



APUNTE

Aspectos genéticos, reproductivos y prácticos para el uso ecológico y productivo del arrayán (*Luma apiculata* (DC.) Burret).Braulio Gutiérrez Caro^{1*}¹ Instituto Forestal, sede Biobío. bguetierr@infor.cl

*Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2024.613>

Recibido: 02.11.2024; Aceptado 21.11.2024.

RESUMEN

El artículo aporta una síntesis de antecedentes sobre los aspectos genéticos, reproductivos y prácticos de *Luma apiculata* (arrayán), una mirtácea nativa valorada por sus usos ecológicos, ornamentales y melíferos. Se menciona su distribución natural, centrada en Chile y Argentina y su evolución genética en relación con eventos geológicos. Se describe su biología reproductiva y regeneración natural, métodos de dispersión y capacidad de regeneración en distintos ambientes.

Se abordan también las técnicas de propagación, manejo de semillas y viverización, destacando sus semillas recalcitrantes con muy limitada capacidad de almacenamiento, y la incidencia de tratamientos pregerminativos en su propagación. Se resaltan sus aplicaciones, incluyendo su potencial como alimento funcional, su rol en la apicultura y su uso en proyectos de restauración ecológica. Finalmente, se destaca la importancia de la conservación de su diversidad genética y la necesidad de investigaciones adicionales para optimizar su aprovechamiento.

Palabras clave: *Luma apiculata*, germinación, reproducción, semillas, genética

SUMMARY

The article provides a synthesis of background information on the genetic, reproductive, and practical aspects of *Luma apiculata* (arrayán), a native Myrtaceae species valued for its ecological, ornamental, and melliferous uses. It discusses its natural distribution, primarily in Chile and Argentina, and its genetic evolution in relation to geological events. The reproductive biology, natural regeneration, dispersal methods, and the species' capacity to regenerate in diverse environments are described.

Propagation techniques, seed handling, and nursery production are also addressed, emphasizing its recalcitrant seeds with highly limited storage capacity and the influence of pre-germination treatments on propagation. The article highlights its applications, including its potential as a functional food, its role in apiculture, and its use in ecological restoration projects. Finally, the importance of conserving its genetic diversity and the need for further research to optimize its utilization are emphasized.

Key words: *Luma apiculata*, germination, reproduction, seeds, genetics

INTRODUCCIÓN

El arrayán, *Luma apiculata*, es una especie nativa perteneciente a la familia *Myrtaceae*, cuyo género (*Luma* A. Gray) se considera evolutivamente como uno de los más primitivos de esta familia. El género contempla solo dos especies (*L. apiculata* y *L. chequen*) (Retamales, 2021; Caldiz *et al.*, 2004; Teillier, s/f), no obstante, como familia, las mirtáceas nativas incluyen a 26 especies, más una variedad, agrupadas en 10 géneros, la mayoría endémicas y parte importante de los bosques, matorrales y turberas, donde son parte de las dinámicas ecológicas de esos ambientes (Retamales, 2021).

Las mirtáceas nativas se distribuyen desde el centro-norte hasta el sur continental y el archipiélago de Juan Fernández, concentrándose entre los 25 y 47° de latitud sur, en el *hotspot* del bosque chileno, región reconocida por su alto nivel de endemismo y considerada una prioridad para la conservación a escala global (Arroyo *et al.*, 2006 cit. por Retamales, 2021). Si bien se mencionan generalmente como especies higrófilas, abarcan una gran cantidad de ambientes, pudiendo encontrarse casi a lo largo de Chile, excepto en los ecosistemas antárticos y de desierto absoluto (Retamales, 2021).

En efecto, *L. apiculata* es probablemente la mirtácea más dispersa y común en los bosques templados de Sudamérica, extendiéndose en Chile entre las regiones de Valparaíso y Aysén (33°06' a 45°30' Latitud Sur) (Rodríguez *et al.*, 1983; Hoffmann, 1997) y en Argentina en la zona cordillerana de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (Caldiz *et al.*, 2004). En Chile se encuentra en la mayoría de los tipos forestales, pero es en el siempreverde donde suele ser una especie habitual. A pesar de su extensa distribución, que sugiere una elevada variación genética, no ocupa una variedad muy diversa de ambientes, encontrándose normalmente asociada a cursos o cuerpos de agua, y existiendo poca información sobre el grado y distribución de la variación genética de sus poblaciones.

Al arrayán se le reconocen propiedades medicinales y usos alimenticios, siendo usada por los pueblos originarios (Cordero *et al.*, 2017, cit. por Contardi *et al.*, 2021); además, se afirma que su sistema radical, puede contribuir a fijar riberas de cursos de agua (Alvarado Ojeda *et al.*, 2013, cit. por Contardi *et al.*, 2021). El arrayán es también una especie melífera (Forcone y Kutschker, 2006) y es en este ámbito, donde junto a otras mirtáceas, se destaca en forma especial. Sobre este particular, un estudio melisopolinológico efectuado en 198 muestras de miel de distintos apicultores de las regiones del Biobío y Ñuble, determinó que *Luma apiculata* es la especie melífera nativa más utilizadas como fuente floral por las abejas en esas regiones, encontrándose en el 46% de las muestras analizadas (González, 2023). *Luma apiculata* posee características que la hacen una excelente fuente floral para apicultura, entre ellas una amplia ventana de floración, que abarca desde octubre a junio del año siguiente, y una floración temprana, que comienza a manifestarse a los dos años en vivero. Además, sus frutos son comestibles, siendo una especie multipropósito que presenta una extensa distribución en la que se espera una alta variabilidad intraespecífica (González, 2023).

Si bien se han realizado experiencias que aportan información sobre el cultivo de arrayán (Donoso *et al.*, 2006), falta profundizar en varios aspectos de calidad de semillas, viverización y establecimiento en terreno. En cuanto a germinación, se registran resultados muy disímiles en distintas experiencias, con fluctuaciones entre germinación nula (Salinas *et al.*, 2023) y valores de 90 a 100% (Contardi *et al.*, 2021; Smith *et al.*, 1998; Ramírez *et al.*, 1980), que advierten de la importancia de considerar no solo las condiciones de los ensayos de germinación, sino también el manejo y manipulación previa de frutos y semillas, el efecto del endocarpo, las condiciones de almacenamiento de las semillas, la época de siembra, los tratamientos pregerminativos y otros detalles relacionados.

En el contexto señalado, el presente documento elabora una síntesis de antecedentes dispersos en diversos medios especializados, para facilitar el acceso a información relativa a aspectos genéticos y reproductivos de *L. apiculata*. Su finalidad es orientar las iniciativas de producción de plantas, tanto para restauración con consideraciones genéticas, como para el establecimiento de huertos melíferos, actividad esta última, donde la especie concita un especial interés.

ASPECTOS EVOLUTIVOS Y GENÉTICOS

El alto número de géneros (10) en proporción al número de especies (26) que representan la familia mirtácea en la flora chilena, es un indicativo de la particular historia evolutiva de esta familia, situación que se relacionaría con el temprano aislamiento que experimentó la flora de Chile durante el Eoceno-Mioceno, hace 10 a 30 millones de años. La concentración de géneros endémicos y monotípicos de mirtáceas pudo haber sido consecuencia de refugios durante las glaciaciones del Pleistoceno, y de los repetidos ciclos de aislamiento debido al avance de los glaciares (Moreira, 2011 cit. por Retamales 2021).

Distintos análisis filogenéticos citados por Retamales (2021), que estudian la evolución de las mirtáceas en Chile, indican que esta familia no formaría un grupo monofilético, sino que constituirían distintas líneas evolutivas. Así, el arrayán (*Luma apiculata*) sería parte de uno de los denominados “géneros atípicos” (*Luma*, *Legrandia*, *Myrceugenia*, *Blepharocalyx* y *Myrcianthes*), los cuales se consideran como experimentos evolutivos, por cuanto poseen características únicas o combinaciones morfológicas distintivas. Estos aparentemente primitivos géneros se distribuyen principalmente en el centro-sur de Chile, con alguna presencia en los Andes argentinos, y su evolución pudo haber sido influenciada por el aislamiento geográfico de esta área durante el Mioceno.

De acuerdo con Caldiz *et al.* (2004) y Caldiz & Premoli (2005), desde el punto de vista genético las poblaciones pequeñas y aisladas de arrayán exhiben niveles de variación genética similares, siendo incluso más heterocigóticas, que las poblaciones puras. Los autores argumentan que las poblaciones pequeñas podrían haberse generado a partir de pocos individuos, pero que experimentarían un considerable flujo génico con otras poblaciones, de modo que contrarrestarían el efecto de deriva genética esperado en poblaciones pequeñas.

En bosques mixtos, la dispersión local de las semillas de arrayán promueve el establecimiento de progenies genéticamente emparentadas, formando grupos familiares en las cercanías del árbol semillero, que genera una marcada estructuración genética en una escala espacial de escasos metros, y que se ve acrecentada por el hecho que la especie puede propagarse vegetativamente por rebrotes de raíz (Caldiz *et al.*, 2004; Caldiz & Premoli, 2005). Esta situación debe tenerse en cuenta al momento de recolectar semillas para la producción y establecimiento de plantas, cuidando de obtener muestras genéticamente representativas, de modo que gran parte sino todos los alelos presentes en la población, estén incluidos en la muestra recolectada (León Lobos *et al.*, 2014).

Lo anterior obedece a que el origen y la diversidad genética del material forestal reproductivo afecta significativamente a la supervivencia, crecimiento y productividad de los árboles, pero también a la capacidad de adaptación y, por lo tanto, a la autosostenibilidad de las poblaciones. En efecto, como lo especifican Thomas *et al.* (2014; 2015), la diversidad genética se relaciona positivamente no solo con el valor adaptativo de las poblaciones de árboles sino también, y de modo más general, con el funcionamiento y la resiliencia del ecosistema; por lo mismo, una adecuada atención a la diversidad genética de las semillas y plantas es particularmente importante para la restauración ecológica de los bosques.

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA

Flores, Frutos y Semillas

Las flores del arrayán (**Figura 1**) son hermafroditas, solitarias o en grupos de a tres a cinco, tetrámeras, con cuatro pétalos blancos sub-orbiculares y sépalos triangulares; poseen numerosos estambres que rodean a un pistilo largo, ligeramente rojizo y un ovario con dos lóculos. Florece profusamente en un extenso periodo que se extiende entre diciembre y mayo (Caldiz *et al.*, 2004) e incluso entre octubre y junio (González, 2023). Su sistema reproductivo consiste en polinización entomófila, donde participan diversas especies de insectos, entre ellas el abejorro nativo chileno (*Bombus dahlbomii*) (Retamales, 2021), y no se descarta algún grado de polinización anemófila (Caldiz *et al.*, 2004).

El fruto (**Figura 1**) es una baya globosa de aproximadamente 1,3 a 1,5 cm de diámetro, de color rojizo que se torna negra violácea al madurar (Alvarado & Levet, 2014). Se presenta mayoritariamente entre marzo y abril, aunque en bosques siempreverdes la fructificación puede extenderse hasta pleno invierno (junio-julio) (Caldiz, 2004). En su interior contiene entre una y más de 10 semillas, siendo frecuente que existan 2 o 3.

Las semillas (**Figura 1**) son de forma arriñonada, lenticular, lisas, brillantes, de 4,5 a 5 mm de largo, poseen latencia fisiológica, germinación epigea y existen del orden de 54.000 a 60.000 unidades por kilogramo de semilla limpia (Alvarado & Levet, 2014; Donoso, 1989). Poseen un embrión grande con una delgada testa seminal y carecen de endoesperma (Ramírez *et al.*, 1980). Su principal característica, desde el punto de vista de la viverización, es que son semillas del tipo recalcitrante, o no ortodoxas, es decir que pierden

rápida su viabilidad (semillas microbióticas) y no pueden ser almacenadas para su uso en temporadas posteriores a la de colecta. Por otra parte, al ser semillas con latencia, requieren la aplicación de tratamientos pregerminativos para acelerar y homogenizar su germinación en vivero, aun cuando este tratamiento no aumentará el porcentaje final de germinación en relación a las semillas no tratadas; estas últimas alcanzan porcentajes de germinación similares a las primeras, pero tardan más tiempo en lograrlo (Figuroa *et al.*, 1996; Figuroa, 2000).



Figura 1. Flores, frutos y semillas de *Luma apiculata*.

La dispersión de frutos y semillas de arrayán ocurre por gravedad (barocoría) o por animales (endozocoría) (Caldiz *et al.*, 2004). Según Mora *et al.* (2013), gracias a la capacidad de flotación de los frutos, la dispersión también puede producirse por el agua (hidrocoría), lo que incrementa la posibilidad de que las semillas lleguen a microhábitats adecuados en los bosques inundados o ecosistemas pantanosos.

Respecto a la dispersión por animales, participan fundamentalmente aves, entre ellas varias especies icónicas de los ecosistemas chilenos, como choroyes y cachañas (Retamales, 2021), en tanto que los pequeños mamíferos y reptiles juegan solo un pequeño papel en la dispersión de estos frutos (Figuroa & Castro, 2002). Las aves frugívoras no solo dispersan las semillas de *Luma apiculata*, sino que también ayudan a eliminar la pulpa del fruto, no afectan negativamente su viabilidad y además facilitan su germinación al eliminar la pulpa inhibitoria. En ensayos de laboratorio evaluados por Figuroa & Castro (2002), las semillas de *Luma apiculata* ingeridas por aves mostraron un porcentaje de germinación significativamente mayor (32%) en comparación con las semillas extraídas manualmente de los frutos (23%). Sin embargo, Ramírez (1980) postula que esta forma de dispersión endozoica no sería muy eficiente, pues la permanencia de las semillas en el tracto digestivo debe ser corta para no perder su viabilidad. Además, las observaciones en terreno indicarían que la germinación se produce preferentemente cerca de la planta madre, formando las agrupaciones familiares y la estructuración

genética mencionada previamente en el punto de aspectos evolutivos y genéticos, sugiriendo así una preponderancia de la dispersión por gravedad.

En cuanto a hidrocoría, el pericarpio carnoso de *Luma apiculata* actúa como una barrera que inhibe la rápida absorción de agua, le otorga flotabilidad y retrasa la germinación, lo cual puede proteger a las semillas de los efectos negativos de la inmersión prolongada en el agua. En condiciones de inundación de hasta 45 días, las semillas con pericarpio mostraron un porcentaje de germinación superior en comparación con las semillas sin pericarpio, lo que sugiere que el pericarpio actúa como un “salvavidas” que protege a las semillas bajo esas condiciones (Mora *et al.*, 2013; Mora & Smith-Ramírez, 2017).

Regeneración Natural

La reproducción de las especies del bosque depende, entre otros factores, del potencial de germinación de las semillas. De acuerdo con Figueroa (2000) *Luma apiculata*, y varias otras especies de los bosques templados de Chile, no presentan la estrategia de germinación típica de los bosques templados del hemisferio norte, donde predomina la germinación retardada por una latencia innata que sería interrumpida por las bajas temperaturas del invierno. Por el contrario, la germinación de arrayán se asemeja a la de muchas especies pioneras de los bosques tropicales, donde existe escasa estacionalidad, y presentan una germinación inmediata post maduración del fruto, sin latencia innata, pero inhibida por la exposición de las semillas a longitudes de onda ricas en rojo lejano, calidad lumínica característica del sotobosque, bajo el dosel o la hojarasca del suelo. Este tipo de latencia, inducida por la calidad de la luz (latencia fotoblástica), sin ser un mecanismo generalizado, también se ha detectado en algunas especies del bosque templado del sur de Chile, entre ellas, en *Luma apiculata*, *Fuchsia magellanica*, *Gaultheria mucronata*, *Embothrium coccineum*, *Rhaphithamnus spinosus* (Figueroa *et al.*, 1996; 2004).

Arrayán ha sido clasificada como una especie relativamente tolerante a la sombra y también como intolerante que solo regenera ante una apertura en el dosel. Es una especie del borde de bosque que suele encontrarse en las zonas externas del mismo, en ambientes con mayor exposición a la luz y vegetación menos densa que al interior del bosque. Su hábitat típico incluye áreas con perturbaciones naturales, como claros generados por la caída de árboles (Figueroa & Hernández, 2001).

La regeneración de *L. apiculata* ocurre principalmente en bosques en la fase de apertura de claros, no obstante, las semillas de arrayán pueden germinar en la sombra, bajo el dosel de dominantes intolerantes como *Nothofagus dombeyi*, para posteriormente ir pasando al dosel superior al desmoronarse las dominantes (Caldiz *et al.*, 2004; Retamales, 2021). En efecto, las semillas de *Luma apiculata* poseen un buen potencial de germinación, pudiendo germinar tanto en condiciones de luz (en claros) como en sombra (bajo el dosel), sin que existan diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de germinación de ambas condiciones (Figueroa & Hernández, 2001). Esta capacidad para germinar en ambas condiciones permite que arrayán pueda establecerse en condiciones de luz y sombra, lo que sugiere una adaptabilidad y competencia dentro del bosque templado. A pesar de esta adaptabilidad en germinación, su presencia en el interior del bosque es limitada, probablemente debido a su menor capacidad para competir en ambientes de sombra más densa al interior del bosque lo largo de su vida (Figueroa & Hernández, 2021). Por lo mismo, los bosques con arrayán en el dosel superior son bosques antiguos, debido a que originalmente estaban dominados por especies intolerantes que cumplieron su ciclo (Caldiz *et al.*, 2004). Tal es el caso de los bosques milenarios de arrayán en la isla Helvecia o Chaullín (Calbuco, región de Los Lagos) donde se encuentran arrayanes que superan los 20 metros de altura y cientos de años de edad (Retamales, 2021).

SEMILLAS Y PROPAGACION ARTIFICIAL

Cosecha y Manejo de Semillas

Para recolectar semillas se deben extraer desde los árboles los frutos maduros, los que se reconocen por su marcado color morado oscuro a negro (marzo a julio dependiendo de la localidad). La colecta se realiza directamente desde la copa, pizcando los frutos en forma manual, o agitando las ramas para promover la caída de los frutos sobre mallas, lonas o similares dispuestas bajo la copa. El procedimiento de colecta

más adecuado será aquel que permita obtener la mayor cantidad de semillas/frutos maduros y de calidad, con la mayor eficiencia, el menor riesgo y el menor impacto sobre el recurso recolectado.

Durante la recolección se debe tener en cuenta consideraciones de distinto tipo. Las principales son:

- La extracción de semillas no debe superar el 20% de las semillas viables disponibles en la población en el momento de la recolección, de esta forma quedan suficientes semillas para la regeneración de la población y así no alterar su dinámica natural, ni comprometer la situación de otros organismos que hacen uso de esa semilla con distintos fines (León Lobos *et al.*, 2014; Bacchetta *et al.*, 2008). Recolectar sólo en árboles con buen estado sanitario y de aspecto vigoroso.
- La colecta debe tener en cuenta consideraciones de carácter genético, fundamentalmente relacionadas con el uso de fuentes semilleras cuyo origen garantice adaptación al sitio de plantación y que tenga suficiente diversidad genética para seguir respondiendo a las condiciones cambiantes que enfrentará el material genético cuando sea establecido en terreno (Thomas *et al.*, 2014). Particularmente los árboles a colectar deben estar suficientemente separados entre sí, con esto se reduce el riesgo de recolectar semillas de árboles emparentados, lo que reduciría la diversidad genética del lote de plantas producidas. Detalles sobre estas consideraciones genéticas para colecta de semillas y viverización pueden consultarse en Gutiérrez (2021; 2024).
- Se debe recolectar cuando los frutos estén maduros, este es un aspecto crucial que define el momento de cosecha y la utilidad del material obtenido. Es durante la maduración cuando las semillas adquieren la capacidad de germinar, y sus embriones ya desarrollados pueden activarse para dar origen a una nueva planta.
- Otro aspecto elemental es recolectar semillas sanas, sin indicios evidentes de daño que comprometan su viabilidad y capacidad para germinar y generar un individuo nuevo competente. Por lo mismo, especial atención debe ponerse al estado sanitario, de modo de colectar frutos sanos con semillas viables y descartar aquellas que no serán de utilidad en los procesos posteriores de viverización.
- Por último, la cantidad de semillas a recolectar debe ser suficiente para cumplir con los objetivos de siembra, y también para efectuar los análisis de caracterización del lote colectado. Debe colectarse en función de lo que efectivamente se sembrará durante la temporada, por cuanto la semilla de arrayán por su condición de no ortodoxa, no puede ser almacenada para uso en temporadas posteriores (semilla recalcitrante).

Los frutos colectados deben ser transportados o despachados a las dependencias donde se les practicará el procesamiento post colecta y la extracción de las semillas. Lo fundamental de esta fase es reducir el tiempo desde la recolección hasta el procesamiento, evitando la exposición a alta temperatura, sol directo o humedad, de modo de prevenir el biodeterioro de los frutos y semillas recolectados.

Una vez obtenido los frutos, las semillas del arrayán se extraen por maceración, presionando las bayas maduras y lavándolas en agua corriente para eliminar la pulpa y los desechos restantes. Para este efecto los frutos pueden ser macerados completamente en forma manual o en recipientes con agua. En ambos casos el resultado será una mezcla de pulpa con semillas que puede ser separada utilizando mallas, tamices, o coladores de cocina. La pulpa puede ser fácilmente separada de las semillas, debido a que normalmente flota y puede ser eliminada junto con el agua, mientras que las semillas se van al fondo. Este lavado puede repetirse hasta que la mayor parte de la pulpa haya sido descartada.

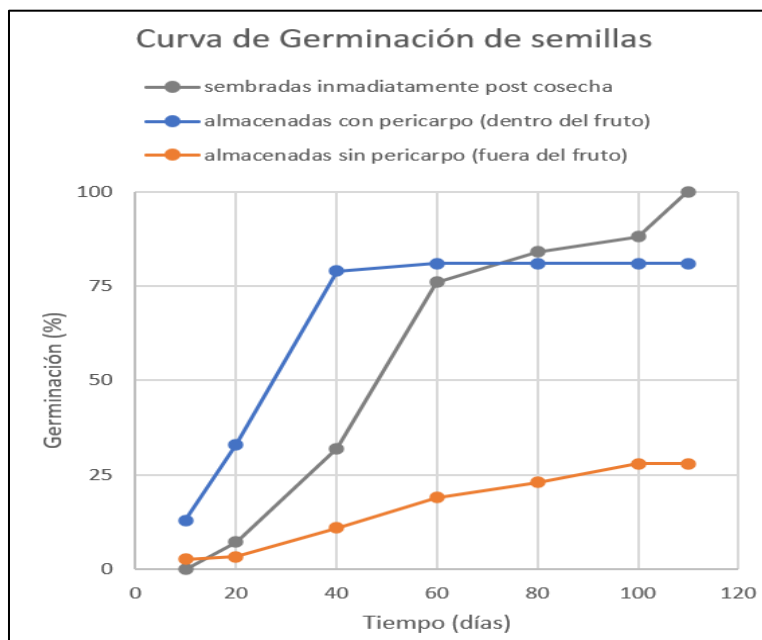
Una vez que las semillas están separadas de sus frutos y limpias se secan superficialmente y se procede a analizarlas y almacenarlas. El almacenamiento de las semillas de arrayán es de corto plazo, se deben sembrar prontamente después de la cosecha, porque pierden la viabilidad y capacidad germinativa en forma acelerada (Ramírez *et al.*, 1980; Alvarado & Levet, 2004). En cuanto a su análisis es recomendable determinar los parámetros físicos y biológicos tradicionales para caracterizar lotes de semillas, como

Pureza, Número de semillas por kilogramo, Viabilidad y Germinación. Estos antecedentes serán de utilidad para dimensionar las faenas posteriores de siembra y producción de plantas.

Germinación y Tratamientos Pregerminativos

Contardi *et al.* (2021) evaluaron la germinación de semillas de arrayán sembradas en otoño, sin estratificar y en primavera tras una estratificación fría-húmeda por 90 días. La mayor germinación se obtuvo en la siembra de otoño (90-79%); la siembra en primavera con estratificación de semillas presentó una germinación intermedia (47-64%); en tanto, la menor germinación se obtuvo con la siembra de primavera de semillas estratificadas dentro del fruto (31-38%).

Los elevados porcentajes de germinación logrados, particularmente con la siembra de otoño, estarían corroborando una alta viabilidad inicial de las semillas de arrayán, situación que concuerda con los resultados de Ramírez *et al.* (1980) quienes obtuvieron un poder germinativo del 100% en siembra de semillas recién cosechadas, en tanto que para semillas almacenadas por tan solo 8 días la germinación se redujo en forma considerable, particularmente para aquella guardadas sin pericarpio, fuera del fruto (Figura 2).



(Fuente: Reconstruido a partir de datos de Ramírez *et al.*, 1980).

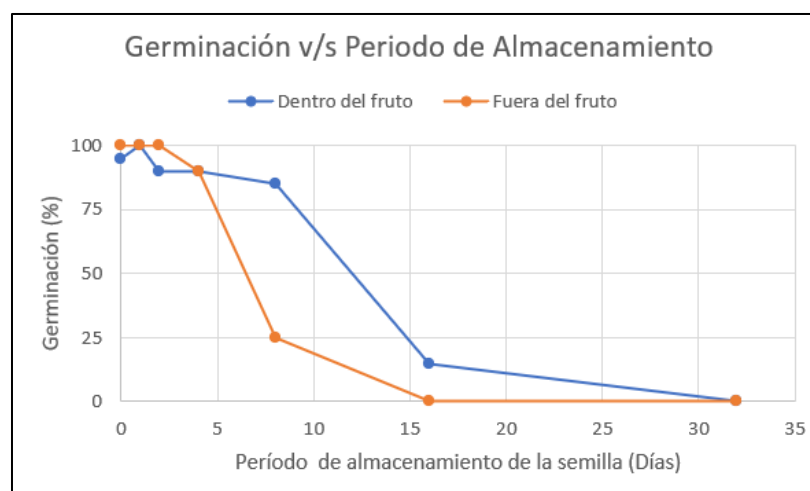
Figura 2. Curvas de germinación de semillas de arrayán sembradas inmediatamente post cosecha y de otras almacenadas por 8 días dentro y fuera del fruto.

La alta viabilidad inicial de las semillas de arrayán disminuye con el tiempo, como lo indican los resultados de los tratamientos de siembra de primavera de Contardi *et al.* (2021) y los ensayos de tiempo de almacenamiento de Ramírez *et al.* (1980). En efecto, las semillas de arrayán disminuyen su viabilidad durante el almacenamiento, tanto si son extraídas del fruto como si permanecen dentro del mismo. Esto confirmaría el comportamiento recalcitrante que se menciona para semillas de esta especie y otras mirtáceas chilenas, como *Amomyrtus luma*, *Myrceugenia planipes* y *Ugni molinae* (Figuerola *et al.*, 1996; 2000). Esta pérdida de viabilidad podría estar asociada con las características morfológicas de las semillas, tales como una cubierta seminal delgada, membranosa y de aspecto húmedo, así como embriones muy desarrollados (Ramírez *et al.*, 1980).

Figuroa *et al.* (1996) y Figuroa (2000) comparan la germinación de semillas de distintas especies, entre ellas de arrayán, sembradas inmediatamente después de la cosecha (aprox. una semana) con las de semillas del mismo lote, pero sometidas a una estratificación fría de 40 días a 5°C. Observan que la germinación de arrayán se ve acelerada por la estratificación fría, respecto a la de semillas testigos sin estratificar. La diferencia se observa hasta los 30 días cuando la semilla estratificada alcanza 74% y la sin estratificar solo 31%. Sin embargo, hacia los 90 días los valores de ambos lotes tienden a igualarse alrededor de 80% de germinación. Los resultados de estos estudios permiten clasificar al arrayán como una especie de respuesta germinativa inmediata (la germinación comenzó antes de 4 semanas); patrón de germinación asincrónico (más del 10% de las semillas germinan en distintos meses); y potencial germinativo alto (Porcentaje de germinación al final del ensayo superior a 50%). Análogamente Smith *et al.* (1998) señalan que la germinación de arrayán en laboratorio es alta (93%) pero lenta, con un periodo de latencia de hasta 157 días.

En los ensayos de laboratorio evaluados por Figuroa y Castro (2002), las semillas dentro de los frutos intactos no germinaron y se descompusieron rápidamente, lo que sugiere que la pulpa del fruto puede inhibir la germinación. En efecto, los frutos normalmente presentan sustancias inhibitorias que impiden la germinación de las semillas, como mecanismo de protección hasta que existan condiciones adecuadas para germinar o para permitirles transportarse a grandes distancias. Así, en condiciones naturales, donde los entornos acuáticos son perjudiciales para la integridad de las semillas, el pericarpo del fruto del arrayán juega un importante rol protector de las mismas ante la inmersión prolongada, permitiendo su dispersión por agua sin afectar su posterior germinación (Mora & Smith-Ramírez, 2017).

Por otra parte, semillas recalcitrantes como las del arrayán pueden encontrar dentro del fruto la humedad necesaria para mantener su viabilidad por más tiempo que si estuvieran fuera del mismo, tal como lo concluyó Ramírez *et al.* (1980) al comparar la germinación de semillas de arrayán sembradas después de periodos de almacenamiento que fluctuaron entre 0 y 32 días. En estos ensayos la máxima germinación se produjo con semillas almacenadas por 4 días o menos y se redujo considerablemente al aumentar el periodo de almacenamiento, aunque manteniéndose más alto en aquellas que habían sido almacenadas dentro del fruto (Figura 3). Así, si bien la siembra de semillas dentro del fruto es detrimental para su germinación, el almacenamiento de corto plazo de las semillas dentro del fruto es una alternativa de interés respecto al almacenamiento de semilla limpia.



(Fuente: Reconstruido a partir de datos de Ramírez *et al.*, 1980)

Figura 3. Germinación de semillas de *Luma apiculata* después de distintos periodos de almacenamiento dentro y fuera del fruto.

Viverización y Producción de Plantas

La semilla sin estratificar puede ser sembrada en el otoño inmediatamente después de la colecta. Alternativamente, puede sembrarse a inicios de primavera, tras algunas semanas de estratificación fría húmeda como tratamiento pregerminativo, o de un remojo en solución de giberelina por 24 a 48 horas, como tratamiento alternativo a la estratificación. De acuerdo con Quiroz *et al.* (2009) la siembra puede realizarse en dos modalidades, directa al contenedor o en almácigo, esta última es recomendable cuando la germinación es menor a un 40%, lo que ocurre comúnmente con semillas de muy pequeño tamaño y con calidad deficiente. También, se utilizan las almacigueras cuando la germinación de algunas semillas es irregular.

Respecto a la siembra de otoño, Alvarado & Levet (2014) indican que se puede efectuar en almácigos, disponiendo las semillas en cajones con tierra de hoja desinfectada y mantenidos a una temperatura de 4 a 8 °C; posteriormente, en el mes de septiembre, se sacan los cajones del frío y se ubican bajo semisombra con una temperatura de 18 a 22°C para provocar la germinación, la que se inicia después de 35 a 40 días. En este caso las semillas experimentan una estratificación fría natural durante el invierno.

Entre 12 y 15 días después de la germinación se observa la aparición de cotiledones, y luego de 10 días más la aparición de las primeras hojas verdaderas (Donoso *et al.*, 2006 cit. por Alvarado & Levet, 2014). Cuando las plantas alcanzan 10 a 15 cm de altura pueden repicarse a los contenedores individuales de viverización, en los cuales normalmente se utiliza corteza compostada de pino como sustrato para la producción de las plantas.

Una vez repicadas, las plantas deben continuar bajo semisombra por algunos meses, utilizándose para este efecto malla raschell con porcentaje de sombra de 50%. Los riegos se efectúan a requerimiento y como fertilización Alvarado & Levet (2014) mencionan el uso de N, P, K, Mg y microelementos, en un preparado comercial granulado de liberación controlada el cual se adiciona en forma previa al sustrato de viverización, a razón de 3 Kg/m³.

CONCLUSIONES

Luma apiculata es una mirtácea nativa cuyo valor melífero, junto con el potencial de sus frutos como alimento funcional rico en antioxidantes, la posicionan como un recurso multipropósito de interés económico y ecológico. Posee una importante capacidad de germinación bajo diferentes condiciones de luz, que favorecen su regeneración natural y su utilidad en proyectos de restauración. Para estos efectos, la diversidad genética en poblaciones naturales es clave para la resiliencia y sostenibilidad de los ecosistemas a restaurar, por lo que se requiere estrategias de recolección y viverización de semillas que conserven esta diversidad.

Sus semillas son recalcitrantes y requieren manejo especializado, tienen una alta viabilidad y germinación inicial que decae aceleradamente con el tiempo. Su germinación es lenta debido a una marcada latencia, siendo recomendable el uso de tratamientos pregerminativos para acelerarla y homogenizarla. Para asegurar su viabilidad y germinación, las semillas no pueden almacenarse para uso en temporadas posteriores la de la colecta, debiendo sembrarse en el más breve plazo después de su recolección.

Es necesario profundizar en estudios sobre genética poblacional, propagación artificial y manejo productivo para maximizar su potencial en restauración y aplicaciones productivas derivadas de sus frutos y valor melífero.

REFERENCIAS

Alvarado, A. & Levet, O. (2014). Manual de protocolos de producción de especies utilizadas por el programa de arborización. 1a. edición. CONAF. Santiago. 177 p.

- Bacchetta, G., Bueno-Sánchez, A., Fenu, G., Jiménez-Alfaro, B., Mattana, E., Piotto, B. & Virevaire, M. (Eds). (2008).** Conservación *ex situ* de plantas silvestres. Principado de Asturias / La Caixa. 378 p.
- Caldiz, M., Premoli, A. & Kitzberger, T. (2004).** Variación en *Luma apiculata* (DC.) Burret (*Myrtaceae*) (Arrayán, Quetri o Palo Colorado. En: Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L. & Ipinza, R. (Eds). Variación Intraespecífica en especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago. Cap. 17. Pp: 381-389.
- Caldiz, L. & Premoli, A. (2005).** Isozyme diversity in large and isolated populations of *Luma apiculata* (*Myrtaceae*) in north-western Patagonia, Argentina. *Australian Journal of Botany*, N° 53. Pp: 781-787. <https://doi.org/10.1071/BT05037>
- Contardi, L., Paz, M. & Urretavizcaya, M. (2021).** Arrayán, aspectos importantes de los frutos y semillas para su conservación. En: <https://ciefap.gob.ar/index.php/secciones/ciencia-y-tecnologia/55-arrayan-aspectos-relevantes-de-los-frutos-y-semillas-para-su-domesticacion.html>
- Donoso, C. (1989).** Antecedentes básicos para la silvicultura del tipo forestal siempreverde. *Bosque*, 10(1): 37-53. <https://doi.org/10.4206/bosque.1989.v10n1n2-05>
- Donoso, C., Caldiz, M., Kitzberger, T., Premoli, A. & Utreras, F. (2006).** *Luma apiculata* (D.C.) Burret. Arrayán. En: Donoso, C. (Ed.). Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Ed. Marisa Cuneo. Valdivia, Chile. Pp: 354-364.
- Figuroa, J., León, P., Cavieres, L., Pritchard, H. & Way, M. (2004).** Ecofisiología de semillas en ambientes contrastantes de Chile: Un gradiente desde ecosistemas desérticos a templados-húmedos. En: Marino, H. (Ed). Fisiología ecológica en plantas mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas. Valparaíso, Chile. Pp: 81-98.
- Figuroa, J. & Castro, S. (2002).** Effects of bird ingestion on seed germination of four woody species of the temperate rainforest of Chiloé island, Chile. *Plant Ecology*, N° 160. Pp: 17–23. <https://doi.org/10.1023/A:1015889017812>
- Figuroa, J. & Hernández, J. (2001).** Seed germination responses in a temperate rain forest of Chiloé, Chile: effects of a gap and the tree canopy. *Ecología Austral*, N° 11. Pp:39-47.
- Figuroa, J. (2000).** Aspectos ecológicos de la germinación en especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. <https://www.chlorischile.cl/semillas/semillas.htm>
- Figuroa, J., Armesto, J. & Hernández, J. (1996).** Estrategias de germinación y latencia de semillas en especies del bosque templado de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, N° 69. Pp: 243-251.
- Forcone, A. & Kutschker, A. (2006).** Floración de las especies de interés apícola en el noroeste de Chubut, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 8(2): 151-157. <https://doi.org/10.22179/REVMACN.8.314>
- González, J. (2023).** Semillas para el futuro: Fuentes semilleras con consideraciones genéticas y ecológicas de una mirtácea de alto valor melífero: *Luma apiculata* (DC.) Burret. Documento de formulación de Proyecto presentado al XIV concurso del Fondo de Investigación del Bosque Nativo de CONAF. Instituto Forestal. Concepción. 31 p.
- Gutiérrez, B. (2024).** ¿Es la semilla de origen local el mejor material genético para efectos de restauración? *Ciencia & Investigación Forestal*, 29(3): 85–94. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2023.598>
- Gutiérrez, B. (2021).** Consideraciones genéticas para la obtención de semillas y viverización de plantas para restauración. En: Ipinza, R., Gutiérrez, B., Molina, M. & Barros, S. (Eds). Buenas prácticas y consideraciones genéticas para recuperación de bosques nativos degradados. ISBN N° 9787-956-318-204-0. Instituto Forestal-Fondo Investigación del Bosque Nativo. Cap 9. Pp: <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31302>
- Hoffmann, A. (1997).** Flora Silvestre de Chile, Zona Araucana: una guía ilustrada para la identificación de las especies de plantas leñosas del sur de Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago. 257 p.
- León-Lobos, P., Sandoval, A., Bolados, G., Rosas, M., Stark, D. & Gold, K. (2014).** Manual de recolección y procesamiento de semillas de especies forestales. Boletín INIA N° 280. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. 96 p.

- Mora, JP. & Smith-Ramírez, C. (2017).** Fleshy fruits as a lifebelt for seeds and the potential polychory of two wetland trees of temperate Chilean forests. *Aquatic Botany*, N° 142. Pp: 87–90. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2017.07.002>
- Mora, JP., Smith-Ramírez, C. & Zúñiga-Feest, A. (2013).** The role of fleshy pericarp in seed germination and dispersal under flooded conditions in three wetland forest species. *Acta Oecologica*, N° 46. Pp: 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2012.10.010>
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P. & Soto, H. (2009).** Vivero forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Centro tecnológico de la Planta Forestal. INFOR. Concepción, Chile. 128 p.
- Ramírez, C., Romero, M. & Henríquez, O. (1980).** Estudios de germinación en semillas de mirtáceas chilenas. *Bosque*, 3(2): 106–114. <https://doi.org/10.4206/bosque.1980.v3n2-06>
- Retamales, H. (2021).** Mirtáceas en la flora silvestre de Chile. Historia natural y situación actual. Ed. Bosque Chileno. Santiago. 225 p.
- Rodríguez, R., Matthei, O. & Quezada, M. (1983).** Flora Arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 408 p.
- Salinas, J., Moya, I. & Uribe, A. (2023).** Investigación silvícola y tecnológica de berries nativos de interés comercial en Patagonia: Prácticas de propagación y manejo. *Ciencia & Investigación Forestal*, 29(2): 87–97. <https://doi.org/10.52904/0718-4046.2023.592>.
- Smith, C., Armesto, J. & Figueroa, J. (1998).** Flowering, fruiting and seed germination in Chilean rain forest *Myrtaceae*: ecological and phylogenetic constraints. *Plant Ecology*, N° 136. Pp: 119–131. <https://doi.org/10.1023/A:1009730810655>
- Teillier, S. (s/f).** Curso de Botánica Sistemática. En: <https://www.chlorischile.cl/cursoonline/guia14/ros3.htm#luma>
- Thomas, E., Jalonen, R., Loo, J., Boshier, D., Gallo, L.; Cavers, S.; Bordács, S. et al. (2014).** Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology and Management* 333 (2014): 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.015>
- Thomas, E., Jalonen, R., Loo, J. & Bozzano, M. (2015).** Cómo evitar el fracaso en la restauración forestal: la importancia de disponer de un germoplasma genéticamente diverso y adaptado a los sitios de plantación. *Unasyva* 245, vol. 66 2015-3. Pp: 29–36.