

Cultivo de *Nothofagus alpina* “raulí” en condiciones de invernadero a partir de semillas procedentes de bosque natural.



Alumna: Viviana Edith García

Tutores UNRN: María M. Azpilicueta

Elisa Castán

Tutor INTA: Jorge A. Arias Ríos

Período de Práctica: Septiembre 2021 – Julio 2022

Profesor de Práctica Laboral: Ariel Mazzoni

Director de Carrera: Gustavo Sánchez

Director de Escuela: Javier Puntieri

San Carlos de Bariloche. Argentina.

Índice

Índice.....	2
Características de la Práctica laboral	4
Lugar de realización de la Práctica laboral.....	4
Introducción.....	5
Producción de plantines forestales en la región andino-patagónica	5
Relieve y clima de la región andino-patagónica	6
Especie del ensayo: <i>Nothofagus alpina</i>	7
Distribución y hábitat de los bosques de N. alpina.....	8
Interés por su multiplicación	10
Sistema de producción de plantines de raulí.....	10
Cosecha de semilla.....	10
Limpieza y almacenamiento	11
Análisis de laboratorio	12
Pureza	12
Determinación de peso.....	12
Capacidad Germinativa	13
Energía germinativa	13
Latencia de la semilla	13
Tratamientos Pregerminativos	14
Ciclo de cultivo en invernadero	15
Siembra	15
Repique	16
Estadios de crecimiento.....	17
Factores condicionantes del crecimiento de las plántulas en vivero	18
El agua de riego.....	18
Requerimientos nutricionales.....	18
Sustrato.....	19
Contenedor	19
Calidad de plantín	20
Caracterización cuantitativa de la calidad de un plantín.....	20
Diámetro a la altura del cuello.....	21
Altura.....	21
Objetivos	21

Objetivo general de la práctica laboral	21
Objetivos específicos	21
Materiales y Métodos	22
Recolección y Acondicionamiento del material.....	22
Parámetros de Calidad de semilla.....	24
Pureza	24
Peso de semillas	24
Parámetros de capacidad germinativa y energía germinativa	25
Ciclo de cultivo	25
Tratamiento pregerminativo.....	25
Siembra	25
Repique	27
Número de hojas verdaderas.....	28
Crecimiento inicial.....	28
Resultados y Discusión.....	29
Calidad de semilla	29
Porcentaje de pureza	29
P 1000	29
Capacidad germinativa y energía germinativa.....	31
Calidad de plantín	34
Atributos Morfológicos	34
Conclusión.....	40
Agradecimientos	41
Referencias bibliográficas	42
Anexo tablas.....	45

Características de la Práctica laboral

Este informe se basa en la Práctica Laboral realizada dentro del contenido curricular del Plan de Estudios de la Tecnicatura en Viveros de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN), la cual permite al estudiante aplicar sus conocimientos, habilidades y aptitudes mediante el desempeño en situación real de trabajo. La misma se realizó en el marco de un Convenio de Comisión de Estudios entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Universidad Nacional de Río Negro, con planificación de tareas acordadas mediante Acta de Plan de Trabajo con la estudiante de Tecnicatura en Viveros Viaviana Edith García.

El Ensayo de la Práctica Laboral se llevó a cabo en instalaciones de la Estación Experimental Agropecuaria Bariloche del INTA, con guía de Jorge Andrés Arias Ríos, Licenciado en Biología de la Universidad Nacional de La Plata y becario doctoral CONICET con lugar de trabajo dentro del Grupo de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal. El objetivo de la práctica fue llevar adelante la producción en invernáculo de plantines de raulí entre septiembre de 2021 y julio de 2022.

Lugar de realización de la Práctica laboral

Esta práctica laboral se desarrolló en la Estación Experimental Agropecuaria Bariloche del Instituto de Tecnología Agropecuaria de Argentina, el cual trabaja en la investigación y en la extensión, por medio de sus grupos de investigación, proyectos territoriales y laboratorios. La EEA Bariloche tiene un área de influencia que abarca la provincia de Neuquén y parte de la provincia de Río Negro, caracterizada principalmente por ecosistemas áridos y semiáridos que han modelado sistemas de producción extensivos orientados especialmente a la ganadería ovina y caprina y en menor medida la bovina. La Unidad Bariloche, está organizada en base a cuatro áreas de trabajo: Producción animal, Recursos Naturales, Desarrollo Rural y Forestal.

El área forestal genera conocimientos e información tecnológica para el manejo de los recursos forestales (naturales e implantados) bajo el principio de la sustentabilidad. Esto contribuye al desarrollo de la actividad forestal y al manejo integrado de los bosques en la región patagónica mejorando el bienestar de productores y comunidades regionales. El área forestal además se encuentra dividida en cuatro Grupos: Ecofisiología, Ecología de Insectos, Silvicultura y Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal, siendo este último grupo es donde se inserta el presente ensayo.

Las primeras líneas de investigación del Grupo de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal (1993), se orientaron a las especies nativas raulí y ciprés de la cordillera. Hacia 1998 se inició un programa de mejoramiento genético de Pinos Ponderosa y Oregón, que llevó a producir plantines de estas especies. Luego se sumaron otras nativas, como roble pellín, pehuén y más recientemente sauce criollo, ñire y lenga. La producción de plantines se inició con el sistema tradicional de siembra en canteros a la intemperie y luego

comenzó la siembra y cría de plantas bajo cubierta con la instalación del primer invernáculo. En la actualidad se trabaja con semillas de bosques y árboles identificados asegurando su trazabilidad en todo el proceso productivo. Además, en este sector se propone capacitar a los distintos actores de la cadena de producción y generar nuevas tecnologías y manejos para difundir en los viveros de la región.

Introducción

Producción de plantines forestales en la región andino-patagónica

En la región andino-patagónica se ha venido realizando desde mediados del siglo pasado la producción de plantas forestales en vivero con varios propósitos. En un principio comprendía la instalación de plantaciones industriales de especies exóticas de rápido crecimiento, las que se distribuían en nuestro territorio, según sus requerimientos hídricos, coníferas en zonas áridas y salicáceas en áreas de regadío. En los últimos tiempos se ha sumado a menor escala la producción con otros fines como repoblar bosques naturales degradados, planes de control de erosión hídrica y eólica, arbolado urbano y la creación de parques periurbanos (Buamscha et al., 2012).

Desde 1960 y por varias décadas, en esta región los plantines forestales fueron cultivados por el sistema a raíz desnuda (Andenmatten et al., 1993, citado por Buamscha et al., 2012). Este tipo de sistema tradicional alcanzó en 1999, el 85% de la producción de plantas (Contardi et al., 1999, citado por Buamscha et al., 2012). Este procedimiento tomaba de dos a tres años para obtener una planta, predominando los tipos 1+1, 2+0, 2+1 y 1+2 (Contardi et al., 2005 citado por Buamscha et al., 2012). Esta nomenclatura es utilizada para describir el sistema empleado en la producción de plantines, en la cual el primer número representa las temporadas de crecimiento en el lugar donde la planta germinó (almácigo o contenedor) y el segundo número representa los años que permaneció en el cantero o contenedor donde se trasplantó (Owston et al., 1992, citado por Buamscha et al., 2012).

Desde mediados de la década de los noventa, comenzaron a desarrollarse sistemas productivos intensivos para obtener plantas en plazos más cortos entre 8-9 meses (Enricci et al., 2001; Fariña et al., 2000, citado por Buamscha et al., 2012). Se proponía un sistema en contenedor, tanto en invernáculo como al aire libre, dando muy buenos resultados una vez trasplantados en el lugar definitivo. Este sistema fue ganando aceptación y demanda entre los viveristas, anticipando su consolidación y predominio del sistema en el mercado. En la temporada 2006, solo el 36% de los viveros de la región continuaba utilizando exclusivamente el sistema tradicional de producción de plantines a raíz desnuda, un 28% utilizaba exclusivamente contenedores y un 36% utilizaba los dos sistemas (Contardi et al., 2006, citado por Buamscha et al., 2012). En concordancia con esta evolución, en 2006 el 44% de las plantas de Chubut se produjeron a raíz desnuda (2+0, 1+1 y 2+1) y el otro 56 % en contenedores (contenedor+0) (Contardi et al., 2006, citado por Buamscha et al., 2012).

En cuanto al tipo de especies producidas, hacia fines de la década del 90 los viveros andino-patagónicos proveedores de plantines para forestación en macizo, elaboraban fundamentalmente especies exóticas de rápido crecimiento. Si bien algunos viveros producían especies nativas, siempre lo hacían en pequeñas cantidades y de manera esporádica (Lebed et al., 1993; Núñez et al., 1993; citados por Buamscha et al., 2012). Desde el inicio del 2000, el interés y conocimiento de la producción de especies nativas ha aumentado progresivamente, tanto para producción de plantas a raíz desnuda en los comienzos como en contenedores más recientemente (De Errasti et al, 2009; Enricci et al, 2003; Massone et al., 2002; Tejera et al., 2008; Schinelli et al, 2010; citados por Buamscha et al., 2012). Si bien la producción de plantines de especies nativas está aún muy por debajo de la escala de las especies exóticas de rápido crecimiento, se están haciendo importantes avances en la tecnología de su cultivo. Para que la escala de producción de plantines de especies nativas se incremente significativamente es necesario que se amplíe la demanda y esta se sostenga en el tiempo. Es de esperar que los planes de restauración que se puedan presentar bajo el marco de la Ley Nacional 26.331 de Presupuestos mínimos den un impulso importante a la producción de árboles nativos (Buamscha et al., 2012).

Relieve y clima de la región andino-patagónica

El relieve de los sistemas andino-patagónicos, está dominado por la Cordillera de los Andes Patagónicos, que se extiende por más de 2500 km, entre los 35° y 55° de Latitud Sur. Este sistema montañoso, presenta una barrera a los vientos húmedos provenientes del Océano Pacífico los cuales se enfrían al ser forzados a subir por las laderas montañosas, disminuyendo así su capacidad de retener agua, provocando una descarga en forma de lluvia o nieve. En consecuencia, se genera un marcado gradiente de precipitación en sentido oeste – este, cuyo valor medio anual oscila entre aproximadamente 3.000 mm/año en las altas cumbres (límite internacional entre Argentina y Chile) hasta 800 mm/año en el este en solo 50 km (Veblen et al, 1996).

Las condiciones climáticas de esta región también varían latitudinalmente desde Neuquén a Tierra del Fuego así, la temperatura media del mes más cálido (enero) está entre 20° y 4°, respectivamente y la del mes más frío (julio) se ubica entre 6° y -4° C. En cuanto al régimen hídrico en la zona norte más del 65 % de la precipitación ocurre en otoño-invierno y tanto las primaveras como los veranos son cálidos y secos mientras que en la zona sur, la precipitación anual se distribuye a lo largo del año (De Fina, 1972).

En la región patagónica, asociada a la latitud, la duración del fotoperíodo en época estival alcanza las 16 horas y la radiación directa, tanto del mediodía como de las primeras horas de la tarde, puede condicionar el establecimiento de especies nativas en áreas sin cobertura. En tal sentido, la mayoría de las especies nativas requieren de algún tipo de cobertura de protección a la radiación directa para lograr un prendimiento inicial satisfactorio en plantación (Urretavizcaya et al., 2012).

Especie del ensayo: *Nothofagus alpina*

Nothofagus alpina (Poepp. & Endl.) Øerst, "raulí", es un árbol de hasta 40 metros de altura con tronco recto, cilíndrico de hasta 2 - 3 metros de diámetro. En árboles jóvenes la corteza es de color claro y se halla surcada por franjas blancas, en cambio en ejemplares adultos, la corteza es color café claro o gris oscuro, profundamente agrietada en sentido longitudinal al tronco (Garrido et al., 1979; Hoffman, 1982 citados por Ipinza et al., 2000). Sus hojas caducas, son las de mayor tamaño en el género sudamericano, de hasta 12-18 cm de largo por 5-10 cm de ancho (Ipinza et al., 2000), son papiráceas, ovado-oblongas, simples, alternas, de margen ondulado, suavemente crenado y ápice agudo a obtuso, pubescentes con nervadura central muy notoria en el envés (Dimitri et al., 1974). Son plantas heteromorfas estacionales, dado que presentan distintos aspectos durante las diferentes estaciones del año (Orshan et al., 1989 citado por M. Martí et al., 2004).

Esta especie es diclino monoica, produce flores unisexuales pistiladas y estaminadas en el mismo pie e incluso en el mismo brote. Las flores que emergen en un período de floración vienen preformadas de la temporada anterior de crecimiento. Presenta dicogamia (separación temporal en la maduración de los sexos), en la forma protandria: primero maduran las flores masculinas y al final de la etapa de liberación de polen, se da la receptividad de los estigmas en las inflorescencias femeninas (García et al., 2012). Marchelli et al., (2012) demostraron que la distancia promedio del movimiento del polen por aire para la especie es menor a 35 m. La anemofilia puede ser considerada como un mecanismo que propende hacia la homogeneidad genética dentro de una misma especie y un mecanismo para la hibridación e introgresión entre especies (Ipinza et al., 2000).

Caracteres fenológicos, tales como brotación, floración y maduración de frutos, se expresan en distintos momentos según el sitio de crecimiento, representando esta variación, adaptaciones al clima en cada zona. Tanto *Nothofagus alpina* como otras especies anemófilas de regiones templadas, deben florecer en un período de tiempo relativamente corto para que la polinización cruzada sea efectiva, dando lugar a sus ciclos vegetativos adaptados a la estacionalidad del clima (Marchelli, 2001).

El raulí produce dentro de una cúpula tetraalvada, tres frutos de tipo aquenio de entre 5-8 mm de largo, siendo bialado el central y trialados los dos laterales; por las características de este tipo de frutos se los manipula de manera integral. Se dispersan por anemocoria y gravedad, dada la relación existente entre el peso de la semilla y el pobre desarrollo de sus alas, hace que no se adecuen a recorrer grandes distancias de diseminación, siendo esto una efectiva barrera para la propagación de la especie (Ipinza et al., 2000). Donoso (1993) establece que la distancia de dispersión efectiva del fruto es de aproximadamente una a dos veces la altura del árbol.

El raulí es el *Nothofagus* de mejor calidad de madera en Sudamérica, la cual es moderadamente pesada (0,59 a 0,60 kg/dm³, Tortorelli, 1956 como se citó en Barbero et al., 2011) y muy apreciada por sus cualidades estéticas, maleabilidad y buen comportamiento durante el secado, obteniéndose piezas muy estables para infinidad de usos, incluyendo la

carpintería fina. Por este motivo sus bosques han sido muy explotados, particularmente en Chile (Donoso et al., 1991 como se citó en Barbero et al., 2011). Del lado argentino de la Cordillera de los Andes, el raulí fue cortado en forma selectiva (floreo) en el pasado, en aquellos bosques circundantes a lagos que poseían acceso vial a por lo menos una de sus cabeceras. Actualmente sólo es aprovechado en pequeños volúmenes en el área de reserva del Parque Nacional Lanín, bajo estricto control del Área Forestal Técnica y a través de planes de ordenación forestal (Barbero et al., 2011).

Distribución y hábitat de los bosques de *N. alpina*

La mayor superficie ocupada por bosques de *N. alpina*, se encuentra en Chile, tanto en la Cordillera de los Andes como en la de la Costa (Gallo et al., 2004). En Argentina, el raulí se ha introducido a través de los pasos bajos de los valles transversales de las principales cuencas lacustres en sentido oeste-este (Figura 1), determinando de este modo una distribución fragmentada (Sabatier et al., 2011). Ocupa un total de 80.000 ha que se distribuyen entre los 39°21' S y los 40°35' S (Tabla 1), en forma de bosques puros o mixtos.

Tabla 1

Áreas de bosque con presencia de raulí discriminadas por jurisdicción

Provincia de Neuquén	2.433 ha	3,1%
Parque Nacional Lanín	63.659 ha	79,9%
Parque Nacional Nahuel Huapi	13.544 ha	17%
Total	79.636 ha	100%

Nota: Tomado de Sabatier et al., 2014

El extremo norte argentino de su distribución, está entre los lagos Quillén y Hui Hui, dentro del Parque Nacional Lanín. El extremo sur corresponde a los lagos Espejo Chico y Villarino (Marchelli et al., 1995, Gallo et al., 2000; citados por Sabatier et al., 2014), en el Parque Nacional Nahuel Huapi. En los alrededores del Lago Lácar se dan verdaderos bosques mixtos de roble pellín (*Nothofagus obliqua*) y raulí, mientras que en otras áreas las dos especies se encuentran separadas en bosquetes puros. El roble pellín es más abundante en los pisos altitudinales inferiores, desde el nivel del Lago Lácar a 650 m hasta los 800 m sobre el nivel del mar (msnm). A partir de esta altitud la ocurrencia en simpatria de ambas especies se da en una proporción más equilibrada, hasta que el raulí logra dominar a partir de los 950 msnm formando bosques de mayor pureza hasta la aparición de la lenga, *Nothofagus pumilio* (Poepp.y Endl.) Krasser, lo que ocurre a los 1.150 msnm aproximadamente. Los bosques de raulí continúan subiendo en forma cada vez más dispersa hasta los 1.350 msnm, encontrándose ocasionalmente en algunos sitios individuos a mayores altitudes (Sabatier et al., 2011).

El área de distribución natural en Argentina comprende un rango medio anual de precipitaciones de 1.800-2.800 mm. Según Donoso et al. (1993), la duración del período anual seco para raulí, varía entre 0-4 meses, siendo el mayor valor el correspondiente a la zona de más bajo crecimiento. En estudios hechos en zonas de crecimiento de raulí por Donoso et al., (1993) y Gajardo (1983) en coincidencia con Peralta (1975) para la especie en Chile, se encontraron bosques en suelos desde medianos a muy profundos, tomándose una profundidad mayor o igual a 50 cm con buen drenaje y reacción del suelo con pH entre 4,5-7,0 (Donoso, 1981; Peralta, 1975; Burschel et al., 1976).

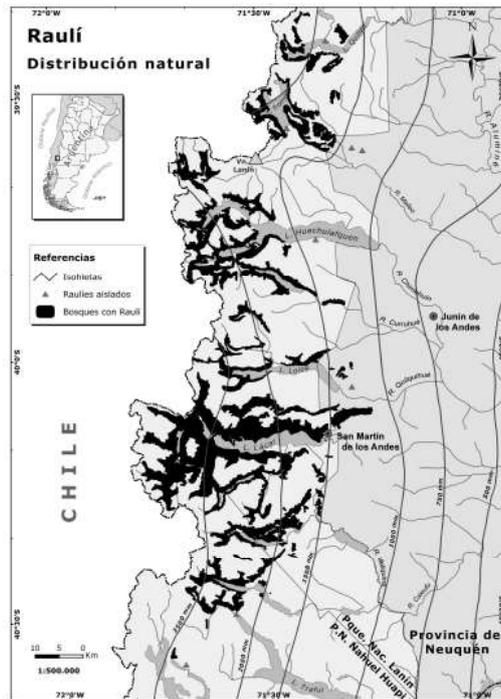


Figura 1. Distribución natural del raulí en Argentina. Tomado de Sabatier et al., 2011.

El cambio climático presente a nivel mundial, es el resultado de manera directa e indirecta de la actividad humana, la que fue modificando la composición atmosférica y que suma a la variabilidad natural del clima, en detrimento de los sistemas naturales y económicos del planeta. En Patagonia, registros climáticos del último siglo indicaron un aumento de la temperatura media anual con disminución de las precipitaciones. Las especies forestales de poblaciones naturales podrán sobrevivir al cambio climático localmente por medio de la adaptación y la plasticidad fenotípica (Aitken et al. 2008). A largo plazo y en ausencia de medidas paliativas, es probable que estos cambios superen la capacidad de los ecosistemas en adecuarse in situ (Duboscq Carra et al, 2018).

Varios son los trabajos científicos que han tratado las consecuencias que tendrán a futuro en cuanto a sobrevivencia y distribución, las poblaciones forestales naturales en un escenario de cambio climático. En Varela et al (2010), estimaron que las plantas de *N.*

obliqua que tienen mayor resistencia al estrés por sequía que *N. alpina*, frente a un futuro cambio climático es muy probable que *N. obliqua* vaya reemplazando a *N. alpina* en los bosques en simpatria y en los puros adyacentes. Sabatier et al (2011) en coincidencia con Varela (2010), determinaron que el rango de distribución natural para *N. obliqua* es más hacia el este que *N. alpina*, ocupando sitios más áridos de los que se encuentra originalmente *N. alpina* presente en sitios más húmedos. Marchelli (2017), estudió la distribución del género *Nothofagus* a futuro, identificando áreas vulnerables con alta probabilidad de pérdida de un gran número de poblaciones de *N. alpina*. Duboscq Carra et al (2018), publicaron que las especies forestales de la Patagonia Norte probablemente vean afectada su distribución natural en la cual se extienden actualmente, como consecuencia del cambio climático, de hecho evidenciaron que algunas poblaciones de *N. alpina* mostraron tener baja capacidad de adaptación para sobrevivir al severo escenario futuro que se prevé.

Interés por su multiplicación

Como trabajo interdisciplinario en vivero, domesticar y llevar a cultivo especies forestales autóctonas, refiere la forma en la que se seleccionan, manejan y propagan estas especies. A través de su plantación como especie de cultivo, se transforma en una alternativa válida a nivel regional con miras a disminuir el impacto sobre el bosque nativo. Asimismo se inician acciones de conservación y restauración, sin dejar de tener presente el recurso económico que genera el mercado con madera de alta calidad, dentro de un manejo silvícola integral y sustentable.

En Patagonia el cambio climático impone nuevas condiciones ambientales ante las cuales las especies arbóreas pueden presentar aclimatación local como estrategia de supervivencia. Caracteres potencialmente adaptativos, como el crecimiento de la plántula y el poder y la energía germinativa, son de vital importancia para seleccionar material genético adaptado y deben tenerse presente para la gestión de programas de forestación con fines de restauración o comercial. De acuerdo con Gallo (2013), “en todos los procesos de domesticación existe un factor común: el ser humano selecciona aquellos individuos y poblaciones que mejor se adaptan a las condiciones de los ambientes disponibles y accesibles. Paralelamente, se van ajustando las técnicas de manejo, cría y/o cultivo y la selección de nuevos ambientes”.

Sistema de producción de plantines de raulí

Cosecha de semilla

Las semillas son las unidades de reproducción sexual de las plantas cuya función es la de multiplicar, dispersar y perpetuar a las especies. En tal sentido, es necesario que maduren, se separen de la planta madre y encuentren las condiciones apropiadas para transformarse en plantas capaces de valerse por sí mismas (Varela et al., 2011). Para el

correcto manejo de las semillas forestales, es esencial tener algunos conocimientos previos sobre las características reproductivas de la especie a cultivar y determinar cuáles y cuántos árboles se deben cosechar, cuál es el momento más oportuno para hacerlo y cuál o cuáles son los mejores métodos. Sumado a esto, antes de organizar una cosecha de semillas que es costosa, deberá tenerse en cuenta cómo han actuado los eventos climáticos extremos durante la temporada previa.

En la mayoría de las especies, la maduración de la semilla se concentra en unas pocas semanas, recogiendo la mayor cantidad de semilla que se pueda, en el breve plazo en que éstas ya han madurado, pero aún no se han dispersado (Varela et al., 2011). La producción de semillas cíclica (vecería) es típica en muchas especies de árboles. En el caso de *N. alpina* se ha comprobado que posee ciclos anuales alternados de producción de semillas (Donoso, 1991a; Donoso, 1992b citados por Quiroz Marchant et al., 2001), con un año de alta producción seguido por otro de baja (Quiroz Marchant et al., 2001). Es aconsejable realizar cosechas lo más grandes posibles en años de alta producción, que suelen coincidir con los de alta viabilidad (Donoso, 1993; Marchelli et al., 1999). Sumado a lo anterior, el número de árboles que participan en la producción de semillas es mayor, elevando la representatividad en la variación genética para las futuras generaciones (Marchelli, 2001). En síntesis, las semillas recolectadas en los años de producción abundante constituyen el material más adecuado para estudios de variación genética, así como también para ensayos de procedencias y prácticas de vivero.

Según Donoso (1999), la diseminación masiva de semilla en *N. alpina* de buena calidad ocurre en un periodo de entre dos a tres semanas, tomando como indicadores de madurez del fruto, su tamaño, forma, color, inicio de apertura de la valva y caída de la nuez. Cuando las valvas de la cúpula de los frutos, pasan de verde intenso a amarillo y luego color crema, con apariencia seca, debe realizarse la cosecha (Ipinza et al., 2000; Martínez et al., 2010), lo cual puede esperarse entre los meses de marzo y abril (Varela et al., 2011).

Se ha encontrado que bajas altitudes y latitudes, producen temprana maduración de frutos, como también plantaciones expuestas al norte y oeste en comparación con las exposiciones este y sur (Donoso, 1993; Cabello, 1987). La cosecha temprana en raulí, evita el daño por *Perzelia* (un lepidóptero que cumple su etapa larval dentro de la semilla consumiendo todo el embrión), que provoca perforaciones en la semilla, disminuyendo su viabilidad en un 70% (Arnold, 1996; Marchelli, 2001).

Limpieza y almacenamiento

Seguido a la cosecha, se procede a la limpieza del material colectado, para eliminar todo material extraño (Schinelli Casares, 2012). Los métodos más empleados para eliminación de impurezas son el tamizado para separar las partículas de mayor tamaño y el ventilado o aventado para las impurezas más pequeñas (FAO, 1991; García, 1991).

La mayoría de las semillas deben secarse acondicionándolas para su posterior almacenamiento teniendo en cuenta, que a menor temperatura de conservación, deberá ser

menor el porcentaje de humedad de la semilla (FAO, 1991). Por ser la semilla de *N. alpina* ortodoxa, admite ser almacenada por tiempos mayores sin perder viabilidad. Arnold (1999) señala que para *N. alpina*, almacenamientos cortos menores a un año, requerirán tan solo de un lugar fresco y oscuro a temperatura baja y constante, evitando la pérdida de humedad de las semillas. En caso de tener que almacenar la semilla por tiempos mayores, se necesitará una reducción de la humedad entre 6 a 8 %, para luego ser conservadas a una temperatura de 2° a 5° C. Además, este rango de temperatura evita el ataque de hongos (*Aspergillus*, *Penicillium* y *Botrytis*) (Mesén et al., 1996). Para comprobar el efecto del almacenamiento sobre la calidad de semilla, es conveniente realizar un análisis de germinación bajo condiciones estables de temperatura y humedad, en estufa o cámara de germinación a temperaturas entre 18 y 23 °C (Azpilicueta et al., 2010).

Análisis de laboratorio

La calidad de semillas expresa el grado en que un determinado lote de semillas cumple las normas establecidas respecto a ciertos atributos que determinan su calidad. Conocer la calidad de las semillas antes de sembrar, es determinante para precisar la cantidad de semillas a utilizar, los rendimientos potenciales, sus requerimientos de pre tratamientos, necesidades de limpieza, entre otros aspectos (Buamscha, 2012).

La *International Seed Testing Association* (ISTA) establecida en 1924, surge para dar una visión de uniformidad en los análisis de semillas a nivel internacional. La misión actual de la ISTA es desarrollar, adaptar y publicar los procedimientos estándar para muestreo y análisis de las semillas, así como promover su aplicación. La semilla es un producto biológico vivo y no se puede predecir su comportamiento con la certeza que caracteriza un análisis de material inerte o no biológico. Las reglas ISTA (2016), especifican que dependiendo del tamaño de la semilla, se debe tomar una muestra que fluctúe entre 1 a 300 g. Los análisis de laboratorio más frecuentes son empleados para la determinación de: pureza, determinación de peso, capacidad germinativa y energía germinativa (Quiroz Marchant, 2009).

Pureza

En un lote de semillas es común encontrar semillas de especies diferentes a aquella que identifica la muestra, además de materia inerte como ramitas, hojas, partes de frutos, etc. De esta manera, la pureza del lote está determinada por la proporción de semilla pura que contiene, considerando semilla pura a aquella semilla de la especie que se colectó e identifica al lote. Se la expresa con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de semilla pura} = (\text{peso de la semilla pura} / \text{peso de la muestra}) * 100$$

Determinación de peso

El tamaño es una de las variables de mayor importancia para el viverista, dado que a iguales condiciones de cultivo, mientras más grandes sean las semillas de una especie,

más rápida será la germinación, la emergencia y mayor la biomasa de las plantas que se produzcan (Escobar et al., 1985, Urrutia 1992). Generalmente, las semillas más pequeñas poseen mayor dormancia y menor viabilidad que las semillas más grandes y medianas (Hoces, 1988). Además, su importancia radica en que permite convertir el peso del lote en unidades de plantines, que es la forma en que luego se trabaja en vivero. El parámetro P1000 es uno de los más utilizados e implica determinar el peso de 1000 semillas puras de la muestra y se lo determina de la siguiente forma: $P1000 = (\text{Media } P100 * 1000) / 100$; siendo $\text{Media } P100 = (x_1+x_2+x_3+x_4) / 4$; donde las x son submuestras de 100 semillas.

Capacidad Germinativa

La capacidad germinativa (CG) es el porcentaje de semillas germinadas con respecto al total sembradas, bajo condiciones adecuadas de temperatura, humedad y disponibilidad de oxígeno (Hartmann y Kester, 1977) al final del período de evaluación. El porcentaje de germinación según ISTA (2016), se expresa de la siguiente manera:

$$\% \text{ Germinación} = (\text{N}^\circ \text{ de plántulas normales} / \text{N}^\circ \text{ de semillas puestas a germinar}) * 100$$

Energía germinativa

Para estimar la energía germinativa (EG) de un lote de semillas, se puede recurrir a distintos cálculos o índices de germinación, que permiten estimar la calidad del lote y comparar cuantitativamente diversos lotes o muestras de semillas, sometidas a diferentes tratamientos. Entre estos indicadores, está el coeficiente de velocidad (Tg), parámetro que permite calcular la velocidad de germinación (V), por medio del siguiente cálculo:

$V = (1 / Tg) * 100$, siendo $Tg = \Sigma (Di * Ni) / \Sigma Ni$, donde $Di =$ Tiempo transcurrido desde la siembra, en días, $Ni =$ Número de semillas germinadas el día Di (Durán et al, 1984 como se citó en Rodríguez et al., 2008). Este indicador permite distinguir entre semillas de germinación lenta y rápida, característica que no brinda la capacidad germinativa y es un indicador de vitalidad y de manejo en vivero. Otro indicador para estimar energía germinativa, es el Tiempo de germinación, tomado como el tiempo necesario para conseguir un porcentaje de germinación determinado (Côme, 1970).

Latencia de la semilla

El estado de dormición, latencia o letargo es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable de germinar, estando bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían las adecuadas (Varela et al., 2011), debido a que su condición fisiológica y/o morfológica se lo impiden (FAO, 1991; García, 1991). Es posible establecer dos categorías fundamentales de dormición de semillas, una la impuesta por las cubiertas seminales y la otra por dormición embrionaria. La primera impone dormición en las semillas por dificultar la absorción de agua o por interferir con el intercambio gaseoso o por la presencia de inhibidores en las cubiertas seminales. También puede darse el caso, que las cubiertas seminales ejerzan una verdadera restricción mecánica a la expansión de la

radícula. La dormición embrionaria deriva del control ejercido por el propio embrión, que estando viable y maduro, es incapaz de germinar en condiciones favorables para la germinación.

En el género *Nothofagus* (roble pellín, lenga, raulí), los frutos se dispersan en otoño quedando en el suelo con un alto grado de latencia, que va desapareciendo en la medida que transcurre el invierno, pudiendo germinar con la llegada de la primavera. En el vivero, se trata de imitar estas condiciones climáticas de frío y humedad para luego acondicionar a las semillas para la germinación, en un clima más benigno simulando la primavera. Las semillas de raulí presentan dormición embrionaria fisiológica, dada por la presencia de ácido abscísico que actúa como un inhibidor de la germinación (Arnold, 1999). En Chile, Calderón Valtierra et al., (1995), identificaron el rol inhibidor de algunos compuestos fenólicos en la cubierta externa, responsables de la dormición exógena, causando retardo y lentitud en el proceso germinativo.

Tratamientos Pregerminativos

Los tratamientos pregerminativos son todos aquellos procedimientos necesarios para romper latencia en semillas, desactivando la dormancia y facilitando la homogeneidad de la germinación. La aplicación en vivero de protocolos pregerminativos adecuados para cada especie permite disminuir el grado de latencia, generando las condiciones mínimas necesarias para la germinación (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991 citado por Varela et al., 2011)

La relación entre viabilidad, capacidad y energía germinativa, es determinante para definir si las semillas analizadas necesitan o no de tratamientos previos a la siembra. Si el valor porcentual de viabilidad es alto, por ejemplo 98% y los valores de capacidad y energía germinativa son bajos, por ejemplo 40%, igualándose al final del ensayo de germinación, la semilla analizada es fuertemente latente y requerirá de un tratamiento intenso para romper su latencia. En cambio, si la viabilidad y la capacidad germinativa se igualan desde el inicio del ensayo de germinación, la semilla analizada no presenta latencia, por lo tanto no se justifican tratamientos previos a la siembra.

El estado de latencia, varía no solo dentro del género *Nothofagus* sino que también dentro de una misma especie según sea su procedencia, por lo cual, no existe la aplicación de un único tratamiento pregerminativo (Donoso et al., 1999). Schinelli Casares (2012), sugiere para raulí, partir de semillas limpias y aplicar tratamientos pregerminativos, con el fin de prepararlas fisiológicamente para germinar en la primavera. Se necesita aplicar tratamientos que provoquen una germinación rápida y homogénea, facilitando las tareas posteriores en vivero. El primer paso para preparar la semilla para la siembra debe ser restituírle la humedad original e incluso aumentarla para contar con la hidratación necesaria al momento de la germinación. Luego que la semilla ha sido hidratada y antes de estratificar, debe orearse en forma natural a fin de que no quede tanta agua en el pericarpio y así evitar la formación de hongos durante la siguiente etapa. El propósito de la

estratificación es romper la latencia del embrión, activando ciertos procesos fisiológicos necesarios para la germinación.

Azpilicueta et al. (2010) recomiendan para la estratificación en *Nothofagus* spp, usar arena esterilizada y humedecerla con una solución fungicida al 5% (Captan, Vitavax). También señalan la conveniencia de usar arena libre de partículas grandes, para facilitar posteriormente la separación de la semilla a través de un tamiz/colador y agua corriendo. Además los mismos autores, mencionan los efectos del uso de ácido giberélico en distintas experiencias (Rowe et al., 1981) encontrándose que la aplicación de hormonas previa a la germinación, ha generado no solo un alto porcentaje de la misma, sino que también contribuyó al incremento de la energía germinativa, logrando la germinación en menor cantidad de días en comparación con la técnica de estratificación frío-húmeda (Donoso et al., 2006 como se citó en Urretavizcaya et al., 2016), dando mayor uniformidad en el lote. Lebed (1993), indica que el lavado de semillas en agua corriente para *Nothofagus* ssp, colocadas en bolsas permeables al agua, durante 48 a 72 horas, resulta óptimo y reemplaza exitosamente a la estratificación frío-húmeda (EFH).

Ciclo de cultivo en invernadero

Tradicionalmente la producción en vivero se realizaba a raíz desnuda al aire libre, insumiendo un plazo mayor a 2 años. En los últimos tiempos, el ajuste de técnicas de producción bajo condiciones controladas llevada a cabo por viveristas permitió la obtención de plantas en sólo una temporada. Ésta técnica que es más intensiva y eficiente, presenta menor margen de error y requiere de gran precisión en todas sus etapas. Si bien permite un mejor crecimiento de las plantas, tiende a producirlas menos resistentes a la intemperie, por lo que la fase de endurecimiento debe efectuarse al aire libre (Quiroz M. et al., 2009).

Siembra

Una práctica común en vivero es realizar un test de flotación al lote de semillas, antes de iniciar el tratamiento pregerminativo, para descartar las vanas y llevar a tratamiento solo las viables. El siguiente paso, es secar la semilla al aire libre, eliminando excesos de humedad, quedando en óptimas condiciones de siembra (Azpilicueta et al. 2010). De acuerdo al poder germinativo propio de cada lote, se elige la metodología de siembra (Navarro et al., 1997). En caso de no contar con este valor o que el mismo sea inferior al 50%, la metodología apropiada es la siembra en almácigos, sistema también indicado en caso de germinación irregular de semillas.

La profundidad de siembra no debe superar al doble del diámetro de la semilla (Buamscha et al., 2012). Una vez definido el tipo de contenedor a emplear, deben ser lavados con agua y puestos en remojo por 15 minutos en una solución de agua lavandina a una dilución del 10% de hipoclorito de sodio al 2,5% de principio activo. Es conveniente que este tratamiento de limpieza y desinfección se efectúe sobre todo el equipo de trabajo que participe tanto en siembra como en repique (Pizzingrilli, com. pers.).

El rango de temperatura de germinación para raulí estaría entre los 15 y 30 grados, con un óptimo de 20 (Escobar, 2007 como se citó en Quiroz Marchant et al., 2009). Mantener la temperatura ambiente sin fluctuaciones, lo más cercana posible al valor óptimo, redundará en una germinación rápida y homogénea (Schinelli Casares, 2012). En invernadero, es perfectamente posible producir plantas de especies nativas en un ciclo de producción de 9 a 10 meses y menos (Donoso et al., 1986a y 1986b; Cabello et al., 1996 citados por Quiroz Marchant et al., 2009). Para ello, se recomienda realizar la siembra entre los meses de agosto y septiembre, lo que asegura que las plantas estén preparadas para su plantación en el mes de junio del año siguiente (Quiroz Marchant et al., 2009).

Repique

El repique es el trasplante de las plántulas emergidas desde el almácigo de germinación a contenedores. Esto se realiza luego de formar completamente sus dos primeros pares de hojas verdaderas, ocurriendo entre 3 y 4 semanas después de la emergencia tanto para roble pellín, raulí y coihue. Entre sus ventajas está el aprovechar en su totalidad la capacidad de germinación de las semillas, selección de plántulas de mayor vigor e inducir una mejor formación radicular (Quiroz Marchant et al., 2001). Una de las desventajas del repique, se debe a que, una planta trasplantada desde el almácigo de germinación a contenedor no logra alcanzar el desarrollo de una no trasplantada obtenida por siembra directa a contenedor (Escobar, 2007, citado por Quiroz M. et al., 2009).

Es posible que las plantas en el almácigo de germinación presenten distintos tamaños de diámetro y altura de tallo. Estas diferencias pueden mantenerse hasta el repique y determinan la sobrevivencia y establecimiento de la planta en el sitio definitivo de plantación, por lo que es necesario realizar una selección de las plántulas al momento del trasplante, aplicando criterios sobre la arquitectura del tallo y color del follaje. En caso de postergar el repique, las plántulas presentarán signos de decoloración en el follaje y estancamiento en el crecimiento, debido a la falta de los nutrientes que necesita para continuar con su expansión (Quiroz Marchant et al., 2001). Además, muchas veces se producen enrulamientos en las raíces por la alta densidad.

Los requerimientos de luminosidad en el post repique, varían según las plántulas de distintas especies. Groesse y Bourke (1988), determinaron que distintos niveles de luz para raulí en vivero, suscitan distintas respuestas de crecimiento en altura, peso de la parte aérea y de las raíces y de la superficie foliar. De acuerdo a estos estudios, un 60 por ciento de luminosidad y un espaciamiento entre individuos de 300 cm², produce los mejores crecimientos durante los meses de noviembre a marzo. En estas condiciones, es posible obtener plantas de 34,5 cm de altura y 4,3 mm de diámetro de cuello a los seis meses con adecuada nutrición.

Dado que el raulí presenta mayor tamaño de hojas, es conveniente el repique a tubetes individuales ya que necesitan mayor diámetro de boca y mayor distancia entre ejes, teniendo en cuenta que en este contenedor completarán su desarrollo en el invernadero. Si

el repique se realiza en el momento óptimo, la raíz no será tan extensa y no será necesario podarla (Schinelli Casares, 2012).

Estadios de crecimiento

Las necesidades de un cultivo están en relación directa con su desarrollo. Una planta desde que germina hasta que cumple su etapa en vivero, tiene distintos requerimientos de luz, agua, nutrientes, entre otras necesidades; por este motivo, se ha dividido la marcha del cultivo en tres fases: establecimiento, crecimiento rápido y endurecimiento. La Tabla 2, resume las tres fases de desarrollo para la producción de plantas de raulí en invernáculo

Tabla 2

Fases del desarrollo de los plantines de un cultivo adaptado para raulí

Fase	Establecimiento	Crecimiento rápido	Endurecimiento
Definición	Comprende desde la germinación y emergencia hasta la formación de hojas verdaderas.	Desde la emergencia de hojas verdaderas hasta el momento en que el plantín se acerca a la altura objetivo. Rápido aumento en tamaño, particularmente en el brote terminal.	La energía es redirigida del tallo al crecimiento de la raíz; la plántula alcanza la altura y diámetro de cuello objetivos; se establecen las yemas laterales. La planta es acondicionada para el estrés.
Duración	Entre 10-15 días para germinar. Luego 45 días para crecimiento inicial.	Esta etapa dura 75 días aproximadamente	Últimos 75 días de la temporada de crecimiento.
Objetivos	Germinación uniforme. Llenar contenedores uniformes. Maximizar la sobrevivencia. Evitar el Damping off.	Minimizar el estrés. Incentivar crecimiento aéreo. Mantener factores ambientales cerca de niveles óptimos. Monitorear a medida que los plantines se acercan a la altura objetivo y la raíz ocupe por completo el contenedor.	Detener el crecimiento aéreo. Incentivar crecimiento en raíces y diámetro del cuello, aumentando la reserva de glúcidos. Inducir dormancia al plantín. Aclimatar para soportar el estrés. Fortificar para sobrevivir después de la plantación
Cuidados especiales	Protección del clima. Temperaturas cálidas. Riego para mantener humedad. Baja fertilización.	Protección al estrés. Optimización de la temperatura. Riego regular. Fertilización adecuada.	Provocar estrés hídrico moderado. Disminución de la temperatura. Exposición a temperatura y humedad ambiente. Reducción de la tasa de fertilización y cambio de las proporciones de los nutrientes.
Tareas	Monitorear germinación. Raleo. Resembrar y/o trasplantar de ser necesario.	Monitorear enfermedades. Monitorear el ambiente. Modificar la densidad del cultivo para favorecer el desarrollo. Evitar una altura de tallo excesiva	Monitorear de cerca plantines y ambiente. Entrega de plantines según lo planificado.

Nota: Tomado de Landis et al., 1989. Adaptado para *N. alpina* por Schinelli et al, 2010.

Factores condicionantes del crecimiento de las plántulas en vivero

El agua de riego

Se determinó que las necesidades de riego en plántulas de raulí 1-0, consisten en reponer tan sólo el 70% del agua evaporada. Reposiciones menores provocaron bajos crecimientos. Reposiciones mayores a 105% causaron igualmente bajos crecimientos, mayor gasto de agua y de energía y generó una mayor susceptibilidad al ataque de hongos (Quiroz Marchant et al., 2009).

Requerimientos nutricionales

Las plántulas sostienen sus demandas nutricionales durante el período de germinación, mediante el consumo de sus reservas que ellas mismas poseen, por lo cual, los sustratos de germinación no requieren de la aplicación de soluciones nutritivas adicionales (Arnold, 1996). Al iniciar la planta el período de máximo crecimiento vegetativo, la demanda de nutrientes debe ser suministrada mediante fertilización mineral (Quiroz Marchant et al., 2009). Los requerimientos nutricionales están en directa relación con el estado de desarrollo de la planta. La diferenciación entre macro y micro nutrientes, es únicamente respecto a las cantidades en las cuales es necesario cada elemento. Los micronutrientes son necesarios en cantidades muy inferiores, pero igualmente importantes para el normal desarrollo de la planta. El déficit de cualquier nutriente, sea macro o micro, puede causar limitantes en el crecimiento y daños en tejido (Nutrición, Te Vi. UNRN, 2021).

El aporte de fertilizantes al sustrato, en los sistemas de cría intensivos con uso de sustrato inerte, puede realizarse en forma líquida, con el agua de riego (fertirrigación) o incorporándole un producto sólido. Estos últimos se incorporan al principio de la producción, obligando a seleccionar el tipo y la cantidad del fertilizante empleado que no podrá variarse, una vez realizada la siembra (Vancon, 1993). A pesar de este inconveniente, estos productos son simples en su manejo y utilizados en la producción de plantas forestales (Mexal, 1984; Landis et al., 1989). El fertilizante sólido de liberación controlada, transfiere de forma regular en el tiempo, los nutrientes minerales hacia el sustrato (Jiménez Gómez, 1992), manteniendo de forma continua y uniforme la concentración de nutrientes (Whitcomb, 1988 como se citó en Oliet et al., 1999), por lo que pueden usarse sin riesgo de daños por salinidad; se ahorra producto, dado que aun en el caso del lixiviado por riego, se pierde solo una pequeña parte (Donald et al., 1991 como se citó en Oliet et al., 1999), generando menor contaminación al medio (Mac Carthaigh, 1994 como se citó en Oliet et al., 1999); son relativamente independientes de la calidad del agua de riego para desarrollar su mecanismo de liberación (Whitcomb, 1988 como se citó en Oliet et al., 1999). Los ensayos en los que se compara la fertirrigación con el uso de esta clase de fertilizantes, constatan desarrollos similares de plantas (Oliet, 1995; Broschat, 1995 como se citó en Oliet et al., 1999; Svampa, 2022). Sin embargo, Donoso et al. (2015), indican que el fertirriego permite ir adaptando la composición química de la nutrición, al estado de desarrollo de las plantas y lo prefiere en comparación a fertilizantes de liberación lenta porque los minerales en solución acuosa se

liberan con mayor rapidez, por otra parte se ajusta la composición química de acuerdo a la etapa de desarrollo. La principal desventaja de los fertilizantes de liberación lenta es que continúan liberando N y K durante todo el periodo vegetativo, haciendo más susceptible a la planta al daño por heladas o por patógenos, dado que sigue siendo estimulada a formar tejido.

Sustrato

El sustrato ideal, en cuanto a características físicas, es aquel que le brinda al sistema radical el balance óptimo entre poros de aireación y poros de retención. Para *Nothofagus* se trabaja con un sustrato compuesto de turba (*Sphagnum* / *Carex*) y arena volcánica (Tabla 3). Esta mezcla nos da la posibilidad de tener un buen balance entre macro y micro poros, de fácil manipulación, fácil esterilización e inerte, lo cual permite manejar en forma completa la nutrición mineral de la planta de acuerdo a sus necesidades. El mismo sustrato se puede utilizar tanto para los almácigos de siembra como para el llenado de contenedores (Schinelli Casares, 2012).

Tabla 3

Porosidad del sustrato

TURBA : ARENA	% POROSIDAD TOTAL	% POROSIDAD DE AIREACIÓN	% POROSIDAD DE RETENCIÓN AGUA
1:1	71	22	49

Nota: Tomado de Schinelli Casares, 2012.

Para producción se recomienda desinfectar el sustrato previo a su uso eliminando de esta forma, presuntos daños por hongos, insectos, bacterias y nematodos en las plantas (Vásquez et al., 2001). La técnica empleada para hacerlo dependerá de los recursos que se disponga, algunos métodos son muy costosos y otros a la vez elevadamente tóxicos.

Contenedor

El contenedor influye en los atributos morfo-fisiológicos de las plantas, tales como longitud y volumen radicular, altura y diámetro del cuello, área foliar, biomasa y estado nutricional de la planta (Quiroz Marchant et al., 2009). La mayor longitud o profundidad del contenedor, es una característica deseable en la producción de especies que desarrollan una fuerte raíz pivotante (Domínguez et al., 1997).

En invernáculos con escaso control ambiental, será necesario el empleo de contenedores individuales, permitiendo hacer raleo, trasplante y manejarlos como lotes individuales de plantas, facilitando su clasificación por tamaño (Buamscha et al., 2012). En el caso de raulí, se puede optar por el uso tubetes de 15 cm de altura x 6 cm de diámetro, resultando la distancia entre ejes de plantas de 6,5 cm. El volumen de tubetes para estas especies es 265 cm³ permitiendo al sistema radicular expandirse hasta llenarlo todo en el

tiempo estimado de cultivo, con formación del cepellón ofreciendo muy baja resistencia para ser extraído del tubete, sin que se desintegre (Schinelli Casares, 2012).

Calidad de plantín

Las plantas utilizadas en actividades de forestación no solo deben poseer un origen genético que responda al objetivo de la plantación, sino también deben cumplir condiciones mínimas de calidad (Urretavizcaya et al., 2015). La calidad de un plantín es entendida como el conjunto de atributos morfológicos, fisiológicos y químicos, que permiten garantizar su capacidad para establecerse y crecer exitosamente en terreno (Mexal, 2012), donde el rol del viverista es fundamental para el logro de estos objetivos. Los trabajos sobre plantines de especies forestales nativas de Patagonia en Argentina que relacionen atributos morfológicos o fisiológicos con la supervivencia y el crecimiento en terreno son escasos en consecuencia, no existen aún estándares oficiales. En Chile la Norma 2957/5 2006 (citada por Quiroz Marchant et al., 2009) indica que el material de propagación de raulí debe cumplir con atributos morfológicos y fisiológicos asociados a la altura (A), el diámetro del tallo a la altura del cuello (DAC), la relación DAC: A y la longitud de raíces según el sistema de producción (Urretavizcaya et al., 2015). Por ejemplo, para plantas de un año producidas a raíz cubierta en contenedor, la norma estima una A de 25 a 35 cm, un DAC mayor a 3 mm, una relación DAC-A mínima de 1/83 y las raíces colonizando todo el volumen del contenedor que debe ser al menos de 135 cm³, las que no se encuadren dentro de estos criterios serían descartadas por no cumplir la calidad mínima para plantín (Quiroz M. et al., 2009).

Caracterización cuantitativa de la calidad de un plantín.

En la elección de árboles para uso comercial se considera óptimo aquellas especies cuya madera presenta características deseables siendo capaz de formar, en pocos años, un tronco largo y cilíndrico, con la menor cantidad de nudos posibles. Fácil de cortar y trabajar, imputrescible y agradable a la vista. Seleccionando especies que toleren altas densidades de plantación, para lograr alto rendimiento en metros cúbicos de madera por unidad de superficie forestada. El proceso de domesticación de árboles forestales consiste en encontrar aquellas especies que exhiban estos rasgos favorables, teniendo en cuenta que una especie que presenta los mejores atributos en un ambiente óptimo, pueda no expresarlos en un ambiente estresante (Puntieri, 2013).

Los atributos morfológicos e Índices de calidad son evaluados al final de la temporada de producción en vivero de plantas nativas, caracterizando en forma cuantitativa la calidad de la planta obtenida en esa temporada de cultivo. Se pueden tomar como estándares para comparar el tipo de planta producido, los publicados en la Norma Chilena 2057 (NCH) 2006, que para el caso de raulí aplica lo indicado en la Tabla A del Anexo, respecto a los atributos morfológicos esperables para Calidad de Plantín (Urretavizcaya et al., 2015).

Diámetro a la altura del cuello

Indica capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, resistencia mecánica y capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta. Estudios realizados por Mexal (2012) indican que, el DAC inicial del plantín en envase, puede ser un gran predictor de su desempeño en plantación dado por la supervivencia, crecimiento en altura y la producción en volumen a largo plazo. Además de ser fácilmente medible, guarda relación positiva con el largo de raíz que es de gran importancia para la adaptabilidad de la planta al sitio definitivo de implantación, de manera tal que al seleccionar plantines en vivero por su DAC, estaremos al mismo tiempo seleccionándolos por su largo de raíz (Duboscq Carra, 2018). Se expresa generalmente en milímetros (mm).

Altura

Relaciona capacidad fotosintética y superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden competir mejor con el resto de la vegetación, implicando buena salud fisiológica y sistema radicular adecuado. Cuando las condiciones del sitio de plantación son adecuadas, la altura inicial del plantín podría correlacionarse con el crecimiento a largo plazo, si bien no tiene efecto sobre la supervivencia (Buamscha et al., 2012). Bajo condiciones estresantes en el sitio de plantación, la altura de un plantín suele tener una correlación negativa con la supervivencia. Rikala (2000), reportó que plantines demasiados altos, que crecieron con una alta densidad en vivero, tuvieron una reducida supervivencia a campo y los criterios de selección se basaron en altura más que en el DAC. Esta variable se expresa generalmente en centímetros (cm).

Objetivos

Objetivo general de la práctica laboral

- Integrar la formación académica de grado con la experiencia práctica a través de la participación temporal en situación real de trabajo como viverista profesional.

Objetivos específicos

- Producir plantines de *Nothofagus alpina* de una temporada de crecimiento, en condiciones de invernáculo, partiendo de semillas y empleando lixiviado como único tratamiento pregerminativo.
- Caracterizar la calidad de semilla
- Evaluar la calidad de plantín alcanzado a través de la comparación con sistemas de producción en invernadero.
- Aportar información técnica sobre la cría de *N. alpina* en estas condiciones ambientales de viverización.

Materiales y Métodos

Recolección y Acondicionamiento del material

Las semillas utilizadas para realizar esta práctica laboral fueron cosechadas en dos poblaciones de bosque natural de raulí, Tren Tren y Boquete dentro del Parque Nacional Lanín (Figura 2), durante la primera semana de marzo de 2021. Estas poblaciones fueron seleccionadas por presentar comportamientos contrastantes en diversos caracteres fenotípicos como fenología de brotación y concentración de pigmentos foliares (Duboscq Carra, et al., 2020; Arias Ríos, et al., 2022). Los plantines generados serán utilizados para producir un ensayo de ambiente común para continuar con los análisis de esta especie.

La población Tren Tren ($40^{\circ}12' S$ y $71^{\circ}25' O$), se ubica al este de la cuenca del Lago Lácar a una altitud de 1.040 msnm, con una pluviometría media anual (pma) de 1.400 mm. Se caracteriza por un clima templado húmedo con estación estival seca y temperaturas medias entre $13,81^{\circ}C$ y $1,61^{\circ}C$, los vientos generalmente provienen del O y NO. El relieve es montañoso, suelos clasificados como Andisoles, caracterizados por la alta capacidad de retención de agua y de fosfatos, permeabilidad a los fluidos e intercambio catiónico, dado por el alto contenido de limo, arcilla y materia orgánica con pH levemente ácido (Ferrer et al. 1990).



Figura 2. Ubicación geográfica de Boquete y Tren Tren. Tomado de Arias Ríos, et al 2022.

La población Boquete ($40^{\circ}01' S$ y $71^{\circ}35' O$), se localiza en la cabecera oeste de la cuenca del lago Lolog a 910 msnm (Figura 2), con una precipitación media anual de 1.600 mm (Marchelli, 2001) y temperaturas medias entre $13,07^{\circ}C$ y $1,37^{\circ}C$. Es un lago de origen glaciar con tres afluentes principales, los arroyos Boquete, Nalca y Auquinco. Está rodeado por un denso bosque andino patagónico, formado especialmente por coihues, ñires, raulíes, lengas y cipreses. Al ser accesible solo por embarcación o travesía a caballo, la flora y fauna originales se conservan en buen estado.

Se buscó cosechar árboles madre distanciados entre sí a más de 30 metros utilizando sogas y tijeras de podar de altura montada en pértiga. En general las ramas portadoras de frutos en los *Nothofagus* se encuentran en el tercio superior de la copa, viéndose dificultada la cosecha desde el suelo, sin la ayuda de estas herramientas.

En primera instancia se cortaron ramas portadoras de frutos con distinto grado de maduración que fueron acopiadas sobre lonas. Luego se realizó una pre limpieza de frutos, disminuyendo así el volumen de la colecta, depositándolos en bolsas de consorcio con su correspondiente identificación por árbol madre, ubicación geográfica y fecha de recolección. Se cosecharon en total seis familias de cada origen, las que se identificaron como B1, B2, B3, B4, B5 y B6 (Boquete) y TT1, TT2, TT3, TT4, TT5 y TT6 (Tren Tren). Una vez concluida la cosecha se emprendió finalmente el traslado hacia el laboratorio de semillas del INTA Bariloche donde fueron almacenadas en ambiente ventilado, libre de humedad, bajo techo donde continuo el secado por alrededor de dos semanas, a fin de que se produzca la apertura natural de todas las cápsulas, momento que indicaría la completa maduración del fruto. El siguiente paso fue la extracción y limpieza manual del material, por medio de zarandas con mallas de distinta granulometría de tamizado. A continuación, los frutos fueron depositados en bandejas plásticas, una para cada madre o familia de medios hermanos, con el correspondiente rótulo, quedando sobre la mesada del laboratorio, sin tapar, completando el período de secado de aproximadamente, diez días. Finalmente se pasó el contenido de cada bandeja a sendos sobres de papel kraft, rotulados, conservándose en cámara de frío, entre 5 °C – 8 °C por 6 meses (Figura 3), hasta el inicio de este ensayo. El 15 de septiembre de 2021, se retiraron del almacenamiento en cámara, los doce sobres de semillas que correspondían a cada uno de los árboles madre cosechados (6 en cada población) representando familias y se procedió al análisis de calidad, dando inicio al Ensayo de esta Práctica Laboral.



Figura 3. Almacenamiento de semillas en cámara de frío.

Parámetros de Calidad de semilla

Pureza

Se procedió al análisis de pureza, tomando solo el lote de la familia Boquete 1, identificada como B1, conformado por semillas puras y materia inerte que aún quedaba sin separar. Se pesó el contenido íntegro del sobre y luego se procedió a separar cada uno de sus componentes. Las semillas de raulí, por ser suficientemente grandes, se las separó del resto a simple vista, con la ayuda de una pinza de laboratorio, sin la necesidad del uso de lupas o lupa binocular. Finalizada la tarea de limpieza, se efectuó la pesada de la fracción de semillas puras en gramos y el resto solo fue materia inerte, no se encontraron semillas de otras especies. Con los datos obtenidos se realizó el cálculo correspondiente.

Peso de semillas

El objetivo de este análisis fue determinar el peso de 1000 semillas puras de cada familia, se registró este indicador como P1000 (Figura 4A). Se utilizó para la pesada balanza analítica (Figura 4B) con una precisión de 0,0001g. Las Reglas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (*ISTA* su sigla en inglés), establece tomar con tres decimales el peso de muestras comprendidas entre 1 g y 9 g.

En forma manual se separaron cuatro sub muestras de 100 semillas cada una. Se pesó cada una y se calculó el valor medio. En algunas familias, se logró el objetivo de calcular el P1000, promediando cuatro sub grupos de 100, pero en otros lotes con menor cantidad de semillas, se formaron tantos grupos de 100, como los que admitió la cantidad presente de semillas, obteniendo este dato con menos representantes.

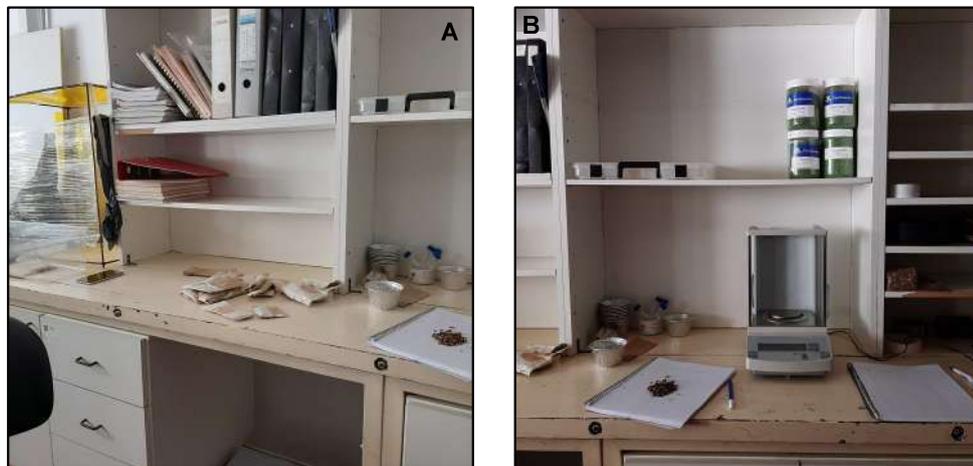


Figura 4. Limpieza y determinación de peso: **A**, sobres con semillas para analizar; **B**, Balanza analítica.

Parámetros de capacidad germinativa y energía germinativa

La determinación del porcentaje de germinación, se realizó directamente en las bandejas de siembra o almácigos. Se realizaron conteos, a los 19, 22 y 25 días de la siembra y se determinó la capacidad germinativa del ensayo (CG) en esta última medición como el porcentaje de germinación y se estimó la energía germinativa (EG) en función de la velocidad de germinación ($V = 1/T_g * 100$). El último conteo se realizó el día 33 de la siembra, previo al repique para evaluar la germinación tardía correspondiente a semillas fuertemente latentes.

Ciclo de cultivo

Tratamiento pregerminativo

Se llevó a tratamiento pregerminativo el total de los lotes cosechados, excepto los pertenecientes a las familias B2, B3, TT4 y TT6, que dada la gran cantidad de semillas presente se decidió tomar una muestra, conservándose en heladera aquellas semillas no utilizadas. El tratamiento pregerminativo empleado fue lixiviado por 7 días, para lo cual se colocaron los aquenios en bolsas de tela permeables al agua, una para cada familia debidamente identificadas, manteniéndolas sumergidas en el agua del arroyo que atraviesa el predio del vivero (Figura 5). De esta manera se consiguió “lavar” los posibles inhibidores de germinación, restituir la humedad natural que poseía la semilla antes del almacenamiento y a su vez ablandar el pericarpio leñoso.



Figura 5. Lixiviado: bolsas con semillas a lixiviar en el arroyo

Siembra

El día 23 de septiembre de 2021 una vez retiradas del arroyo las bolsas de tela, se procedió a colocar las semillas en bandejas plásticas, una para cada familia, con el fin de orearlas y eliminar el excedente de humedad. Por otra parte, personal técnico del vivero, preparó el sustrato compuesto por 50% turba Carex¹ y 50% arena volcánica dentro de una mezcladora de tambor eléctrico. En función del poder germinativo menor al 50% que

¹ La turba es el producto de la fermentación incompleta de restos vegetales por acción del agua en condiciones anaeróbicas y de temperaturas frías a través de miles de años.

presentan las semillas de raulí, se realizó siembra en almácigo. Se le asignó una bandeja de germinación a cada árbol madre, rotuladas de B1 a B6, las seis familias de Boquete (Figura 6 A) y TT1 a TT6, las seis familias de Tren Tren (Figura 6 B). Se llenaron las bandejas limpias a $\frac{3}{4}$ parte de su altura con este sustrato. Para una mejor manipulación, se mezcló una parte de semillas con tres partes de sustrato, se homogenizaron ambos componentes y se distribuyó esta mezcla por la superficie a sembrar en la modalidad "siembra al voleo". Al finalizar se esparció una fina capa de sustrato, de un espesor tal que no superó el doble del tamaño de la semilla. Terminada la siembra, las bandejas fueron trasladadas al invernáculo de germinación (Figura 6 C), donde una vez ubicadas sobre mesadas (Figura 7), finalizó el proceso de siembra con un suave riego manual con regadera. Luego el riego continuó por micro aspersión, la ventilación fue manual sin control de temperatura y los almácigos permanecieron sombreados parcialmente, con malla raschel negra. Promediando el período de germinación, se los cambió de lugar dentro del mismo espacio de mesada porque recibían distinta asolación y para evitar que este efecto indujera diferencias en la germinación y en el posterior crecimiento de las plántulas.

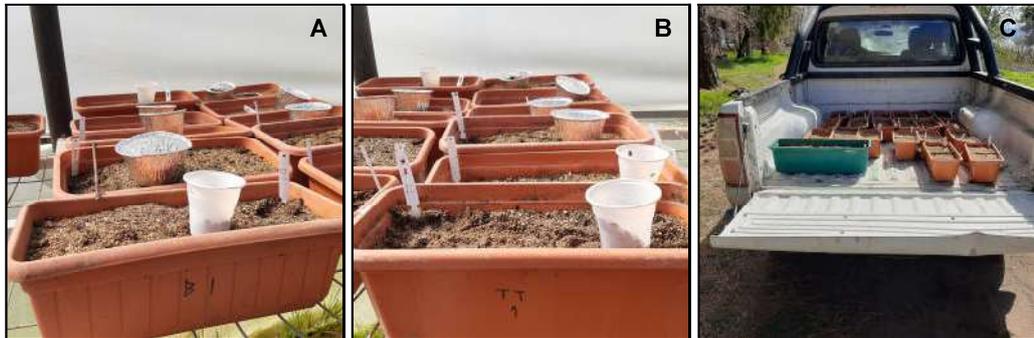


Figura 6. Siembra en almácigo: **A**, semillas procedentes de la población Boquete; **B**, semillas procedentes de la población Tren Tren; **C**, traslado desde el lugar de siembra al invernáculo de germinación.

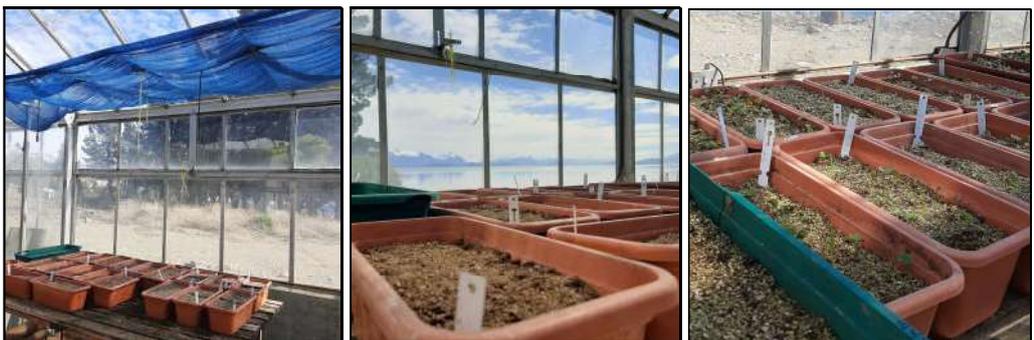


Figura 7. Almácigos ubicados en sitio definitivo en el invernáculo de germinación.

Repique

Luego de la germinación y con la aparición de dos a cuatro hojas verdaderas, se llevó a cabo el 26 de octubre el repique a tubete forestal de 28 celdas (265 cm³ cada tubete). Personal técnico del vivero, realizó la elaboración del sustrato y el acondicionamiento de los contenedores para el repique. Se utilizó un sustrato inerte de iguales características al de germinación que si bien es físicamente ideal, químicamente no tiene capacidad de aportar los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plántulas, motivo por el cual se le agregó Basacote tipo Mini Prill (13-6-16) 6M (https://www.compo-expert.com/sites/default/files/2020-12/FT_BasacoteStarter6M_ES.pdf), fertilizante granulado de liberación controlada, suficiente para seis meses de nutrición. Homogeneizadas todas las fracciones que componen el sustrato, se lo reservó hasta su utilización. Posteriormente, se procedió al rotulado de los contenedores, respetando la información que traían de las bandejas de germinación. Dada la arquitectura radicular pivotante, se eligió un tubete forestal, por la mayor profundidad del contenedor y de 28 celdas, porque estarán solo una temporada de crecimiento.

Se procedió al llenado de las bandejas multiceldas, hasta enrasar el borde superior a continuación se realizó un hoyo de aproximadamente cinco centímetros de profundidad en el centro de cada celda, luego se tomaron las plántulas por la parte baja del tallo y sin tocar la raíz, se las introdujo hasta el nivel del cuello cuidando que no se doblen la raíces. Según el caso se evaluó la necesidad de poda de raíz, tratando de uniformar un largo de 5 centímetros de raíz y que de realizar la poda, esta no sea mayor al 30% del tamaño original de masa radical. Por último se rellenó el hoyo con el mismo sustrato apisonando suavemente con los dedos. El repique se llevó a cabo en condiciones climáticas agradables, sin temperaturas extremas, aun así, la ejecución fue rápida evitando su excesiva manipulación. Se seleccionaron las plántulas para ser repicadas a tubete teniendo en cuenta fundamentalmente criterios de altura, grosor del tallo y color del follaje (Figura 8).



Figura 8. Repique a bandeja forestal de 28 celdas.

Ubicadas sobre las mesadas en el invernáculo de crecimiento, se da inicio al riego automatizado por micro aspersión. Dispuestas en forma paralela una población con

respecto a la otra y en orden numérico creciente por familia, de izquierda a derecha. Al dar inicio a la medición del día, la familia que estaba al frente pasaba a estar detrás, de manera tal de no mantener posiciones fijas; proceder que se sostuvo incluso con los cambios de mesadas.

Las bandejas de las familias 1, tanto Boquete como Tren Tren, siempre contaron con el lateral izquierdo libre, no así las familias 6, de ambas poblaciones, que eventualmente, lindaron con bandejas pertenecientes a otro ensayo. Las bandejas internas, poseyendo ambos laterales lindantes con sus vecinas, posiblemente recibieron menor calidad de luz e intercepción del riego, sobre todo promediando la etapa de crecimiento rápido, dada la alta densidad del dosel vegetal. La bandeja de la familia TT3 tuvo dos filas libres, por lo cual, recibió mayor asolación y menor intercepción de riego en su parte lateral. Igual situación se dio en la bandeja de las familias B3 y B4, que contaron con una fila intermedia vacía.

Número de hojas verdaderas

Se realizaron doce conteos de hojas verdaderas con una frecuencia de dos por semana, desde el 29 de octubre hasta el 14 de diciembre. A partir de la séptima medición, por la alta densidad del dosel vegetal se complejizó esta tarea, pudiéndose encontrar errores en la cantidad de hojas registradas. Las hojas son los principales órganos de la fotosíntesis y están estrechamente relacionadas con la producción de biomasa, siendo los caracteres foliares predictores de la performance de una planta (Duboscq Carra, 2018).

Crecimiento inicial

Se tomaron datos de altura y diámetro de tallo a la altura del cuello. Se utilizó regla graduada en mm para registrar la altura desde el cuello de la plántula hasta la yema apical terminal, expresada en milímetros. Se tomó por cuello a la zona del tallo que coincide con el nivel del sustrato, utilizando para su medición calibre digital. Se realizaron doce mediciones continuas de altura, con una frecuencia de dos por semana a cada una de las plántulas, desde el 29 de octubre hasta el 14 de diciembre de 2021. La primera semana de julio de 2022, se realizó la última mensura con las plantas senescentes, tomando diámetro a la altura del cuello y altura de tallo dando por finalizado el presente Ensayo.

Con el dato estimativo del número de hojas por cm de tallo, para poder cuantificar de manera aproximada la densidad del dosel vegetal, junto con el diámetro del tallo a la altura del cuello (DAC) y altura del tallo se comparó las distintas respuestas al crecimiento entre y dentro de ambas poblaciones, bajo iguales condiciones ambientales, dado que compartieron el mismo invernáculo y la misma nutrición, permitió precisar, por un lado adaptabilidad local y por otro, en función de los caracteres morfológicos expresados, posibles usos ya sea en lo comercial o en servicios ambientales.

Resultados y Discusión

En la Tabla 4 se resume el ciclo de cultivo por familias según procedencia, en número o porcentaje de individuos presentes en cada etapa del ensayo. Las familias Boquete 2, Boquete 3, Tren Tren 4 y Tren Tren 6, por el gran número de semillas existentes en los respectivos lotes, se decidió tomar una muestra representativa para llevar a ensayo.

Tabla 4

Individuos por familia en las distintas etapas del ciclo de cultivo

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	TT1	TT2	TT3	TT4	TT5	TT6	Total
Cosecha	325	--	3247	254	186	332	541	248	95	--	560	960	--
Siembra	325	300	462	254	186	332	541	248	95	300	560	175	3778
Germinación (%)	27	21	1	3	22	6	5	8	12	17	3	29	11
Repique	28	28	6	15	28	28	28	26	13	28	28	28	284
Sobrevida I	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Sobrevida II	100	89	100	93	100	96	89	100	100	100	89	96	96

Nota: Cosecha: total de semillas cosechadas por familia en marzo 2021. Siembra: total de semillas sembradas por familia luego del tratamiento pregerminativo el día 23-09-21. Germinación: porcentaje de semillas germinadas al día 25 de la siembra el 18/10/21. Repique: individuos seleccionados repicados a tubete forestal el día 26/10/21. Sobrevida I: porcentaje de individuos al 14 de diciembre de 2021. Sobrevida II: porcentaje de individuos a julio de 2022.

Calidad de semilla

Porcentaje de pureza

El porcentaje de pureza calculado para la familia Boquete 1 fue de 91,7%. En algunas ocasiones conservar semillas con impureza podría acarrear problemas sanitarios, por tal motivo y aun contando con semilla pura, Quiroz M (2001) sugiere la aplicación previa al almacenamiento, de un fungicida como Pormazol forte (Thiram) 80% WP a razón de 2 g / 1kg de semilla, para evitar riesgos. El dato de pureza, es relevante al planificar la siembra en vivero, permite estimar el rendimiento de la producción y la densidad de siembra (Poulsen, 1999 citado por Urretavizcaya, 2016).

P 1000

Dentro de cada población se registró que aquellas familias que tuvieron alta producción de semillas fueron a su vez las que presentaban mayores valores de P1000. En

la población Boquete, las familias B2 y B3, que fueron las semillas más grandes, fue donde por la alta cosecha, se tomó una muestra para llevar a ensayo. Igual situación se presentó en TT6. En la Tabla 5 se dan los parámetros de calidad de semilla por familia según origen.

Tabla 5

Determinación del peso de las semillas.

Familia	Peso (g)	Cantidad	P1000(g)	Semillas/g
Boquete 1	2,550	325	7,85	127
Boquete 2	3,251	300	10,84	92
Boquete 3	4,237	462	9,17	109
Boquete 4	1,972	254	7,76	129
Boquete 5	1,694	186	9,11	110
Boquete 6	2,726	332	8,21	122
Media Boquete			8,82	115
Tren Tren 1	5,065	541	9,36	107
Tren Tren 2	2,214	248	8,93	112
Tren Tren 3	1,052	95	11,07	90
Tren Tren 4	3,011	300	10,04	100
Tren Tren 5	6,008	560	10,73	93
Tren Tren 6	2,390	175	13,66	73
Media Tren Tren			10,63	96

Nota: Peso: peso de la muestra de semilla pura de cada familia. Cantidad: número total de semillas por muestra. P1000: Peso de 1000 semillas. Semillas/ g: Cantidad de semillas presentes en 1g.

La reserva de nutrientes y agua en la semilla de raulí aumenta de manera gradual y continua, a medida que las condiciones ambientales se van haciendo más extremas, otorgándole mayor sobrevivencia a las plántulas en condiciones de sequía y altitud (Donoso, 1979, 1987; Müller et al., 1981). Los resultados a nivel poblacional del ensayo indican que las semillas provenientes de Tren Tren, población con menor precipitación media anual y mayor altitud que Boquete, son más grandes dado que corresponden a una región en la que hay mayor probabilidad de estar expuestas a periodos prolongados de sequía (Tabla 6). Tomando a todas las semillas del ensayo sin distinción de origen, demostraron ser más pesadas que los rangos publicados para la especie tanto en Chile como en Argentina (Anexo, Tabla B).

Tabla 6

Peso de semillas

	P1000		Semillas / g	
	media (g)	rango (g)	media	Rango
Boquete	8,82	7,76 – 10,84	115	92 – 129
Tren Tren	10,62	8, 93 – 13,66	96	73 – 112

Capacidad germinativa y energía germinativa

La capacidad germinativa del ensayo fue del 11% a los 25 días de la siembra con 402 semillas germinadas de 3778 sembradas (Tabla 7), encontrándose dentro del rango de los datos publicados para esta especie (Anexo, Tabla B).

Tabla 7

Capacidad germinativa

Familia	Cantidad	0	19	22	25	CG (%)
Boquete	1859	0	143	162	225	12
Tren Tren	1919	0	90	113	177	9
Ensayo	3778	0	233	275	402	11

Nota: Cantidad: número de semillas sembradas. Días 0: Siembra; 19-22-25: Conteos acumulado de Germinación. CG: Capacidad Germinativa.

La germinación de las semillas en los almácigos siguió después del último conteo evidenciando cierto grado de latencia que no fue eliminada del todo por el lixiviado. Así, la semana posterior al último conteo con el que se calculó la CG (día 25 de siembra), se registraron 570 germinaciones entre las dos poblaciones sin distinción de origen (día 33 de siembra), dando una diferencia del 42% entre ambos conteos. La Figura 9 A muestra la capacidad germinativa del ensayo, notándose un aumento en este porcentaje hacia el final del proceso, que puede estar relacionada a los distintos grados de latencia presentes en las semillas, los que fueron desactivándose con el transcurrir de los días post siembra. A nivel poblacional el mayor tamaño de semilla en Tren Tren no se asoció a una más rápida emergencia, ni a un mayor porcentaje de germinación, sino que ambos parámetros resultaron superiores en Boquete (Figura 9 B).

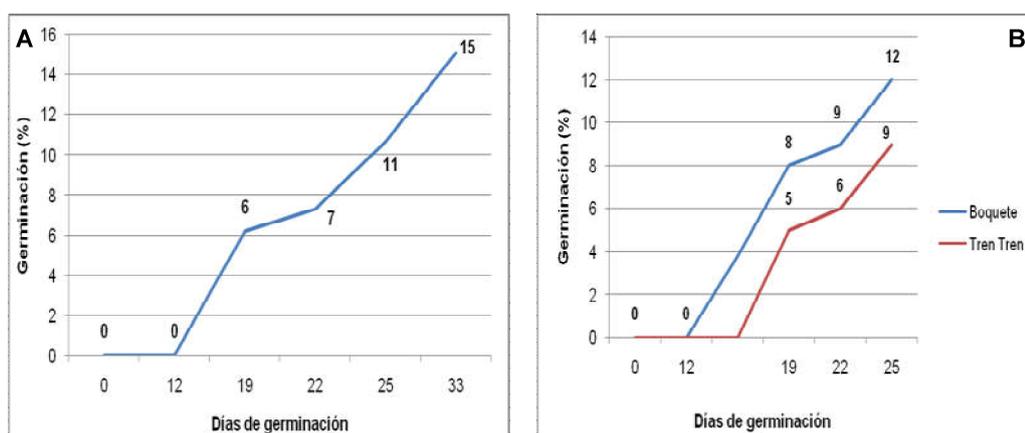


Figura 9. Capacidad germinativa. **A:** CG tomando a todas las semillas del ensayo sin distinción de origen. **B:** CG por población. Día 0: Siembra; 12: Fin período de latencia; 19 22, 25 y 33: conteos de germinación.

Según Breitembücher (1998), el peso de la semilla de raulí está en relación directa con su CG, característica que no se dio en este ensayo. Elaborar conclusiones acerca de la viabilidad de semillas de raulí en función del porcentaje de germinación, conduce al error de tomar por no viables, semillas que no germinaron por ser fuertemente latentes, característica común en esta especie forestal.

Las primeras germinaciones del ensayo se dieron a los 13 días de la siembra (fin del período de latencia) en las familias B1, B2 y B5, siendo a la vez, las mejores en CG y EG medida como Velocidad de germinación (Tabla 8). Estas tres familias, recibieron mayor asolación en el invernáculo de germinación que el resto por lo cual promediando el periodo de germinación, se las redistribuye dentro del mismo espacio de mesada. Boquete 3, que presentó muy buena EG, tuvo muy baja CG, posiblemente debido a la presencia de semillas vanas y algunas fuertemente latentes. En este origen, B2 fue la familia con mayor producción de semillas, mayor P1000, menor período de latencia y altas CG y EG.

Dentro de la población Tren Tren, TT6 mostró alta producción y el mejor tamaño de semilla con la más alta CG para su origen. La EG fue similar a nivel familiar, destacándose TT1, TT2 y TT3 por superar el promedio de Velocidad de germinación en Tren Tren.

Tabla 8

Capacidad germinativa y Energía germinativa

Familia	%CG	V
B1	27	4,76
B2	21	4,83
B3	1	4,88
B4	3	4,37
B5	22	4,95
B6	6	4,48
Media Boquete	12	4,71
TT1	5	4,81
TT2	8	4,69
TT3	12	4,72
TT4	17	4,59
TT5	3	4,67
TT6	29	4,55
Media Tren Tren	9	4,67

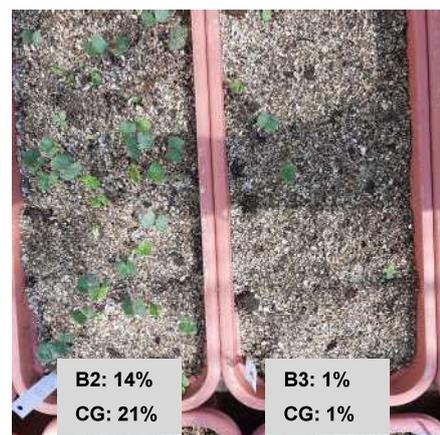
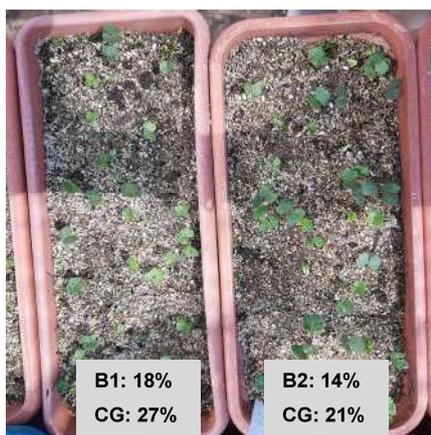
Nota: Familias Boquete B1-B6; Tren Tren TT1-TT6. CG: Capacidad germinativa. V: Velocidad de germinación.

En cuanto a las características seminales de germinación, el origen Boquete presentó menor tiempo de latencia, mientras que Tren Tren mostró tener germinación más tardía lo cual es esperable teniendo en cuenta su origen, siendo que a mayor altitud aumenta la probabilidad en la ocurrencia de heladas tardías en primavera (Mason, et al., 2017; citado por Duboscq Carra, 2018).

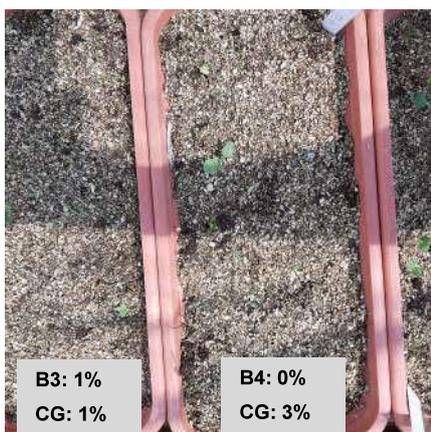
La CG y viabilidad de las semillas de raulí es baja e irregular lo cual se podría explicar por diversos factores como calibre de la semilla, procedencia, época de cosecha, presencia de semillas vanas, entre otros (Figuras 10 A y B). Estas presentan además de los compuestos fenólicos inhibitorios de cubierta (Valtierra et al., 1992), latencia fisiológica (Arnold, 1999) y al aplicar lixiviado como único tratamiento pre germinativo, pudo no haber sido del todo efectivo, dado que este es un tratamiento para latencia exógena o de cubierta.

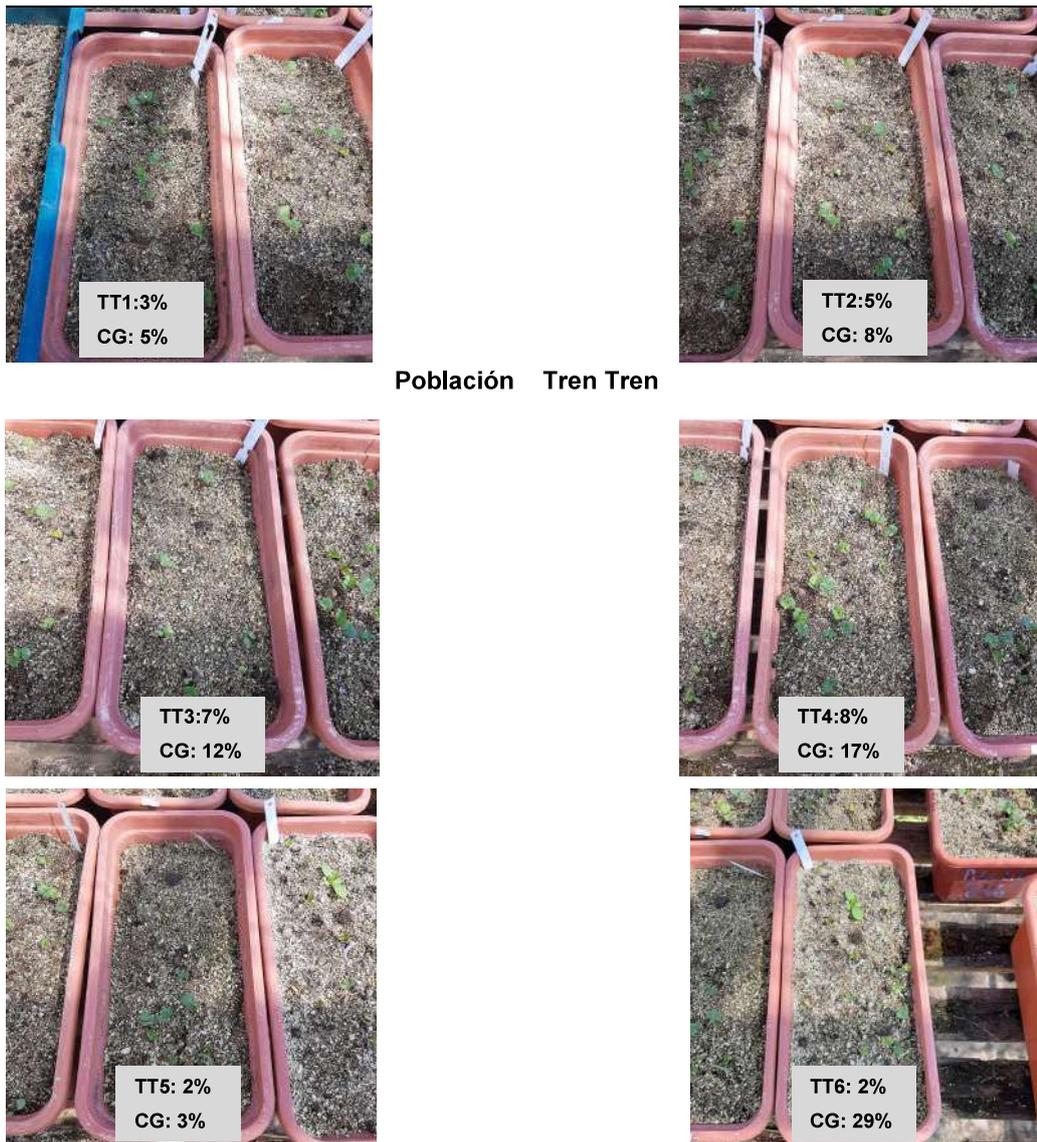
Según trabajos publicados para raulí, los porcentajes de germinación se ven incrementados al aplicar, luego de la hidratación de semillas, EFH para romper estados de latencia fisiológica (Varela et al., 2011), porque simula el frío y la humedad del invierno, que en condiciones naturales, desactivan estados de dormición de las semillas dispersadas en otoño, dejándolas en condiciones aptas para germinar en primavera.

En síntesis, para una mejor organización de las tareas en vivero, sería conveniente previo a la siembra, realizar una calibración del lote para clasificarlas por tamaño (Albornoz y Fischer, 1981) y un test de flotación, para eliminar las semillas vanas (Donoso, 1999; Varela et al., 2011), de esta forma se llevan a tratamiento pregerminativo, solo las semillas viables y se establecen condiciones de siembra según tamaño.



Población Boquete





Población Tren Tren

Figura 10. Comparación de los % de germinación al día 19 respecto a la CG al día 25 de siembra, en cada familia del ensayo.

Calidad de plantín

Atributos Morfológicos

La sobrevivencia alcanzada por las plántulas a dos meses del repique fue del 100% y al final de la temporada de crecimiento fue del 96%. Esta reúne la combinación de múltiples factores que fueron detallados en los condicionantes del crecimiento, dando como resultado un alto porcentaje de sobrevivencia, en comparación con trabajos aquí citados para la misma especie y bajo condiciones ambientales similares.

Al graficar la curva de crecimiento en altura de tallo (Figura 11 A), tomando a todas las plantas en conjunto, sin distinción de origen, se obtuvo un gráfico de similares características al publicado para esta especie por Schinelli Casares (2010). El número de

hojas (Figura 11 B), acompañó al crecimiento del tallo generando una curva de similares características a la de crecimiento implicando un aumento en la capacidad fotosintética que se lo puede relacionar con un mejor desarrollo y productividad.

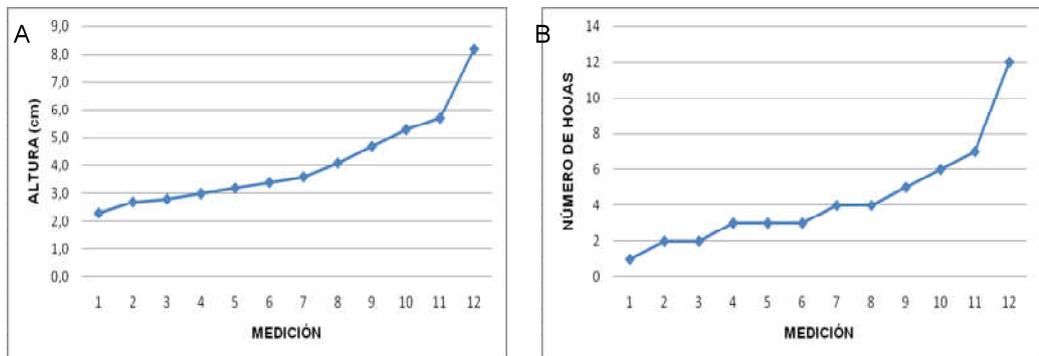


Figura 11. A: Altura de tallo. **B:** Número de hojas verdaderas. 1-12: Mediciones tomadas a partir del repique a tubete forestal desde el 29 de octubre de 2021 al 14 de diciembre de 2021. Datos promedio de todos los individuos sin distinción de origen.

Las curvas de crecimiento resultantes para cada procedencia (Figura 12), siguieron un trazado paralelo, en donde la población Boquete mostró una mayor altura de tallo durante todas las mediciones.

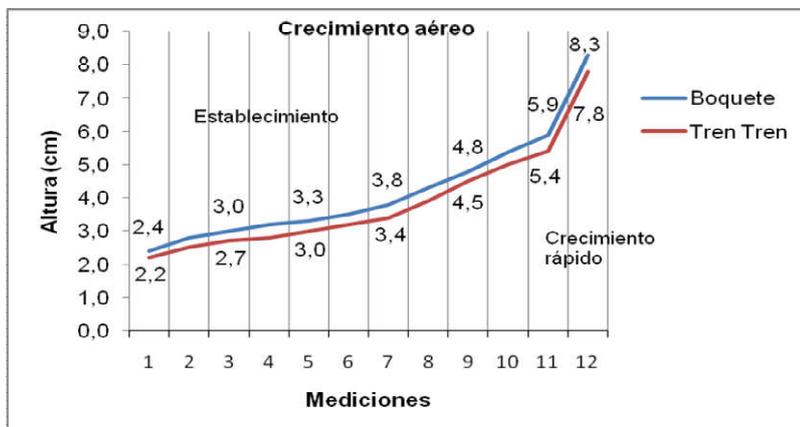


Figura 12. Altura promedio por población. 1-12: Mediciones tomadas a partir del repique a tubete forestal desde el 29 de octubre hasta el 14 de diciembre de 2021.

Según la clasificación de Dumroese (2012) en su trabajo sobre las fases de un cultivo (citado por Buamscha et al., 2012), la etapa de Establecimiento de este ensayo se registró entre las mediciones 1 a 5, período en el cual las plántulas mantuvieron un crecimiento uniforme, tal como es el esperado para esta especie (Figuras 13 A y B).



Figura 13. Plantas al día 12/11/2021 a dos semanas del repique. Poblaciones Boquete y Tren Tren.

Se observó que a partir de la medición 11, correspondiente al 3 de diciembre, el crecimiento fue exponencial, comportamiento esperable al período en curso, Crecimiento rápido (Figura 14). La medición siguiente, 14 de diciembre fue última de este período.

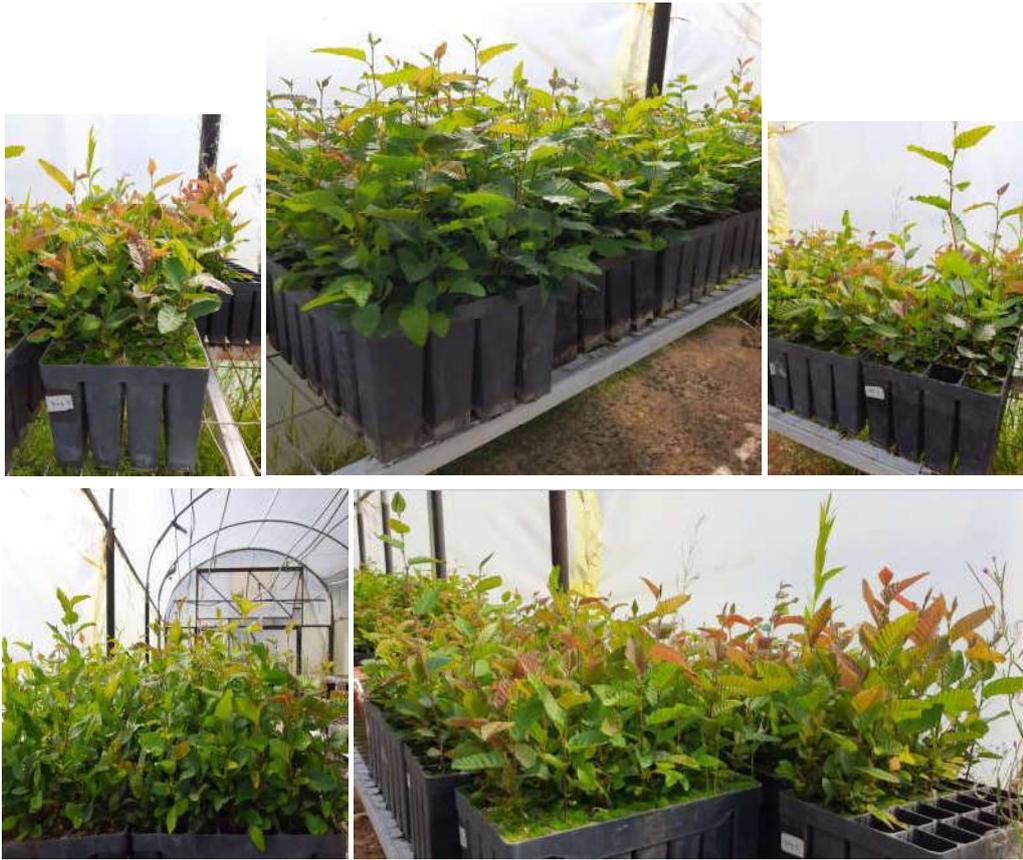


Figura 14. Etapa de crecimiento rápido al 14/12/2021. Poblaciones Boquete y Tren Tren.

En julio de 2022 con las plántulas senescentes y en plena rustificación (Figura 15), se realizó la última medición de la temporada, registrando altura y diámetro del tallo a la altura del cuello (DAC) para cada planta (Figuras 16 A y B).



Figura 15. Senescencia a julio 2022. Poblaciones Boquete y Tren Tren.

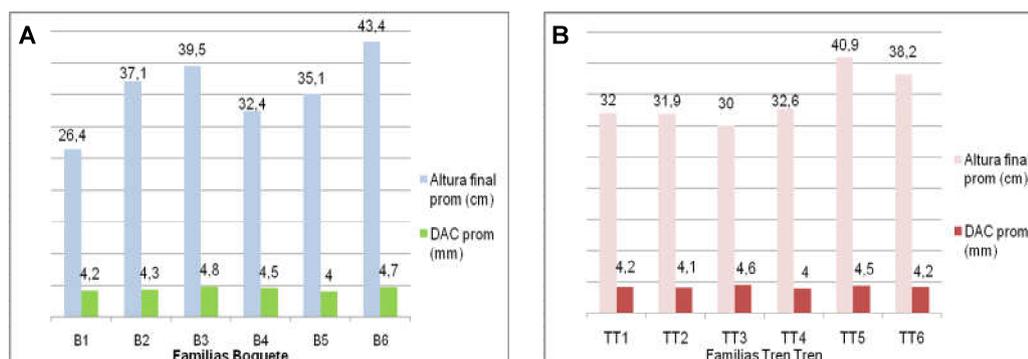


Figura 16. A: Altura final y DAC Boquete. **B:** Altura final y DAC Tren Tren. Altura final prom (cm): Altura al final de la temporada de crecimiento promedio por familia. DAC prom (mm): Diámetro a la altura del cuello promedio. Medición julio 2022.

El desarrollo morfológico (Tabla 9) expresado por estos plantines podría ser el resultado de la asociación entre factores abióticos (temperatura, riego, fertilización y alta densidad de dosel vegetal) y control genético. Es importante seleccionar aquellas plantas (por origen y por familia) que por su plasticidad fenotípica logren estándares de calidad en estas condiciones de cultivo, porque son las que presentarán mayores tasas de supervivencia y crecimiento inicial en terreno (Duryea y Landis, 1984).

Tabla 9

Resumen de los atributos morfológicos según la NCH para calidad de planta forestal

Familia	% DAC >3mm	% A <250 mm	% A >350 mm	% Indiv. NCH
B1	89	36	18	46
B2	100	8	56	28
B3	100	0	67	17
B4	93	21	50	29
B5	96	7	57	25
B6	100	0	89	7
Media Boquete	96	12	55	27
TT1	96	16	28	40
TT2	96	12	35	50
TT3	100	23	23	54
TT4	96	11	36	39
TT5	92	4	88	4
TT6	93	14	63	18
Media Tren Tren	96	13	47	32

Nota: %DAC >3mm : porcentaje de individuos con DAC mayor a 3 mm. %A <25 cm: porcentaje de individuos que registraron una altura menor a 25 cm. %A >35 cm: porcentaje de individuos que registraron una altura mayor a 35 cm. % Indiv. NCH: porcentaje de individuos comprendidos dentro de la Norma Chilena 2957/5, 2006. Medición julio 2022.

Según los datos obtenidos en este ensayo la media de individuos que cumplieron con los atributos morfológicos que constan en las NCH para calidad de planta forestal pertenecientes a Boquete y Tren Tren fue de 27% y 32%, respectivamente; aun así, el resto de las plantas no comprendidas dentro de la mencionada norma (Boquete 73% y Tren Tren 68%), se podría sugerir reasignar otros usos en función de las características morfológicas expresadas.

B1 podría tener uso forestal adaptado a zonas áridas sin ocurrencia de heladas tardías por su germinación temprana y baja altura. Esta familia expresó un gran desarrollo de DAC en función de la altura, pudiéndose correlacionar con una buena superficie absorbente y baja demanda transpirativa. Plantas adaptadas al estrés por sequía es de esperar que presenten raíces más largas y menor desarrollo de biomasa aérea (Cregg 1994, Paz 2003, Climente et al., 2004 citados por Duboscq Carra, 2018), otorgándole una mayor capacidad absorbente con menor superficie relativa de transpiración.

B2 formó pocas hojas por cm de tallo y una relación entre DAC y altura de tallo desproporcionada, con un cuello estrecho para el largo del tallo, probablemente debido a la instalación de un ambiente de competencia permanente entre vecinos por la captación de luz solar. La competencia por la luz suele inducir un mayor crecimiento en altura en detrimento de la ramificación (King, et al., 1997; citado por Duboscq Carra, 2018). Si nos atenemos a que existe una correlación positiva entre raíz y DAC, esta familia podría tener escasa superficie absorbente por lo tanto, su viabilidad dependería de estar en zonas sin estrés por sequía, sin altas temperaturas, aun así demostró ser buena competidora entre pares, podría ser tenida en cuenta para servicios ambientales fuera del área de distribución natural.

B3 y B4 se los podría destinar al área forestal de zonas templadas sin ocurrencia de heladas tardías por presentar germinación temprana.

B5 y B6, estas familias desarrollaron tallos muy altos en relación al DAC, pero contaron con muy buen dosel vegetal, pudiéndose relacionar con una alta tasa fotosintética y por tanto de productividad, es posible se adecuen a zonas donde haya buena disponibilidad de agua, sin estrés por bajas temperaturas, para servicios ambientales fuera del área de distribución natural o como regeneración/enriquecimiento de zonas degradadas.

TT1, TT2, TT3 y TT4 expresaron fenotipos forestales con buena adaptación local, mostraron un inicio de germinación posterior a Boquete, podrían adaptarse a zonas de altitud donde es más probable la ocurrencia de heladas tardías.

TT5 y TT6, contarían con igual sugerencia que B5 y B6. Según este análisis descriptivo, B1 y TT3, tendrían grandes posibilidades de adaptación en sus sitios de procedencia frente a posibles cambios climáticos, dado que poseyeron una relación DAC/Altura superiores al resto.

Para implantar especies forestales fuera del área natural de distribución, es necesario contar con la correcta elección de la procedencia, así se evitarían daños a las plantas que afectarían directamente a la supervivencia en su lugar definitivo de plantación.

Conclusión

Los altos porcentajes de supervivencia al trasplante y durante la etapa de viverización dan cuenta del éxito de este sistema de producción, aún así podría aportar sugerencias para seguir avanzando en la técnica de producción de plantines de raulí tanto para uso comercial como para la producción de servicios ambientales fuera del área de distribución natural o como regeneración/enriquecimiento en zonas degradadas.

Efectuar las determinaciones de calidad de semilla, antes del almacenamiento y clasificarlas por tamaño. Dada la alta proporción de semillas vanas que presenta raulí, como primer paso pre siembra, sería pertinente efectuar un test de flotación llevando a tratamiento pre germinativo solo semillas viables. Según la bibliografía consultada se obtienen muy buenos resultados como tratamiento pregerminativo, remojar las semillas en ácido giberélico, en una concentración que podría ser de 250 ppm por 24 horas.

Si bien el invernáculo de germinación contó con un tendido parcial de malla raschel dispuesta entre el techo y la mesada, pudo haber sido insuficiente el sector de sombra generado, variando la asolación de los almácigos, de acuerdo a su ubicación dentro del espacio de mesada. Una posible solución, sería contar con un largo de malla tal que cubra el sector de techo necesario, evaluando la posibilidad de hacer un tendido lateral, para evitar que solo las bandejas de germinación de la primera fila reciban el sol directo de la tarde, con el propósito de que todas perciban de manera uniforme la misma cantidad de luz y calor dentro del invernáculo. Algunas consideraciones complementarias a tener en cuenta son el manejo sanitario en la etapa de preemergencia y la inoculación de micorrizas en plantines previos a la puesta en campo.

Para aprovechar el potencial de crecimiento y desarrollo de esta especie, sería conveniente su cultivo en tubetes forestales individuales de sección cuadrada cónica, calzados sobre malla o dispuestos sobre bandeja, para poder agrupar a los individuos de acuerdo a su grado de desarrollo. Evitando así que por la alta densidad del dosel vegetal se modifiquen sus atributos arquitecturales además de interferir con el riego aéreo, pudiéndose generar al mismo tiempo, situaciones de estrés hídrico y/o condiciones de escasa ventilación, que eventualmente favorecerían el desarrollo de microorganismos patógenos. En cuanto a la elección del método de riego y fertilización se podría optar por fertirriego, buscando alternativas al riego aéreo ya sea por goteo o ubicando a las unidades de cultivo en bandejas de riego a demanda, ambos sistemas automatizados. Paralelamente continuar con el estudio de los beneficios en la aplicación de fertilizantes de liberación controlada y de la sobrevivencia a campo de plantas obtenidas por ambos sistemas de fertilización. Si bien no hay mucho desarrollo tecnológico en la implantación a escala industrial en la producción forestal de raulí, existen experiencias alentadoras fuera del área de distribución natural (Davel et al., 2003). En cambio se ha desarrollado de manera muy eficaz la producción de plantines en vivero a partir de semilla hasta la primera temporada de crecimiento. La planificación de actividades forestales, comerciales o ambientales, no podrá ignorar el

cambio climático que se pronostica, para lo cual será necesaria la selección temprana de genotipos con atributos morfológicos resistentes al estrés por sequía. En este sentido, se espera que las plántulas adaptadas al estrés por sequía presenten menor biomasa aérea en proporción en a la biomasa radicular, lo que les proporcionaría mayor capacidad para absorber agua y menor superficie relativa de transpiración.

Si bien el objetivo de esta práctica laboral fue caracterizar la calidad de semilla y de plantín producido en el vivero, la variación expresada entre y dentro de las poblaciones ensayadas en las distintas etapas del sistema de producción, puso de manifiesto una posible aclimatación local como estrategia de supervivencia. Este conocimiento tiene consecuencias relevantes tanto en la persistencia de las poblaciones naturales de la especie frente al cambio climático, como en la asignación de su destino en forestación comercial o en desarrollo de programas forestales (Marchelli et al., 2017). Es de esperar que se avance en la tecnología de plantación, de un árbol que tiene mucho por brindar, no solo por la calidad de su madera sino por su rol en los ecosistemas que habita, para el recupero de áreas degradadas y para las consecuencias que pueda traer el cambio climático a la especie.

Agradecimientos

A modo de cierre de la Práctica Laboral, estoy muy conforme con la experiencia realizada, la cual me ha dado la oportunidad de plasmar los conocimientos teórico-prácticos adquiridos durante la cursada en situación real de trabajo como viverista, en un ambiente de trabajo cordial y profesional, con la guía y el seguimiento de mis tutores, con los que conté en todo momento y me hicieron sentir partícipe del equipo de trabajo.

Quisiera agradecer a Jorge Arias Ríos y equipo, por incluir los datos tomados durante este ensayo, en un poster virtual presentado en las VI Jornadas forestales patagónicas 2022.



A mis docentes de la carrera que me transmitieron no solo contenidos teórico-prácticos, sino más amor por esta profesión; a mis compañeros, que hicieron tan agradable la cursada y de los que me llevo un hermoso recuerdo; a investigadores, que nos acercan la ciencia y enriquecen con sus publicaciones; a mis hijas que me alentaron a seguir en tiempo de pandemia, a mis padres, a todos mi más afectuoso agradecimiento.

Referencias bibliográficas

- Albornoz, C. y Fischer, E., (1981). Influencia del Tamaño de la Semilla de Raulí *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst. en el Crecimiento Inicial y Calidad Final de Plantas. Tes. Ing. Forestal. Escuela de Ciencias Forestales, Universidad de Chile.
- Arias Ríos, J.A., El Mujtar, V.A., Pastorino, M.J. y Marchelli, P. (2022). *Genetic variation of leaf pigment content in a Southern beech*. Editorial Springer.
<https://doi.org/10.1007/s00468-022-02330-z>
- Arnold, F. (1996). Manual de vivero forestal: Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del sur de Chile. *Documento técnico CONAF-DED*.
- Azpilicueta, M., Varela, S., Martínez, A. y Gallo, L. (2010). *Manual de viverización, cultivo y plantación de Roble Pellín en el norte de la región andino patagónica*. Ediciones INTA.
- Azpilicueta, M.M., Marchelli, P., Gallo, L. A., Umaña, T., Zonneveld, A., Pastorino, M. J., Barbero, F., Martínez A., González Peñalba M. y Lozano L. (2016). *Zonas Genéticas de Raulí y Roble Pellín en Argentina: herramientas para la conservación y el manejo de la diversidad genética*. Ediciones INTA
- Barbero, F., Sabatier, Y., Gallo, L., Bran, D. y Pastorino, M. (2011). *Áreas potenciales de cultivo de raulí y roble pellín en la provincia de Río Negro*. Ediciones INTA.
- Breitembücher, A. (1998). *Variación individual y geográfica en frutos y semillas de Raulí (Nothofagus nervosa (Phil.) Dim Et Mil.)*. Tesis de grado, Centro Regional Universitario de Bariloche. Universidad Nacional del Comahue, Argentina.
- Buamscha, M., Contardi, L., Dumroese, R., Enricci, J., Escobar, R., Gonda, H., Jacobs, D., Landis, T., Luna, T., Mexal, J. y Wilkinson, K. (2012). *Producción de plantas en viveros forestales*. Consejo Federal de Inversiones y Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico.
- Burschel, P., Gallegos, C., Martínez, O. y Moll, W. (1976). *Composición y dinámica regenerativa de un bosque virgen mixto de Raulí y Coigüe*. Universidad Austral de Chile.
- Cabello, A. (1987). Proyecto de protección y recuperación de especies nativas arbóreas y arbustivas amenazadas de extinción. Colecta de semillas y producción de plantas en vivero. *Chile Forestal*. (Capítulos 21 y 22).
- Calderón Valtierra, X., Vega, A. y Salazar, C. (1995). Un nuevo método para la germinación de *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst., raulí. *Ciencia & Investigación Forestal*, (9:1, 117–121). <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1995.218>
- Côme, D. (1970). *Les obstacles à la germination*. Masson Editeur.
- De fina, A. L. (1972). El clima de la región de los bosques Andino-Patagónicos. En: Dimitri, M.J., (Ed), *La región de los bosques Andino-Patagónicos. (Sinopsis general: 35-38)*
- Dimitri M. J. (1974). *Pequeña flora ilustrada de los Parque Nacionales Andino – Patagónicos*. Colección Científica INTA.
- Domínguez, S.; Herrero, N., Carrasco, I., Ocaña, L. y Peñuelas, J. (1997). Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus pinea*: resultados de vivero. *Actas II Congreso Forestal Español*, 1997. (Mesa 3: 189- 194).
- Donoso, C. (1979). Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. *Bosque*. (2:53-66).
- Donoso, C. (1987). Variación natural en especies de *Nothofagus* en Chile. *Bosque*. (8 (2): 85-97).
- Donoso, C. (1981). Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Investigación y desarrollo forestal. *Documento de trabajo N° 38*.
- Donoso, C. (1993). *Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica*. Editorial Universitaria.
- Donoso, P., González, M., Escobar, B., Basso, I. y Otero, L. (1999). Viverización y plantaciones de raulí, roble y coihue en Chile. En: Donoso, C. y Lara, A. (Ed), *Silvicultura de los bosques nativos*, (177-244).
- Donoso, P., Navarro, C., Soto, D., Gerding, V., Thiers, O., Pinares, J., Escobar, B. y Sanhueza, M. (2015). *Manual de plantaciones de raulí (Nothofagus alpina) y coihue (Nothofagus dombeyi) en Chile*. Universidad Austral de Chile - Universidad Católica Temuco.
<https://www.researchgate.net/publication/338079351>
- Duboscq Carra, V. G., Arias Ríos, J. A., El Mujtar, V. A., Marchelli P. y Pastorino, M. J. (2020). Differentiation in phenology among and within natural populations of a South American *Nothofagus* revealed by a two-year evaluation in a common garden trial. *Forest Ecology and Management*. Editorial Elsevier Science.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117858>
- Duboscq Carra, V. G. 2018. *Variación y diferenciación genética de Nothofagus alpina: proyecciones para su domesticación y análisis de sus estrategias evolutivas en el contexto del cambio climático global*. Trabajo de tesis para optar al título de doctor en biología.

- Escobar, R. y Peña, E. (1985). Efecto del tamaño de semillas en la velocidad de emergencia y tamaño final de plantas de Pino radiata. En Olivares, B. y Morales E. (Ed.), *Pinus radiata: Investigación en Chile*, Universidad Austral de Chile. (98-104).
- Ferrer, J., Irisarri, J. y Mendía, M. (1990). Síntesis de los factores del medio geográfico y de las propiedades de los suelos. En: CFI-COPAIDE - Prov. NQN (Eds.) *Estudio Regional de Suelos de la Provincia del Neuquén*. (Volumen 1. Tomo 2)
- Food and Agriculture Organization. (1991). *Guía para la manipulación de las semillas forestales*. Estudio FAO, Italia.
<https://www.fao.org/docrep/006/AD232S/ad232s00.htm>
- Gallo L. (2004). *Modelo conceptual sobre la hibridación natural interespecífica entre Nothofagus nervosa y N. obliqua. Variación interespecífica en especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina*. Donoso C., Premoli A., Gallo L. e Ipinza R. (Eds). Editorial Universitaria, Chile.
- Gallo L. (2013). Domesticación y mejora de las especies forestales nativas para la incertidumbre climática. *Producción Forestal*. (7: 39-42).
- García, J. (1991). *Manual de repoblaciones forestales*. (Tomo 1). Escuela técnica superior de Ingenieros de montes.
- García, L., Droppelmann, F. y Rivero, M. (2012). Morfología y fenología de *Nothofagus alpina* (Nothofagaceae) en un huerto semillero clonal en la región de Los Ríos, Chile. *Bosque* 34(2):221-231.
- Grosse, H. y Bourke, M. (1988). Desarrollo de Raulí en Vivero bajo Distintos Niveles de Luminosidad y Espaciamiento. *INFOR-CHILE. Ciencia e Investigación Forestal* (2(3):1- 11).
- Hartmann, H y Kester, D. (2001). *Propagación de Plantas. Principios y Prácticas*. Compañía. Editorial Continental.
- Hoces, C. (1988). *Efectos de la textura del suelo, tamaño de la semilla y profundidad de siembra*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chile.
- Ipinza, R. y Espejo, J. (2000). *Biología reproductiva en Nothofagus*. Ipinza, R., Gutiérrez B. y Emhart, V.(Eds).
- International Seed Testing Association: https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf
- Jiménez Gomez, S. (1992). *Introducción en Fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de plantas forestales de vivero*. (1-7). Ed Mundi-Prensa.
- Landis, T.D., Tinus, R., McDonald, R y Barnett, S. (1989). *How to grow tree seedlings in containers in greenhouses*. Department of Agriculture, Forest Service.
- Lebed, O. (1993). *Reproducción de plantas nativas*. La Gráfica.
- Marchelli, P. y Gallo, L. (1999). Annual and geographic variation in seed traits of Argentinean populations of southern beech *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. En: *Forest Ecology and Management*. (121: 239-250).
- Marchelli, P. (2001). *Variabilidad genética en Raulí (Nothofagus nervosa (Phil.) Dim. et Mil. su relación con procesos evolutivos y su importancia en la conservación y utilización de sus recursos genéticos*. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas
- Marchelli, P., Smouse, P. y Gallo, L. (2012). Short distance pollen dispersal for an outcrossed, wind-pollinated southern beech (*Nothofagus nervosa* (Phil.) dim et mil) Tree Genet. Genomes. (8: 1123-1134).
- Mexal, J y Landis, T. (2012). Nutrición. *Producción de plantas en vivero*. (101-115). Consejo Federal de inversiones.
- Mesén, F., Guevara, A. y Jiménez, M. (1996). Guía técnica para la producción de semilla forestal certificada y autorizada. *Serie técnica: Manual Técnico 20*.
- Montserrat Martí, G., Palacio Blasco, S. y Milla R. (2004). Fenología y características funcionales de las plantas leñosas mediterráneas. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*.
- Müller Using, B. y Schlegel, F. (1981). The development of seedlings of Chilean *Nothofagus* spp in a shaded area. *Plant Research and development*. (12: 152-184).
- Navarro Cerrillo, R. y Pemán García, J. (1997). *Apuntes de producción de planta forestal*. Universidad de Córdoba – Servicio de Publicaciones.
- Oliet, J., Segura, M., Martín Domínguez F., Blanco, E., Serrada, R., López Arias, M. y Artero F. (1999). *Fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de plantas forestales de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de Pinus halepensis mill*. Ed Mundi-Prensa.
- Peralta M. (1975). *Ecología y silvicultura del bosque nativo*. Suelos. Universidad de Chile. Facultad de ciencias agrarias y forestales.
- Puntieri, J., Varela S., Torres, C. y Schinelli Casares, T. (2013). En Varela, S. A. y Aparicio, A. (Ed.), *Serie técnica: Sistemas Forestales Integrados*. Área Forestal, Sección: Silvicultura en vivero. Cuadernillo N°5. Ediciones INTA.
- Quiroz Marchant, I., Flores, L., Pincheira, M. y Villarroel, A. (2001). *Manual de Viverización y Plantación de Especies Nativas*. Instituto Forestal.

- Quiroz Marchant, I., García Rivas, E., González Ortega, M., Chung Guin-Po, P. y Soto Guevara, H. (2009). *Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta*. Infor Bio-Bío
- Rikala, R. (2000). Seedling production for reforestation. En: *Forest regeneration in the northern parts of Europe* (127-140). Finnish Forest Research Institute, Research Papers 790.
- Rodríguez, I., Adam, G. y Durán Altisent, M. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. *Revista agropecuaria y ganadera* (912: 836-842).
- Rowe, D. y Gordon, A. (1981). Studies on the effects of pre-chilling periods or gibberellins used to stimulate the seed germination of *Nothofagus obliqua* and *N. procera*. *Seed Science and Technology*. (9: 823-838).
- Sabatier, Y., Azpilicueta, M. M., Marchelli, P., González Peñalba, M., Lozano, L., García, L., Martínez, A., Gallo, L. A., Umaña, F., Bran, D., y Pastorino, M. J. (2011). Natural distribution of *Nothofagus alpina* and *Nothofagus obliqua* (Nothofagaceae) in Argentina, two productively important tree species of the North Patagonian temperate forests. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. (46: 131-138).
- Sánchez, C. (2020). *Introducción*. Normas APA (7ma edición). <https://normas-apa.org/introduccion/>
- Schinelli Casares, T y Martínez, A. (2010). Viverización de especies forestales nativas de nuestra región. *Revista Presencia*. (Año XXI No. 55). Ediciones INTA.
- Schinelli Casares, T. (2012). *Producción de Nothofagus bajo condiciones controladas*. Ediciones INTA.
- Svampa, S. (2022). Evaluación de la calidad de plantines de roble pellín producidos bajo dos sistemas de fertilización. Informe Final de Práctica Laboral para optar al grado de Técnico en Viveros, UNRN. 22pp.
- Urretavizcaya, M. F., Pastorino, M., Mondino, V. y Contardi, L. (2015). La plantación con árboles nativos. *Manual de Buenas prácticas para el manejo de plantaciones forestales en el nordeste de la Patagonia*. Chauchard, L., Frugoni, M., Nowak, C. (Eds).
- Urretavizcaya, M. F., Contardi, L., Paquini, M. y Oyharcabal, M. P. (2016). Calidad de semillas de especies nativas del bosque andino patagónico de la provincia de Chubut y su importancia para la producción de plantines. *Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata*.
- Urrutia Tabach, R. (1992). *Caracterización y comportamiento en vivero de tres procedencias de semillas de Eucalyptus globulus labill ssp.* Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales.
- Vançon S. (1993). Fertilization affects growth and incidence of grey mold on container grown giant sequoia. *Tree Planters' Notes*. (44(2): 68-72).
- Varela, S., y Aparicio, A. (2011). Aspectos básicos sobre semillas y frutos de especies forestales. Recomendaciones para su cosecha. En Varela, S. A. y Aparicio, A. (Ed.). *Serie técnica: Sistemas Forestales Integrados*. Área Forestal, Sección: Silvicultura en vivero. Cuadernillo N°1. Ediciones INTA.
- Varela, S. y Arana V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. En Varela, S. A. y Aparicio, A. (Ed.), *Serie técnica: Sistemas Forestales Integrados*. Área Forestal, Sección: Silvicultura en vivero. Cuadernillo N°3. Ediciones INTA.
- Vásquez, A. (2001). Semillas. *Silvicultura de Plantaciones Forestales en Colombia*, (Capítulo 1: 5-50). Facultad de Ingeniería Forestal. Disponible en: <http://ut.edu.co/ff/0941/documentos/LIBRO%20ARMANDO%20VASQUEZ/ CAP1.DOC>.
- Veblen, T.T., Donoso, C., Kitzberger, T. y Robertus, A.J. (1996). *Ecología de los bosques de Nothofagus del sur de Chile y Argentina*. Veblen et al., (Ed).
- Vita, A. (1974). Algunos antecedentes para la silvicultura del Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.). *Boletín Técnico N° 28*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.

Anexo tablas

Tabla A

Atributos Morfológicos para plantín Nothofagus alpina y Nothofagus pumilio

Sistema de producción	Tipo de planta	Atributo	Magnitud
A cubierta	1-0	Altura (A) Diámetro de cuello (D) Relación (D/A) Raíces	250-350 mm > 3 mm Mínimo 1/83 (0,012) Pan integro. Volumen mínimo 135 cm ³

Nota: Tomado de la Norma Chilena NCh 2957/5 (2006).

Tabla B

Datos publicados para raulí de calidad de semilla

Autor/año	Germinación (%)	P1000		Semillas / g	
		media (g)	rango (g)	media	Rango
Quiroz M. 2009	-	8,64	7,75 – 9,96	116	100 – 129
Urretavizcaya, 2016	6	8,3		120	
Marchelli, 2001	-	-	3,84 – 11,7	-	85 – 260
Schinelli, 2012	12	8,13	7,35 - 9	123	111 – 136