



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

# MANUAL DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES



Autores:  
Pedro León-Lobos.  
Ana Sandoval S.  
Gustavo Bolados C.  
Marcelo Rosas C.  
Darian Stark S. (†)  
Kate Gold.

ISSN 0717 - 4829

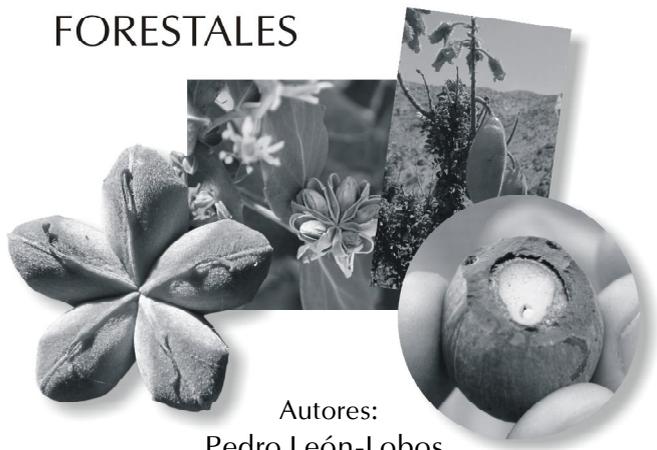
BOLETÍN INIA - Nº 280

50  
AÑOS INIA  
1964-2014



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

# MANUAL DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES



Autores:

Pedro León-Lobos.

Ana Sandoval S.

Gustavo Bolados C.

Marcelo Rosas C.

Darian Stark S. (†)

Kate Gold.

INIA INTIHUASI

La Serena, Chile, 2014

50  
AÑOS INIA  
1964-2014

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA - Nº 280

Autores:

**Pedro León-Lobos**, Profesor de Biología, Mag. Cs. Biológicas, Ph.D. Agriculture & Food.

**Ana Sandoval Sandoval**, Ingeniero Forestal, M.Sc. Plant Conservation.

**Gustavo Bolados Corral**, Ingeniero Forestal.

**Marcelo Rosas Cerda**, Licenciado en Biología, Mg. en Botánica.

**Darian Stark Schilling (†)**, Ingeniero Forestal, M.Sc. Biodiversity and Taxonomy of Plants.

**Kate Gold**, Agricultural Botany, M.Sc., Ph.D. Seed Technology, Seed Conservation Department, Royal Botanic Gardens, Kew, Reino Unido.

Director Responsable:

**Francisco Meza Álvarez**, Ingeniero Agrónomo, M.Sc.  
Director Regional INIA Intihuasi.

Comité Editor Regional

**Andrés Zurita Silva**, Ingeniero Agrónomo, Magíster en Ciencias,  
Doctor en Biotecnología de Plantas.

**Raúl Meneses Rojas**, Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D.

**Angélica Salvatierra**, Ingeniero Agrónomo M.Sc., Ph.D.

**Erica González V.**, Encargada de Biblioteca, INIA Intihuasi.

## **Boletín INIA N° 280**

Este Boletín fue editado por el Centro Regional de Investigación Intihuasi. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Ministerio de Agricultura

Cita Bibliográfica Correcta:

**León-Lobos, P., A.C., Sandoval, G. Bolados, M. Rosas, D. Stark y K. Gold. 2014.** Manual de recolección y procesamiento de semillas de especies forestales. 96 p. Boletín INIA N° 280. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile.

© 2014. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Centro Regional de Investigación Intihuasi, Banco Base de Semillas, Camino a Peralillo s/n, Teléfono: (56-51) 2411006. Vicuña, Región de Coquimbo, Chile.

ISSN 0717-4829

Autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente y/o autores.

Diseño y diagramación: Jorge Berríos V., Diseñador Gráfico.

Ilustraciones: Jojo Way (RBG Kew) y Francisco Ramos.

Impresión: Salesianos Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 1.000

La Serena, Chile, 2014.

# ÍNDICE

PRÓLOGO	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. CARACTERÍSTICAS DE LAS SEMILLAS FORESTALES	12
2.1 Tipos de frutos, función y clasificación	12
2.2 Estrategias de dispersión de semillas	14
2.3 Respuesta al almacenamiento	17
2.3.1 Clasificación de semillas según su respuesta al almacenamiento	17
2.3.2 Identificación de semillas recalcitrantes	21
2.3.3 Conservación de especies con semillas recalcitrantes	23
3. SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS, ESPECIES Y POBLACIONES	24
3.1 Estrategias de Recolección	24
3.2 Selección de las áreas de exploración y recolección	26
4. PLANIFICACIÓN DE RECOLECCIÓN DE SEMILLAS	28
4.1 Fuentes de información	28
4.2 Identificación de la especie	28

4.3 Ubicación y localización de las poblaciones _____	29
4.4 Expertos locales o nacionales _____	30
4.5 Permisos de acceso _____	30
4.6 Preparación logística _____	32
4.7 Materiales y equipamiento necesario _____	32
4.8 Costos de recolección _____	34
4.9 Programación de la expedición _____	35
4.10 Grupo de recolección _____	35
4.11 Época y duración de las expediciones _____	36
5. RECOLECCIÓN DE SEMILLAS Y DATOS ASOCIADOS _____	40
5.1 Evaluación de la madurez de las semillas _____	40
5.2 Reconociendo semillas maduras _____	42
5.3 Evaluación de la calidad de las semillas a recolectar _____	43
5.3.1 Tamaño de la muestra a recolectar _____	46
5.4 Representatividad de las muestras _____	48
5.5 Métodos de recolección de semillas _____	49
5.5.1 Recolección de semillas desde el suelo _____	50
5.5.2 Recolección desde el árbol sacudiendo ramas _____	52
5.5.3 Recolección de semillas desde árboles caídos o cortados _____	53
5.5.4 Recolección de semillas del árbol vía escalamiento _____	54
5.5.5 Línea de avanzada _____	56

5.6 Registro de información asociada a la muestra de semillas _____	58
5.7 Asignación de código de colecta _____	61
5.8 Recolección de muestras de herbario _____	62
6. MANEJO POSTCOSECHA DE LAS SEMILLAS RECOLECTADAS _____	65
6.1 Manejo y mantención de las colecciones durante la expedición _____	65
6.1.1 Frutos secos _____	65
6.1.2 Frutos carnosos _____	66
6.1.3 Semillas intolerantes a la desecación (recalcitrantes) _____	66
7. MANEJO DE LAS MUESTRAS DESPUÉS DE LA EXPEDICIÓN: PROCESAMIENTO DE SEMILLAS _____	67
7.1 Registro, identificación y clasificación de la muestra _____	68
7.2 Evaluación de la madurez de la muestra _____	69
7.3 Maduración post-cosecha de los frutos _____	69
7.4 Tolerancia a la desecación _____	71
7.5 Extracción de las semillas de los frutos _____	71
7.5.1 Extracción de semillas de frutos secos dehiscentes _____	71
7.5.2 Extracción de semillas de frutos secos indehiscentes _____	72

7.5.3 Extracción de semillas de frutos carnosos _____	73
7.5.4 Semillas mucilaginosas _____	75
7.6 Limpieza de semillas _____	76
7.6.1 Separación de los desechos _____	76
7.6.2 Inspección de las semillas _____	77
7.7 Secado de las semillas _____	78
8. EVALUACIÓN FINAL DE LAS SEMILLAS _____	80
8.1 Evaluación de la calidad física _____	80
8.1.1 Prueba de corte _____	80
8.1.2 Prueba de flotación _____	81
8.2 Evaluación de la viabilidad _____	82
8.2.1 Ensayos de germinación _____	82
8.2.2 Prueba de Tetrazolium _____	83
9. ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS _____	85
10. GLOSARIO _____	88

## PRÓLOGO

La sobreexplotación y degradación a la que históricamente ha estado sometido el bosque nativo ha deteriorado gran parte de los recursos genéticos forestales del país. A su vez, el reemplazo por plantaciones forestales y la erosión de suelo producida por la actividad agrícola intensiva, no ha posibilitado la recuperación de los bosques degradados. Esto sumado a la creciente demanda de estos recursos por parte de la sociedad, ha supuesto una constante degradación de ellos, llegando en algunos casos a la extinción local de especies. Como solución a este problema, la conservación *ex situ* adquiere una gran importancia como parte de una estrategia para conservar la diversidad genética existente en el país.

Bajo este escenario, los bancos de semillas junto a los arboretos son los métodos más comunes para conservar *ex situ* la diversidad genética forestal. Los primeros, en particular, permiten conservar por mucho tiempo y en un espacio reducido muestras representativas de diversidad genética de una gran cantidad de especies de plantas.

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), en conjunto con el Instituto Forestal (INFOR), han desarrollado una iniciativa concreta para conservar y promover el uso sustentable de los recursos genéticos forestales de las zonas áridas y semiáridas del país ([www.rgf.cl](http://www.rgf.cl)). Dentro del marco del proyecto, se logró priorizar, recolectar, documentar y conservar semillas de especies forestales con importancia ambiental y productiva para las zonas áridas de Chile.

A través de los capítulos de este boletín, se pretende plasmar no sólo la experiencia adquirida en este proyecto conjunto, sino que también se pretenden transmitir los conocimientos adquiridos en años de trabajo con especies silvestres.

Sin duda que los esfuerzos conjuntos a escala nacional contribuirán a resguardar y valorar los recursos genéticos forestales de Chile.

# 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques cumplen una función primordial como fuente de alimento, energía y medicina para comunidades locales. De la misma forma, la extracción de productos maderables representa una importante actividad económica en la mayoría de los países. Además, proveen de innumerables servicios ecosistémicos, como la captura de CO<sub>2</sub>, la fijación de nitrógeno, la regulación de los ciclos hídricos, la protección de suelos, la regulación de la temperatura ambiental, entre otros servicios absolutamente necesarios para el mantenimiento de los equilibrios del ecosistema. A pesar de su importancia, los bosques han sufrido una acelerada degradación, fragmentación y sustitución especialmente por el aumento en la demanda de recursos naturales provenientes del bosque.

En Chile los bosques naturales ocupan un 17,8% de la superficie del territorio nacional. Esto corresponde a una superficie cercana a los 13,4 millones de hectáreas, localizadas principalmente entre los 32° y 56° de latitud Sur. En Chile, el bosque nativo ha enfrentado una larga historia de degradación, causada principalmente por sobreexplotación, floreo, tala rasa sin control y el uso indiscriminado del fuego para habilitación de tierras para agricultura, ganadería y expansión de plantaciones forestales de especies exóticas de rápido crecimiento. Se estima que un 45% de la cubierta original de bosque se ha perdido y en la actualidad un 75% del bosque remanente está en serio peligro.

Los **Recursos Genéticos Forestales**, entendiéndolos por éstos la diversidad genética presente en los millares de especies de árboles de

nuestro planeta, constituyen un recurso intergeneracional de enorme importancia social, económica y ambiental.

Los recursos genéticos forestales chilenos están compuestos por toda la diversidad genética presente en las poblaciones silvestres de especies arbóreas y arborescentes que crecen en Chile. Entre las especies más importantes se destacan los *Nothofagus* (roble, raulí, coigüe, lenga) y coníferas como el mañío, el ciprés de las Guaitecas, el alerce, la araucaria, entre otras.

Los recursos genéticos forestales chilenos están compuestos por 161 especies, considerando tanto al territorio continental como insular, siendo 99 de ellas endémicas a Chile (61%). Lamentablemente varias de estas especies están en peligro de extinción. Por esta razón, es necesario y urgente trabajar para fortalecer la conservación estos recursos.

La conservación de recursos genéticos forestales se puede desarrollar de manera *in situ*, protegiendo los ecosistemas y todo lo que contienen, y complementariamente, se puede realizar de manera *ex situ*, llevando estos recursos desde su lugar de origen a Bancos de Semillas, rodales de conservación, Arboretos o Jardines Botánicos.

La recolección de semillas es una actividad central dentro de la conservación *ex situ*. El objetivo de la recolección de semillas define la forma y los criterios considerados por un programa de recolección. Así semillas forestales recolectadas con altos estándares podrán ser utilizadas para conservación de diversidad genética, como también para mejoramiento genético, propagación clonal, restauración de hábitat, formación de rodales de conservación o simplemente para forestación comercial u ornamental.

En este contexto, el presente Boletín entrega conocimientos y pautas metodológicas para la planificación de expediciones de recolección de semillas, las técnicas de recolección, manejo de información asociada y procesamiento de semillas, con el fin de obtener semillas de alta calidad para conservar *ex situ* especies forestales de manera eficiente y segura.

## **Literatura recomendada**

Arroyo, M.T.K., P. Marquet, C. Marticorena, J. Simonetti, L. Cavieres, F. Squeo, R. Rossi y F. Massardo. 2006. El Hotspot Chileno: prioridad mundial para su conservación. *In: Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos*, pp. 94-97. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile.

FAO, FLD, Bioversity International. 2007. Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. Vol. 1: visión general, conceptos y algunos métodos sistemáticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LAS SEMILLAS FORESTALES

Para que la recolección de semillas sea exitosa, es necesario conocer la(s) especie(s) a recolectar, su distribución geográfica y la localización exacta de sus poblaciones. Toda esta información puede ser muy útil para encontrarla(s) en terreno, sin embargo, es esencial conocer características de las semillas, el tipo de fruto, y fenología para obtener una muestra de semillas de calidad. Esta información permite escoger el método de recolección más adecuado, evaluar la calidad de las semillas, estimar su disponibilidad y determinar los criterios y técnicas a considerar en las etapas posteriores de procesamiento, limpieza y almacenamiento.

### 2.1 TIPOS DE FRUTOS, FUNCIÓN Y CLASIFICACIÓN

El fruto es el órgano de la planta que contiene las semillas. Proviene de la flor, específicamente del ovario cuando madura, aunque en su constitución también pueden participar otras estructuras cercanas a la flor.

La función principal del fruto es contener y proteger a las semillas durante su desarrollo y maduración, además de contribuir a su dispersión. Esto puede incluir el desarrollo de estructuras especializadas para facilitar la dispersión y para atraer agentes dispersores.

Existen varias clasificaciones para los frutos de las angiospermas. Algunas consideran su naturaleza, es decir, los clasifican a partir de las estructuras y características de la flor que provienen. De esta forma se reconocen frutos simples, múltiples o complejos, depen-

diendo si participan estructuras distintas al ovario. Otras clasificaciones atienden a la naturaleza de sus carpelos, reconociendo frutos monocárpico, policárpico o sincárpico, de acuerdo a las estructuras que participan.

Sin embargo, desde el punto de vista práctico, una de las clasificaciones más útiles es aquella que considera simplemente su consistencia, morfología y dispersión.

### Clasificación de frutos de acuerdo a su consistencia, morfología y a su dehiscencia.

#### 1) Frutos secos

- a. **Indehiscentes**, aquellos frutos que no se abren naturalmente para dispersar las semillas, sino que se transportan con ellas en su interior. Nuez (*Nothofagus*), aquenio (*Laurelia*, *Laureliopsis*), cariopsis (frutos de las gramíneas).
- b. **Dehiscentes**, aquellos que se abren para liberar las semillas y dispersarlas. Folículo (*Lomatia*, *Embothrium*), legumbre (*Calliandra*), silicua (*Brassicaceae*), cápsula (*Weinmannia*).

#### 2) Frutos carnosos

- a. **Bayas**, aquellos frutos donde una o más semillas se encuentran embebidas en una pulpa carnosa como en *Luma*, *Drymis*, *Persea*.
- b. **Drupas**, aquellos que poseen un endocarpo duro que protege a la semilla y que se encuentra rodeado de una pulpa carnosa o fibrosa, como en *Gomortega*, *Jubaea*.

Para ciertos frutos, sin embargo, no es tan fácil establecer claramente una categoría de las anteriores ya que presentan una mezcla de ellas. Existiendo así, por ejemplo, las drupas no carnosas (secas), como en el caso *Cordia decandra*; las legumbres indehiscentes, como las de los *Prosopis* o de *Acacia caven*; bayas no carnosas como *Beilshmedia miersii*, entre otros.

Gran parte de los árboles chilenos pertenece a las Angiospermas (plantas con flores), un grupo muy diverso y con una gran variación en la morfología de sus frutos. Y aunque las estructuras reproductivas de las gimnospermas, "conos" o "estróbilos", no son reconocidas como "frutos" verdaderos, debido a que no provienen de flores verdaderas, es posible observar también en ellos gran diversidad morfológica entre las especies chilenas. En la mayoría de los casos, la sola presencia del "fruto" permite distinguir entre especies para las gimnospermas chilenas, entre las que cuentan la araucaria (*Araucaria araucana*), los mañíos (*Podocarpus spp.*, *Saxegothaea conspicua*), el alerce (*Fitzroya cupressoides*), el ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y el ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*).

## 2.2 ESTRATEGIAS DE DISPERSIÓN DE SEMILLAS

La dispersión es el proceso en el cual las semillas son transportadas desde la planta madre hacia nuevos sitios, en busca del lugar que reúna las condiciones para germinar, establecerse y convertirse en una planta adulta. La dispersión es un proceso que ocurre en forma independiente de la planta madre, aunque cada especie ha desarrollado estrategias o ciertas adaptaciones en las semillas o frutos para facilitarla.

La dispersión de semillas por el viento es una de las más comunes y se conoce como **anemocoria**. Para lograrla, las semillas han adaptado su forma, tamaño o han desarrollado estructuras especializadas que facilitan su desplazamiento. Algunas han adoptado formas planas y delgadas, mientras que otras poseen prolongaciones membranosas a modo de alas.

Entre los árboles chilenos que poseen semillas aladas, se encuentra el quillay (*Quillaja saponaria*), el franjel (*Kageneckia angustifolia*), el bollén (*Kageneckia oblonga*), así como también, miembros de la familia Proteaceae como *Lomatia* (radal, fuinque, piñol) y *Embothrium* (notro). Por otro lado, las semillas del ciprés de las guaitecas, el ciprés de la cordillera, el alerce, además de los *Nothofagus* (roble, raulí y coigüe), también presentan prolongaciones membranosas a modo de alas que les facilita el desplazamiento. Otras especies han desarrollado una estructura plumosa (vilano) adherida a una semilla delgada y alargada (aquenio), como es el caso de las semillas de *Dasyphyllum excelsum* (Palo santo, Tayú), el Laurel (*Laurelia sempervirens*) y la Tepa (*Laureliopsis philippiana*), donde sus algodonosas semillas pueden ser fácilmente transportadas por el viento. Otras especies, como las del género *Escallonia*, el tineo (*Weinmannia trichosperma*) y la tiaca (*Caldcluvia paniculata*), poseen semillas tan pequeñas como polvo, para ser fácilmente diseminadas por el viento.

Otro mecanismo de dispersión es la **zoocoria**, en el cual la dispersión es mediada por animales. Ésta puede tratarse de *ectozoocoria*, cuando las semillas son transportadas en la parte externa del animal, o *endozoocoria* si es en su interior. Para adherirse al plumaje de aves o al pelaje de los mamíferos, estas semillas poseen estructuras como ganchos, espinas o mucílago pegajoso. Estas adaptaciones son mucho más comunes en hierbas y pastos.

La gran mayoría de los casos de endozoocoria son mediados por aves, estos animales tragan los frutos con las semillas en su interior, digieren la pulpa y expulsan las semillas a través de las fecas. Especies con semillas dispersadas de esta forma, se caracterizan por poseer frutos llamativos para atraer a los dispersores, principalmente de colores rojos, azules o violeta. Especies nativas de Chile con frutos con estas características, son comunes en Mirtáceas, géneros

como *Myrceugenia* (arrayanes, petrillo), *Luma* (arrayán, chequén), *Amomyrtus* (luma, meli), *Blepharocalyx* (Temu) o *Ugni* (murtilla). Aunque también en especies de otras familias como el maqui (*Aristotelia chilensis*), canelo (*Drymis winteri*) y corcolén (*Azara spp.*). Otros frutos, no siendo bayas, también poseen mecanismos para atraer a este tipo de dispersores, con atractivos colores en arilos carnosos, como es el caso de maitén (*Maytenus boaria*) y algunos de los mañíos (*Podocarpus spp.*).

Existe otro tipo de dispersión en el que no participan agentes externos, sino que es la misma planta quien tiene un rol más activo en la dispersión de sus semillas, este mecanismo se conoce como **autocoría**. Este tipo de dispersión se caracteriza por la dehiscencia explosiva de los frutos que "lanzan" sus semillas a varios metros de la planta madre para que sean dispersadas. Algunos ejemplos de especies leñosas son los colliguayes (*Colliguaja spp.*) y algunas ramnáceas como las del género *Discaria*.

Es necesario aclarar que la unidad de dispersión puede no ser siempre la semilla, sino que en ocasiones lo que reconocemos como "semilla", en realidad puede corresponder a un fruto o a parte de él, y que por lo tanto puede contener más de una semilla. Esto generalmente sucede en el caso de las drupas, frutos que bajo una cubierta carnosa, fibrosa o seca, contienen un endocarpo lignificado que protege a la semilla y que la acompaña en la dispersión. Este endocarpo puede contener una sola semilla, como en el caso del chañar (*Geoffroea decorticans*) o la palma chilena (*Jubaea chilensis*), pero también puede contener más de una semilla, botánicamente conocidos como nuculanios. Carbonillo (*Cordia decandra*) es un buen ejemplo de esto, donde lo que reconocemos como "semilla", es en realidad un fruto al que se le ha retirado sólo la cascarilla que lo recubre (exocarpo) y que puede llegar a contener hasta 4 semillas viables. Lo mismo ocurre en el arrayán macho (*Rhaphithamnus*

*spinus*), donde su fruto, una drupa carnosa de color violáceo, contiene dos "semillas" semiesféricas, que en realidad son dos nuculanios que contienen dos semillas verdaderas cada uno, es decir cada fruto contiene 4 semillas. Otros tipos de frutos de las especies arbóreas y arborescentes de la flora de Chile se indican en el **Cuadro 1** (páginas 18, 19 y 20), junto a su forma de dispersión de semillas.

## 2.3 RESPUESTA AL ALMACENAMIENTO

### 2.3.1 Clasificación de semillas según su respuesta al almacenamiento

La respuesta al almacenamiento es una característica de las semillas que debe ser considerada a lo largo de todo el proceso de recolección. Ésta resulta fundamental debido a que determina la calidad final de la muestra y determina también el tipo de manejo que recibirán las semillas, tanto en terreno como en laboratorio, como en las etapas de transporte, procesamiento y almacenamiento. Ésta es una respuesta fisiológica de las especies a la pérdida de humedad, y permite distinguir dos grandes grupos de semillas.

El primer grupo corresponde a las llamadas **semillas ortodoxas**, las cuales son capaces de resistir condiciones de muy baja humedad sin alterar la viabilidad de sus tejidos, siendo capaces de germinar una vez rehidratadas. Estas semillas pueden ser desecadas a contenidos de humedad de 3-7% (equivalente a 15% humedad relativa de equilibrio con el ambiente) para luego ser almacenadas a bajas temperaturas por largos períodos sin perder viabilidad. Se estima que cerca del 80% del total de la flora mundial posee este tipo de semillas. En el caso de los árboles chilenos, las especies con semi-

**Cuadro 1.** Familias y géneros de especies arbóreas y arborescentes nativas, con su probable respuesta al almacenamiento (ver 2.3), tipo de fruto y forma de dispersión.

Familia	Género	Respuesta almacenamiento	Tipo de Fruto	Síndrome Dispersión
Aextoxicaceae	<i>Aextoxicon</i>	Recalcitrante	Drupa	Aves, Gravedad
Anacardiaceae	<i>Lithraea</i> <i>Schinus</i>	Ortodoxa Ortodoxa	Drupa Seca Drupa Seca	Aves, Gravedad Aves
Araliaceae	<i>Raukautu</i>	Ortodoxa	Drupa Carnosa	Aves, Gravedad
Araucariaceae	<i>Araucaria</i>	Recalcitrante	Cono	Gravedad
Arecaceae	<i>Jubaea</i>	Ortodoxa	Drupa	Gravedad
Asteraceae	<i>Acrisione</i> <i>Dasyphyllum</i> <i>Proustia</i>	Ortodoxa Ortodoxa Ortodoxa	Aquenio Aquenio Aquenio	Viento Viento Viento
Boraginaceae	<i>Cordia</i>	Ortodoxa	Drupa leñosa	Gravedad
Buddlejaceae	<i>Buddleja</i>	Ortodoxa	Cápsula pequeña	Viento
Cardiopteridaceae	<i>Citronella</i>	Recalcitrante	Drupa carnosa	Gravedad
Celastraceae	<i>Maytenus</i>	Ortodoxa	Cápsula	Aves
Cunoniaceae	<i>Caldcluvia</i> <i>Weinmannia</i>	Ortodoxa Ortodoxa	Cápsula Cápsula	Viento Viento
Cupressaceae	<i>Austrocedrus</i> <i>Fitzroya</i> <i>Pilgerodendron</i> <i>Aristotelia</i>	Ortodoxa Ortodoxa Ortodoxa Ortodoxa	Cono Cono Cono Baya	Viento Viento Viento Aves
Elaeocarpaceae	<i>Crinodendron</i>	Recalcitrante	Cápsula	Aves
Escalloniaceae	<i>Escallonia</i>	Ortodoxa	Cápsula pequeña	Viento

Continuación Cuadro 1.

Familia	Género	Respuesta almacenamiento	Tipo de Fruto	Síndrome Dispersión
Eucryphiaceae	<i>Eucryphia</i>	Ortodoxa	Cápsula	Viento
	<i>Acacia</i>	Ortodoxa	Legumbre indehisciente	Gravedad, Mamíferos
Fabaceae	<i>Balsamocarpon</i>	Ortodoxa	Legumbre indehisciente	Gravedad (?), Aves
	<i>Caesalpinia</i>	Ortodoxa	Legumbre indehisciente	Gravedad, Mamíferos
	<i>Geoffroea</i>	Ortodoxa	Legumbre Drupácea	Gravedad, Roedores
	<i>Otholobium</i>	Ortodoxa	Legumbre indehisciente	Gravedad
	<i>Prosopis</i>	Ortodoxa	Legumbre indehisciente	Gravedad, Mamíferos
	<i>Sophora</i>	Ortodoxa	Legumbre indehisciente	Gravedad
Gomortegaceae	<i>Gomortega</i>	Ortodoxa	Drupa	Gravedad
Lauraceae	<i>Beilschmiedia</i>	Recalcitrante	Baya uniseminada	Gravedad
	<i>Cryptocarya</i>	Recalcitrante	Baya uniseminada	Aves, Gravedad
	<i>Persea</i>	Recalcitrante	Baya uniseminada	Aves, Gravedad
Malvaceae	<i>Corynabutilon</i>	Ortodoxa	Cápsula	
Monimiaceae	<i>Laurelia</i>	Ortodoxa	Aquenio	Viento
	<i>Laureliopsis</i>	Ortodoxa	Aquenio	Viento
	<i>Peumus</i>	Ortodoxa	Drupa	Aves
Myrtaceae	<i>Amomyrtus</i>	Recalcitrante	Baya	Aves
	<i>Blepharocalyx</i>	Recalcitrante	Baya	Aves
	<i>Legrandia</i>	Recalcitrante	Baya	Aves
	<i>Luma</i>	Recalcitrante	Baya	Aves
	<i>Myrceugenia</i>	Recalcitrante	Baya	Aves
	<i>Tepualia</i>	Ortodoxa	Cápsula	Viento

Continuación Cuadro 1.

Familia	Género	Respuesta almacenamiento	Tipo de Fruto	Síndrome Dispersión
Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	Ortodoxa	Nuez	Viento
Podocarpaceae	<i>Podocarpus</i>	Ortodoxa	Cono, con arilo carnoso	Aves
	<i>Prumnopitys</i>	Ortodoxa	Cono drupáceo	Aves
	<i>Saxegothaea</i>	Ortodoxa	Cono	Viento
	<i>Embothrium</i>	Ortodoxa	Folículo dehiscente	Viento
Proteaceae	<i>Gevuina</i>	Recalcitrante	Nuez	Gravedad
	<i>Lomatia</i>	Ortodoxa	Folículo dehiscente	Viento
Quillajaceae	<i>Quillaja</i>	Ortodoxa	Cápsula	Viento
Rhamnaceae	<i>Discaria</i>	Ortodoxa	Cápsula	Autocoría
	<i>Trevoa</i>	Ortodoxa	Cápsula	Gravedad
Rosaceae	<i>Kageneckia</i>	Ortodoxa	Cápsula	Viento
Rutaceae	<i>Polylepis</i>	Ortodoxa	Aquenio	Viento
	<i>Pitavia</i>	Recalcitrante	Baya	Gravedad
Salicaceae	<i>Azara</i>	Ortodoxa	Baya	Aves
	<i>Salix</i>	Ortodoxa	Cápsula	Viento
Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	Recalcitrante	Baya	Gravedad
Solanaceae	<i>Latua</i>	Ortodoxa	Baya	Aves
Verbenaceae	<i>Rhaphithamnus</i>	Ortodoxa	Drupa	Aves
Winteraceae	<i>Drimys</i>	Ortodoxa	Baya	Aves
Zygophyllaceae	<i>Porlieria</i>	Ortodoxa	Cápsula	Aves

Las ortodoxas se caracterizan por poseer frutos secos, como las nueces producidas por los *Nothofagus* o las vainas indehiscentes como las de *Prosopis*, tara (*Caesalpinia spinosa*) o alcaparras (*Senna spp.*). Las semillas ortodoxas también pueden provenir de conos, como Ciprés de la cordillera, de las Guaitecas o alerce (*Austrocedrus chilensis* y *Pilgerodendrum uviferum* y *Fitzroya cupressoides*, respectivamente). Aunque también frutos carnosos tales como las drupas de los boldos (*Peumus boldus*) o las bayas de los canelos (*Drimys winteri*) pueden producir semillas ortodoxas.

El segundo grupo corresponde a las **semillas recalcitrantes**, éstas son incapaces de tolerar la pérdida de agua, por esta razón, su viabilidad disminuye drásticamente si son desecadas a menos del 75% de humedad relativa. Este tipo de semillas presenta altos contenidos de humedad al momento de la dispersión, y sólo se conservan vivas mientras ésta sea mantenida. Con esto, las probabilidades de germinar y formar una nueva planta se reducen sólo a un corto período de tiempo. Dado que estas semillas son extremadamente sensibles, sólo soportan cortos períodos de almacenamiento en húmedo y/o dentro del fruto. Dependiendo de las distintas especies, podrán soportar desde unas pocas semanas a sólo unas pocas horas si son sometidas a condiciones ambientales muy secas.

### 2.3.2 Identificación de semillas recalcitrantes

Debido a que estas semillas son extremadamente sensibles a la pérdida de humedad, se debe considerar un manejo más delicado, que permitirá mantener su calidad durante la recolección, transporte, procesamiento y almacenamiento. Lamentablemente, **no es posible decretar una regla general para el reconocimiento de estas semillas**, sin embargo, existe una serie de características que pueden hacer sospechar sobre la presencia de semillas de este tipo.

La primera característica a considerar se relaciona con el **tamaño de la semilla**. En general, semillas grandes serán claras candidatas a ser recalcitrantes, especialmente en nuestra flora. Poseen semillas de este tipo, el belloto del norte y del sur (*Beilschmiedia miersii* y *B. berteriana*), el peumo (*Cryptocarya alba*), el lingue (*Persea lingue*), el olivillo (*Aextoxicon punctatum*) y la araucaria. Sin embargo, el tamaño no es una regla general, semillas grandes como las de palma chilena, chañar o carbonillo resisten sin problemas la desecación y el almacenamiento, siendo ejemplos de semillas ortodoxas.

Por otro lado, no sólo las semillas grandes pueden ser recalcitrantes, existen semillas pequeñas que también pertenecen a esta categoría. Estas semillas comparten ciertas **características morfológicas** particulares como testas delgadas, membranosas y de aspecto húmedo, además de un embrión de gran tamaño en relación a la semilla y generalmente de color verde. Algunos ejemplos de este tipo de semillas son las semillas de arrayán (*Luma apiculata*) y de chequén (*Luma chequen*).

El **tipo de fruto** es otra característica a considerar ante una sospecha de semillas recalcitrantes, generalmente están contenidas en bayas. Bellotos, peumos, lingues y arrayanes poseen este tipo de frutos, sin embargo, no todos los frutos carnosos generan semillas recalcitrantes, como queule (*Gomortega keule*) o las especies del género Azara.

Aunque algunos autores sostienen que las semillas recalcitrantes están distribuidas en distintos grupos, formas de vida, y no siguen una regla general, para el caso de la flora chilena, existe una **alta influencia taxonómica**. Es así como varios géneros y especies pertenecientes a las familias *Lauraceae* (peumo, lingue) y *Myrtaceae* (arrayán, chequén, lucumillo), han mostrado comportamientos de tipo recalcitrante en el almacenamiento. Mientras que otras familias de la flora chilena han demostrado tener sólo algunas especies de este tipo, como

es el caso de Proteaceae, donde *Gevuina avellana* se muestra recalcitrante, mientras que el resto de los géneros se comportan como ortodoxas, resistiendo sin problema la desecación y el almacenamiento.

### 2.3.3 Conservación de especies con semillas recalcitrantes

Las especies con semillas recalcitrantes lamentablemente no pueden ser conservadas en bancos de semillas, debido a que no soportan una de los principales requisitos para almacenarse, la desecación. Para estas especies, existen otras formas de conservación *ex situ*, como el cultivo de tejidos, bancos *in vitro* o criopreservación, así como también en forma de plantas en huertos de conservación o en jardines botánicos. Sin embargo, dada la dificultad que representa conservar grandes cantidades de material, y por ende, diversidad genética, es que la conservación *in situ* resulta aún más importante para estas especies.

### Literatura recomendada

- Armesto, J.J. y R. Rozzi. 1989. Seed dispersal syndromes in the rain forest of Chiloe: Evidence for the importance of biotic dispersal in a temperate forest. *Journal of Biogeography* 16: 219-226.
- Barroso, G.M., M.P.A. Morim, L. Peixoto y C.L.F. Ichaso. 1999. Frutos e sementes. Morfologia aplicada a sistemática de dicotiledôneas. Editora UFV, Universidade Federale de Viçosa, MG, Brasil.
- Hong, T.D. and R.H. Ellis. 1996. A protocol to determine seed storage behaviour. IPGRI Technical Bulletin N° 1. (J.M.M. Engels and J. Toll, vol. eds.) International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

## 3. SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS, ESPECIES Y POBLACIONES

### 3.1 ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN

Los objetivos de la recolección de semillas deben estar claros desde el comienzo, ya que en ellos se sustenta la planificación, estrategias, técnicas y la logística de las expediciones, así como también, el resto de las etapas que siguen al proceso de recolección. El objetivo de este proceso es obtener una muestra de semillas de alta calidad, en la que se debe capturar la diversidad genética de la población muestreada, procurando además que la calidad fisiológica de las semillas sea la mejor. Contar con una alta diversidad genética en las muestras de semillas, otorga mayores posibilidades de éxito a largo plazo en los programas de restauración. Muestras de semillas de alta calidad pueden ser utilizadas para múltiples propósitos, como conservación *ex situ*, jardines botánicos, restauración ecológica, investigación, entre otros. Semillas recolectadas sin estas consideraciones, podrían tener sólo estrechas aplicaciones.

Los programas de recolección de recursos genéticos cultivados y forestales se han enfocado corrientemente en la selección de ciertas características, seleccionando fenotipos ("plus") y luego genotipos particulares ("elite"), relacionados con el mejoramiento de la producción. Esta selección provoca un estrechamiento de la diversidad genética hacia estas características deseables. Sin embargo, las características superiormente productivas, no siempre se relacionan

con las características que las especies necesitan para adaptarse al ambiente y sus constantes cambios. Cuando se pretende recolectar semillas de plantas silvestres para conservación, se debe tener clara esta base teórica, para que orientar los esfuerzos hacia la captura de diversidad genética de las poblaciones, tratando de maximizar su representatividad en el material recolectado.

Las plantas silvestres, a diferencia de las cultivadas, pueden contener una amplia diversidad genética en sus poblaciones naturales. Es por esto que una muestra representativa de una población puede contener suficiente diversidad genética como para ser considerada una muestra de alta calidad, y por lo tanto puede ser utilizada en conservación o investigación, o incluso puede intentar recrear la población original, en caso que ésta se extinga. Sin embargo, para especies con amplios rangos de distribución geográfica, será necesario planificar muestreos en varias poblaciones a lo largo de su distribución, para intentar capturar una mayor diversidad. Poblaciones ubicadas en sus límites de distribución podrían contener interesantes adaptaciones que podrían no estar representadas en las poblaciones más centrales.

Los programas de restauración deberán proyectar colectas representativas de distintas poblaciones a lo largo de todo o gran parte del rango de distribución de una especie. De esta manera existirán muestras de diferentes sitios entre las cuales se podrá escoger semillas con genes adaptados a las condiciones presentes en el hábitat a restaurar. En el caso de poblaciones fragmentadas, la estrategia de recolección puede considerar el gradiente entre borde y núcleo, debido a que es posible que la tolerancia a las condiciones ambientales desfavorables para la regeneración de la especie, se presente también en gradiente.

## **3.2 SELECCIÓN DE LAS ÁREAS DE EXPLORACIÓN Y RECOLECCIÓN**

La elección de las áreas de recolección, así como las especies y las poblaciones a muestrear, dependen de los objetivos particulares de los proyectos o programas de conservación. Es así como la recolección podría estar limitada a regiones geográficas, en donde se consideran todas las especies presentes, como podría estar enfocada sólo a especies con problemas de conservación o incluso podría estar acotado a ciertas formas de vida o a grupos taxonómicos particulares.

Cualquiera sea la estrategia adoptada para recolectar semillas, es necesario contar con información biogeográfica para poder seleccionar de las áreas a prospectar. Esta información debe incluir rangos de distribución de las especies, distribución espacial de las comunidades, además de información geográfica que caracterice los diferentes hábitats. Esta información proporciona herramientas necesarias para identificar y caracterizar las áreas a prospectar, intentando abarcar la mayor cantidad de condiciones ambientales y aumentando la posibilidad de capturar mayor diversidad intraespecífica. De esta manera, si se considera por ejemplo, recolectar una especie en particular, con un enfoque geográfico, se pueden ubicar de forma sistemática las distintas poblaciones a prospectar, abarcando la mayor diversidad genética de la especie, considerando su rango altitudinal, latitudinal, ambiental, etc. En cambio, si la recolección está enfocada a un área o región, la visión geográfica permite abarcar las distintas condiciones ambientales presentes en el área, sistematizando el muestreo para capturar la mayor cantidad y diversidad de especies.

## Literatura recomendada

Cubillos, A. 1994. Recursos fitogenéticos de la biodiversidad chilena: Una proposición de priorización para su preservación. *Si-miente* 64: 229-235.

Way M. 2003. Collecting seeds from non-domesticated plants for long-term conservation. *In*: Smith RD, Dickie JB, Linington SH, Pritchard HW, Probert RJ, editors. *Seed Conservation: turning science into practice*. United Kingdom: Royal Botanic Gardens Kew, p. 163-201.

## 4. PLANIFICACIÓN DE RECOLECCIÓN DE SEMILLAS

El éxito de las expediciones de recolección de semillas radica en gran parte a la realización de una buena planificación. Ésta debe enfocarse no sólo en los aspectos técnicos, sino también en la logística de la expedición. En esta etapa, se deben tener muy claros los objetivos finales de la recolección para lograr la calidad requerida de las accesiones. A continuación se detallan algunos de los aspectos que deben ser considerados por los recolectores al preparar una recolección.

### 4.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

Se toman mejores decisiones cuando se está bien informado, es decir, mientras mayor cantidad de información esté disponible, la planificación se ve favorecida (**Figura 1**). Entre las fuentes de información que pueden resultar más útiles se cuentan catálogos de flora, ejemplares de herbario, bases de datos taxonómicas, monografías, libros rojos, guías de campo, estudios fitogeográficos, inventarios de vegetación, evaluaciones de estados de conservación, entre otros diagnósticos. Todos ellos pueden contener información sobre la distribución de las especies, preferencias de hábitat, localización específica, dinámica de las poblaciones, fenología, herbarios, etc. que puedan ser útiles para ubicar a la especie objetivo.

### 4.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE

Las descripciones botánicas, ilustraciones, fotografías y muestras de herbario, son esenciales para la identificación de la especie. Un paso



**Figura 1.** Planificando una expedición de recolección.

importante de la planificación es la preparación de descripciones y material fotográfico que incluya los detalles para reconocer la especie en terreno. Las características de las semillas deben estar incluidas y si existe información sobre fenología o señales de madurez de semillas, también deberían ser consideradas.

### 4.3 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LAS POBLACIONES

Recopilar información geográfica, climática y de accesibilidad es otra de las tareas de la planificación. Su finalidad es seleccionar adecuadamente las rutas a seguir, elaborando mapas de terreno en donde se localicen claramente los lugares a prospectar, incluyendo puntos donde la especie ha sido encontrada histórica o recientemente, y lugares de distribución potencial, basados en la experiencia o tomando como base herramientas de modelamiento de nichos

ecológicos. Si se cuenta con bases de datos de las especies a recolectar, el uso de Sistemas de Información Geográficos (SIG) sumado a la información entregada por fotos aéreas e imágenes satelitales, claramente es una útil y poderosa herramienta de planificación de las colectas.

#### **4.4 EXPERTOS LOCALES O NACIONALES**

El conocimiento y la experiencia de expertos nacionales o locales residentes en las áreas de exploración y recolección pueden resultar muy útiles, especialmente para la localización, el reconocimiento y la fenología de las especies. También resulta muy útil tomar contacto con expertos en grupos taxonómicos, que pueden ayudar con la identificación o localización de las poblaciones.

#### **4.5 PERMISOS DE ACCESO**

Otro punto importantísimo que debe ser considerado por la planificación son los permisos de acceso y recolección de semillas. Toda recolección de semillas y de cualquier otro material biológico debe estar sujeta a las leyes y reglamentos nacionales y locales y, también, a los acuerdos internacionales. Los permisos correspondientes deberán ser tramitados con las instituciones públicas encargadas, respetando los acuerdos de conservación biológica. A partir de la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB), de 1992, la mayoría de los países tienen o están desarrollando iniciativas legales para regular el acceso a los componentes de la diversidad biológica, particularmente a los recursos genéticos y nuestro país también ha estado avanzando en estos temas. La CDB, define un marco acordado internacionalmente para el manejo nacional de acceso a los recursos genéticos y participación en beneficios que surjan de esta

actividad. Dependiendo de la legislación nacional, todas las entidades nacionales y locales (ej. comunidades indígenas y locales, propietarios de la tierra, científicos y agencias gubernamentales) pueden participar en las decisiones sobre qué recursos genéticos pueden ser recolectados, así como en los términos para compartir los potenciales beneficios que surjan de su investigación y utilización. Las normativas locales también están avanzando, por lo que constantemente se debe estar actualizando el conocimiento de éstas a través de los organismos públicos competentes u organizaciones locales, para tramitar los permisos necesarios, demostrando que las metodologías empleadas en la recolección de semillas contribuyen a la conservación de las especies en lugar de transformarse en una amenaza contra las poblaciones.

Cada país, además tiene estipulado en su normativa los derechos de propiedad. Por esta razón, en el caso de Chile, se debe contar con el consentimiento de los propietarios de los terrenos a prospectar, de esta manera se cuenta con el permiso previo de ingreso a las propiedades públicas o privadas.

En caso que el material recolectado vaya a ser utilizado en investigaciones fuera del país, comienzan a regir además otros acuerdos internacionales. Estos regulan el movimiento de material vegetal entre países. Uno de ellos, es la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), que controla el movimiento internacional de especies en Peligro de Extinción. Para las especies contenidas en sus listas, (<http://www.cites.org/esp/disc/species.shtml>), se requiere un certificado de exportación e importación de las autoridades nacionales competentes y sólo está permitido en casos especiales. Otro de los acuerdos internacionales se relaciona con las regulaciones fitosanitarias de los países, su fin es proteger la industria agropecuaria del ingreso de plagas y enfermedades. Es importante consultar a las autoridades competentes, por la

lista de especies con restricción de ingreso al país, donde será enviado el material recolectado y solicitar los certificados respectivos.

## **4.6 PREPARACIÓN LOGÍSTICA**

La planificación también debe considerar los aspectos logísticos de la expedición, esto incluye la preparación de los materiales necesarios, elementos de seguridad, vehículos, alojamiento, abrigo y alimentación del equipo de colecta. También deben ser revisadas las condiciones meteorológicas del lugar en el que se realizará la expedición de recolección. Por temas de seguridad, se debe conseguir además, información de contactos de emergencia (carabineros, consultorios médicos) de las localidades cercanas y ponerlo a disposición del grupo de recolección. También, se recomienda avisar en tenencias de carabineros cercana sobre las actividades que se realizarán, especialmente si se trata de lugares aislados.

## **4.7 MATERIALES Y EQUIPAMIENTO NECESARIO**

Para la recolección de semillas se requiere una variedad de materiales (**Figura 2**), tanto como para la recolección misma, como para contar con la información que debe respaldar a cada accesión de semillas. Entre los materiales requeridos para la recolección se deben incluir aquellos necesarios para alcanzar las semillas, como lienzas o varas; elementos que recibirán a las semillas (lonas, mallas) y donde se trasladarán, bolsas o recipientes; esenciales son también elementos para la adecuada rotulación y empaque de las muestras, como cajas y etiquetas, así como para la toma y registro de los datos en terreno. Se debe considerar además, los materiales necesarios para la toma de muestras de herbario de respaldo y los materiales necesarios para evaluar la semilla e identificar la especie.



**Figura 2.** Ejemplo de los materiales esenciales para la prospección y recolección de semillas.

A continuación, se entrega un listado de los materiales necesarios para realizar una recolección de semillas forestales:

- Equipos para localización geográfica  
Mapas, brújula, altímetro, GPS, mapas ruteros.
- Identificación de plantas y evaluación de semillas  
Guías de flora, manuales de identificación, monografías, fichas de reconocimiento, lupa de mano (10x, 20x), binoculares, navaja (cortaplumas), tijera y/o bisturí, pinzas.
- Recolección de semillas y etiquetado  
Varas telescópicas, tijeras podadoras, tijeras extensoras, escaletas, guantes de cuero, malla Rachel, lona o manga de plástico, lienzas para sacudir ramas desde el suelo, baldes más cinturón o cuerda para amarrarlo a la cintura, bolsas de tela, bolsas de papel y plásticas (grandes y medianas), recipientes, pinzas, etiquetas, lápices grafito, plumón permanente.

- Preparación de ejemplares de herbario  
Prensa(s) y correas para amarrar, papel de diario y cartón. Etiquetas y plumones permanentes.
- Recolección de datos  
Fichas de evaluación y de recolección, cámara fotográfica (baterías suficientes y cargadores), carpeta (clipboard), cuaderno de campo, plumones indelebles y lápiz grafito.
- Transporte/manejo postcosecha  
Sobres de cartón, cajas, sacos de tela, cinta adhesiva, recipiente hermético y sílica gel para secado de semillas, corcheteras y corchetes, cordón.
- Primeros auxilios y seguridad personal  
Botiquín completo y botellas de agua. Gorros, protección solar, traje de agua (en zonas lluviosas), calzado adecuado a las condiciones de terreno.
- Otros materiales  
Radiocomunicadores. Teléfono celular o satelital. Cuerdas para amarrar o remolcar, juego de cables roba corriente, bidón con agua, estanque adicional de combustible (para áreas remotas), pala y picota pequeña, cadenas.

## **4.8 COSTOS DE RECOLECCIÓN**

Es de suma importancia calcular con el máximo de detalle todos los costos involucrados en la recolección, transporte y traslado de las semillas. Para ello se recomienda considerar los materiales mencionados anteriormente. Además, según la distancia y días considerados para la expedición, se deben calcular los gastos de traslado,

combustible, peajes, alimentación, seguridad y alojamiento de los miembros del equipo. Deben ser considerados también, los materiales necesarios para el traslado y posterior procesamiento de las semillas.

## **4.9 PROGRAMACIÓN DE LA EXPEDICIÓN**

En base a la localización, la información logística y a la fenología de las especies priorizadas, se recomienda elaborar una programación de la expedición. Este itinerario debe incluir las rutas principales a seguir, los sitios prioritarios de exploración y recolección, considerando los tiempos de viaje, descanso, búsqueda de información local, recolección y toma de datos, así como la recolección de ejemplares de herbario. Se deben además ubicar las probables fuentes de abastecimiento de combustible y de alimentación, así como lugares para alojamiento o camping. Se debe considerar además tiempo para el manejo inicial de post-cosecha de las semillas y la recolección de muestras de herbario, así como también el tiempo para la mantención del vehículo. Este programa debe ser flexible ya que queda sujeto a las modificaciones que puedan encontrarse en terreno, variaciones meteorológicas o cualquier inconveniente que surja durante la expedición.

## **4.10 GRUPO DE RECOLECCIÓN**

Para recolectar semillas se requiere experiencia y preparación, no sólo en la identificación de las especies, preparación de ejemplares de herbario o descripción del hábitat, sino que también, se requieren conocimientos generales en fisiología de semillas y detallados en técnicas de recolección y manejo de semillas, además de experiencia en trabajo en terreno, conducción de vehículos 4 x 4, prepa-

ración de campamentos, medidas de seguridad, etc. Debido a estas razones, la recolección debe ser un trabajo coordinado en equipo y en donde las experiencias de los integrantes puedan complementarse adecuadamente. Se aconseja trabajar en grupos de 2 a 4 personas en un vehículo, dos personas pueden ser suficientes, aunque un grupo mayor avanzará más rápido. Se recomienda no distanciarse demasiado de los otros miembros del grupo, de tal forma que siempre sean ubicables a la vista. Por razones de seguridad dos personas es el tamaño mínimo del grupo, dado que el trabajo en terreno tiene sus riesgos para trabajar en solitario. A medida que los riesgos aumentan, por ejemplo en sectores aislados, se recomienda optar por grupos mayores, pudiendo en algunos casos ser recomendable utilizar más de un vehículo con radio-comunicadores, para una comunicación constante entre los grupos.

El rendimiento de la recolección puede ser variable y depende de varios factores entre los que cuentan la experiencia del grupo, la accesibilidad del terreno, la abundancia de la especie y la disponibilidad de semillas (**Cuadro 2**). Sin embargo, la experiencia ha demostrado que, un equipo de dos personas es capaz de recolectar dos muestras bien documentadas por día.

## 4.11 ÉPOCA Y DURACIÓN DE LAS EXPEDICIONES

La época y la duración de las expediciones dependen de varios factores, entre los que cuentan la distancia y tamaño de las poblaciones, el número de especies priorizadas y la experiencia del equipo de trabajo, entre otros factores. De todas maneras se debe tener en cuenta durante la planificación que muchas veces una única expedición no será suficiente para cubrir todas las especies, sino que se requerirán varias visitas al lugar de recolección.

**Cuadro 2.** Principales factores que influyen en el rendimiento de la recolección.

Factor	Tasa de Recolección	
	Alta	Baja
Composición del grupo de recolección	Varios recolectores experimentados	1 a 2 recolectores no experimentados
Terreno/topografía	Sitio muy accesible, y topografía "fácil"	Sitio menos accesible, topografía "difícil", escarpada
Propósito del programa de recolección	Diversas especies	Especies priorizadas
Información disponible	Expertos/especialistas consultados, flora o monografías actualizadas disponible	Flora poco documentada. Escasa información publicada
Especies priorizadas	Especies anuales y ruderales	Arbustos grandes y árboles
Características de las especies y/o poblaciones	Especies abundantes, con distribución concentrada	Especies raras o escasas con ejemplares distantes
Características o abundancia de frutos y/o semillas	Frutos y semillas abundantes en racimos, numerosas semillas viables por fruto	Baja producción de semillas, semillas inviables, pocas semillas por fruto

Primero, es necesario planificar salidas de prospección, en donde el principal objetivo es ubicar las poblaciones de las especies objetivo, o en otros casos, identificar las especies presentes en un **área objetivo**. Se aconseja que estas salidas se efectúen durante la primavera, dado que es más fácil ubicar e identificar las especies, ya que la probabilidad de encontrar flores o estructuras reproductivas que faciliten la identificación taxonómica es mucho más alta. En esta etapa es importante ubicar, describir y georeferenciar las poblacio-

nes para volver cuando las semillas ya estén listas para ser cosechadas. Además, en esta etapa, se pueden tomar buenas muestras de herbario, junto con información ecológica y poblacional. De acuerdo al estado fenológico en el que se encuentren las distintas especies, se puede estimar la fecha probable de recolección, aunque si se tiene suerte, algunas de las salidas de prospección podrían servir para recolectar las primeras muestras de semillas de aquellas especies de dispersión más temprana. Durante las prospecciones podrían además realizarse colectas de material vegetativo en caso que se requieran.

La fenología de las especies puede variar año a año, debido a las condiciones climáticas, pero se puede utilizar la información biológica disponible para las especies para estimar cuando se producirá la dispersión de las semillas. La información contenida en los ejemplares de herbarios puede ser de gran utilidad, debido a que se puede ver directamente en qué estado fenológico se encontraba la planta al momento de la recolección de estos, por lo que se podría ajustar un poco más la fecha probable de recolección. Otras fuentes de información pueden incluir además rangos de tiempo para fructificación, en aquellos casos, no convendría ir al inicio del rango, ya que es posible que la semilla no se encuentre madura aún. Las salidas de recolección deben entonces ser previstas para la época de dispersión de semillas, para obtener semillas fisiológicamente maduras.

Las expediciones pueden durar de uno o unos pocos días, hasta varias semanas. En caso de expediciones muy largas, se deberá considerar el envío del material recolectado al laboratorio al menos una vez por semana, con el fin de no exponerlo al deterioro. Para ello se deberá además contar con material suficiente para su embalado y envío, y se deberá escoger la vía más rápida de transporte. En expediciones muy largas, se deben contemplar además días de descanso durante la expedición.

## Literatura recomendada

Schmidt Lars. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. **Chapter 3**. Danida Forest Seed Centre. <http://sl.dfsc.dk/Guidechapters.htm>

Way M. 2003. Collecting seeds from non-domesticated plants for long-term conservation. *In*: Smith RD, Dickie JB, Linington SH, Pritchard HW, Probert RJ, editors. Seed Conservation: turning science into practice. United Kingdom: Royal Botanic Gardens Kew, p. 163-201.

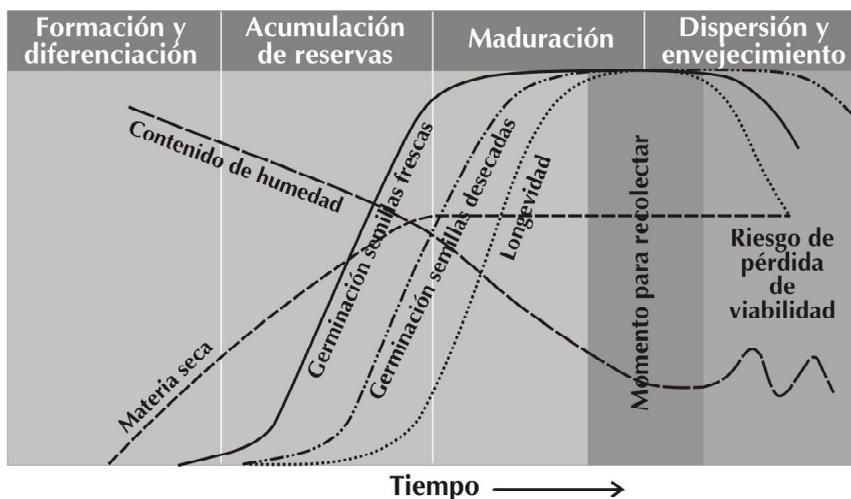
## 5. RECOLECCIÓN DE SEMILLAS Y DATOS ASOCIADOS

La recolección de semillas es una etapa crítica y clave dentro de la actividad forestal. Incluye no sólo la obtención de semillas, sino toda la información asociada tanto de los individuos, como de la población de la especie recolectada y de la vegetación asociada.

El objetivo final de esta actividad es la obtención de suficientes semillas de alta calidad (fisiológica y genética), para los objetivos definidos.

### 5.1 EVALUACIÓN DE LA MADUREZ DE LAS SEMILLAS

Primero es necesario preguntarse si la madurez tiene alguna relación con la calidad final de las semillas. Bueno, la respuesta es sí, es muy importante. A medida que las semillas se desarrollan van acumulando materia seca tanto para el crecimiento del embrión como para abastecer las reservas destinadas a alimentarlo durante la germinación (**Figura 3**). Al mismo tiempo, el contenido de humedad de los tejidos se va reduciendo paulatinamente a medida que maduran los frutos. Sin embargo, lo más importante es que durante este proceso ocurren cambios **fisiológicos** claves para la conservación de las semillas. Uno de ellos es la adquisición de la **germinabilidad**, es decir que los embriones estén completamente desarrollados y que tengan la capacidad de germinar y convertirse en un nuevo individuo. El segundo cambio fisiológico clave para la conservación de



**Figura 3.** Diagrama de desarrollo y maduración de una semilla, con la variación de su contenido de humedad, acumulación de materia seca, adquisición de la capacidad para germinar y longevidad, en el tiempo.

semillas, es la adquisición de **la tolerancia a la desecación** (en semillas ortodoxas). Este último se relaciona directamente con la **longevidad** de las semillas y su capacidad para soportar el almacenamiento. En general, aunque la capacidad de germinar como semillas frescas se adquiere cuando las semillas están aún inmaduras, la tolerancia a la desecación se adquiere después, durante la fase de maduración (**Figura 3**). La longevidad de la semilla se alcanza casi al final del proceso de maduración. Este es el momento óptimo para recolectar las semillas. Luego de este tiempo la calidad de la semilla comienza a decaer, especialmente debido a las inclemencias del tiempo, variaciones de temperatura, humedad y radiación a las que las semillas quedan expuestas.

Existen algunas dificultades para lidiar con la madurez de las semillas de especies silvestres, asociadas principalmente a la diversidad genética y climática de las poblaciones. Es así como se pueden observar diferencias en el tiempo en la maduración de frutos entre años, ligado principalmente a diferencias de precipitación y temperatura. En nuestro país, se pueden observar diferencias entre poblaciones de una misma especie, y dadas las diferencias climáticas, las semillas maduran primero en el norte que en el sur y en el valle antes que en la costa y la cordillera. Esta diferencia puede observarse además dentro de una misma población, en algunos casos atribuida a diferencias microclimáticas, pero principalmente a la diversidad genética de los individuos, generando heterogeneidad en la maduración. También pueden observarse diferencias dentro de un mismo individuo, ya que los frutos más expuestos maduran antes que frutos más protegidos. Incluso en algunas especies pueden observarse diferencias dentro de la misma infructescencia, en caso de tratarse de inflorescencias indeterminadas, ya que presentan una maduración paulatina, madurando primero las semillas ubicadas en la base de la infructescencia, mientras que el ápice puede seguir formando flores.

## **5.2 RECONOCIENDO SEMILLAS MADURAS**

Durante la maduración de la semilla se producen cambios que permiten establecer el momento óptimo de cosecha. Por ejemplo, en los frutos carnosos el cambio de coloración del fruto es una buena señal. Sin embargo, hay que tener cuidado, ya que algunos frutos pueden alcanzar el colorido antes de que las semillas estén completamente maduras y por lo tanto el color por sí sólo, puede no ser un muy buen indicador. Por esto es necesario tomar en cuenta otros factores, como es la consistencia del fruto y observaciones realizadas directamente a las semillas. Las semillas también pueden mos-

trar señales de madurez, especialmente el cambio de coloración de la cubierta de las semillas o testa, como la consistencia de los tejidos de reserva, que normalmente son mucho más blandos cuando la semilla está inmadura.

Otro buen indicador de madurez es el **pedúnculo**, ya que cuando los frutos están maduros y se acerca la dispersión, los pedúnculos comienzan a secarse y se vuelven frágiles, para permitir que los frutos se desprendan con facilidad. En aquellas especies que no liberan sus frutos, sino que los abren para que las semillas sean liberadas, la dehiscencia es el mejor indicador.

Todas estas observaciones apuntan a determinar si la dispersión natural ha comenzado. De ser así, entonces es el mejor momento para recolectar semillas.

### 5.3 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS SEMILLAS A RECOLECTAR

La calidad física de las semillas considera la proporción de semillas aparentemente viables presentes en la muestra. Éstas se deberán distinguir de aquellas dañadas por insectos u otros daños, así como de las semillas vacías o "**vanas**", que resultan de óvulos fertilizados que abortan al inicio o durante el proceso de formación de semillas. Semillas aparentemente **viables** lucen llenas, con su interior firme y de color blanquecino, mientras que las infestadas, dañadas o vanas, lucirán huecas, consumidas, partidas, reseca u oscuras en su interior.

Semillas infestadas no siempre muestran daños a simple vista debido a que algunas especies de insectos pueden poner sus huevos en la flor durante el período de desarrollo de las semillas y sólo al partir la semilla se encuentra el insecto en el interior. Un ejemplo clási-

co es el de los brúquidos (Coleóptera: *Bruchidae*) en las semillas de leguminosas, donde las larvas se alimentan de la semilla mientras ésta se desarrolla, pupan en el interior y luego el insecto adulto emerge dejando una perforación en la cubierta de la semilla ya madura, que es fácilmente distinguible, pero lamentablemente sólo cuando la semilla ya ha sido consumida.

La proporción de semillas vacías, abortadas, mal formadas o infestadas variará según la especie, la población y el año. Algunas especies se caracterizan por producir una gran cantidad de semillas, pero donde la cantidad prima sobre la calidad, mientras que otras se caracterizan por presentar semillas de alta calidad casi todo el tiempo. Otras especies, como las del género *Nothofagus* tienden a mostrar años de buena producción de semillas, seguido por varios años con alta proporción de semillas vacías.

Por estas razones es esencial que el recolector evalúe la calidad física de las semillas a través de una "prueba de corte" antes de realizar la recolección (**Figura 4**). Esto le dará una idea de la cantidad de frutos o semillas a recolectar. La prueba de corte consiste en seccionar semillas (10 a 20) utilizando tijeras podadoras, tijeras, cuchillos, navajas, cortaúñas o cualquier elemento que me permita partir las semillas (a veces son muy duras), para comparar el número de semillas llenas con el de las vacías, abortadas o infestadas. Una lupa de campo (10x ó 20x) ayudará a esta inspección. La prueba de corte se deberá realizar a frutos de varias plantas tomados al azar, para que la muestra sea representativa, al mismo tiempo permitirá dar una idea del aspecto general de frutos abortados o infestados, que deberán ser evitados durante la recolección.

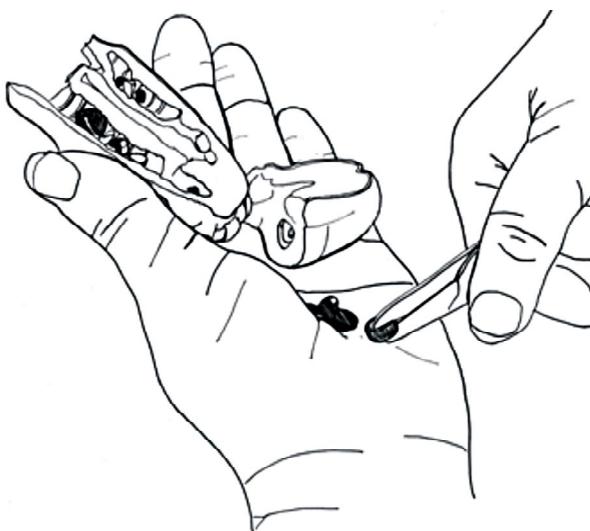
El resultado de la prueba de corte provee de un cálculo aproximado del número de semillas buenas disponibles. Si la proporción de semi-

llas vacías e infestadas es alta (ej. mayor a 30%), se deberá recolectar un número mayor para compensar la pérdida por esta vía. La prueba de corte permitirá además decidir si vale la pena o no realizar la recolección, ya que si la proporción de semillas llenas es baja, tal vez sea necesario buscar otra población para recolectar.

Esta decisión dependerá del esfuerzo y tiempo requerido para recolectar la cantidad de semillas deseada, así como la importancia de la especie.

Esta inspección nos entregará, además, información acerca de la madurez de las semillas, así como también de indicios de intolerancia a la desecación, para este último punto ver detalles en capítulo 2. Semillas grandes (normalmente sobre un 1 cm) o que presenten viviparí (germinación dentro del fruto previo a su dispersión, como ocurre en Pitao), podrían tratarse de semillas recalcitrantes.

La prueba de corte también permitirá estimar la oferta de semillas, así como el rendimiento de la recolección. Al cortar los frutos, se tendrá una idea del número de semillas que contiene cada uno, con esto y considerando el número de frutos por planta, se podrá estimar la oferta de semillas de la población. Esta información deberá



**Figura 4.** Semillas seccionadas para la prueba de corte.

ser utilizada para definir la estrategia de muestreo, cumpliendo con la cantidad requerida para conservación, pero que a la vez respete la cantidad máxima admitida para recolección.

### **5.3.1 Tamaño de la muestra a recolectar**

La cantidad de semillas a recolectar debe ser suficiente no solamente para cumplir con los objetivos de la recolección, sino que también, se debe contar con semillas para conservación, evaluación (pruebas de corte en laboratorio, viabilidad y germinación), investigación, programas de restauración y posteriores monitoreos de la calidad de las semillas.

Las pruebas de germinación pueden consumir bastantes semillas, sobre todo cuando existe poca información previa, semillas de difícil germinación, o que no han sido cultivadas con anterioridad. Muchas veces es necesario probar diversos tratamientos pregerminativos antes de encontrar las condiciones adecuadas para la germinación de semillas. Las semillas también se utilizan para estudiar las condiciones de cultivo, en el caso de que se requiera, como son sustratos, sombra, respuesta a estrés ambiental, entre otras evaluaciones que puedan hacerse a las plantas de vivero. Finalmente, dado el alto valor que pueden tener las muestras, siempre conviene dejar duplicados de las accesiones en otros bancos de semillas.

La recolección de semillas debe realizarse respetando la disponibilidad de este tipo de propágulos para regeneración natural evitando principalmente "arrasar" con las semillas disponibles. Sin embargo, en casos excepcionales donde la recolección de semillas es utilizada como una medida de "rescate" de poblaciones, o de parte de poblaciones, que serán eliminadas o destruidas, la recolección podrá abarcar la mayor cantidad de semillas posible, provenientes de los individuos que serán eliminados. En algunos casos, incluso será

necesaria la recolección de propágulos vegetativos (estacas, esquejes, bulbos, rizomas, etc.) con tal de evitar la erosión genética de las poblaciones afectadas.

### Recolección de Semillas v/s Conservación de las Poblaciones

La recolección de semillas para fines de conservación *ex situ*, o para cualquier otro fin, por ningún motivo debe comprometer la conservación de las poblaciones. Por esta razón, 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. Esto puede resultar extremadamente importante en caso de especies amenazadas o en peligro de extinción, donde la extracción indiscriminada de semillas podría constituirse en una fuerte amenaza que comprometa la supervivencia futura de la población.

El número de semillas requerido depende del uso que tendrán las semillas (**Cuadro 3**), aunque en general se recomienda que las muestras tengan cantidad suficiente para cumplir varios objetivos, sin interferir con la regeneración natural de la especie.

**Cuadro 3.** Número de semillas sugerido según objetivos de recolección.

Nº de semillas	Uso potencial
<300	Colectas excepcionales de especies extremadamente raras o amenazadas.
500	Para germinación, propagación, identificación y para muestrario.

### Continuación Cuadro 3.

Nº de semillas	Uso potencial
1.000	Cantidad mínima para conservación y, para llegar a establecer una población potencial representativa de la población original.
2.000	Para desarrollar además protocolos de germinación.
5.000	Para monitoreo de viabilidad de la muestra conservada a largo plazo.
10.000	Además para duplicado de la accesión en un segundo banco de semillas.
20.000	Además para distribución de muestras para fines de investigación o para multiplicación y posterior reintroducción del material.

## 5.4 REPRESENTATIVIDAD DE LAS MUESTRAS

Aunque la diversidad genética de la muestra no siempre puede ser evaluada, se debe aspirar a obtener muestras genéticamente representativas de la población, apuntando a que gran parte sino todos los alelos presentes en la población estén presentes en la muestra recolectada. Como no se puede tener certeza de ello, los esfuerzos deben enfocarse en la captura de esta diversidad. El muestreo puede ser **al azar**, donde cada individuo de la población tiene la misma probabilidad de ser escogido y aportar a la muestra. Puede ser estratificado, es decir primero se distinguen dentro de la población distintas condiciones o categorías, y luego se muestrea al azar en cada una de ellas, por ejemplo ante el gradiente altitudinal. Finalmente, se puede utilizar el muestreo sistemático, en este caso se utilizan transectos o grillas como guías que determinan el distanciamiento entre muestras.

### Recomendaciones generales de muestreo para recolección de semillas

Con el fin de obtener una muestra de alta diversidad, en la cual esté representado el 95% de los alelos presentes en la población a una frecuencia mayor a 5%, se recomienda:

- Recolectar semillas de al menos 30-50 individuos en forma aleatoria dentro de la población.
- Recolectar una cantidad similar de semillas por individuo, de esta manera el aporte o representación genética de cada individuo en la muestra será equilibrada.
- Evaluar si la especie se reproduce vegetativamente. En caso que así sea, se debe aumentar la distancia entre individuos a muestrear.
- En caso de contar con muy pocos individuos por población (<20), como normalmente es el caso de especies **Raras** y en **Peligro de Extinción**, se debe recolectar y mantener las semillas de cada individuo en bolsas separadas. Esto permitirá mantener la variación genética de la población al momento de regenerar la muestra.
- Si en la población se observan diferencias importantes entre grupos de individuos, es preferible recolectarlos en forma separada.

## 5.5 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE SEMILLAS

Existen diversos métodos que son comúnmente utilizados para recolectar semillas y frutos de especies forestales. Su elección y factibilidad de aplicación dependerá de diversos factores tales como la accesibilidad y localización de la especie a recolectar, arquitec-

tura y altura de los árboles, densidad del bosque, tipo de frutos y semillas, tipo de dispersión, condiciones climáticas, entre otros. Independiente de lo anterior, el método más apropiado a utilizar será el más eficiente, es decir aquel que permita obtener la mayor cantidad de semillas con alta calidad, en el menor tiempo posible, con el menor esfuerzo y costo y a su vez que implique el menor riesgo. En ocasiones las semillas están al alcance de la mano por lo que la recolección de semillas es una tarea de poca dificultad (**Figura 5**), sin embargo en la mayoría de los casos es necesario recurrir a alguna de las técnicas que permitan alcanzar las semillas, especialmente cuando se trata de especies forestales.



**Figura 5.** Recolección de frutos al alcance de las manos.

### 5.5.1 Recolección de semillas desde el suelo

La mayoría de las especies forestales dispersan parte de sus frutos o semillas bajo el dosel de los árboles o áreas cercanas a él, especial-

mente en especies con semillas o frutos grandes como los de **algarrobo, queule o belloto**. Estos frutos son dispersados por gravedad por lo que simplemente caen. Pueden recolectarse de varias maneras, recogerlos desde el suelo es una alternativa. Sin embargo, se corre el riesgo de que estén atacados por insectos o patógenos. Además podrían haber caído hace mucho tiempo y haber reducido su viabilidad, y por ende su potencial de almacenamiento. Para evitar esto, los frutos o semillas deben ser revisados cuidadosamente, notando diferencias de color o textura, que puedan ser indicios de daños o envejecimiento. **Sólo se debe recolectar semillas del suelo cuando se estima que han sido dispersadas recientemente**, y cuando no se observa daño físico en ellas. Ésta también podría ser la única alternativa en caso que los árboles sean demasiado altos como para escalarlos o sacudirlos. Si se opta por recoger semillas del suelo, idealmente se debería esperar a que la mayoría de las semillas hayan madurado y caído al suelo, así se obtendrá un mayor número de semillas donde escoger las que se recolectarán. Aunque si el lugar de recolección es cercano y de fácil acceso se pueden realizar varias recolecciones dentro de la época de dispersión de las semillas para evitar que permanezcan más tiempo en el suelo. Recolectar las semillas lo antes posible, no sólo reduce la probabilidad de daño, sino que además, evita que las semillas germinen, si las condiciones son las adecuadas para que ello se produzca.

Esta técnica no es recomendable para especies con semillas pequeñas dispersadas por viento o por animales. Ya que al ser pequeñas, es difícil recoger una cantidad suficiente desde el suelo y al ser dispersadas por estos tipos de agentes, una gran cantidad de las semillas tienden a ser depositadas relativamente lejos de la planta madre. Por tanto, las semillas bajo el dosel representan una muy baja fracción del total producido por árbol. Tampoco es recomendado en caso que se requiera recolectar una gran cantidad de semillas, ya que requiere invertir bastante tiempo y mano de obra.

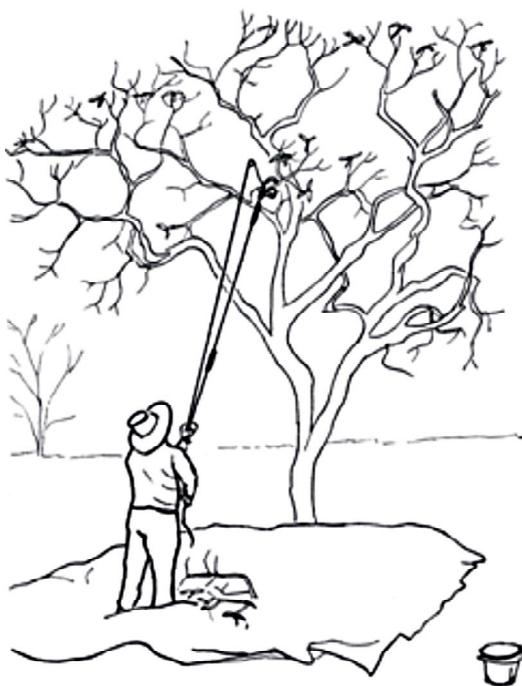
Una alternativa a este método es instalar mallas, lonas o plásticos bajo los individuos objetivos y recogerlas al cabo de unas semanas, una vez que las semillas han caído. Esto sólo funciona en lugares con poco viento y con semillas relativamente pesadas.

Una gran ventaja de este método, es que no se dañan los árboles y la recolección es relativamente independiente de las condiciones climáticas.

### 5.5.2 Recolección desde el árbol sacudiendo ramas

Este método se recomienda para árboles bajos con frutos dehiscentes, frutos carnosos o frutos indehiscentes que al madurar se desprendan fácilmente de las ramas.

Para recolectar semillas desde la copa, las ramas pueden sacudirse utilizando varas telescópicas, varas con gancho o tijeras extensoras (**Figura 6**). También puede utilizarse una lienza sobre las ramas utilizando la técnica de línea de avanzada (ver página 58). La lienza, vara o gancho debe ser localizado cercano a la parte distal de las ramas que



**Figura 6.** Recolección de frutos utilizando tijeras extensoras para cortar o sacudir ramas y lona, para recibir frutos y semillas.

es donde son más flexibles, y se pueden sacudir sin causar daños. Antes de sacudir las ramas es necesario extender un malla raschel fina, plástico o lona en el suelo, bajo las ramas o bajo el árbol a sacudir. De esta forma el acopio y recolección se hará mucho más fácil y rápido. Este método también puede ser usado para recolectar semillas dispersadas por el viento, como son el roble, el raulí, quillay, ciprés, sin embargo esto debe ser realizado en días con escaso viento o temprano en la mañana, para evitar la caída de las semillas en forma muy dispersa, fuera del área cubierta con malla raschel o lona. En caso de semillas muy livianas, o cuando hay algo de viento, conviene que un par de personas levanten la lona del piso, con el fin de capturar la mayor parte de las semillas antes que se vuelen.

Sin embargo, la intensidad aplicada al movimiento de las ramas debe ser de moderada a suave, de esta manera se obtienen sólo semillas en etapa de dispersión, que son las que se desprenden más fácilmente del árbol. Si se aplica mayor intensidad, no sólo se causa daños a las plantas por el quiebre de ramas, sino que además, provoca que se desprendan también frutos inmaduros, reduciendo significativamente la calidad de la muestra obtenida.

La ventaja de este método, es que acelera la caída natural de frutos y semillas. Así se puede recolectar una gran cantidad de semillas por localidad o por árbol, más que la obtenida sólo utilizando la dispersión natural. De esta manera se reduce además la pérdida por dispersión, predación y por deterioro natural en el suelo.

### **5.5.3 Recolección de semillas desde árboles caídos o cortados**

Esta técnica es normalmente utilizada en plantaciones o bosques de extracción, ya que es posible acoplarla a la operación de corta de los árboles. Para ello, ambas actividades deben estar bien coordinadas

de tal forma que la recolección se haga sobre semillas maduras, previo a la dispersión natural e inmediatamente después de la corta de los árboles. Los frutos grandes pueden ser recolectados en forma individual directamente de las ramas y los frutos o semillas pequeñas se pueden recolectar cortando y/o sacudiendo las ramas sobre una lona, malla raschel o directamente sobre bolsas, también puede hacerse pasar la parte apical de las ramas por una especie de rastrillo.

La principal ventaja de esta técnica es que se evita escalar los árboles muy altos. Además, se puede recolectar una gran cantidad de semillas en poco tiempo, usando mano de obra no necesariamente calificada.

Dado que la corta de árboles es destructiva, esta técnica sólo debe ser usada para aprovechar la semilla de ejemplares para los cuales la corta o extracción es inevitable y no como una real técnica de recolección. Un tema crítico a considerar, es el estado de madurez de los frutos, por eso es importante coordinar ambas labores.

#### **5.5.4 Recolección de semillas del árbol vía escalamiento**

Existen algunas especies forestales cuyos frutos/semillas no pueden ser recolectadas accediendo desde el suelo. Esto ya sea por altura excesiva de los individuos o porque las semillas no se desprenden de las ramas. En estos casos es necesario escalar a las copas de los árboles para realizar la recolección de las semillas o frutos. Sin embargo, dado que escalar árboles requiere mucho tiempo, entrenamiento y considera un riesgo importante, debería ser utilizada sólo cuando no hay otra alternativa.

En Chile, en la mayoría de los árboles, la dispersión de los frutos y semillas ocurre naturalmente después de la etapa final de la maduración, y prácticamente no hay casos en que el fruto, o las semillas, permanezcan adheridos a las ramas. Tampoco existe una alta intensidad de predación o consumo de frutos por parte de grandes mamíferos o grandes aves frugívoras, situaciones que podrían afectar el éxito de obtención de suficientes semillas. Por ello, el uso de técnicas de escalamiento normalmente sólo es utilizado en **casos excepcionales**, por ejemplo, en especies con semillas muy pequeñas o liviana y que sólo caen cuando los frutos se abren y en donde existe una alta probabilidad de perderlas por el viento. En este caso se debe hacer un monitoreo para asegurar que el fruto está maduro (cambio de color según la especie), al momento de la escalada, pero justo antes de que la dehiscencia haya sido total y las semillas han sido dispersadas por completo.

Considerando lo anterior, en el presente Manual no se describirán en detalle las técnicas de escalamiento de árboles. Para más detalle se recomienda consultar manuales especializados en estas técnicas (Jara 1996, Davis 2005, Stubsgaard 1997). Finalmente, dado que es una labor peligrosa, debe ser efectuada sólo por personal capacitado y con experiencia.

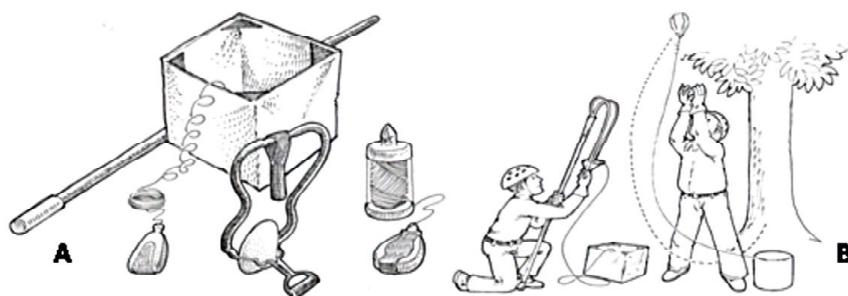
Existe una técnica derivada de la recolección vía escalamiento, conocida como Línea de Avanzada. Esta técnica no requiere escalar los árboles sino que permite recolectar el material que se encuentra en la parte apical de los árboles desde el suelo, sacudiendo ramas para desprender semillas, frutos y/o conos.

### 5.5.5 Línea de avanzada

Esta técnica consiste en alcanzar las ramas altas de un árbol con la ayuda de una lienza. Para ello, se utiliza un saquito a modo de peso atado a la lienza. Ésta puede ser lanzada manualmente, simplemente balanceando el peso hasta darle impulso, o también pueden ser utilizados algunos lanzadores para alcanzar mayores alturas y aumentar la precisión de los lanzamientos (**Figura 7**).

Esta técnica puede constituir una técnica de recolección de semillas por sí sola, al permitir agitar las ramas alcanzadas, como también puede ser utilizada en combinación con otras técnicas de escalada. Entre los múltiples usos de esta técnica se encuentran:

- Para ubicar una línea ascendente, una escalera de cuerdas o una malla para escalamiento
- Para colocar una línea de seguridad durante escalamiento
- Para instalar una sierra flexible para cortar ramas
- Para bajar y sacudir ramas.



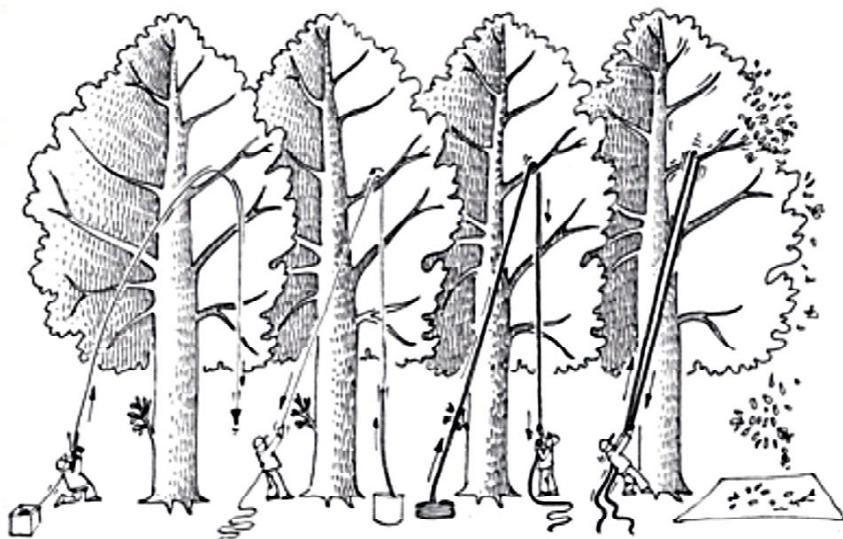
**Figura 7. A**, Materiales utilizados para la técnica de línea de avanzada, pesos, lienzas, lanzador, pértiga, caja para la lienza; **B**, Método de lanzamiento con lanzador y pértiga telescópica, y lanzamiento manual.

Con lanzamientos manuales, dependiendo de la experiencia, es posible alcanzar ramas de entre 5-10 m de altura. Para alturas superiores, el lanzamiento puede mejorarse utilizando arcos y flechas, ballestas u hondas.

El lanzamiento ideal se logra cuando la lienza, con el peso en la punta, pasa por sobre la rama escogida y cae inmediatamente al otro lado de la rama, no quedando enganchada y pudiendo ser tirada fácilmente de ambos extremos (**Figura 8**). Este es un lanzamiento difícil de lograr, para ello se debe escoger una rama y un ángulo de tiro que tenga suficiente espacio para realizarlo. Normalmente se requieren varios lanzamientos hasta alcanzar la rama escogida y aun así es común que la lienza quede enganchada en ramas y no se pueda recuperar. Estas condiciones se vuelven más difíciles en bosques densos, ya que se requiere de suficiente espacio para el lanzamiento de la lienza.

Las características de la rama escogida y la posición que tendrá la cuerda en esta rama, van a depender del uso que se le dé al lanzamiento. En caso de ser usada para posicionar líneas de ascenso, se deben escoger ramas gruesas capaces de sostener al escalador en forma segura, normalmente cercano a la base de las ramas o en sectores con grosor suficiente. Sin embargo, si el lanzamiento tiene por objeto sacudir ramas entonces se situará en zonas más alejadas del tronco, donde las ramas son más delgadas, flexibles y son capaces de resistir la fuerza aplicada para soltar frutos, sin quebrarse.

Independiente de esto, el lanzamiento debe realizarse en forma segura, despejando el área de otros operadores para evitar accidentes y tratando de recuperar la lienza y el peso.



**Figura 8.** Diagrama del uso de la técnica de la línea de avanzada como técnica de recolección de semillas.

## 5.6 REGISTRO DE INFORMACIÓN ASOCIADA A LA MUESTRA DE SEMILLAS

Tan importante como las semillas recolectadas es la información que debe acompañar a cada colecta. Para ello se recomienda utilizar una ficha de recolección similar a la **Figura 9 (a y b)**. Los datos mínimos que debieran registrarse en esta ficha son los siguientes:

- a) **Información taxonómica.** Familia, género y especie que se está recolectando, si se ha logrado una identificación de terreno, también es útil incorporar nombres comunes, si se conocen. Esto debe ir acompañada de una **muestra de herbario** con el nombre de colector y número de colección que respalde la muestra de semillas. Esta muestra de herbario permitirá posteriormente confirmar la identificación realizada en terreno.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - CHILE FICHA DE RECOLECCIÓN DE SEMILLAS DE PLANTAS NATIVAS	
<b>IDENTIFICACION</b> Familia: ..... Género: ..... Especie: ..... Subespecie: ..... Nombre común: .....	<b>INFORMACION DEL HABITAT</b> Tipo de Vegetación: ..... Especies asociadas / dominantes (%): ..... ..... .....
<b>DATOS DE LOCALIZACION</b> Nombre recolector (es): ..... Número de recolección: ..... Institución (es) recolectora (s): ..... Fecha de recolección: Día: ..... Mes: ..... Año: ..... Región / Provincia: ..... LUGAR (SITIO) DE RECOLECCION: (dirección y distancia (m) al/ del punto más cercano): ..... ..... LATITUD (grad, min, seg): ..... S LONGITUD (grad, min, seg): ..... O ALTURA (msnm): ..... GPS Datum usado: SA 56 u otro: ..... <b>Encierre en círculo cuando corresponda</b> PENDIENTE (grados): 0-5    5-15    15-30    30-45    >45 EXPOSICION: N    NE    E    SE    S    SO    O    NO	<b>DATOS PARA MUESTRA DE HERBARIO</b> Recolector (es): ..... Número herbario: ..... Fecha recolección: ..... Identificador: ..... Institución identificador: ..... Número duplicados: ..... Fecha identificación: ..... <b>HABITO / FORMA DE VIDA</b> Arbol <input type="checkbox"/> Arbusto <input type="checkbox"/> Hierba anual <input type="checkbox"/> Hierba perenne <input type="checkbox"/> Cactácea <input type="checkbox"/> Geófito <input type="checkbox"/> Epífita <input type="checkbox"/> Liana <input type="checkbox"/> Suculenta <input type="checkbox"/> Cojín <input type="checkbox"/> Parásita <input type="checkbox"/> Altura planta (cm): ..... Color y olor de las flores: ..... Estructura floral: ..... Tipo de fruto: ..... Color de frutos a madurez: ..... Color de semillas maduras: ..... Fruto por planta: .....
<b>En adelante marque con una cruz cuando corresponda</b> <b>MATERIAL RECOLECTADO</b> Semilla <input type="checkbox"/> Fruto Seco <input type="checkbox"/> Fruto caroso <input type="checkbox"/> <b>SEMILLAS / FRUTOS RECOLECTADOS DE</b> Planta <input type="checkbox"/> Piso <input type="checkbox"/> Ambos <input type="checkbox"/> <b>ABUNDANCIA DE LA PLANTA MUESTREADA</b> Abundante <input type="checkbox"/> Frecuente <input type="checkbox"/> Ocasional <input type="checkbox"/> Rara <input type="checkbox"/>	<b>TOPOGRAFIA</b> Llanura <input type="checkbox"/> Meseta <input type="checkbox"/> Planicie aluvial <input type="checkbox"/> Depresión <input type="checkbox"/> Duna <input type="checkbox"/> Cima montaña <input type="checkbox"/> Quebrada <input type="checkbox"/> Ladera <input type="checkbox"/> Acantilado <input type="checkbox"/> Terraza <input type="checkbox"/> Colina <input type="checkbox"/> Cono deyección <input type="checkbox"/> Otro (Especifique): ..... <b>TEXTURA DEL SUELO</b> Arenoso <input type="checkbox"/> Franco <input type="checkbox"/> Arcilloso <input type="checkbox"/> Limoso <input type="checkbox"/>
PLANTAS MUESTREADAS (n): ..... AREA MUESTREADA (m <sup>2</sup> ): ..... <b>HUMEDAD DE LAS SEMILLAS A LA COSECHA</b> Secas <input type="checkbox"/> Húmedas <input type="checkbox"/> Ambas <input type="checkbox"/> HR (%): ..... Fotografía: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NUMERO: .....	<b>USO DEL MATERIAL COLECTADO</b> Cereal <input type="checkbox"/> Oleaginosa <input type="checkbox"/> Frutal <input type="checkbox"/> Fibra / Textil <input type="checkbox"/> Forrajero <input type="checkbox"/> Hortaliza <input type="checkbox"/> Colorante <input type="checkbox"/> Maderero <input type="checkbox"/> Conservación suelo <input type="checkbox"/> Ritual <input type="checkbox"/> Estimulante <input type="checkbox"/> Plaguicida <input type="checkbox"/> Tintorio <input type="checkbox"/> Aromático <input type="checkbox"/> Ornamental <input type="checkbox"/> Medicinal <input type="checkbox"/> Saponifera <input type="checkbox"/> No precisable <input type="checkbox"/>

Figura 9 A. Ejemplo de ficha de recolección, con información de la accesión.

FICHA DE EVALUACION PREVIO A LA RECOLECCION DE SEMILLAS

IDENTIFICACION		DATOS DE LOCALIZACION	
Familia	:	Número de recolección	:
Género	:	Fecha evaluación	:
Especie	:	Lugar de recolección	:

**EVALUACIÓN POBLACIONAL**

Se ha identificado la especie y/o puede ser diferenciada de otras similares:      Sí       NO

Area aproximada de la población: ..... (m<sup>2</sup> ò Km<sup>2</sup>)

Número aproximado de individuos accesibles:    1 - 10     11 - 50     51 - 100     101-00     > 1000

Existe evidencia de daños posibles a las semillas por:      Herbicidas       Incendios

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE DISPERSIÓN DE LAS SEMILLAS**

Indicar el estado más frecuente y anotar el porcentaje de la población que se encuentra en estado:

Vegetativo:	<input type="checkbox"/>
Reproductivo:	<input type="checkbox"/>
Floración:	<input type="checkbox"/>
Semillas inmaduras:	<input type="checkbox"/>
Dispersión: (*)	<input type="checkbox"/>
Postdispersión:	<input type="checkbox"/>

\* Utilice los siguientes indicadores morfológicos para evaluar dispersión natural al estado de:

- Algunas semillas ya dispersadas
- Abscisión de la semilla dentro del fruto
- Cambio de color, textura y olor del fruto
- Cambio de color de la semilla

Número aproximado de individuos que se encuentra en la fase de dispersión: .....

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA (PRUEBA DE CORTE DE 10 A 20 SEMILLAS)**

De la muestra al azar examinada, indicar la categoría más frecuente o anotar el porcentaje de:

Semillas llenas, bien desarrolladas     Semillas vacías / malformadas     Semillas dañadas por hongos / insectos

**EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE SEMILLAS DISPONIBLES**

Número promedio de semillas por frutos / unidad de dispersión: .....

Número promedio de frutos / unidades de dispersión por planta: .....

¿Se puede recolectar 5.000 - 10.000 semillas sanas viables y de máxima longevidad sin tomar más que el 20% de las semillas maduras disponibles? \*      Sí       NO

\*Para especies En Peligro de Extinción se debe recolectar el 20% disponible, independiente de su cantidad (mínimo 500 semillas)

**MONITOREO:**

Fecha probable para regresar a recolectar: .....

Figura 9 B. Ejemplo de ficha de evaluación de la población previo a la recolección.

- b) Información geográfica.** Se debe registrar la región, provincia, comuna y localidad, lo más preciso posible donde se hizo la recolección. Se deben registrar las coordenadas geográficas con la ayuda de un GPS. Además de las características topográficas generales del lugar, como pendiente, tipo de suelo y exposición. Además de información acerca de las preferencias de hábitat, por ejemplo, a orillas de cursos de agua, o bajo el dosel, etc.
- c) Información ecológica.** Tipo de vegetación, especies acompañantes, hábitat utilizado por la especie, dominancia, etc.
- d) Información de la población.** Tamaño estimado de la población, en extensión y número estimado de individuos. Estado fenológico, estado sanitario. Además de cualquier información asociada como por ejemplo regeneración natural, estado sanitario de la población, evidencia de predación/herbivoría, etc.
- e) Información de recolección.** Nombre de los recolectores, número de recolección, número asociado a la muestra de herbario, cantidad de plantas muestreadas, calidad de la semillas, superficie muestreada, tipo de fruto, número de semillas por fruto, número estimado de frutos por planta y método y/o estrategia de recolección utilizada.

## 5.7 ASIGNACIÓN DE CÓDIGO DE COLECTA

Es de suma importancia asignar un código que vincule la muestra de semillas a la ficha de recolección y al resto de la información asociada (muestras de herbario, fotografías, etc.). Este corresponde al código de colecta el cual debe ser único, exclusivo y seriado. Dicho código debe ser asignado inmediatamente después de recolectar la

muestra y al inicio del llenado de la ficha de recolección. El código de colecta debe quedar escrito en dicha ficha y en las bolsas de las muestras colectadas.

Se aconseja usar un código formado por letras, correspondientes al colector, la institución, proyecto, expedición u otro, seguido de un número correlativo. Se aconseja separar con un espacio el código y el número correlativo para facilitar el manejo electrónico y el acceso a la base de datos. Esto facilita el reconocimiento de las muestras y evita confusiones con otra información presente en la muestra o en su rotulación, como son fechas, coordenadas geográficas, número de individuos, entre otros. Como ejemplo, algunos de los códigos usados por el Banco Base de Semillas han sido BB para designar Banco Base, por lo que existen muestras de semillas BB 001, BB 002, etc. Para el proyecto de recursos genéticos forestales se utilizan códigos del tipo RGF 001, RGF 002, etc.

## **5.8 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE HERBARIO**

Se recomienda tomar una muestra de herbario para respaldar la correcta identificación de la especie, especialmente cuando éstas presentan problemas taxonómicos o son de difícil identificación. Esta muestra idealmente debe ser tomada al realizar la recolección de semillas, sin embargo en ocasiones no se cuenta con caracteres taxonómicos importantes como flor o follaje para la identificación y es preferible tomarla en otra época del año, durante las visitas de prospección.

Una buena muestra de herbario debe contar con todos los caracteres que puedan ser útiles para la identificación taxonómica, una rama que contenga hojas, flores y frutos es lo ideal. Si se trata de especies dioicas, es decir, donde existen individuos femeninos e individuos

masculinos, es necesario obtener muestras de herbario de ambos sexos de la especie. Si existen dimorfismos, por ejemplo entre hojas juveniles y adultas, es necesario también incluirlas. Es necesario rotular las muestras asociando el número de herbario con la muestra de semillas, para que cuenten con toda la información de la colecta. Las muestras de herbario deben ser prensadas cuidadosamente entre papel de diario y cartón (**Figura 10**), luego deben ser secadas y enviadas a algún herbario nacional o especialista para su identificación.



**Figura 10.** Proceso de prensado de muestras de herbario.

Es recomendable tomar fotografías que apoyen las muestras de herbario. En general se aconseja tomar fotografías del aspecto general de la planta, flores, frutos, esto permite rescatar características que pueden perderse en un herbario, como podría ser colorido y morfología de las flores. Sin embargo, mucho más útil para su identificación taxonómica es fotografiar aquellos caracteres más específicos que distinguen a la especie de otras y que permiten el uso de las

claves, como podría ser la forma del ovario, la inserción de los pétalos, disposición de las hojas, la pilosidad de la hoja, la nervadura, entre otros caracteres. Se recomienda además tomar fotografías del hábitat en que se encuentra la especie recolectada.

## Literatura recomendada

Gold, K., P. León-Lobos y M. Way. 2004. Manual de Colecta de Semillas de Plantas Silvestres: Para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Boletín N° 110. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile.

Schmidt Lars. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. **Chapter 4**. Danida Forest Seed Centre. Disponible en: <http://sl.dfsc.dk/Guidechapters.htm>

## Manuales sobre escalamiento de árboles

Davis, D. 2005. National tree climbing field guide. Department of Agriculture, Forest Service, Missoula, Estados Unidos.

Jara, L.F. 1996. Sistemas de Escalamiento de árboles forestales. Serie técnica. Manual Técnico N° 21. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. Proyecto de Semillas Forestales - PROSEFOR. Danida Forest Seed Centre. Turrialba, Costa Rica.

Stubsgaard Finn. 1997. Tree climbing for seed collection, technique and equipment. Danida Forest Seed Centre. Denmark. Disponible en: <http://curis.ku.dk/portal-life/files/33049474/TN44.pdf>

## 6. MANEJO POSTCOSECHA DE LAS SEMILLAS RECOLECTADAS

### 6.1 MANEJO Y MANTENCIÓN DE LAS COLECCIONES DURANTE LA EXPEDICIÓN

Es esencial que las semillas recolectadas sean almacenadas en bolsas de tela o papel cuidadosamente rotuladas con su código de colectas respectivo (**Figura 11**). En todos los casos las semillas deberán mantenerse protegidas del excesivo calor y del sol directo.



**Figura 11.** Muestras rotuladas y su llegada al lugar de procesamiento.

#### 6.1.1 Frutos secos

Para ellos se aconseja el uso de bolsas de papel o tela, ya que de esta manera las semillas pueden continuar secándose hasta que sean procesadas. Se debe tener cuidado con especies espinosas, con puntas o ganchos, ya que pueden romper las bolsas de papel, provocando pérdidas de semillas o mezcla entre muestras. Se aconseja para

ello poner las bolsas de papel dentro de bolsas de tela para evitar que se rompan o se queden enganchados en la tela. Las bolsas de papel también son más aconsejables para semillas con vilano, ya que puede ser difícil desprenderlas de bolsas de tela. No conviene comprimir excesivamente semillas de este tipo para evitar dañarlas.

### 6.1.2 Frutos carnosos

Los frutos carnosos deben ser recolectados, en bolsas o recipientes de plástico, cuidando de no llenar excesivamente para que se mantenga una buena ventilación y evitar sobrecalentamiento, fermentación y pudrición de los frutos. También se puede usar bolsas de género, especialmente para aquellos frutos carnosos de pulpa delgada y poco carnosos. Si es posible, el procesamiento podría realizarse en terreno para que luego sean almacenados temporalmente tal como frutos secos.

### 6.1.3 Semillas intolerantes a la desecación (Recalcitrantes)

Estas resultan ser las más delicadas durante todas las etapas, se deben recolectar en bolsas o recipientes de plástico que permitan mantener su humedad para conservar su viabilidad, así que se aconseja mantener las bolsas cerradas y sus frutos intactos hasta la llegada al laboratorio, abriendo de vez en cuando las bolsas para mejorar la aireación de las muestras y evitar su pudrición.

## Literatura recomendada

Schmidt Lars. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. **Chapter 5**. Danida Forest Seed Centre. Disponible en: <http://sl.dfsc.dk/Guidechapters.htm>

## 7. MANEJO DE LAS MUESTRAS DESPUÉS DE LA EXPEDICIÓN: PROCESAMIENTO DE SEMILLAS

**E**n el laboratorio, las muestras recibidas deben ser procesadas con el objetivo de obtener una muestra de semillas viables, limpias y de alta calidad para ser almacenada, manipulada, transportada y utilizada de manera fácil y eficiente.

Durante el procesamiento de semillas se eliminan todo tipo de desechos vegetales, especialmente frutos, partes del fruto, flores, hojas, ramas y ramillas y material inerte como piedrecillas, polvo y suelo que pudiera provenir del sitio de recolección. También deberán ser eliminados elementos vivos que acompañen a la muestra, como insectos, arácnidos, huevos o larvas. Semillas dañadas o infestadas también deberán ser retiradas para disminuir la propagación de insectos u hongos que puedan dañar a las semillas viables, en la medida que éstas puedan ser detectadas. El procesamiento debe intentar eliminar además semillas inviables o vanas, en la medida de lo posible, así como también semillas de otras especies presentes en la muestra. La eliminación parcial o total de los elementos mencionados influirán directamente en la calidad de la muestra final.

En términos generales el procesamiento de semillas se debe realizar inmediatamente después de la colecta, para asegurar la mantención de la calidad de las semillas colectadas. Los procedimientos siguientes están determinados por las características de los frutos y semillas, así como por el estado de la muestra.

Es esencial además asegurar la integridad de la muestra durante todo el proceso, evitando que ésta pueda ser contaminada. Para ello todos los equipos, herramientas, utensilios y recipientes en cada etapa utilizados en la limpieza deben estar limpios y libres de semillas de otras especies. Una cuidadosa limpieza de utensilios, incluyendo mesones y el lugar de trabajo deberá realizarse entre el procesamiento de una muestra y otra para evitar mezclas entre muestras.

## **7.1 REGISTRO, IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

Es esencial mantener una adecuada identificación de las muestras en cada etapa, desde la recolección, almacenamiento y por supuesto también en las etapas intermedias del procesamiento. Es fundamental mantener las etiquetas, con el código de colecta que identifica la muestra. Se recomienda tener varias copias para mantener en cada bolsa con semillas. Es común que la muestra se subdivida durante el procesamiento debido a los pasos propios de la limpieza, por eso cada parte de la muestra debe estar debidamente identificada. La memoria es frágil y semillas de especies emparentadas pueden ser fácilmente confundidas. El uso de un número o un código podría ser suficiente si la identificación de las muestras es adecuada desde la recolección.

Es recomendable además llevar un registro de las muestras con el fin de realizar un seguimiento y evaluación a los procedimientos realizados, registrando tiempos y equipos empleados, información que podría resultar útil para futuras colectas.

## **7.2 EVALUACIÓN DE LA MADUREZ DE LA MUESTRA**

Durante esta etapa se debe evaluar el estado de maduración de las semillas. Si una muestra posee una mezcla de frutos con diferente grado de maduración, a juzgar por sus características (color, consistencia o dehiscencia), entonces es en esta etapa donde pueden separarse fácilmente, evitando que la muestra quede heterogénea en madurez y pierda calidad. Los frutos inmaduros, cercanos a la maduración, requerirán una etapa de post-maduración, antes de ser mezclados con el resto de la muestra, mientras que frutos completamente maduros pueden ingresar de inmediato al procesamiento. Tomar a tiempo ésta decisión, permite aumentar la calidad de la muestra, entregando a las semillas inmaduras las condiciones para alcanzar la calidad requerida, antes de ser descartadas. Sólo una vez que la calidad de estas últimas se compruebe pueden ser consideradas dentro de la muestra total.

## **7.3 MADURACIÓN POST-COSECHA DE LOS FRUTOS**

Sólo cuando los frutos no se encuentren lo suficientemente maduros al momento de la recolección y se haya optado igualmente por realizar la colecta, entonces se requiere pasar por esta etapa previa a la limpieza.

Su objetivo es inducir la maduración de las semillas. Para ello las semillas no deben ser extraídas de los frutos, sino que los frutos completos deben dejarse en un ambiente fresco y bien ventilado, evitando que se deshidraten. En general, las condiciones de maduración post-cosecha que se aconsejan son temperaturas frescas de alrededor de 20°C, con alta humedad. Temperaturas más altas aceleran el metabolismo y por lo tanto aceleran el envejecimiento de semillas, reduciendo su viabilidad y por ende su calidad.

Para permitir su maduración, los frutos pueden ser mantenidos en las bolsas de colecta o bien ser esparcidos en bandejas y de ser necesario, se debe considerar la aspersión periódica de pequeñas cantidades de agua para mantener una alta humedad. Las condiciones de humedad deben ser más altas al inicio para ir reduciéndolas gradualmente a medida que las semillas van madurando. Los frutos deben ser continuamente revisados y mezclados, con el fin de mantener condiciones homogéneas.

Estas condiciones de temperatura y humedad son necesarias incluso para frutos provenientes de ambientes secos, ya que mientras los frutos se mantienen adheridos a la planta madre, la humedad es regulada por la planta a través del pedicelo. Este aporte continuo de humedad, permite una alta tasa de evapotranspiración que evita el sobrecalentamiento de los tejidos, especialmente del embrión. Sin embargo, una vez que el fruto es cortado o extraído de la planta madre, éste sólo cuenta con la humedad que posee para terminar su maduración. Un ambiente relativamente húmedo reduce la evapotranspiración, dándole mayor tiempo para alcanzar la madurez fisiológica requerida. Se debe tener cuidado con ambientes excesivamente húmedos y mal ventilados, ya que generarán condiciones propicias para el ataque de hongos, poniendo en riesgo las semillas.

La completa maduración de las semillas puede tomar unos días a unas pocas semanas. Gradualmente los frutos comenzarán a mostrar señales propias de la maduración, como son dehiscencia, coloración o deshidratación esperada de acuerdo a las características propias de su especie. En cada revisión aquellos frutos que han completado el proceso de maduración pueden ser extraídos. Al final del proceso, los frutos que no hayan alcanzado estas características, deben ser eliminados para evitar que semillas de baja calidad sean incluidas en la muestra. Los frutos completamente maduros deben pasar al procesamiento.

## **7.4 TOLERANCIA A LA DESECACIÓN**

Es una consideración muy importante al momento de recolectar, manejar y procesar una muestra de semillas. Reconocer oportunamente una semilla recalcitrante permite ofrecer un tratamiento especial que le permita mantener su calidad durante la recolección, transporte, procesamiento y almacenamiento (ver más detalles 2.3).

Semillas recalcitrantes tienen la primera prioridad en el procesamiento para evitar pérdidas en la calidad y viabilidad de las semillas, mientras que semillas ortodoxas son capaces de esperar un poco más por su limpieza.

## **7.5 EXTRACCIÓN DE LAS SEMILLAS DE LOS FRUTOS**

Las semillas deben estar maduras antes de la extracción. Los procedimientos para la extracción de semillas pueden variar de acuerdo con las características del fruto y sus mecanismos de dispersión.

### **7.5.1 Extracción de semillas de frutos secos dehiscentes**

Este tipo de frutos, son probablemente los más fáciles de procesar. Muchos de ellos (cápsulas, silicuas, folículos y vainas dehiscentes) se abren fácilmente durante el secado cuando están dispersos en una capa delgada con suficiente circulación de aire. La liberación física de las semillas de sus frutos varía según la especie. En algunas, un movimiento leve como rastrillarlas, sacudirlas o dejarlas caer es suficiente para que todas las semillas sean liberadas de los frutos como en quillay u otras semillas aladas. Sin embargo, las semillas de ciertas especies como en algunas leguminosas mantienen una unión más fuer-

te a través del funículo y las semillas pueden requerir extracción manual más laboriosa, en algunos casos será necesario triturar los frutos para separar los restos vegetales y las semillas. También puede ser necesario triturar o desmenuzar frutos cuando las semillas se reciben como cabezuelas o en infructescencias. Frutos suficientemente secos pueden facilitar este proceso, ya que se vuelven más quebradizos y liberan más fácilmente las semillas, evitando que sean dañadas.

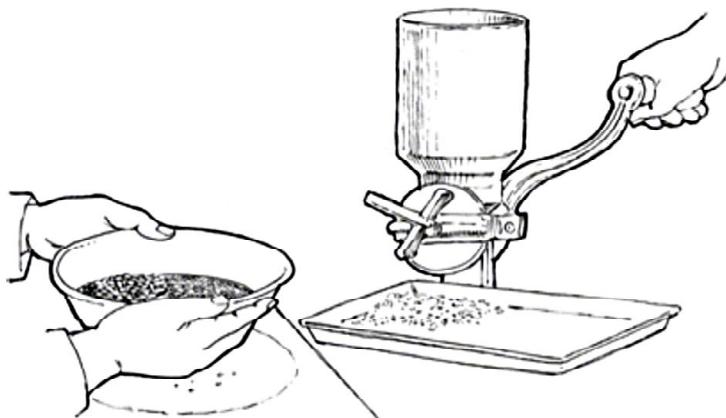
Esta tarea se puede llevar a cabo de manera manual frotando los frutos contra una superficie rugosa, como una malla o un caucho, teniendo cuidado de no dañar ni escarificar las semillas. También es posible hacerlo colocando los frutos en sacos o esparcidos por una superficie, para ser triturados manualmente, pisoteados o golpeteados para que se rompan y liberen las semillas. En cada etapa es importante limpiar los utensilios y herramientas, verificando que no existan semillas de otras especies procesadas previamente.

### 7.5.2 Extracción de semillas de frutos secos indehiscentes

Los frutos indehiscentes no se abren naturalmente para dispersar sus semillas, por lo que requieren que sean partidos, quebrados o triturados para liberarlas. Un secado inicial puede facilitar la extracción, ya que los frutos normalmente se tornan más quebradizos.

Esta tarea puede hacerse en forma manual por frotación, pisoteo o golpeteo, tal como fue descrito para frutos dehiscentes. En algunos casos el uso de molinillos manuales o eléctricos puede facilitar la tarea, aunque se debe tener el cuidado de calibrar bien la máquina para que sólo triture los frutos, sin dañar las semillas (**Figura 12**).

Vainas indehiscentes de algarrobos y tamarugos (*Prosopis spp.*) deben estar bien secas para ser trituradas, ya que la goma pegajosa de



**Figura 12.** Extracción de semillas de vainas indehiscentes utilizando un molinillo manual de granos.

los frutos dificulta su molienda en fresco. Una vez secos, de la molienda sólo se genera una dulce harina que es fácilmente separada de las semillas.

Sin embargo, en algunas ocasiones la extracción de las semillas puede ser más fácil en húmedo, debido a que frutos frescos (pero maduros), recién colectados pueden ser más fácilmente cortados para liberar las semillas, labor que se vuelve extremadamente difícil cuando se secan y endurecen. Un buen ejemplo de ello es el caso de algarrobo blanco (*Prosopis alba*), aunque también puede aplicarse para el algarrobo chileno (*P. chilensis*).

### 7.5.3 Extracción de semillas de frutos carnosos

Los frutos carnosos tienen prioridad en el procesamiento debido a que la cubierta pulposa comienza la fermentación y las semillas corren el riesgo de deteriorarse.

El método de extracción de frutos carnosos puede variar según las características del fruto. Frutos más grandes, como drupas o bayas de mayor tamaño, pueden ser apretados, abiertos o cortados, dejan-

do caer la pulpa con las semillas en un recipiente para luego ser separadas como es el caso de la palma chilena, chañar y belloto del sur. De esta manera, en esta primera etapa, puede ser fácilmente eliminada la cáscara o cubierta del fruto que normalmente tiende a ser más difícil de eliminar ya que es más gruesa o coriácea.

Frutos más pequeños, blandos o pulposos como corcolenes, murtila o arrayanes, pueden ser macerados completamente en forma manual en recipientes con agua. En ambos casos el resultado será una mezcla de pulpa con semillas que puede ser separada utilizando mallas, cribas o tamices. 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. Frutos un poco más resistentes, pueden romperse apretándolos contra tamices bajo el agua y cuidando la fuerza empleada para evitar daños a las semillas.

Para cantidades grandes de pulpa que contienen semillas pequeñas como el caso de la frutilla (*Fragaria chiloensis*), se puede utilizar una licuadora, pero hay que tener cuidado de no sobrepasar el tiempo de licuado y arruinar las semillas. Se puede licuar por períodos cortos y en forma intermitente, a velocidades bajas. Es necesario cubrir las cuchillas de la licuadora con un revestimiento de caucho para también minimizar el daño.

Cualquiera haya sido la técnica usada, inmediatamente después de lavar las semillas, éstas deben ser secadas. Para ello las semillas deben ser esparcidas en capas delgadas sobre papel absorbente o de diario, y dejadas a la sombra donde circule el aire, tratando de evitar el calor, hasta que se sequen. Si luego del secado, aún presentan restos de pulpa, entonces pueden seguir su procesamiento como semillas de frutos secos, soplándolas o separándolas usando tamices.

Sin embargo, algunos frutos carnosos pueden presentar muy poca pulpa y pueden ser tratados casi como frutos secos. Como es el caso del guayacán (*Porlieria chilensis*), donde sus semillas están cubiertas por una delgada cubierta pulposa, o como es el caso del maitén (*Maytenus boaria*), quien está cubierto por un arilo algo carnosos. Otras semillas pueden presentar sólo apéndices pulposos como es el caso del arilo del mañío de hojas largas (*Podocarpus saligna*). En estos casos, no se recomienda el remojo y lavado, sino que estas semillas pueden ser procesadas como frutos secos, dejando secar la pulpa o los apéndices carnosos para extraerlos una vez secos. En otros casos como el maitén, su arilo ceroso cubre por completo a la semilla y se adhiere a su cubierta una vez seco. En este caso las semillas pueden almacenarse con arilo y luego extraerlo sólo antes de la siembra para mejorar la germinación.

#### 7.5.4 Semillas mucilaginosas

Algunas semillas están cubiertas por mucílago como es el caso de algunas semillas de cactáceas, o por una pulpa muy espesa y mucilaginosa como el belloto del sur (*Beilshmedia berteroa*). En estos casos el lavado se vuelve algo complicado, por lo que se pueden seguir algunos de estos consejos.

- Para semillas pequeñas se aconseja usar malla en lugar de tamices, así es más fácil apretar o exprimir, puede ser una bolsa de tela, tul o malla o incluso una media de nylon.
- Con la mano enguantada, frotar con cuidado las semillas mojada sobre una malla o colador de plástico que retenga las semillas mientras la pulpa pasa a través de ella.
- También es posible mezclar las semillas con un poco de arena gruesa, frotando cuidadosamente para luego lavarlas retirándole la arena y el mucílago.

En algunos casos también se pueden remojar las semillas para permitir la fermentación de la pulpa y/o del mucilago para facilitar el lavado y desprendimiento de las semillas, sin embargo, esta práctica no se aconseja, ya que durante la fermentación se produce un aumento de la temperatura que puede afectar la viabilidad de las semillas. Además el exceso de remojo puede provocar la imbibición de las semillas e inicio de la germinación, que impide que estas puedan ser almacenadas.

En algunos casos semillas cubiertas por delgados mucílagos como es el caso de las especies del género *Schinus* pueden también ser tratadas como frutos secos, sin emplear lavado en su limpieza. Para ello se debe dejar secar las semillas y extraer sólo la cascarilla del fruto por frotación.

## 7.6 LIMPIEZA DE SEMILLAS

El proceso de limpieza debe ser eficiente, cuidando de no causar daño a las semillas ni el desperdicio innecesario de las muestras. Se puede realizar de manera manual o se pueden utilizar algunos equipos. Sin embargo se recomienda la limpieza manual, debido a que se minimizan los daños a las semillas y se mantiene la heterogeneidad propia de las muestras, evitando que semillas muy pequeñas o muy grandes sean descartadas.

### 7.6.1 Separación de los desechos

Cualquiera que haya sido el método utilizado para extraer las semillas de los frutos, el resultado inicial será de una mezcla de semillas con gran cantidad de restos vegetales, frutos y polvo. Para separar las semillas de estos desechos se puede utilizar tamices o harneros. Se recomienda partir con una malla fina para eliminar el polvo y luego una mayor tamaño para los desechos más grandes, para luego

ir probando distintos tamaños de rejilla que ayuden en la separación de las semillas. Es importante verificar en cada separación que no se estén eliminando semillas viables, devolviendo a la muestra las semillas en caso de ser necesario.

Residuos livianos, como cascarillas o incluso las semillas vanas, pueden ser eliminados con el uso del viento, un ventilador o un soplador de semillas, dejando sólo semillas viables, que por lo general son más pesadas. En caso de utilizar equipos mecanizados, se debe tener en cuenta la cuidadosa limpieza de todas sus partes entre una muestra y otra para evitar contaminación.

## **7.6.2 Inspección de las semillas**

Para detectar semillas dañadas o cualquier signo de infestación, disperse las semillas sobre una superficie plana bien iluminada de color contrastante y observe cualquier señal visible como semillas partidas, perforadas o vanas. Utilice una lupa de aumento en caso de ser necesario.

Si observa presencia de hongos en la muestra de semillas, entonces baje la humedad de las semillas, utilizando recipientes herméticos con sílica gel, para evitar mayor proliferación. Si observa daños por insectos, también seque y luego almacene en frío para evitar mayores daños. Luego de unos días en frío, saque las semillas para continuar con el procesamiento y eliminación de las semillas infestadas y/o perforadas. Aquellas semillas con daño mecánico, quebradas o partidas, también deberán ser eliminadas manualmente.

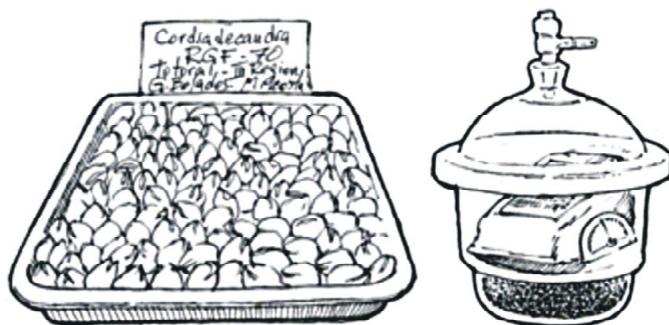
Como una manera de controlar la calidad de las semillas, puede hacer un pequeño ensayo de corte. Para esto seccione con la ayuda de tijeras, cuchillos o bisturís al menos 20 semillas escogidas al azar y obsérvelas bajo la lupa. Las semillas deben estar llenas, y su inte-

rior debe ser firme y de color blanco o blanquecino. Si es posible, se debe ubicar el embrión de la semilla y observarlo. Si se detecta una gran cantidad de semillas vanas retroceda en el procesamiento, se debe repetir el soplado para mejorar la calidad de la muestra y nuevamente realizar la prueba de corte.

## 7.7 SECADO DE LAS SEMILLAS

Si las semillas van a ser almacenadas, entonces requerirán secado. El secado es importantísimo ya que la baja humedad es esencial para prolongar la viabilidad de las semillas en el tiempo, incluso mucho más que conservar a baja temperatura.

El secado puede realizarse al aire, en condiciones frescas y bien ventiladas (**Figura 13**). Sin embargo, se debe tener el cuidado de almacenar las semillas por la noche para evitar que la humedad vuelva a subir. Esto se debe a que las semillas son materiales altamente higroscópicos y que por lo tanto intercambian muy fácilmente humedad con el ambiente. La velocidad como intercambian esta humedad variará un poco en la entrada y salida, es decir, será más fácil que una semilla absorba humedad que la pierda, por lo tanto,



**Figura 13.** Métodos de secado de semillas. A la izquierda, secado al aire. A la derecha, secado en desecadores herméticos y utilizando sustancias desecantes.

durante una noche húmeda podrá absorber más agua de la que perdió durante el día.

Para mejorar el secado pueden ser utilizados algunos desecantes. Esto es especialmente importante si se pretende conservar las semillas por sobre 10 a 15 años. La sílica gel es ampliamente usada para secar semillas, pero se debe tener en cuenta que el secado debe ser un proceso lento para que sea completamente eficiente, no cause daño y sea capaz de prolongar la vida de las semillas. Para ello se recomienda colocar en un recipiente de vidrio igual proporción de Sílica gel, previamente secada, que semillas. Luego de esto se debe tapar el frasco y monitorear diariamente la pérdida de humedad, pesando las semillas. El secado puede demorar hasta un mes, según el tamaño y volumen de las semillas y su humedad inicial. El carbón o semillas de arroz, previamente secados en el horno, funcionan también como buenos desecantes.

Luego que las semillas estén secas, estas pueden ser guardadas en recipientes herméticos para ser almacenadas en frío. Si las semillas son expuestas a las bajas temperaturas sin secarse, cristales de hielo formados al interior de las células pueden dañar los tejidos y por lo tanto puede matar a las semillas.

## **Literatura recomendada**

Schmidt Lars. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. **Chapter 6.** Danida Forest Seed Centre. Disponible en: <http://sl.dfsc.dk/Guidechapters.htm>

Rao, N.K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma N° 8. Bioersity International, Roma, Italia.

## 8. EVALUACIÓN FINAL DE LAS SEMILLAS

Una vez que las semillas estén limpias, la etapa que sigue es la de evaluación de la calidad final de la accesión previa al almacenamiento de éstas. Entre las pruebas más comunes se cuentan pruebas que evalúan la calidad física de las semillas, como la prueba de corte, flotación o tetrazolium, o métodos que evalúan su viabilidad como ensayos de germinación, emergencia y/o crecimiento de plántulas.

### 8.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA

#### 8.1.1 Prueba de corte

Esta prueba consiste en seccionar semillas (ver sección 5.3) con el objeto de examinar bajo la lupa sus estructuras. Semillas aparentemente viables lucen firmes, blanquecinas y ocupan la totalidad del interior de la semilla. Bajo la lupa estereoscópica se puede distinguir más claramente su estructura interna, (embrión con sus cotiledones), además de las sustancias de reserva, (endosperma o perisperma), según las semillas. El embrión y las sustancias de reserva pueden presentar diferencias en su coloración y consistencia. Aunque corrientemente se presentan de color blanco a amarillo, pasando por toda la gama de tonalidades, incluso al verde, en caso de algunas semillas recalcitrantes. Sus texturas son firmes, en ocasiones hasta brillantes. Los tejidos de reserva, en cambio, presentan

colores y texturas que pueden variar desde blanco harinoso, hasta más aceitosa como en caso de semillas de maitenes, canelos o palmas, que se vuelven de un color blanco más amarillento a grisáceo.

### 8.1.2 Prueba de flotación

En ocasiones se ocupa esta técnica para separar semillas llenas de vanas, sin embargo, esta prueba se aconseja sólo en casos en que las semillas serán sembradas de inmediato, debido a que el remojo inicia el proceso de germinación al activar los tejidos y luego de ello difícilmente se puede volver atrás. La prueba consiste en remojar semillas por unas horas hasta máximo un día. Luego del remojo las semillas llenas se van al fondo mientras las semillas vanas quedan flotando. Si el tiempo de remojo se prolonga, las semillas vanas pueden comenzar a bajar debido a que el espacio inicialmente vacío comienza a ser llenado por agua.

Algunas semillas pueden volver a perder la humedad luego de embebidas sin perder viabilidad, ya que tienen ciertos mecanismos que les permiten resistir la rehidratación, pero en términos generales esta práctica induce al deterioro de semillas.

Este es un método utilizado ampliamente en semillas forestales, como es el caso de los *Nothofagus*, dado que la gran cantidad de semillas vanas que producen dificultan su manipulación en la producción de plantas, pero tal como mencionamos anteriormente, ésta práctica sólo se aconseja como una técnica previa a la siembra. Si en cambio se necesita evaluar la viabilidad o porcentaje de semillas llenas antes de almacenar, se aconseja la realizar la prueba de corte y la separación por viento de las semillas vanas puede mejorar la calidad de la muestra almacenada.

## 8.2 EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD

### 8.2.1 Ensayos de germinación

La evaluación de la capacidad de germinación determina directamente la calidad de las semillas. A su vez se puede definir los requerimientos de las semillas y los parámetros que gatillan la germinación. Bajo condiciones controladas de laboratorio se puede evaluar la respuesta de semillas sometidas a diferentes condiciones de temperatura, luz, tratamientos pre-germinativos, promotores químicos, condiciones de stress, entre otros, entregando una información que permite relacionar estos parámetros con épocas, condiciones y lugares donde la germinación se estaría produciendo naturalmente.

Existen varios métodos para evaluar la germinación, desde los más sencillos que pueden realizarse directamente sobre la siembra en vivero, donde conociendo el número de semillas iniciales, se puede evaluar el grado de germinación, basándose en las plántulas generadas en el almácigo; hasta técnicas más complicadas como la germinación bajo condiciones *in vitro*.

En laboratorio, la germinación se puede realizar en distintos envases como placas Petri, bandejas, frascos, dependiendo de los objetivos y los parámetros que se quieran medir. Los sustratos utilizados también son variables, papel filtro, agar, medios de cultivo y arena, son algunos de los más utilizados. Cada uno tiene su ventaja y se escogen de acuerdo, entre otros factores, a su disponibilidad y a las especies que se están trabajando. Uno de los más utilizados son las placas Petri con agar (**Figura 14**), debido a que es fácil manipularlas para el montaje y conteo de semillas germinadas y tienen la ventaja que no requieren tan frecuente hidratación como es el caso del pa-

pel filtro. Sin embargo semillas grandes tendrán mejores resultados cuando se siembran en arena debido a que por su tamaño quedan con mayor contacto con la arena que se amolda a su forma. Placas Petri o frascos podrán ser útiles además para evaluar parámetros posteriores a la germinación, como son por ejemplo, el desarrollo de raíces.



**Figura 14.** Placa petri con semillas de *Prosopis* germinadas sobre agar-agar.

### 8.2.2 Prueba de Tetrazolium

Cuando se dispone de condiciones de laboratorio, es posible realizar esta prueba bioquímica de viabilidad. Una solución de 2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolium al 1% es capaz de reaccionar con los iones hidrógenos resultantes de los procesos de respiración celular, tiñendo de color rojo aquellos tejidos metabólicamente activos.

Esta prueba resulta también destructiva, pero entrega resultados más certeros que una prueba de corte que sólo se basa en el aspecto de las semillas. Se aconseja usar muestras de 50 a 100 semillas, si las muestras son lo suficientemente grandes.

Para hacer esta prueba, se debe preparar las semillas, ya que se hace sobre semillas embebidas y puede tomar entre tres y cuatro días obtener resultados. Primero las semillas se deben pre-embeber, sometiendo a las semillas a una atmósfera de máxima humedad durante 24 horas, pero no en contacto directo con agua. Luego se embeben sobre agar o papel filtro por 24 a 48 horas, para luego cortarlas, eliminando cubiertas duras, restos de fruto o mucílagos que puedan impedir el ingreso de la solución a los tejidos o al embrión. Finalmente las semillas se remojan en la solución de tetrazolium y se incuban a 30°C en oscuridad, por otras 12 a 24 horas. Especies con metabolismos excesivamente lentos pueden remojarse por más tiempo en la solución con el fin de obtener una respuesta más evidente. Es importante recalcar que la incubación y el almacenaje de la solución deben hacerse en oscuridad, dado que el tetrazolium es degradado por la luz, perdiendo su efectividad. Para ello se recomienda cubrir con papel aluminio el recipiente de las semillas embebidas con tetrazolium.

## **Literatura recomendada**

Schmidt Lars. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. **Chapter 9 & 11**. Danida Forest Seed Centre. Disponible en: <http://sl.dfsc.dk/Guidechapters.htm>

## 9. ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS

Las semillas constituyen la estructura donde naturalmente las plantas "almacenan" su descendencia, por lo tanto, morfológicamente poseen estructuras destinadas a su protección. Particularmente, las semillas ortodoxas poseen una condición fisiológica (tolerancia al secado) que les da la capacidad de esperar condiciones adecuadas para que la germinación de semillas se produzca, permitiendo que establecimiento de plántulas aumente su probabilidades de perpetuarse en su hábitat natural. Mientras estas condiciones no se produzcan, las semillas se encontrarán en latencia, prolongar esta latencia es lo que simplemente pretende hacer el almacenamiento.

Las condiciones más importantes para aumentar la longevidad de las semillas son sin duda alguna la humedad y la temperatura. Con ambas variables controladas se minimiza la actividad metabólica de las semillas y por ende su envejecimiento. En lo posible, ambas variables deben mantenerse bajas, por lo que se habla de que las condiciones ideales deben ser  $-20^{\circ}\text{C}$  y 15% de humedad relativa de equilibrio para conservación a largo plazo, sobre 15 años (**Figura 15**). Para conservación a mediano plazo (menos de 15 años) las semillas se pueden almacenar alrededor  $5^{\circ}\text{C}$  y 15% de humedad relativa de equilibrio. Una humedad más baja que la propuesta, puede causar daños a las semillas, ya que elimina el agua estructural de las moléculas. En general se conoce que una semilla puede sobrevivir sin problemas uno o dos años en condiciones ambientales, incluso algunas mucho más. Estudios realizados a semillas, han determinado que por cada 5 grados Celsius de temperatura que se reducen en

el almacenamiento, la longevidad de las semillas se duplica. Lo mismo ocurre si se disminuye en 10% la humedad relativa. Cabe señalar que ambos parámetros están vinculados y deben permanecer en valores bajos, de lo contrario la calidad de la semilla se ve afectada, por ejemplo, almacenar semillas húmedas a baja temperatura produce rápidamente daños por congelamiento, por esta razón el secado constituye una parte muy importante del procesamiento de semillas.



**Figura 15.** Almacenamiento de semillas en bancos de semillas, en condiciones estándar de  $-20^{\circ}\text{C}$  y 15% de HRe, utilizando envases herméticos.

Se debe recordar que las semillas son un material altamente higroscópico, es decir, que absorben humedad hasta equilibrarse con el ambiente, por esta razón una vez secas, deben ser almacenadas utilizando envases herméticos, antes de ser introducidas a bajas temperaturas, para evitar que absorban la humedad del refrigerador o cámara de frío.

Envases de vidrio o plástico herméticos son altamente utilizados, aunque también bolsas de aluminio selladas son bastante efectivas.

Nuevamente la identificación de las muestras es muy importante en esta etapa, por esto se aconseja incluir una etiqueta al interior del recipiente con semillas, además de la rotulación que llevará el envase por el exterior. Registrar además la fecha de envasado será un factor importante para determinar la duración de las muestras.

## **Literatura recomendada**

Harrington, J.F. 1960. Thumb rubs of drying seed. *Crops & Soils* 13: 16 - 17.

Schmidt Lars. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. **Chapter 8**. Danida Forest Seed Centre. Disponible en: <http://sl.dfsc.dk/Guidechapters.htm>

## 10. GLOSARIO

**Accesión:** Se denomina así a la muestra viva de una planta o población mantenida en un banco de germoplasma para su conservación y/o uso. Una especie puede estar representada por varias accesiones que se diferencian por la población a la que pertenecen y/o por la temporada de colecta.

**Arboreto o Arboretum:** Colección botánica de árboles plantados, los cuales cuentan con documentación acerca de las especies y su origen, entre otra información importante. Tienen como objetivo la investigación científica y conservación *ex situ*. Puede contener colecciones de árboles y arbustos originarios de diversas regiones del mundo, por lo que es una excelente herramienta para la educación y difusión a la comunidad.

**Banco Activo de Semillas:** Son instalaciones cuyo objetivo es la conservación de material genético a corto y mediano plazo. Además, se encarga de la ejecución de actividades de recolección, caracterización, evaluación, regeneración, multiplicación, distribución y documentación del germoplasma conservado.

**Banco Base de Semillas:** Son instalaciones especialmente adaptadas para la conservación de material genético a largo plazo (períodos superiores a los 50 años). Recibe material documentado de parte de los bancos activos para su conservación a largo plazo. Además, al igual que los bancos activos, considera entre sus actividades la recolección, evaluación y monitoreo, propagación, distribución y documentación del germoplasma conservado.

**Banco de Genes (Banco de ADN):** Banco cuyas accesiones o muestras son genes o fragmentos de ellos, en lugar de individuos completos. Colección de moléculas de ADN recombinantes en los cuales existen inserciones que representan el genoma completo de un organismo.

**Banco de Germoplasma (Banco Genético):** Son centros que conservan *ex-situ* muestras de individuos vivos completos o parte de tejidos o estructuras con capacidad reproductiva, que son genéticamente representativas de una población. En los bancos de germoplasma puede almacenarse semillas, bulbos, estacas, polen, genes, embriones, etc. y el material puede ser conservado congelado, *in vitro* o en criopreservación.

**Banco Clonal:** Es una colección de individuos genéticos que se retienen para: la producción comercial de propágulos, la ejecución de una estrategia de reproducción, conservación genética.

**Clon:** Conjunto de individuos genéticamente idénticos que proceden de la multiplicación vegetativa de una planta madre o de varios individuos de un clon constituido previamente. La multiplicación puede realizarse a través de métodos tradicionales o por medio de propagación *in vitro*.

**Colección:** Conjunto de diferentes accesiones o de especies relacionadas mantenidas para fines de conservación, investigación, educación o para su uso.

**Conservación *ex situ*:** Conservación de los componentes de la diversidad biológica fuera de su hábitat natural. Conservación *ex situ* realizan los bancos de germoplasma, arboretos, colecciones, etc.

**Conservación *in situ*:** Conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales. Mantenimiento y recuperación de las poblaciones viables de especies y sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que se hayan desarrollado sus propiedades específicas.

**Criopreservación:** Conservación de células, tejidos y/o semillas en estado latente mediante su almacenamiento en nitrógeno líquido a -196°C.

**Cultivo *in vitro*:** Células, tejidos u órganos de especies vegetales, animales o microorganismos que, a través de variadas técnicas, son cultivados bajo condiciones de asepsia dentro de recipientes de vidrio, en un sustrato de composición química definida e incubados en condiciones ambientales controladas.

**Deriva Genética:** Cambio en la frecuencia de alelos de una generación a otra, dentro de una población, debido al número finito de genes, lo que es inevitable en todas las poblaciones de tamaño finito. Cuanto menor es la población, mayor es la deriva genética, con el resultado de que se pierden los mismos alelos y se reduce la diversidad genética.

**Diversidad biológica:** Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

**Diversidad genética:** Toda la variabilidad hereditaria que existe dentro o entre poblaciones o especies, que se origina, favorece o mantiene por fuerzas evolutivas. Corresponde a toda la diversidad de alelos dentro de genes y genes como tal.

**Ecosistema:** Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

**Ecotipo:** Una variante localmente adaptada de una especie, diferente genotípicamente de otras.

**Embrión:** Constituye un primordio de una planta, en el cual se pueden distinguir sus partes fundamentales, raíz y tallo, se encuentra en estado latente y normalmente acompañado de tejido nutritivo dentro de la semilla.

**Erosión genética:** Pérdida o disminución de la diversidad genética en forma gradual o repentina dentro de una especie o población, debido a causas antrópicas o factores ambientales.

**Especie endémica:** especie originaria de un país, región o área geográfica que crece exclusivamente en ese lugar en forma natural.

**Especie nativa:** especie originaria de un país, región o área geográfica.

**Esqueje (o patilla):** Son fragmentos de plantas separados con una finalidad reproductiva, de generar un nuevo individuo.

**Fenotipo:** Características observables de un individuo, resultantes de la interacción entre el genotipo y el ambiente en que se desarrolla.

**Flujo de genes:** Intercambio de genes entre poblaciones, debido a la dispersión de gametos o cigotos.

**Gen:** Es la unidad estructural y funcional de la herencia. Es un fragmento de DNA que codifica para una proteína o moléculas de RNA o, regula la transcripción de tales secuencias.

**Genotipo:** Es la constitución genética, latente o expresada de un organismo. Representa la suma de todos los genes presentes en un individuo.

**Germoplasma:** Toda estructura que porta la suma total de las características hereditarias de una especie y que puede dar origen a una nueva generación, transmitiendo sus características genéticas. Son germoplasma, las semillas, tejidos, bulbos, yemas, polen y células.

**Hábitat:** Ambiente de un organismo; lugar donde usualmente es encontrado.

**Herbario:** Conjunto de plantas prensadas destinadas al estudio y enseñanza de la botánica. Por lo común, se trata de plantas desecadas en las debidas condiciones para que conserven la forma y la posición de sus órganos, como en estado viviente.

**In vitro:** Literalmente "en vidrio". Se refiere a procesos biológicos y reacciones bioquímicas que ocurren fuera de los organismos vivos (por ejemplo, en el laboratorio).

**Jardín Botánico:** Es una institución que mantiene colecciones documentadas de plantas vivas, en jardines y otras instalaciones, además de otras colecciones de referencia, con propósitos de investigación científica, conservación, exhibición, educación y recreación.

**Jardín de Variedades:** Conservación en campo o invernadero de individuos, variedades o cultivares genéticamente representativos de una especie cultivada, cuyo almacenamiento en forma de semillas es problemático o poco factible.

**Longevidad:** En semillas, es el periodo de tiempo en el cual estas permanecen viables. La duración es a menudo cuantificada a través del porcentaje de semillas viables de una muestra poblacional, al final de un período de tiempo.

**Material genético:** Todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo que contenga unidades funcionales de la herencia.

**Población genética:** Conjunto de individuos de una misma especie que comparten un ambiente común y que pueden reproducirse real o potencialmente entre sí. El límite de la población genética puede estimarse a partir de la información del movimiento de polen y dispersión de las semillas.

**Población:** Conjunto de individuos de una misma especie que coexisten en un mismo espacio y tiempo, y que comparten ciertas propiedades biológicas y ecológicas, como la reproducción.

**Procedencia:** Origen geográfico o genético de un individuo.

**Prospección:** Exploración. En el contexto de la diversidad biológica, se refiere a la búsqueda sistemática de especies, genotipos, recursos genéticos y bioquímicos para fines de investigación y desarrollo de nuevos productos.

**Recursos biológicos:** Incluye los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, de las poblaciones, o cualquier otro tipo del componente biótico de los ecosistemas de valor o utilidad real o potencial para la humanidad.

**Recursos genéticos:** Todo material genético de valor de uso real o potencial.

**Recursos genéticos forestales:** Toda la variación genética de árboles de beneficio potencial o actual para los seres humanos.

**Restauración:** En ecología, se refiere al restablecimiento de la composición, función y estructura de comunidades biológicas degradadas, procurando asemejarse lo más posible a la condición inicial.

**Semilla:** Parte del fruto de las plantas espermatofitas, que contiene el embrión de una futura planta, protegido por una testa.

**Semillas intermedias:** En este contexto se refiere a una categoría de conducta de almacenamiento de semillas entre aquellas definidas como ortodoxas y recalcitrantes. Corresponden a semillas que en la madurez son capaces de tolerar parcialmente la desecación, reduciendo la viabilidad y tolerando también sólo parcialmente las bajas temperaturas.

**Semillas ortodoxas:** En botánica se refiere a semillas capaces de tolerar desecación a bajos contenidos de humedad (2 a 5%) y sobrevivir al almacenamiento en frío por largos períodos de tiempo. La longevidad de estas semillas se incrementa de una forma predecible y cuantificable con la reducción del contenido de humedad y la temperatura.

**Semillas recalcitrantes:** En botánica se refiere a semillas que no sobreviven a desecación y no pueden ser almacenadas en frío.

**Silvestre:** Criado naturalmente y sin cultivo, en selvas o campos.

**Sistema de Documentación:** Cualquier forma de almacenar y conservar información. Se pueden utilizar métodos manuales y/o métodos digitales para el almacenamiento y mantención de datos.

**Taxa:** Plural de taxón. Término genérico para cualquiera de las categorías taxonómicas, tales como especie, género, clase, familia, etc.

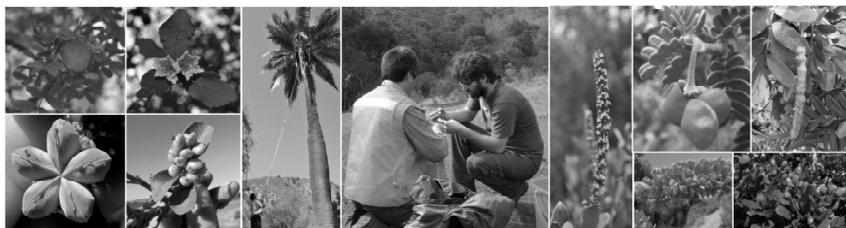
**Viabilidad:** una semilla viable es aquella que está viva, por lo tanto, mantiene vigente procesos esenciales para germinar y generar una nueva planta. La viabilidad se puede estimar a partir de pruebas de germinación, tinciones químicas u observación de la morfología de la semilla.

**Viveros:** Son centros que propagan y mantienen plantas (variedades comerciales, domesticadas) en forma temporal o corto plazo para fines de producción y posterior comercialización.

**Vivipara, ro:** Aplicase a las plantas cuyos embriones son capaces de germinar aun estando adheridos a la planta madre.

## Agradecimientos:

Millennium Seed Bank,  
Royal Botanic Gardens Kew,  
Reino Unido.



# MANUAL DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES

