

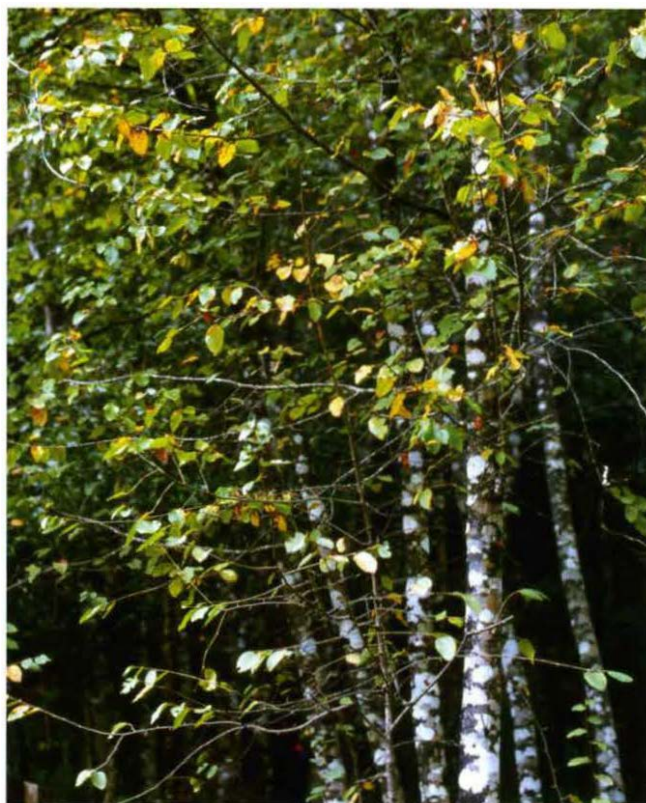
Herramientas Primarias para la Restauración: Caracterización del Material de Reproducción Forestal y Propagación de Ruil

Rómulo Santelices¹, Sergio Espinoza¹, Antonio Cabrera¹, Rafael Navarro-Cerrillo²

Introducción

El Bosque Maulino Costero es una formación característica y representativa de los bosques mediterráneos de Chile. Estos bosques caducifolios están adaptados a los períodos secos prolongados del verano y cumplen un rol muy importante en la conservación del agua y el suelo orgánico, en el ciclo biogeoquímico del carbono, y ofrecen una gran variedad de nichos ecológicos y hábitat a la flora, la fauna y la microbiota asociada (Arroyo et al. 1996). Sin embargo, esta zona ha estado sujeta a una constante presión de origen antropogénico. Durante los dos últimos siglos, la transformación del paisaje ha sido consecuencia de la utilización del fuego en forma recurrente, de la deforestación para habilitar terrenos destinados a la agricultura y, más recientemente, con el objeto de establecer plantaciones con especies de rápido crecimiento. Como consecuencia de estas perturbaciones, los bosques nativos de esta especie se han reducido y fragmentado, especialmente en la Cordillera de la Costa, siendo el ruil (*Nothofagus alessandrii* Espinosa) un claro ejemplo de ello. En efecto, es una especie endémica cuya distribución natural se limita a la Cordillera de la Costa de la región del Maule, en una faja de no más de 100 km de longitud, entre los ríos Mataquito y Curanilahue (San Martín et al. 2006, Santelices et al. 2012). Actualmente, el área cubierta por bosques de ruil es de 314 ha, lo que ha significado una disminución de 42 ha en 17 años. La tasa de deforestación anual en este periodo fue de 0,74%, estando sus bosques muy fragmentados y rodeados por plantaciones de especies de rápido crecimiento (Santelices et al. 2012). Uno de los resultados de este largo proceso de transformación del paisaje es que el ruil haya sido declarado por el Estado chileno en la categoría en peligro de extinción (D.S. 151/2007 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia) y considerado como el árbol más amenazado de Chile (Hechenleitner et al. 2005).

Considerando que los procesos antropogénicos que han llevado a esta especie a éste estado continúan vigentes, debería tener una alta prioridad de conservación, y es urgente y necesario desarrollar acciones tendientes a mejorar esta situación. En este escenario, no cabe duda que una de las tareas pendientes es la restauración y la regeneración de estos bosques. Aunque la legislación vigente contempla cierta normativa para estos efectos (como la revegetación y la restauración ecológica), la base científica que la sostenga es aún insuficiente y muchas veces poco conocida. En este escenario, la propagación y el cultivo de plantas juegan un rol fundamental como un primer esfuerzo para cambiar la situación en que se encuentra esta especie. Así, surge la necesidad de dar respuesta a las siguientes interrogantes:



¿Existe algún tipo de variación en las características del material forestal de reproducción entre las procedencias descritas para la especie?

¿Condicionan los tratamientos pregerminativos la calidad de las plantas cultivadas bajo condiciones de vivero?

Por ello, el objetivo de este trabajo es difundir información científica que se ha desarrollado en este ámbito. A continuación, sobre la base de los trabajos realizados por Santelices et al. (2009 y 2011), se analizarán aspectos relacionados con el material de reproducción forestal y la propagación sexual de ruil.

Material Forestal de Reproducción Procedencias

La conservación de los recursos genéticos depende de la magnitud y del patrón de variación intraespecífica. Por lo general, la determinación de los patrones de variación genética en poblaciones de plantas es muy variable, e involucra complejas interacciones entre atributos tales como la forma de vida, la arquitectura floral, la forma de reproducción, y los factores ambientales y ecológicos que pueden incidir en la polinización, el tamaño y el aislamiento de la población (Mamo et al. 2006). Estos, y otros factores, podrían influir en el polimorfismo entre las poblaciones. El ruil es una especie que se distribuye en un área muy restringida

1. Centro de Desarrollo para el Secano Interior y Depto. de Ciencias Forestales, U. Católica del Maule.

2. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de Córdoba, España.

de la región del Maule, ocupando nichos muy particulares (San Martín et al. 2006, Santelices et al. 2012). Existen evidencias de que existiría una baja variabilidad genética al interior de los fragmentos, lo que explicaría, por ejemplo, la alta tasa de semillas no viables como consecuencia de un proceso de endogamia (Pineda, 1998). Considerando que no se tiene certeza de que sus poblaciones se diferencien genéticamente y que la selección de la procedencia y de la fuente de semilla es de gran importancia en cualquier programa de forestación (Jara, 1995), y es mucho más relevante en una especie amenazada como ruil, Santelices et al. (2009) realizaron un estudio en donde caracterizaron atributos cualitativos y cuantitativos del material germinativo y el comportamiento en vivero de cinco procedencias representativas del área de distribución natural de la especie. Para ello, se colectaron semillas de las procedencias Lo Ramírez (35°10' S, 72°06' O), Coipué (35°16' S, 72°08' O), Quivolgo (35°23' S, 72°12' O), El Desprezio (35°40' S, 72°20' O), y Cauquenes (35°50' S, 72°30' O). Se determinaron el tamaño, la forma, el peso y la capacidad germinativa de las semillas. Durante el mismo año, para las cinco procedencias mencionadas se cultivaron plantas en vivero y se evaluó su crecimiento diametral y en altura.

Los resultados obtenidos por estos autores (Tabla 1), muestran que el tamaño de las semillas fue en general homogéneo, y sólo se observaron diferencias significativas en la longitud de las dímeras y ancho de las trímeras. La longitud media de las semillas dímeras fue de 5,5-6,4 mm, observándose un mayor tamaño en aquellas de la procedencia Cauquenes. No se registraron diferencias estadísticas en el ancho de las semillas dímeras, pero sí en las trímeras, coincidiendo en este último caso también con la procedencia Cauquenes. El espesor de las semillas dímeras resultó ser muy homogéneo, con promedio de 1,24 mm. La longitud de las semillas trímeras fue de 5,8-6,1 mm. En general, las semillas de la procedencia Cauquenes tienen un mayor tamaño y las de Quivolgo son las más pequeñas. Un aspecto de la fisonomía de las semillas de ruil se puede apreciar en la Figura 1. El peso de 1000 semillas varió significativamente entre las procedencias, encontrándose valores medios entre 7,21 y 10,32 g. El menor valor correspondió a las semillas provenientes de Quivolgo y los mayores para aquellas de la procedencia de Cauquenes. Se observaron diferencias significativas en la capacidad germinativa de las semillas de ruil, obteniéndose la mayor tasa de germinación en las semillas de la procedencia más septentrional (Lo Ramírez), mientras que la más baja correspondió a las semillas de la procedencia más meridional (Cauquenes). Respecto del cultivo de las plantas en vivero, el desarrollo de las plantas fue homogéneo, y no se observaron diferencias significativas en su crecimiento en diámetro y altura (Tabla 2). Tras ocho meses de cultivo, se registró un promedio de 11,5 cm de crecimiento en altura y 2,5 mm en diámetro. Al relacionar las



Figura 1: Detalle de la fisonomía de las semillas de ruil.

variables antes mencionadas, se observa un índice de esbeltez que va desde 4,2 para la procedencia Cauquenes, hasta 5,1 para las plantas procedentes de Quivolgo. Las plantas, a pesar de no tener un gran tamaño, sí presentan mucha estabilidad, lo que facilitaría su posterior establecimiento en campo. El rango de esbeltez observado es considerado adecuado para el establecimiento de las plantas en un clima mediterráneo (Villar-Salvador 2007) como el de la especie en estudio.

Considerando que las características de las semillas observadas en las cinco procedencias de ruil son, en general, relativamente homogéneas, y que las condiciones ambientales no varían considerablemente en toda el área de su distribución natural (lo que no favorecería la diferenciación genecológica de sus poblaciones), es probable que la mayoría de las procedencias estudiadas no se diferencien en poblaciones genéticamente distintas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las semillas de la procedencia más meridional (Cauquenes), tienden a ser diferentes, observándose en ellas un mayor tamaño y peso. Al comparar el peso de las semillas de ruil con su capacidad germinativa, se observa que no hay correlación entre estas variables. En estudios con otros *Nathofagus* se ha reportado que el tamaño de las semillas disminuye gradualmente a medida que aumenta la latitud y la precipitación y, junto con ello, también lo hace la capacidad germinativa (Donoso 1987, Gallo et al. 2004, Donoso et al. 2006a, b), sugiriéndose la ocurrencia de una variación clinal de tipo genecológico. Sobre la base de los resultados de este estudio, no es posible proponer para ruil este tipo de variación.

Los resultados antes descritos parecen indicar que el ruil tiene un comportamiento diferente al de otras especies del mismo género, sin que se observe una variación de tipo clinal. Sin embargo, la procedencia más meridional tiende a diferenciarse de las otras y podría corresponder a un ecotipo diferente.

Tabla 1. Características morfo-fisiológicas de las semillas de ruil de diferentes procedencias. Los valores promedios representados por letras minúsculas distintas (asignadas según pruebas de Tukey) difieren entre sí a un nivel de significancia (según ANDEVA) de $p < 0,05$.

Procedencias	Tamaño de las semillas (mm)					Peso de 1.000 semillas (g)	Germinación (%)
	Dímeras			Trímeras			
	Longitud	Ancho	Espesor	Longitud	Ancho		
Lo Ramírez	6,2 ab	5,2 a	1,2 a	5,8a	4,4 b	9,43 ab	98,3 a
Coipué	6,3 ab	5,3 a	1,3 a	6,0 a	5,0ab	10,04 ab	78,6 ab
Quivolgo	5,5 b	5,1 a	1,1 a	5,6 a	4,3 b	7,21 c	76,4 ab
El Desprezio	6,1 ab	5,3 a	1,2 a	5,8 a	4,5 b	9,11 ab	96,2 a
Cauquenes	6,4 a	5,4 a	1,4 a	6,1 a	5,7 a	10,32 a	45,7 b

Tabla 2. Atributos de las plantas de ruil de diferentes procedencias después de ser cultivadas durante una temporada en vivero. Los valores promedios representados por letras minúsculas distintas (asignadas según pruebas de Tukey) difieren entre sí a un nivel de significancia (según ANDEVA) de $p < 0,05$

Procedencia	Longitud del tallo (cm)	Diámetro de cuello de la raíz (mm)	Índice de esbeltez
Lo Ramírez	12,9 a	2,6 a	5,0 a
Coipué	11,1 a	2,6 a	4,2 a
Quivolgo	12,3 a	2,4 a	5,1 a
El Desprezio	11,5 a	2,5 a	4,7 a
Cauquenes	9,7 a	2,3 a	4,2 a

Latencia y germinación

La restauración de un ecosistema altamente degradado como los bosques de ruil se presenta como una tarea prioritaria y para ello es fundamental conocer, entre otros factores, los mecanismos de propagación y cultivo de plantas en vivero. De esta forma, se podría generar información necesaria para llevar a cabo programas de restauración. En este contexto, la latencia y la germinación son factores importantes en los programas de restauración o reforestación (Pérez-Fernández y Gómez-Gutiérrez 2007). La mayoría de las especies del género *Nothofagus* presenta latencia endógena (León-Lobos y Ellis 2005), aunque no en todas se observa igual nivel de profundidad (Wardle y Cambell 1976). Los tratamientos más comúnmente empleados para superar este tipo de latencia son la estratificación fría y el remojo de las semillas en giberelinas, especialmente en ácido giberélico (GA_3) (Hartmann y Kester 1998, Barceló-Coll et al. 2001). Se ha observado que las semillas de ruil sometidas a tratamientos de frío y humedad aumentan su capacidad germinativa (Donoso 1975, Donoso y Cabello 1978). Por otra parte, también existe evidencia sobre las ventajas de utilizar GA_3 para romper el estado de latencia endógena de las semillas de algunas especies del género *Nothofagus* (Rocuant 1984, Espinoza 1997, Subiri 1997). Sin embargo, la información disponible sobre el efecto de este promotor en la germinación de *N. alessandrii* es aún insuficiente. Con estos antecedentes, Santelices et al. (2011) estudiaron la respuesta de semillas viables de ruil procedentes de Lo Ramírez sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos y épocas de siembra. Las características de las semillas utilizadas en este estudio (72% de pureza, 17,9% de viabilidad, y 8,3 g el peso de 1.000 semillas), se encuentran en el rango descrito para la especie (San Martín et al. 2006), aunque la viabilidad es significativamente mayor al 5,5% reportado en otro estudio para la procedencia Quivolgo (Santelices et al. 2011). Una característica distintiva de ruil frente a otros *Nothofagus* es la presencia de hasta 7-9 semillas por fruto, siendo todas las valvas infértiles, que al ser eliminadas en el proceso de limpieza (se distinguen fácilmente por ser más pequeñas), la viabilidad puede aumentar en más de 3 veces. El peso de 1.000 semillas (8,3 g) es equivalente a 120.482 semillas por kilogramo, encontrándose en el rango superior descrito para la especie por Santelices et al. (2009) (entre 99.600 y 138.700 semillas/kg).

Los resultados obtenidos por estos autores (Tabla 3), muestran que hubo diferencias significativas en la capacidad germinativa y en el valor máximo como consecuencia del tratamiento pregerminativo aplicado a las semillas. Los porcentajes más altos de germinación se obtuvieron al estratificar la semilla durante 30 y 45 días, mientras que la menor correspondió a

aquellas que no recibieron tratamiento. Al remojar las semillas con ácido giberélico, se obtuvieron tasas comparables a los tratamientos de estratificación. En la mayoría de los tratamientos ensayados, el inicio de la germinación se situó alrededor del día 17, incluyendo al testigo. Las semillas tratadas con ácido giberélico comenzaron a germinar antes que aquellas estratificadas durante 30 días. Sin embargo, posteriormente se igualan las tasas de germinación (alrededor del día 26), para mantenerse muy similares durante el resto del periodo. Tanto con los tratamientos de estratificación fría como con los de inmersión en GA_3 se obtuvo un adecuado porcentaje de germinación, lo que confirma que las semillas de ruil tienen latencia fisiológica intermedia (San Martín et al. 2006), la que puede ser superada con tratamientos de estratificación fría o remojo en ácido giberélico. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas como consecuencia de los tratamientos pregerminativos en la mayoría de los atributos morfológicos de las plantas después de ser cultivadas durante una temporada en vivero (sólo en la biomasa radical). Tampoco se observaron diferencias estadísticas en los índices de esbeltez y de Dickson, aunque sí en el cociente tallo-raíz. El crecimiento alcanzado por las plantas en una temporada, con cerca de 60 cm de altura y 5 mm de diámetro de cuello de la raíz, se podría considerar adecuado. El diámetro de cuello de la raíz es uno de los atributos morfológicos más importantes para predecir el desarrollo posterior de las plantas en el campo (Mexal y Landis 1990, Mexal et al. 2002) y un valor de 5 mm estaría sobrepasando con creces el mínimo sugerido para otras especies en Chile. Sin embargo, el índice de esbeltez sugiere que podrían tener dificultades al ser establecidas en campo en un clima mediterráneo (Villar-Salvador 2007), como el del área de distribución natural de la especie, debido a un desequilibrio en la economía hídrica de la planta.

Con respecto a las semillas sembradas en diferentes épocas, es claro que fue un factor relevante, consiguiéndose la tasa más alta de germinación sembrando en la primavera (septiembre). Después de una temporada en vivero se observaron diferencias significativas en la mayoría de los atributos morfológicos de las plantas. Aquellas plantas cuyas semillas fueron sembradas en primavera tuvieron un mayor desarrollo, en comparación a aquellas que fueron sembradas en invierno. En consecuencia, es posible afirmar que la época de siembra no sólo tiene mucha importancia en la producción de las plantas sino que es un factor limitante en la calidad funcional de las mismas. Sólo sembrando a comienzos de la primavera es posible conseguir un porcentaje de germinación relativamente alto.

Conclusiones y recomendaciones prácticas

No existe evidencia de que el ruil presente ecotipos diferentes. Por ello, en la producción de plantas es necesario respetar el origen geográfico de la semilla y así evitar la contaminación genética. En este contexto, siempre es recomendable utilizar material vegetal que provenga de las poblaciones silvestres más próximas al área a manejar. Especial cuidado debería tenerse con la procedencia más austral de la especie. En función del año de colecta de las semillas y su origen geográfico, debe tenerse en cuenta que la viabilidad podría variar significativamente. En cualquier caso, en el proceso

Tabla 3. Efecto de diferentes tratamientos pregerminativos y épocas de siembra en la germinación de ruil de la procedencia Lo Ramírez (valores medios con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, $p < 0,05$).

Tratamiento	Capacidad germinativa (%)	Valor máximo (% por día)	Energía germinativa (%)	Periodo de energía (días)
Tratamiento pregerminativo:				
Testigo	53,03 b	1,51 b	47,73	32
Estratificación 30 días	84,85 a	2,63 a	78,79	30
Estratificación 45 días	82,58 a	2,57 a	76,52	28
Estratificación 60 días	75,00 ab	2,61 a	64,39	25
GA3 25 mg/L	75,76 ab	2,37 ab	68,18	29
GA3 50 mg/L	65,91 ab	2,28 ab	62,88	28
GA3 100 mg/L	79,55 ab	2,54 ab	73,49	29
GA3 200 mg/L	75,00 ab	2,40 ab	66,67	28
GA3 400 mg/L	62,88 ab	2,24 ab	59,09	26
Época de siembra:				
Julio	4,55 b	0,06 b	4,55	51
Agosto	12,12 b	0,18 b	9,09	55
Septiembre	53,03 a	1,51 a	47,73	32

de limpieza se recomienda eliminar las semillas alojadas en las valvas del fruto ya que son infértiles. En la producción de plantas, se pueden aplicar los mismos tratamientos culturales para todas las procedencias.

Considerando que el ruil tiene una latencia fisiológica intermedia, los tratamientos pregerminativos recomendados para romper este estado son la estratificación fría o el remojo en ácido giberélico. En el primer caso, se sugiere un tiempo

de tratamiento de 4 semanas, y una temperatura alrededor de 4°C; y en el segundo, sumergirlas durante 24 horas en una solución de ácido giberélico en una concentración de 100-200 mg de auxina diluidos en un litro de agua.

La época de siembra es fundamental en el proceso de germinación y con siembras invernales (en julio y agosto), la capacidad de germinación conseguida es baja y ese periodo no sería suficiente para romper totalmente la latencia de las semillas. A fin de maximizar el porcentaje de germinación, se recomienda sembrar a comienzos de la primavera. De esta forma, también se podrían producir plantas de mayor tamaño al disponer de más tiempo para su crecimiento en vivero.

Los tratamientos pregerminativos ensayados no tienen un efecto en el desarrollo de las plantas cultivadas durante una temporada en vivero, consiguiéndose plantas de similar calidad funcional, analizada a través de sus atributos morfológicos y los índices de calidad. Por el contrario, la época de siembra, en general, afecta el desarrollo de las plantas y es recomendable considerar el mes de septiembre para tales efectos. Es aconsejable para romper la latencia endógena de ruil sembrar a comienzos de la primavera y tratar las semillas con estratificación fría o remojo en GA₃. La ventaja del segundo tratamiento es que no se requieren de instalaciones especiales y no se observa un efecto secundario en la calidad de las plantas como consecuencia del promotor de la germinación en las concentraciones mencionadas.

Referencias bibliográficas

- Arroyo M, M Riveros, A Peñaloza, L Cavieres, A Faggi. 1996. Phytogeographic relationships and regional richness patterns of the cool temperate rainforest flora of southern South America. In Lawford R, P Alaback, E Fuentes (Edit.), High-Latitude Rainforests and Associated Ecosystems of the West Coasts of the Americas: Climate, Hydrology, Ecology and Conservation, pp 34-172. Springer. New York.
- Barceló-Coll J, G Nicolás-Rodrigo, B Sabater-García, R Sánchez-Tamés. 2001. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide. Madrid. 566 p.
- Donoso C. 1987. Variación natural de *Nothofagus* en Chile. Bosque 8: 85-97.
- Donoso P, C Donoso, P Marchelli, L Gallo, B Escobar. 2006a. *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. Otros nombres científicos usados: *Nothofagus alpina*, *Nothofagus procera*. Rauli. In Donoso C (Edit.), Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina, autoecología, pp 448-461. Marisa Cuneo Ediciones. Valdivia, Chile.
- Donoso P, C Donoso, L Gallo, C Navarro, B Escobar. 2006b. *Nothofagus dombeyi* (Muhl.) Oerst. Coihue, Coigüe. Familia *Fagaceae*. In Donoso C (Edit.), Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina, autoecología, pp 423-432. Marisa Cuneo Ediciones. Valdivia, Chile.
- Espinoza N. 1997. Técnicas de propagación por semillas de hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser). Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 85 p.
- Gallo L, C Donoso, P Marchelli, P Donoso. 2004. Variación en *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. (*N. alpina*, *N. procera*). In Donoso C, A Premoli, L Gallo, R Ipinza (Edit.), Variación intraespecífica en especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina, pp 115-144. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- Hartmann H, D Kester. 1998. Propagación de plantas, principios y prácticas. Editorial Continental. México. 760 p.
- Hechenleitner P, M Gardner, P Thomas, C Echeverría, B Escobar, P Brownless, C Martínez. 2005. Plantas amenazadas del centro-sur de Chile. Distribución, conservación y propagación. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. 188 p.
- Jara L. 1995. Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Tomo I, Serie técnica, Manual técnico Nº 14. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- León-Lobos P, RH Ellis. 2005. Seed survival in Chilean *Nothofagus* in response to desiccation and storage. Seed Science Research 15: 113-123.
- Mamo N, M Mihretu, M Fekadu, M Tigabu, D Teketay. 2006. Variation in seed and germination characteristics among *Juniperus procera* populations in Ethiopia. Forest Ecology and Management 225: 320-327.
- Mexal JG, TD Landis. 1990. Target Seedling Concepts: Height and Diameter. En: R Rose, SJ Campbell, TD Landis (Edit.), Proceedings, Western Forest Nursery Association 1990 August 13-17; Roseburg, Oregon, pp 13-17. General Technical Report RM-200. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO.
- Mexal JG, RA Cuevas Rangel, P Negreros-Castillo, C Paraguirre Lezama. 2002. Nursery production practices affect survival and growth of tropical hardwoods in Quintana Roo, Mexico. Forest Ecology and Management 168: 125-133.
- Pérez-Fernández M, J Gómez-Gutiérrez. 2007. Importancia e interpretación de la latencia y germinación de semillas en ambientes naturales. In Rey-Benayas JM, T Espigares-Pinilla, JM Nicolau-Ibarra eds. Restauración de ecosistemas mediterráneos. Alcalá de Henares, España. Universidad de Alcalá. p. 87-112.
- Pineda G. 1998. Determinación de los patrones de variabilidad genética en poblaciones de rauli (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) y ruil (*Nothofagus alessandrii* Espinosa), por medio de electroforesis horizontal en geles de almidón. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 79 p.
- Rocuant L. 1984. Efecto de giberelina y de tiourea en la germinación de semillas: especies del género *Nothofagus*. Bosque 5: 53-58.
- San Martín J, R Santelices, R Henríquez. 2006. *Nothofagus alessandrii* Espinosa, Ruil. Familia: *Fagaceae*. In Donoso C (Edit.), Las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina: Autoecología, pp 390-400. Marisa Cuneo Ediciones. Valdivia, Chile.
- Santelices R, RM Navarro-Cerrillo, F Drake. 2009. Caracterización del material forestal de reproducción de cinco procedencias de *Nothofagus alessandrii* Espinosa una especie en peligro de extinción. Interciencia 34: 113-119.
- Santelices R, RM Navarro-Cerrillo, F Drake. 2011. Propagation and Seedling Cultivation of the Endemic Species *Nothofagus alessandrii* Espinosa in Central Chile. Restoration Ecology 19: 177-185.
- Santelices R, F Drake, C Mena, R Ordenes, RM Navarro-Cerrillo. 2012. Current and potential distribution areas for *Nothofagus alessandrii*, an endangered tree species from central Chile. Ciencia e Investigación Agraria 39: 521-531.
- Subiri M. 1997. Técnicas de propagación por semillas y de producción de plantas en vivero de *Nothofagus obliqua* de tres procedencias. Memoria Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 87 p.
- Villar-Salvador P. 2007. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. In Rey-Benayas JM, T Espigares-Pinilla, JM Nicolau-Ibarra (Edit.), Restauración de ecosistemas mediterráneos, pp 65-86. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España.
- Wardle P, AD Campbell. 1976. Winter dormancy in seedlings of mountain beech (*Nothofagus solandri* var. *cliffortioides*) near timber line. New Zealand Journal of Botany 74: 183-186.