con que se ha enfrentado y las medidas implementadas en pos de lograr el mejor cumplimiento posible conforme el estado del arte a la fecha.

2. ANTECEDENTES GENERALES

Al considerar los requerimientos de individuos y especies necesarias para el cumplimiento exitoso de los compromisos ambientales en actividades de revegetación suscritos por PHAM, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Se requieren individuos de especies cuya biología reproductiva es conocida y se cuenta con protocolos de viverización exitosos que, en principio, permiten la producción masiva en el corto plazo y que, el Vivero Maitenes, implementa e intenciona su perfeccionamiento.

Sin embargo, también son necesarias especies en las que los antecedentes respecto a su reproducción se revelan como insuficientes y que corresponden al énfasis del presente documento. En estas últimas especies, se ha debido investigar antecedentes tales como su fenología, características de las semillas, tratamientos pregerminativos, protocolos de producción experimental y masiva, opciones de acondicionamiento y desempeño en plantación dado que, en algunos de los casos, corresponden a las primeras experiencias formales realizadas en el país.

Los antecedentes generados a la fecha han permitido aportar al conocimiento de la problemática indicada en todos sus ámbitos y, permiten explicar la situación actual de abastecimiento de ejemplares y su plantación en el marco del cumplimiento de los compromisos ambientales de revegetación del proyecto.

Desde el año 2014 a la fecha se han desarrollado esfuerzos tendientes a la producción masiva de plantas, procediendo por parte de diversos actores a la colecta de germoplasma así como la producción de las plantas en el vivero Alto Maipo para posteriormente revegetar con ellas en los sitios comprometidos.

Las principales dificultades se concentran en las especies de las formaciones vegetales altoandinas, las cuales, al igual que todas, han tenido en las últimas temporadas una muy baja producción de semillas y de muy escasa viabilidad debido principalmente a factores ambientales. Lo anterior, se ha visto agudizado por el importante desconocimiento de la biología reproductiva y cultivo de dichas especies, lo que ha motivado un esfuerzo adicional de investigación de mediano plazo que se encuentra en desarrollo en el marco de un convenio de colaboración suscrito por PHAM y la Universidad de Chile a través del Centro Productor de Semillas y Árboles Forestales (CESAF).

Para avanzar en la solución de la problemática planteada, se ha explorado distintas fuentes de información tales como ensayos desarrollados en el propio vivero, tanto por su unidad de producción como a través de las acciones desarrolladas por el

laboratorio de semillas, implementado al efecto además de experiencias encargadas a terceros entre los cuales se destaca el Jardín Botánico Chagual y el Centro Productor de Semillas y Árboles Forestales de la Universidad de Chile.

El análisis de los antecedentes generados por estos actores, han permitido realizar el diseño e implementación de una estrategia de mejora en los procesos de producción de plantas y revegetación que posibiliten el cumplimiento de los objetivos de revegetación.

Al considerar el desempeño de los individuos de las diferentes especies en terreno, cabe destacar que, la información generada está permitiendo modificar los protocolos de endurecimiento de las plantas en vivero, afinar técnicas en las faenas de plantación y apoyar decisiones respecto al eventual reemplazo de especies en base a los sitios disponibles.

3. ACTIVIDADES EJECUTADAS

Para el desarrollo del presente análisis se contrastaron los antecedentes de informes de colecta de semillas desde el año 2013 a la fecha, además de los inventarios de producción y despacho del vivero Alto Maipo, los requerimientos de forestación anual del proyecto y los inventarios de prendimiento de las plantaciones realizadas.

Los principales resultados del mismo se presentan en adelante a objeto de determinar los puntos críticos de los procesos y las potenciales soluciones a los mismos.

Al considerar las especies que han presentado mayor dificultad de obtención de plantas, ha sido posible determinar las cuales requieren de mayores esfuerzos en investigación y desarrollo.

Cabe hacer notar que, en todos los casos, la dificultad inicial corresponde a la carencia de experiencias anteriores en producción masiva de ejemplares de las especies consideradas, lo cual obliga necesariamente, a realizar un importante número de ensayos que no necesariamente culmina en plantas útiles a los objetivos del proyecto.

La Tabla 1 muestra las cantidades de semillas conseguidas y sembradas en las diferentes temporadas.

Tabla 1: Disponibilidad de semillas y cantidades sembradas en cada temporada.

| <i>Temporada</i> | <i>Especie</i> | <i>Berberis empetrifolia</i> | <i>Chuquiraga oppositifolia</i> | <i>Ephedra chilensis</i> | <i>Haplopappus anthyloides</i> | <i>Mulinum spinosum</i> | <i>Proustia cuneifolia</i> |
|------------------|----------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 2013-2014 | semillas (g) | 447,0 | 566,5 | 634,3 | - | 871 | 207,4 |
| 2014-2015 | Siembras(g) | 329,6 | 396,3 | 1.321,8 | - | 410 | 14,1 |
| 2015-2016 | semillas (g) | 242,9 | 376,9 | 408,4 | 30,4 | 505,2 | 51,7 |
| | Siembras(g) | 762,2 | 219,0 | 5.372,2 | 27,5 | 90 | 24,7 |
| 2016-2017 | semillas (g) | 2.804,8 | 468,0 | 1.424,9 | 61,2 | 902,01 | 436,0 |
| | Siembras(g) | 2.319,1 | 449,3 | 1.266,0 | 29,0 | 468,2 | 113,3 |
| nov-17 | semillas (g) | 504,0 | 76,1 | 42,3 | 1,2 | 433,8 | 322,7 |
| | Siembras(g) | 215,0 | Almácigo | 31,7 | Almácigo | Almácigo | Almácigo |

Es posible destacar, en todos los casos que, la producción de semillas para todas las especies comprometidas en el proyecto, en el período considerado ha sido muy escasa y su viabilidad es extremadamente baja como es posible constatar en los distintos trabajos realizados para ese efecto.

En el anexo incorporado en el presente documento, es posible constatar la disponibilidad y calidad de las semillas para todas las especies colectadas a partir del año 2013 a la fecha, así como los estudios específicos desarrollados en apoyo al logro de los objetivos planteados.

Al abordar las especies consideradas como críticas, a modo de resumen, es posible comentar que los problemas de abastecimiento y calidad de semillas se agudizan. La tabla N°2 ejemplifica los rangos de capacidad germinativa promedio que presentan las mismas, es necesario resaltar que la viabilidad de los lotes es extremadamente variable y los valores entregados son de carácter referencial.

Tabla 2: Viabilidad estimada de semillas (Información CESAF, Chagual y PHAM)

| Especie | Rango de viabilidad % | |
|--------------------------|-----------------------|----|
| Baccharis rhomboidalis | 10 | 18 |
| Berberis empetrifolia | 15 | 87 |
| Chuquiraga oppositifolia | 3 | 12 |
| Ephedra chilensis | 12 | 32 |
| Haplopappus anthyloides | 30 | 60 |
| Mulinum spinosum | 40 | 57 |
| Proustia cuneifolia | 20 | 30 |

Teniendo en cuenta los aspectos relativos a obtención de semillas, su viabilidad y dificultades de propagación, es posible resumir los más relevantes y se exponen en adelante, los antecedentes base utilizados pueden ser consultados en los documentos incluidos en el anexo del presente documento.

Cabe desatacar que, se incorporó además una estimación de la velocidad de desarrollo en vivero que corresponde a la experiencia de los encargados técnicos del mismo.

En todos los casos, la producción de semillas, para todas las especies, ha sido muy escasa y su viabilidad es extremadamente baja como es posible constatar en los distintos trabajos realizados para ese efecto.

La Tabla 3, muestra los principales factores incidentes en la dificultad de propagación, los avances generados por el proyecto y las acciones en desarrollo por parte de PHAM.

Tabla 3: Factores de dificultad y estrategia de propagación implementada.

| Especies críticas | Principales factores de dificultad en la propagación Factores de Dificultad | Avances generados por el proyecto | Acciones en desarrollo |
|---------------------------------|---|---|--|
| <i>Berberis empetrifolia</i> | Baja capacidad germinativa; lento crecimiento; baja sobrevivencia. | Selección de individuos semilleros y optimización época de colecta. | Investigación en tratamientos pregerminativos |
| <i>Chuquiraga oppositifolia</i> | Obtención de semillas; baja capacidad germinativa; muy baja sobrevivencia y lento crecimiento | Selección de individuos semilleros y optimización época de colecta. | Investigación en tratamientos pregerminativos y exploración en propagación vegetativa. |
| <i>Ephedra chilensis</i> | Obtención de semillas. | Selección de individuos semilleros y determinación de protocolo de propagación exitoso. | Propagación masiva exitosa |
| <i>Haplopappus anthyloides</i> | Obtención de semillas; baja capacidad germinativa; muy baja sobrevivencia y lento crecimiento | Selección de individuos semilleros y optimización época de colecta. | Investigación en tratamientos pregerminativos |
| <i>Mulinum spinosum</i> | Obtención de semillas; baja capacidad germinativa; muy baja sobrevivencia y lento crecimiento | Selección de individuos semilleros y optimización época de colecta. | Investigación en tratamientos pregerminativos |
| <i>Proustia cuneifolia</i> | Obtención de semillas; muy baja capacidad germinativa y muy baja sobrevivencia. | Selección de individuos semilleros y optimización época de colecta. | Investigación en tratamientos pregerminativos |

Respecto a la propagación masiva de plantas es posible indicar que, pese a las dificultades indicadas, en todas especies (incluyendo las críticas), se ha logrado importantes avances en el conocimiento de la fenología además de aspectos sobre propagación y manejo en el vivero, pudiendo destacar que, para la presente temporada es posible contar con individuos de todas las especies, aunque aún, para alguna de ellas se trabaja aspectos de su producción masiva.

Los avances a la fecha son promisorios, como es posible observar en los incrementos de producción para todas las especies consideradas. La Tabla 4 muestra las cantidades producidas en las temporadas anteriores y el stock disponible para la presente.

Tabla 4: Disponibilidad de plantas para las temporadas consideradas.

| Especies críticas | Disponibilidad de la temporada | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--------|--------|-----------|
| | 2014 | 2015 | 2016 | Nov. 2017 |
| <i>Berberis empetrifolia</i> | 53 | 2.850 | 1.630 | 5.605 |
| <i>Chuquiraga oppositifolia</i> | 16 | 756 | 622 | 1.246 |
| <i>Ephedra chilensis</i> | 3.855 | 7.842 | 5.333 | 27.550 |
| <i>Haplopappus anthyloides</i> | 34 | 24 | - | 255 |
| <i>Mulinum spinosum</i> | 26 | 67 | 64 | 1.891 |
| <i>Proustia cuneifolia</i> | 11 | 488 | 412 | 819 |
| <i>Total</i> | 6.009 | 14.042 | 10.077 | 37.366 |

Al considerar las importantes dificultades que ha presentado la obtención de plantas por vía sexual, a partir de la temporada 2015-2016, se han iniciado acciones, para las especies más complejas en la obtención de semillas, de propagación vegetativa. Los resultados (pese a que son de pequeña escala) son promisorios y se espera en la presente temporada despachar ejemplares para evaluar su desempeño en campo.

En esta etapa del proyecto, en los casos posibles, se ha optado por efectuar (ante la carencia de ejemplares en vivero), un reemplazo de especies en el entendido que su distribución corresponda a la unidad edafoclimáticamente homogénea y que pertenezcan a la misma formación vegetal propuesta en el compromiso original.

Para estos efectos se utilizaron como patrones las formaciones vegetales definidas por la clasificación de la vegetación de Gajardo (1994) y Luebert & Pliscoff (2006) para el área de intervención.

Cabe hacer notar que esta práctica ha sido importante en la generación de experiencia en producción y plantación de las especies involucradas y que constituirá un valioso antecedente al momento de contribuir a solucionar los problemas de abastecimiento de las especies comprometidas.

A la fecha se intenta la plantación de todos los ejemplares que en el vivero cumplan con la pauta de calidad de planta establecida. Estas características se han desarrollado mediante investigación asociada al convenio suscrito entre PHAM y U.

de Chile. Cabe destacar que se seguirá intentando el cumplimiento de las metas definidas hasta donde sea posible.

Otro factor de importancia en la sobrevivencia de los ejemplares en campo, lo constituye la influencia del micrositio en terreno, lo cual ha evidenciado que hay casos en que la especie propuesta originalmente no tiene buen desempeño en plantación, existiendo otras que se muestran exitosas y se debiera evaluar la posibilidad de reemplazo.

Los montos de compromiso y reemplazo realizados para compromisos de revegetación derivados de incumplimientos en permisos DS 82/1974 se expresan en la Tabla 5, cabe destacar que, en la medida de contar con ejemplares plantables de las especies comprometidas, se privilegia su despacho a terreno.

Tabla 5: Compromisos de plantación permisos DS 82 y reemplazos realizados.

| Rodal | Superficie | Año Plantación | Especie | Estudio DS 82 original | | Plantado |
|-------|------------|----------------|-----------------------------|------------------------|----------|----------|
| | | | | ¿Está la especie? | Cantidad | |
| MOD-5 | 0,03 | 2014 | Berberis empetrifolia | SI | 49 | 4 |
| MOD-5 | | 2014 | Chuquiraga oppositifolia | SI | 49 | 0 |
| MOD-5 | | 2014 | Ephedra chilensis | SI | 49 | 19 |
| MOD-5 | | 2014 | Tetraglochin alatum | SI | 49 | 100 |
| MOD-5 | | 2016 | Guindilia trinervis | NO | 0 | 0 |
| MOD-5 | | 2016 | Haplopappus anthylodes | NO | 0 | 10 |
| MOD-5 | | 2016 | Senecio | NO | 0 | 0 |
| MOD-5 | | 2016 | Colliguaja integerrima | NO | 0 | 123 |
| MOD-5 | | 2017 | Berberis empetrifolia | SI | 49 | 30 |
| MOD-5 | | 2017 | Chuquiraga oppositifolia | SI | 49 | 20 |
| MOD-1 | 1,2 | 2015 | Berberis empetrifolia | SI | 1.636 | 332 |
| MOD-1 | | 2015 | Chuquiraga oppositifolia | SI | 1.636 | 0 |
| MOD-1 | | 2015 | Ephedra chilensis | SI | 1.636 | 1414 |
| MOD-1 | | 2015 | Mulinum spinosum | SI | 1.636 | 448 |
| MOD-1 | | 2016 | Guindilia trinervis | NO | 0 | 2718 |
| MOD-1 | | 2016 | Colliguaja integerrima | NO | 0 | 2748 |
| MOD-1 | | 2016 | Haplopappus velutinus | NO | | 500 |
| MOD-2 | 4,1 | 2014 | Kageneckia angustifolia | SI | 472 | 516 |
| MOD-2 | | 2015 | Baccharis linearis | SI | 2.363 | 218 |
| MOD-2 | | 2015 | Baccharis rhomboidalis | SI | 2.363 | 213 |
| MOD-2 | | 2015 | Berberis empetrifolia | SI | 2.363 | 387 |
| MOD-2 | | 2015 | Chuquiraga oppositifolia | SI | 2.363 | 2 |
| MOD-2 | | 2015 | Colliguaja integerrima | SI | 2.363 | 3356 |
| MOD-2 | | 2015 | Ephedra chilensis | SI | 2.363 | 905 |
| MOD-2 | | 2015 | Guindilia trinervis | SI | 2.363 | 5411 |
| MOD-2 | | 2015 | Haplopappus anthylodes | SI | 2.363 | 4163 |
| MOD-2 | | 2015 | Mulinum spinosum | SI | 2.363 | 105 |
| MOD-2 | | 2016 | Senecio | NO | 0 | 500 |
| MOD-2 | | 2017 | Kageneckia angustifolia (*) | SI | 472 | 110 |
| MOD-2 | | 2017 | Guindilia trinervis (*) | SI | 2363 | 5377 |
| MOD-2 | | 2017 | Kageneckia angustifolia(**) | SI | 472 | 140 |
| MOD-2 | | 2017 | Guindilia trinervis (**) | SI | 2363 | 5531 |

(*) Corresponde a plantación en respuesta a proceso Sancionatorio.

(**) Corresponde a replante por prendimiento año 2017.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Del análisis de los antecedentes expuestos es posible destacar que, pese al retraso en la obtención de plantas plantables de las especies comprometidas, a la fecha se ha avanzado significativamente en el conocimiento necesario para resolver el problema.

Las condiciones ambientales son determinantes como factor de riesgo en el cumplimiento de los objetivos propuestos. Ante esto, es imposible influir en factores como disponibilidad de semillas o viabilidad de las mismas. Por lo anterior, es necesario reforzar la implementación de una estrategia complementaria que incorpore la propagación vegetativa como alternativa de producción de los ejemplares requeridos.

Al considerar las alternativas de manejo y acondicionamiento de las plantas en vivero, estas consideran en la actualidad las condiciones ambientales de los sitios a revegetar. Lo cual eventualmente aumenta la probabilidad de éxito en la revegetación comprometida.

Se debe, para los casos posibles, evaluar y proponer alternativas de reemplazo de las especies propuestas al origen, en función de las experiencias de campo desarrolladas y evaluadas a la fecha.

Esto, además de flexibilizar el cumplimiento del objetivo, aumentaría las posibilidades de éxito basado en la información generada por las acciones desarrolladas en terreno. En este contexto se debe destacar que la diversidad de las especies se mantiene, dado que existen en el entorno y se plantan adicionales, solo afecta la proporción inicialmente propuesta. Esto genera en el rodal establecido, un mayor control ambiental y por ende una mayor probabilidad de que se produzca colonización natural por la presión de propágulos del entorno.

5. BIBLIOGRAFIA

CABELLO, A. 2016. Estudios específicos sobre la germinación de las semillas de algunas especies propagadas por el vivero Alto Maipo. Jardín Botánico Chagual. 116 p.

GAJARDO, R. (1994) La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago.

LUEBERT, F. & PLISCOFF, P. (2006) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 316 p.

6. ANEXOS

ANEXO 1: Informe final colecta semillas temporada 2013-2014

ANEXO 2: Informe análisis semillas temporada 2013_2014

ANEXO 3: Informe final colecta semillas temporada 2014_2015

ANEXO 4: Caracterización de las semillas colectadas temporada 2014_2015

ANEXO 5: Informe final colecta semillas temporada 2015_2016

ANEXO 6: Caracterización de semillas recolectadas en la temporada 2015_2016

ANEXO 7: Compromisos DS82_1974_Germinación de semillas y producción de plantas en Vivero

ANEXO 8: Estudios específicos sobre la germinación de las semillas de algunas especies propagadas por el vivero Alto Maipo

ANEXO 9: Informe final colecta semillas temporada 2016_2017

ANEXO 10: Informe SISJ Vivero Alto Maipo temporada 2014

ANEXO 11: Informe SISJ Vivero Alto Maipo temporada 2015-2016

ANEXO 12: Informe SISJ Vivero Alto Maipo temporada 2016-2017

ANEXO 13: Informe de gestión AQT Vivero Alto Maipo Diciembre 2017