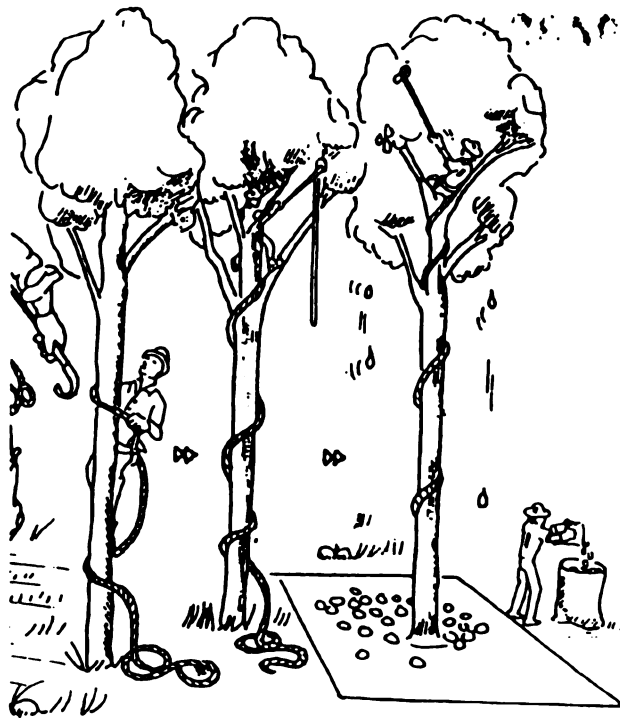


**PROSEFOR**

## Curso para profesores

# "Mejoramiento genético, selección y manejo de fuentes semilleras y de semillas forestales"



## **Unidad 3: Recolección y manejo de semillas forestales.**

Mayo 27 al 7 de junio, 1996  
CATIE  
Turrialba, Costa Rica

## P R E S E N T A C I O N

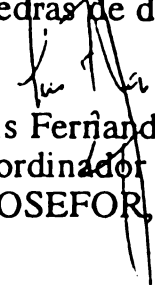
Estas memorias son parte esencial del curso corto para profesores "Mejoramiento genético, selección y manejo de fuentes semilleras y de semillas forestales", el cual fue impartido entre el 27 de mayo y 7 de junio de 1996, en las instalaciones del CATIE en Turrialba, Costa Rica. El curso fue estructurado y organizado por el Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR) del CATIE, con el apoyo financiero del Ministerio de Relaciones Exteriores, Programa de Asistencia Técnica (Danida) del Gobierno de Dinamarca.

El PROSEFOR tiene como objetivo principal fortalecer el desarrollo forestal de los países de Centro América y República Dominicana mediante el mejoramiento del suministro de semillas forestales en calidad, cantidad y en forma continua para los proyectos de reforestación.

Para alcanzar este objetivo, una de las estrategias que ha implementado el proyecto, es la capacitación de los sectores interesados en el manejo y producción de material reproductivo forestal. Sin embargo, a pesar de haber impartido hasta la fecha cursos regionales y nacionales a más de 400 técnicos de diferentes niveles, el sector forestal regional carece en la mayoría de los países de facultades de ingeniería forestal o dasonomía, lo cual incide directamente en el desarrollo del sector. Gran parte de los técnicos que laboran en el campo forestal son de formación agronómica con un insignificante componente de dasonomía impartido igualmente por agrónomos.

El PROSEFOR pretende con el curso, capacitar a los profesores o catedráticos de dasonomía y silvicultura, en los principios y conceptos básicos del mejoramiento forestal, selección y manejo de fuentes semilleras y la recolección y manejo de semillas forestales. De esta forma se espera elevar el nivel y bases de los capacitadores, lo cual tendrá un factor multiplicador significativo en la formación de profesionales agrónomos y forestales que laborarán en el sector de la reforestación e investigación.

Las memorias han sido diseñadas de tal forma que sean un instrumento para los catedráticos, no solo de consulta, sino de utilización directa de las ayudas didácticas incorporadas para cada uno de los temas. Con esto se persigue reforzar los conocimientos de los profesores y asistirlos con material que puedan emplear en sus cátedras de dasonomía y silvicultura.



Luis Fernando Jara N.  
Coordinador del Curso  
PROSEFOR, CATIE

## Estructura de la semilla

Licda. Elizabeth Arnáez S.<sup>1</sup>  
Licda. Ileana Moreira G.<sup>1</sup>

Para lograr un adecuado manejo de semillas y entender mejor los aspectos relacionados con colecta, germinación y almacenamiento, es necesario conocer las diferentes etapas ontogénicas y los factores que influyen en estos procesos.

La floración es uno de los eventos ontogénicos que porta el material necesario para la formación de la semilla, en el caso de las Angiospermas.

La mayoría de las flores constan de un pedicelo, receptáculo floral, sépalos (cáliz) y pétalos (corola) como partes vegetativa así como androceo y gineceo como las estructuras reproductivas.

Las flores pueden ser solitarias o estar agrupadas en inflorescencias, además se pueden encontrar flores que se clasifican como perfectas o imperfectas, completas e incompletas, unisexuales o bisexuales.

Tanto las partes vegetativas como reproductivas, han pasado por un proceso evolutivo que les ha permitido adaptarse a diferentes condiciones ambientales, así como el tener uno o varios polinizadores según sea el caso.

Dentro de algunas estrategias adaptativas se encuentran síndromes: diferentes posiciones estambres, diversas estrategias para la recepción del polen, color y forma de las flores, etc.

Durante los diferentes procesos ontogénicos de la especie intervienen factores diversos como clima, suelo, cambios hormonales, polinizadores, abundancia, endogamia y otros. La suma de los factores mencionados anteriormente contribuyen con el éxito que se pueda tener en la polinización, la posterior fertilización y la maduración del fruto.

Una vez ocurrida la polinización (la recepción del polen por el estigma), el tubo polínico emerge portando las células vegetativas y generativas. Uno de los gametos masculinos se une con dos núcleos polares dentro del rudimento seminal y llega a conformar el endosperma (3N) que es el tejido nutricional en los primeros estados de desarrollo del embrión, a este proceso se le conoce como doble fecundación. El otro gameto masculino se une con la célula huevo o la óvula y da origen al embrión.

Dentro del rudimento seminal se encuentran otras estructuras como los tegumentos, las antípodas (3) y sinérgidas (2), el micropilo, el funículo y la calaza entre otros.

Una vez que ocurre la fecundación se inicia una serie de procesos, divisiones celulares y actividad de diversos reguladores de crecimiento, que provocan un engrosamiento del antiguo ovario de la flor para ir conformando el fruto. De tal forma que las paredes del ovario van a dar origen al pericarpo y dentro de él la formación de una o varias semillas según sea la especie y las características propias de cada individuo.

Por otro lado, dentro del rudimento seminal se irán dando también cambios en donde los tegumentos formará parte de la futura cubierta de la semilla y el embrión estará constituido por un eje

<sup>1</sup> Departamento de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica

embrional que dará origen a la parte aérea y radical de la futura plántula y de los cotiledones que serán las primeras hojas embrionarias que contienen los nutrientes necesarios durante los primeros estadios de desarrollo de la plántula.

## Fruto

Las semillas están contenidas dentro de un fruto que en sentido morfológico se puede definir como: la estructura que contiene la semilla y que se ha originado por crecimiento y desarrollo del gineceo de una flor. Otras partes de la flor (receptáculo y perianto), pueden unirse al ovario modificado para constituir el fruto.

El pericarpo puede ser más o menos diferenciado, con frecuencia muestra dos o tres capas diferentes, si estas capas son reconocibles deben denominarse, de afuera hacia adentro como exocarpo (o epicarpo), mesocarpo y endocarpo. Estos términos se usan para fines descriptivos y no guardan relación con el origen ontogénico de las capas. La ruptura espontánea del pericarpo, permite la salida de las semillas o semilla, recibe el nombre de dehiscencia.

El tipo de fruto es, a menudo, de considerable valor taxonómico y permite el reconocimiento de ciertas familias. Puede considerarse como una importante unidad evolutiva que ayuda a dispersar la especie a diferentes. Con este propósito hay frutos carnosos que son comidos y dispersados por pájaros (*Acnistus arborescens* (Solanaceae), *Cordia glabra* (Boraginaceae), frutos alados (*Pterocarpus ayessi*, *Piscidia cartagenensis* (Leguminosae) o pubescentes dispersados por aire o frutos adherentes (*Bidens pilosa* (Compositae), *Triumffeta sp* (Tiliaceae), dispersados por los animales que pasan por el lugar. Algunas especies tienen una unidad de dispersión compuesta por el fruto y partes de perianto modificadas que facilitan la dispersión; Ejemplo *Engelhardtia pterocarpa* (Juglandaceae) y *Triplaris america* (Poligonaceae), *Gyrocarpus sp* (Hernandiaceae).

Los frutos se pueden clasificar de la siguiente forma:

### I. Frutos Simples:

La mayoría se deriva solamente de un ovario. Con base en la estructura de su pared, se dividen en frutos secos (dehiscientes o indehiscientes) y frutos carnosos.

#### 1. Frutos secos: Con pericarpo seco

1.1 Dehiscientes: se cubren en la madurez, dejando salir usualmente varias o muchas semillas.

1.1.1 Legumbre: un carpelo, generalmente se abre a lo largo de dos suturas.

1.1.2 Folículo: un carpelo, generalmente se abre a lo largo de una sutura.

1.1.3 Cápsula: dos carpelos o más, y se abre por tres suturas o más.

1.1.4 Silfua: se deriva de 2 o más carpelos y se abre a lo largo de dos suturas, es una estructura más larga que ancha.

1.1.5 Lomento: legumbre que se separa transversalmente en segmentos que contienen una semilla.

1.1.6 Esquizocarpos: En vez de examen las semillas, el fruto se divide en frutillos.

1.2 Indehiscentes: Son aquellos frutos que no se abren en la madurez. Usualmente se originan de ovarios, en que sólo se desarrolla una semilla, aunque pueden haber más rudimentos seminales presentes.

1.2.1 Aquenio: una sola semilla unida a la pared en un solo punto, deriva de un ovario con un solo lóculo.

1.2.2 Balausta: con lóculos numerosos y semillas numerosas de pericarpo coriáceo.

1.2.3 Balauo o calibrium: duro, con un sólo lóculo y un involucre en la base.

1.2.4 Cápsula indehiscente: derivado de un ovario con 2 o más lóculos.

1.2.5 Cariópside o grano: con la cubierta de la semilla adrrata a la pared del fruto, deriva de un ovario superior con un lóculo.

1.2.6 Cipsela: aquenio derivado de un ovario inferior con un lóculo.

1.2.7 Nuez: con una semilla y pericarpo duro. Por lo general deriva de un ovario unilocular.

1.2.8 Sámara: como un aquenio, pero con el pericarpo prolongado en una ala delgada y plana, algunas veces compuesto de dos mitades duplicadas cada una con su propia semilla.

1.2.9 Utrículo: pequeño, vesicular o inflado.

## II. Frutos carnosos: Pericarpo en parte o totalmente carnosos.

2.1 Pomo: fruto que se forma de un gineceo con dos o más carpelos y un ovario ínfero. Endocarpo papiráceo o algunas veces duro, formando una parte central, usualmente con varias semillas, la parte exterior del fruto se deriva del hipautio engrosado.

2.2 Baya: Pericarpo seculento con una o más semillas.

2.3 Drupa: Endocarpo pétreo, formando un hueso, que usualmente encierra una sola semilla; los carpelos uno o más.

2.4 Hesperidio: Baya septada, de cubierta gruesa, con la mayor parte del fruto derivado de pelos glandulares.

2.5 Peponidac: baya con una corteza no septada, derivada de un ovario ínfero.

### **III. Frutos accesorios:**

Son aquellos frutos que se derivan de varios ovarios de una sola flor.

### **IV. Frutos múltiples o compuestos:**

Generalmente se originan a partir de una inflorescencia, con muchas flores aglomeradas, pequeñas, más o menos reducidas que coalescen en la madurez.

## **Semilla**

La semilla es el asiento del desarrollo parcial del nuevo esporofito o embrión y desempeña entonces, un importante papel de continuidad entre dos sucesivas generaciones de plantas con semilla. La verdadera semilla contiene un embrión y sustancias de reserva, protegidos dentro de una cubierta o testa. Las sustancias de reserva pueden ser endosperma y perisperma.

A pesar de su aparente simplicidad, las semillas de los árboles y arbustos constituyen una de las estructuras más complejas que se han originado en el reino vegetal. Las semillas de algunas especies son muy variables (eurispermas), sin embargo, las de la gran mayoría presentan caracteres morfológicos, anatómicos e histológicos sumamente estables (estenospermas), por lo que son utilizadas como elementos de identificación en taxonomía, arqueología, paleobotánica y manejo de fauna silvestre, así como en diversas actividades prácticas relacionadas con el manejo de viveros, jardines botánicos y bancos de germoplasma.

Como se mencionó anteriormente, es el sitio del desarrollo parcial del nuevo esporofito (embrión) y juega el papel más importante en la continuidad entre generaciones sucesivas. En la mayoría de una semilla al llegar a la madurez muestra las siguientes partes:

- 1- La cubierta seminal, la cual se forma a partir de uno o de los dos tegumentos que rodean al saco embrional;
- 2- El perispermo, tejido diploide procedente de la nucela que se presenta en diversas cantidades en las semillas de algunas especies;
- 3- El endospermo, tejido generalmente triploide que resulta de la fusión de uno de los núcleos espermáticos con los núcleos polares, mismo que se presenta en diversas cantidades en las semillas de algunas especies, y
- 4- El embrión, que se origina de la fertilización de la oosfera por uno de los núcleos espermáticos y que se desarrollará en una planta después de la germinación de la semilla.

El grado con que se muestren las partes de la semilla según su madurez, conduce a algunas diferencias estructurales fundamentales entre los diversos tipos que existen.

### **Cubierta seminal:**

La cubierta seminal puede ser suave (*Pithecelobium arboreum* (lorito), *P. dulce*). Dura (*Tamarindus indica* (tamarindo), *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) o carnosa como en *Inga* (guaba). La cubierta seminal carnosa recibe el nombre de sarcotesta; usualmente el tegumento externo

es la parte carnosa y/o jugosa. Puede contener grasa, azúcares o estar coloreada. Carica papaya (papaya) se caracteriza por tener una sarcotesta, cuyo tegumento externo es de naturaleza gelatinosa.

La cubierta seminal tiene gran importancia fisiológica debido a la presencia de una cutícula externa, una media (entre los dos tegumentos si ambos están presentes) y otra interna así como de capas duras, protectoras. Estas características confieren a la testa cierto grado de impermeabilidad al agua y/o gases, incluyendo el oxígeno, de tal manera que pueden ejercer cierta influencia reguladora sobre el metabolismo y crecimiento del embrión. En algunos casos (por ejemplo algunos cactus), la testa puede ser mucilaginosa y jugar un papel importante en la retención de agua y dispersión de la semilla.

En la cubierta seminal se localiza la cicatriz funicular o hilo, que indica el punto en que el funículo y la semilla se separaron. Esta zona tiene diferente color. Cerca de la zona hilar, es frecuente encontrar una costura longitudinal formada por tejido funicular unido a los tegumentos de la semilla denominada rafe: esta se forma como resultado de una curvatura aproximada de 80°, que tiene que jugar durante la ontogenia de los rudimentos seminales anatópicos. El crecimiento diferencial del funículo produce externamente un puente o costura sobre el cual sigue su curso la traza vascular que suplente al rudimento seminal (Ej. Erythrina sp (poro); Phaseolus vulgaris (frijol)).

En algunas semillas se forma, en el extremo proximal del rudimento seminal una masa de tejido debido a la extensión del funículo y los tegumentos en la zona calazal. Como consecuencia, en la semilla madura se observa un hilo muy amplio por una extensión de cubierta seminal.

Con frecuencia el micropilo o paso que dejan los tegumentos en el extremo distal del rudimento seminal, queda comprendido dentro del *hilo*.

En la cubierta seminal también se observan protuberancias, siendo las más comunes la carúncula y el estrofiolo. La carúncula es una protuberancia carnosa que se origina por proliferación celular del tegumento externo en la región micropilar del rudimento seminal. Carúncula es sinónimo de ariloide y se encuentra en Ricinus comunis.

También puede encontrarse cubriendo la cubierta seminal un arilo total o parcial, arilo se define como el crecimiento externo en forma de collar o anillo que se desarrolla en el extremo distal del funículo, próximo a la zona calazal y que circunda al rudimento seminal, más o menos completamente, en etapas de postfertilización. Los arilos, contienen usualmente, compuestos químicos que no se encuentran en la planta y al igual que la carúncula y el estrofiolo parecen tener importancia en la dispersión de la semilla, aunado esto a la presencia de trócomas o alas en la testa.

Al observar externamente una semilla se aprecian características y estructuras propias de la especie, entre las que se destacan la forma y el tamaño, la posición del hilo y del micropilo, la presencia de rafe-antirrafe, así como de partes asociadas tales como el funículo, el arilo, el ariloide, la carúncula y el estrofiolo, entre las más importantes.

La forma es una de las características externas distintas, ya que está determinada por el tipo de rudimento del cual se ha originado y por las características del patrón de crecimiento, desarrollo y diferenciación que haya tenido durante su ontogenia, así como de la posición que haya guardado dentro del fruto.

El tamaño por otro lado varía notablemente, dentro y entre las especies, esto está determinado por características genéticas, posición que guardan dentro del fruto, la cantidad de nutrimentos que reciben durante su ontogenia, así como por diversos factores mecánicos y ambientales.

### **Características externas de la cubierta seminal:**

Algunas de las características externas varían de acuerdo con la especie y otros aspectos como genéticos, fisiológicos y ambientales.

Dentro de las características más sobresalientes son: tipo de superficie, la consistencia, el color, así como la presencia de estomas, alas, tricomas, pleurograma, etc.

La superficie puede ser cerosa, papilosa, ciliada, lanada, corrugada, verrugosa, escamosa, estriada, lisa, etc.

La consistencia puede ser carnosa, coriácea, leñosa, fibrosa, crustácea, membranosa y cartilaginosa entre otras.

El color varía dentro y entre especies, pero este factor está dado principalmente por la presencia de antocianinas y taninos, los cuales se localizan en el interior de vacuolas y plastidios.

### **Características internas de la cubierta seminal:**

La presencia de varias capas de tejido cuyo número, grosor y estructura histológica se encuentra en las semillas, varía de acuerdo con la especie.

Durante la diferenciación de la cubierta seminal pueden formarse capas o grupos de células con taninos, aistales, muscflago, corcho o células de esclerénquima, parénquima o colénquima.

El parénquima puede servir como tejido de almacenamiento, los taninos se forman en vacuolas. Los cristales se pueden depositar en forma de oxalato de Calcio, carbonato de calcio o sílice.

Las células de muscflago se encuentran casi siempre en la epidermis externa.

En algunas plantas, cuando las células se impregnan de suberina, sirven de barrera en la zona colazal y sellan la interrupción de la cubierta seminal.

Las células esclerenquimáticas dan dureza y rigidez y la presencia de lignina protege contra el ataque de herbívoros y patógenos, dentro de las macroesclereidas más típicos en semillas con las células de Malphigi.

La capa esclerenquimática se puede formar en diferentes partes del tegumento externo, se pueden clasificar en exo-mero o endotestales y si están en el tegumento interno se conocen como: exo, meso o endotégmicicas.

En la cubierta seminal hay una cutícula sobre la epidermis externa, puede estar presente en los tegumentos.

La cutícula le confiere cierto grado de impermeabilidad ( agua y gases) a la cubierta seminal y puede ejercer cierta función reguladora sobre el metabolismo y crecimiento del embrión.



**Literatura citada**

- BEWBERG, D. & M. BLACK. 1994. Seeds: Physiology of development and germination. 2ª Ed. Plenum Press, New York. 445 p.
- CORTÉS, F. 1980. Histología vegetal básica. Ediciones H. Blume. Madrid, España. 19 p.
- CUTLER, D. 1987. Anatomía Vegetal Aplicada. Librería Agropecuaria, Buenos Aires. Argentina 220 p.
- FLORES, E. 1989. La Planta: Estructura y Función. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. 504 p.
- MORENO, N. 1984. Glosario Botánico ilustrado. INIREB/CECSA. México sp. Limusa. México 285 p.

# **Factores que afectan la germinación**

- **Sequía**
- **Temperatura**
- **Sanidad**
- **Madurez**
- **Ausencia de latencia**
- **Intercambio gaseoso**

# **Clasificación de frutos**

- **II Simples carnosos**
  - Pomo
  - Baya
  - Drupa
  - Hesperidio
  - Pepónidae
- **III Accesorios**
- **IV Múltiples o compuestos**

# Clasificación de frutos

- **Simplesecos**
  - **Indehiscentes**
    - **Aquenio**
    - **Balausta**
    - **Balano o calibrium**
    - **Cápsula indehiscente**
    - **Cipsela**
    - **Cariópside o grano**
    - **Nuez**
    - **Sámara**
    - **Utrículo**

# Clasificación de frutos

- I **Simplesecos**
  - **Dehiscentes**
    - **Legumbre**
    - **Folículo**
    - **Cápsula**
    - **Silícula**
    - **Lomento**
    - **Esquizocarpo**

# **Estructura de la semilla**

- **Conocer ontogenia**
- **Partes de la flor**
- **Estrategias adaptativas**
- **Influencia factores ambientales**

# La semilla

## Primordial en la conservación de germoplasma

- **Importancia ecológica**
- **Amenaza de extinción por:**
  - Deforestación
  - Mal manejo de bosques
  - Necesidad del rescate y conservación de especies
- **Permite:**
  - Continuidad de especies
  - Variabilidad
  - Contener embrión y sustancias de reserva dentro de una cubierta

## Biología de la semilla

Licda. Elizabeth Arnáez S.<sup>1</sup>  
Licda. Ileana Moreira G.<sup>1</sup>

La semilla es el sitio de parcial desarrollo del nuevo esporofilo (embrión) y el lazo de unión entre generaciones sucesivas. Es además, la estructura que permite supervivencia, variabilidad y dispersión en diferentes condiciones ambientales

En la semillas maduras se distinguen las siguientes estructuras principales: cubierta seminal, endosperma, embrión el cual consta de los cotiledones los cuales contienen nutrientes para su alimentación. Los cotiledones que están unidos al epicótilo y plúmula, los tejidos de crecimiento para las futuras hojas, y el hipocótilo y radícula, que serán la futura raíz

La germinación se define como la reanudación del crecimiento de aquellos embriones que son activados al estar expuestos a condiciones favorables que permitirán convertirse en una plántula autosuficiente. El proceso involucra las siguientes etapas: 1. imbibición de agua, 2. división celular en el embrión y elongación de la radícula bajo el suelo, y 3. formación de hormonas en la región meristemática y quizás en otra parte inicio de la actividad enzimática, hidrólisis de alimento de reserva, y la translocación a regiones de crecimiento

Las semillas viables son prevenidas de germinar cuando existen condiciones no favorables tales como sequía, bajas temperaturas, suplicio de oxígeno y en algunos casos, cualidad de la semilla. Factores internos también influyen en la germinación, tales como: madurez, sanidad, ausencia de latencia, intercambio gaseoso

La primera etapa de la germinación es la imbibición de agua seguido por la reanudación de la actividad fisiológica, en donde la respiración se incrementa grandemente al aumentar la hidratación de la semilla, por lo que, la deficiencia en oxígeno en las primeras etapas de germinación inhibe dicho proceso

Las semillas usualmente no germinan durante su desarrollo en la planta parental, pero padece de un proceso de maduración, el cual incluye generalmente disminución en el contenido de agua (deseccación) antes de ser difundida. Durante el desarrollo, comúnmente se presenta un aumento en la concentración de ABA lo cual conlleva a evitar germinación durante los procesos de desarrollo seminal; a su vez, las concentraciones de ABA disminuyen durante la maduración tardía

Algunos cambios metabólicos ocurren en la semilla ya sea previo o durante la maduración. Estos cambios involucran la presencia de dos tipos de productos que tienen función importante con respecto de la protección de los tejidos de la semilla: 1) Oligosacáridos y azúcares y 2) tipos específicos proteicos.

<sup>1</sup> Departamento de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica



1. **Azúcares:** Durante la maduración de semillas, la concentración de ciertos azúcares y oligosacáridos aumenta en asociación con la tolerancia de pérdida de agua temprana durante el proceso de maduración; los disacáridos sacarosa y el oligosacárido rafinosa, son relativamente abundantes. La importancia que tiene el aumento de éstos compuestos, está relacionado en la promoción de la vetrificación del agua y la consecuente protección de las estructuras citosólicas; a su vez, puede facilitar también, la estabilización de lípidos y proteínas en la membrana celular, pues algunos disacáridos y oligosacáridos, pueden unirse a fosfolípidos mediante puentes de hidrógeno entre su OH y el fosfato del forfolípido, actuando así, como agentes estabilizadores de la membrana.

2. **Proteínas:** Se ha visto que durante la maduración de algunas semillas, existe un aumento en los transcriptores y en el grupo protéico de ciertas proteínas. Un grupo son las proteínas LEA, las cuales son hidrofóbicas, estables y capaces de atrapar moléculas de agua, por lo que juegan un papel importante en la protección contra la desecación durante la maduración de la semilla, y a su vez, ayudan a la estabilización de la membrana actuando como un sustituto de la película de agua.

La pérdida de humedad de las semillas, ya sea prematuramente o durante los estadios finales del período de maduración, no solo promueven germinación, también causan cambios en la síntesis proteica. Dichos cambios son un indicativo de un interruptor en la actividad genómica. La pérdida de humedad (desecación), afecta la transcripción génica, con un aumento en la producción de ARN mensajeros para aquellas proteínas relacionadas con germinación y crecimiento; y una disminución de ARNm para proteínas presentes durante la maduración prematura.

El contenido de agua que usualmente está presente durante el proceso de maduración, se haya en asociación con la superficie de macromoléculas; éste contenido es virtualmente no móvil y es suficientemente estructurado. Existen tres tipos de unión con el agua durante la maduración seminal, éstos son: **Tipo 1:** El agua es absorbido herméticamente dentro de las macromoléculas a través de uniones iónicas. **Tipo 2:** El agua presenta características vidriosas y es una película fina y soluto, que cubre la superficie de macromoléculas. Bajo éste tipo, las enzimas lipoxidasas, están suficientemente hidratadas y pueden contribuir con el consumo de O<sub>2</sub> a bajas concentraciones de agua durante el proceso de maduración de la semilla. **Tipo 3:** El agua está menos definida, pero forma puentes sobre sitios hidrofóbicos y su presencia resulta en cambios relacionado con los lípidos de la membrana.

El conocer los procesos fisiológicos durante la maduración seminal es importante para prácticas que conllevan al almacenaje sin pérdida de viabilidad.

La viabilidad generalmente puede definirse como la capacidad de sobrevivir o seguir el desarrollo; una semilla viva así es capaz de germinar en condiciones favorables.

La mayoría de especies de semillas retienen su viabilidad cuando secan; en efecto, el secado es la fase final normal del período de maduración. Sin embargo, semillas recalcitrantes, retienen un contenido relativamente alto de humedad durante el almacenaje para mantener su viabilidad.

### **Tipos de semilla de acuerdo con las características para mantener viabilidad:**

Las semillas pueden ser agrupadas según Bonner y Vozzo (1988), dentro de cuatro clases de acuerdo a las características de almacenamiento:

**A- Semillas verdaderamente ortodoxas:** permiten un almacenamiento por largos períodos de tiempo, con contenidos de humedad de 5 al 10% y a bajas temperaturas (congelamiento).

**Condiciones de almacenamiento:**

Son semillas que pueden ser almacenadas en un estado de bajo contenido de humedad inferiores al 10%, rangos amplios de temperatura de almacenaje ( 2 mas menos 1; 14 mas menos 1:20°C), y envases semipermeables para mantener la vida de la semilla por un período largo de tiempo

**B- Semillas subortodoxas:** pueden ser almacenadas bajo las mismas condiciones que las anteriores, pero por períodos más cortos, debido a la alta concentración de lípidos, o a su cubierta seminal delgada.

**C- Semillas recalcitrantes templadas:** no pueden ser secadas del todo, pero pueden ser almacenadas por períodos de tres a cinco años en temperaturas cercanas a la congelación.

**D- Semillas recalcitrantes tropicales:** no pueden ser secadas del todo, pero mueren a temperaturas menores de 10 a 15°C.

A la madurez, estas semillas no son capaces de resistir pérdida de agua, por lo que se caracterizan por tener un alto contenido de humedad para así permanecer viables. Cuando estas semillas son almacenadas, su expansión de vida es frecuentemente reducida y en ocasiones excede pocos meses

**Condiciones de almacenamiento:**

Generalmente se almacenan a contenidos de humedad altos, temperaturas medias (10°C a 20°C) y en envases abiertos. Aún así, su tiempo de vida es relativamente corto por los efectos secundarios originados en la fuerte actividad fisiológica.

Muy pocos estudios existen acerca de los distintos tipos de fracción de agua presentes durante el proceso de maduración que sean especialmente importantes en el síndrome de ser recalcitrante. Proteínas LEA, sacarosa y ciertos oligosacáridos, parecen estar involucrados con la adquisición de tolerancia a la desecación y en las características que presentan las semillas recalcitrantes. Una posible explicación de esto es que en especies recalcitrantes, la producción o efectividad de estos compuestos sean defectuoso; también cambios en contenidos de ABA pueden estar involucrados.

Algunas semillas de especies tropicales que han sido consideradas como recalcitrantes son ahora consideradas subortodoxas bajo ciertas condiciones de almacenamiento. Con un control cuidadoso de secado, esas semillas pueden lograr contenidos bajos de humedad, que le permiten mantener su viabilidad durante mayor tiempo. De ahí que la clasificación de tipos de semillas aún no es del todo convincente.

### **Vigor germinativo:**

El tiempo transcurrido entre el inicio de la germinación y su terminación, puede ser corto o largo, cuando más corto es este período es mayor la energía germinativa. A ésta rapidez se le considera como el vigor de germinación y se puede medir en función del tiempo.

Son varios los factores que contribuyen a la pérdida del vigor en la germinación de semillas:

**1. El envejecimiento de la semilla:** el vigor de la germinación declina conforme la semilla envejece.

**2. Condiciones ambientales no favorables.** Plantas creciendo bajo condiciones de humedad y frecuentes lluvias, producen semillas las cuales son probales de estar mohosas, con baja viabilidad y vigor, con incremento en la transmisión de patógenos.

**3. Microorganismos saprófitos** presentes en la semilla desarrollados bajo condiciones de humedad, pueden reducir el vigor de la semilla por alterar el volumen de tejidos de almacenamiento y la cantidad de material de almacenamiento disponible para germinación y desarrollo de las plántulas, incrementando la susceptibilidad a enfermedades. Los productos metabólicos de dichos organismos puede a su vez afectar el vigor de la semilla.

Cualquier condición que cause un retardo en los procesos germinativos, también incrementa susceptibilidad de las plántulas. Semillas con bajo vigor y viabilidad, así como condiciones no favorables para la germinación, favorece el desarrollo de plántulas enfermas.

### **Latencia y aspectos fisiológicos**

Al madurar por completo la semilla, se inicia un período de letargo producido por factores internos y externos que normalmente se interrumpe cuando se presenta las condiciones adecuadas para la germinación. Sin embargo, en algunas ocasiones la semilla no germina o va germinando paulatinamente debido a que presenta algún grado de letargo o latencia (estado en el cual, una semilla viable es incapaz de activar e iniciar su proceso de germinación, a pesar de tener condiciones de agua, temperatura, etc, apropiadas para tal efecto.

Entre algunas de las causas que conducen a la latencia en semillas están: 1. inmadurez del embrión, 2. impermeabilidad de la cubierta al agua, 3. resistencia mecánica de la cubierta seminal al crecimiento del embrión, 4. baja permeabilidad de la cubierta seminal a gases, y 5. latencia endógena del embrión .

En ciertas especies de semillas, deben ocurrir algunos cambios en la estructura física o bioquímica de la semilla, antes del inicio de la germinación para así romper la latencia; en otros casos, el embrión tiene que someterse a cambios fisiológicos para facilitar así el proceso. Bajo condiciones naturales, los cambios ocurren paulatinamente, debido a combinaciones diferentes de aireación, humedad, temperatura, luz, acción de microorganismos u otros factores. En el vivero se puede estimular la germinación de semillas latentes produciendo las condiciones necesarias para la interrupción de la latencia, mediante tratamientos pregerminativos. La latencia es consecuencia de la combinación de elementos ambientales y genéticos; la importancia de cada componente y la intensidad requerida dependen básicamente de la especie, puede originarse en factores estrictamente genéticos, pero su manifestación y duración dependen de los elementos del ambiente. En otras especies, la latencia depende básicamente de los componentes del medio y se manifiesta

cuando la planta está genéticamente equipada para enfrentar así el estímulo ambiental. Por ejemplo: las bajas temperaturas durante el desarrollo de un embrión, pueden inducirlo a un estado de latencia o también se puede motivar a través de las condiciones de extracción o almacenaje de las semillas, mediante la ocurrencia de un secado rápido con altas temperaturas (mayores de 35°). La latencia puede darse por causa fisiológica o física .

### Tipos de latencia y aspectos fisiológicos:

Existe poca investigación acerca de los mecanismos fisiológicos involucrados en el desarrollo o pérdida de la latencia; la mayoría de los trabajos han sido dirigidos al estudio de especies cultivables con poca investigación para especies tropicales y de interés forestal.

**La latencia se puede dividir en tres categorías:**

**1. Latencia impuesta por la cubierta de la semilla:** La semilla se encuentra en estado latente únicamente debido a la presencia del tejido que está encerrando el embrión, el cual incluye: el endospermo, pericarpo u órgano extrafloral . Experimentalmente, éste tipo de latencia puede ser eliminado mediante la remoción de la cubierta por efectos osmóticos (creando un grado de stress), ácidos fuertes o por erosión de la cubierta.

En algunas semillas de leguminosas cultivables, la impermeabilidad al agua, es conferido por muchos tejidos que conforman la cubierta seminal: cutícula cerosa, suberina, la gruesa pared de empalizada y capas de osteoesclereidas, cuando las células de la capa de osteoesclereidas son pinchadas, la mayoría de las semillas de **Coronilla varia** (Fabaceae cultivable) comenzaron a imbibir agua y llegaron a germinar.

En semillas con cubiertas seminales gruesas en donde el endosperma está conformado por una doble capa de células cuyas paredes están compuestas de polímeros de manosa y no de celulosa, el embrión crece dentro de este tejido sin poder penetrarlo. El debilitamiento de dicho tejido puede ser producto de procesos químicos en donde enzimas tales como manasas requeridas para la degradación de las paredes celulares del endosperma, contribuye a la liberación de la latencia.

A su vez, una cubierta seminal gruesa, contribuye al mantenimiento de la latencia por interferir en el intercambio gaseoso . Las muchas capas de tejido que rodean al embrión, puede limitar la capacidad de intercambio gaseoso en dos vías: Primera: La entrada de oxígeno podría ser inhibido, Segundo: Escape de CO<sub>2</sub> impedido, inhibiendo así la respiración.

### **2. Latencia fisiológica:**

Latencia o dormancia endógena o interna: Se caracteriza por que las semillas, aunque maduras anatómicamente, no pueden germinar hasta que ocurran complejos cambios fisiológicos en el embrión, los cotiledones o el endosperma (que son un tejido de reserva de la semilla). En este caso la latencia se asocia con la incapacidad del embrión para movilizar y utilizar las reservas de alimentos contenidos en el endospermo o los cotiledones. Puede superarse cuando se produce un cambio fisiológico, que hace posible la utilización de estos alimentos, aunque se desconoce su forma de actuar este tipo de latencia normalmente se corrige con una estratificación prolongada de uno a dos meses en arena colocando un sustrato de este material de unos 10 cm y luego las semillas objeto del tratamiento repitiendo la operación cuantas veces sea necesario; usualmente se dejan en cuartos fríos a 4 °C para facilitar el proceso.

**3. Latencia del embrión:** El embrión se encuentra desarrollado dentro de la semilla pero latente por mecanismos fisiológicos que inhibe su germinación.

Estudios realizados con algunas especies cultivables, han demostrado que este tipo de latencia está inducido por reguladores de crecimiento que se encuentran en el embrión. Investigaciones apoyan la posibilidad de que el ABA (ácido absícico) presente en los cotiledones, está involucrado en la latencia de las semillas de manzana y de *Taxus baccata* (Taxodiaceae).

**4 Latencia inducida:** El embrión se encuentra desarrollado dentro de la semilla pero latente por factores externos inhibitorios tales como luz, humedad y temperatura.

Siendo la temperatura un agente externo relacionado con el mantenimiento de la latencia, estudios realizados con semillas de lechuga, cebada y trigo demostraron cambios abruptos de latencia debido a cambios de temperatura, sugiriendo un súbito cambio en las células de la membrana desde una fase cristalina (gel) a una fase líquida con temperaturas bajas, y de una fase líquida a cristalina a mayores temperaturas.

Muchas propiedades de la membrana como por ejemplo: control de pasos de solutos, actividad de las enzimas ligadas a la membrana, son alteradas por cambios de temperaturas.

La humedad como un factor externo implicado en latencia, influye en el contenido hídrico de la semilla, permitiendo el desarrollo de procesos fisiológicas que pueden producir latencia. Estudios realizados por Vetucci, sugiere que cuando los tejidos de algunas especies de semillas contienen al menos 8% de humedad, el agua se asocia fuertemente con la superficie macromolecular. Cuando los contenidos son menores de un 8%, los rangos de toma de oxígeno disminuyen y van aumentando lentamente conforme sube el contenido de agua, afectando así los niveles de respiración mitocondrial. Si el contenido de humedad es bajo, es difícil continuar el proceso de transporte electrónico mitocondrial, trayendo como consecuencia latencia o pérdida de viabilidad.

Algunos autores sugieren que la deshidratación puede afectar el espacio bilateral de las membranas celulares, conllevando al endurecimiento de los grupos alquilo de los fosfolípidos y por ende, cambios consecuentes de la membrana pasando de un estado líquido a la fase gel o cristalina.

La calidad de luz y tiempo de exposición, afecta el control de la latencia en especies fotosensibles. El fitocromo es un pigmento que absorbe luz, el cual se sugiere que se encuentra localizado en el eje del embrión y en bajas concentraciones a nivel de los cotiledones. La relación entre calidad de luz-fitocromo en el control de la latencia, está determinado por la propiedad de fotoreversión que presenta dicho pigmento.

Cuando el fitocromo está absorbiendo luz roja (660nm) el cual se designa como Pr, es en esta forma donde no es capaz de romper latencia; cuando es activado por la luz roja (660nm), tiende a pasar de Pr a Pfr cambiando a una forma activa que rompe la latencia (Pfr), en esta forma absorbe luz roja lejana (730nm) llevándola a la forma Pr y causando latencia (Smith, 1982).

Pr ----- Pfr ----- Latencia se rompe  
Rojo lejano

### **Otros factores involucrados en el desarrollo de latencia:**

Estudios de Morris y Armstrong, (1991), han demostrado que la latencia se encuentra regido por control génico. Todavía no es conocido el producto del gen que promueve la latencia, sólo se sabe por medio de la investigación de Morris & Armstrong, que la expresión del gen, es estimulado por el ABA.

A su vez, el polimorfismo existentes en semillas de algunas especies, influyen en el grado de latencia que presentan las semillas, al existir diferentes grados de maduración cuando son diseminadas El polimorfismo somático según algunos autores, ocurre en un amplio rango de especies de leguminosas. La existencia del polimorfismo somático, pueda deberse al efecto de posición que tiene la semilla dentro del fruto, causando variaciones en el tiempo de maduración del embrión y testa así como el grado de latencia que pueden presentar.

### **Literatura citada**

- ARGUEDAS, M. 1995. Enfermedades forestales en Costa Rica. Serie de Apoyo Académico N° 19. 62 p.
- BAKER, K. 1972. Seed Pathology In: Seed Biology De. T. Kozlowski. Vol II. Academic Press, N.Y.
- BEUBERG, D. 8 M. BLACK. 1994. Seeds: Physiology of development and germination 2 de. Plenum Press, New York. 445 p.
- BLACKMAN, S. Y R. ABENDORF. 1992 Sugar and proteins in maturation of soybean seeds. Plant Physiology 100: 225-230.
- BONNER, F 8 J. VOZZO. 1988. Storing recaloitrans tropical Forest trees seedes. In: Seminario taller sobre investigación en semillas tropicales forestales. Bogotá Colombia. 161 p.
- FLORES, E. 1989. La Planta: Estructura y Función Editorial Tecnológico de Costa Rica, Cartago. 504 p.
- FOSTER, S. 1986. Orr the adaptative value of large seeds for tropical Muist forest trees. The Botanical Review 52 (3): 260-90.
- MAYER, A. Y A. POLJAKOFF 1989. The Germination of seeds Pergamon Press. 1-188 p.
- POLLOCK, B. Y E. ROOS 1972. Seed and seedling vigor. In seed Biology de. T. Kozlowski Vol Y. Academic Press 357-366

# **Etapas de la Germinación**

- **Imbibición**
- **División celular**
- **Formación de hormonas  
en la región meristemática**

# Procesos Fisiológicos

- **Aumento ABA**
- **Oligosacáridos y azúcares**
- **Tipos específicos proteicos**
- **Contenido de humedad**



# Latencia

- **Definición**
- **Tipos de latencia**
  - **Cubierta de semilla**
  - **Endógena, interna o fisiológica**
  - **Embrión**
  - **Inducida**

# Viabilidad

- **Definición**
- **Tipos de semillas según su viabilidad**
  - **Verdaderamente ortodoxa**
  - **Subortodoxas**
  - **Recalcitrantes templadas**
  - **Recalcitrantes tropicales**

# Vigor

- **Definición**
- **Factores que contribuyen a la pérdida de vigor**
  - **Envejecimiento de la semilla**
  - **Ambientales**
  - **Microorganismos**

## 1. Fenología, polinización y diseminación de diásporas<sup>1</sup>

*Bryan Finegan<sup>2</sup>*

### 1. Introducción

La fenología es el estudio de los fenómenos cíclicos o periódicos en las vidas de los organismos, en relación a la variación del medio ambiente. Con respecto a las plantas, los fenómenos cíclicos más estudiados son la producción de hojas nuevas y la caída del mantillo, la floración, la fructificación y la diseminación de diásporas. El factor del medio ambiente a que más frecuentemente se intenta relacionar estos eventos fenológicos es la variación estacional del clima, y normalmente se presta atención a la posibilidad de que los eventos fenológicos se presenten en el tiempo de una manera que representa ajuste de la especie a su ambiente, ganándose alguna ventaja - por ejemplo, la floración en una época en que existe mayor disponibilidad de agentes de polinización, o la diseminación de semillas en una época en que hay mejores condiciones para la germinación de las mismas.

La importancia de la fenología desde los puntos de vista biológico/ecológico, tanto como el práctico, es fácil de establecer. En el estudio de las comunidades naturales, los conocimientos fenológicos nos ayudan a profundizar nuestro entendimiento de la regeneración natural de la vegetación y de las interacciones de las plantas con la fauna que utiliza los recursos que las plantas producen periódicamente - hojas tiernas, néctar, frutos, etc. A un nivel más básico aún, si dos poblaciones de una especie difieren en la fenología de su floración, esta diferencia puede representar un mecanismo de aislamiento de las dos poblaciones y contribuir a la formación de especies nuevas (Newstrom et al., 1994). En el campo práctico, los conocimientos fenológicos son imprescindibles para la cosecha de cualquier producto - forraje de una determinada calidad, flores, frutos - cuya producción no es continua, sino periódica.

A la luz de estos comentarios, los objetivos del presente son los siguientes:

- describir los patrones fenológicos generales que se presentan en las especies arbóreas tropicales a nivel de comunidad, de forma de vida y de familias;
- con base en una revisión reciente (Newstrom et al., 1994), plantear un sistema estándar para la descripción de los patrones fenológicos de las especies vegetales tropicales;
- demostrar la variedad de patrones fenológicos que se presentan a nivel de especies individuales, de sexos en el caso de especies dióicas, y de árboles individuales;

Por razones de tiempo, no se procederá a analizar detalladamente las señales ambientales que dan inicio a las diferentes actividades cíclicas que presentan los árboles tropicales. La bibliografía, sin embargo, contiene varias citas que permitirían la profundización en este último e importante aspecto.

<sup>1</sup> Tomado de la cátedra de Ecología de Bosques Tropical, EDECO, CATIE

<sup>2</sup> Catedrático de Ecología en el Manejo de Bosques Tropicales, CATIE, Turrialba, Costa Rica

## 2. La fenología a nivel de comunidad

### 2.1 Patrones generales

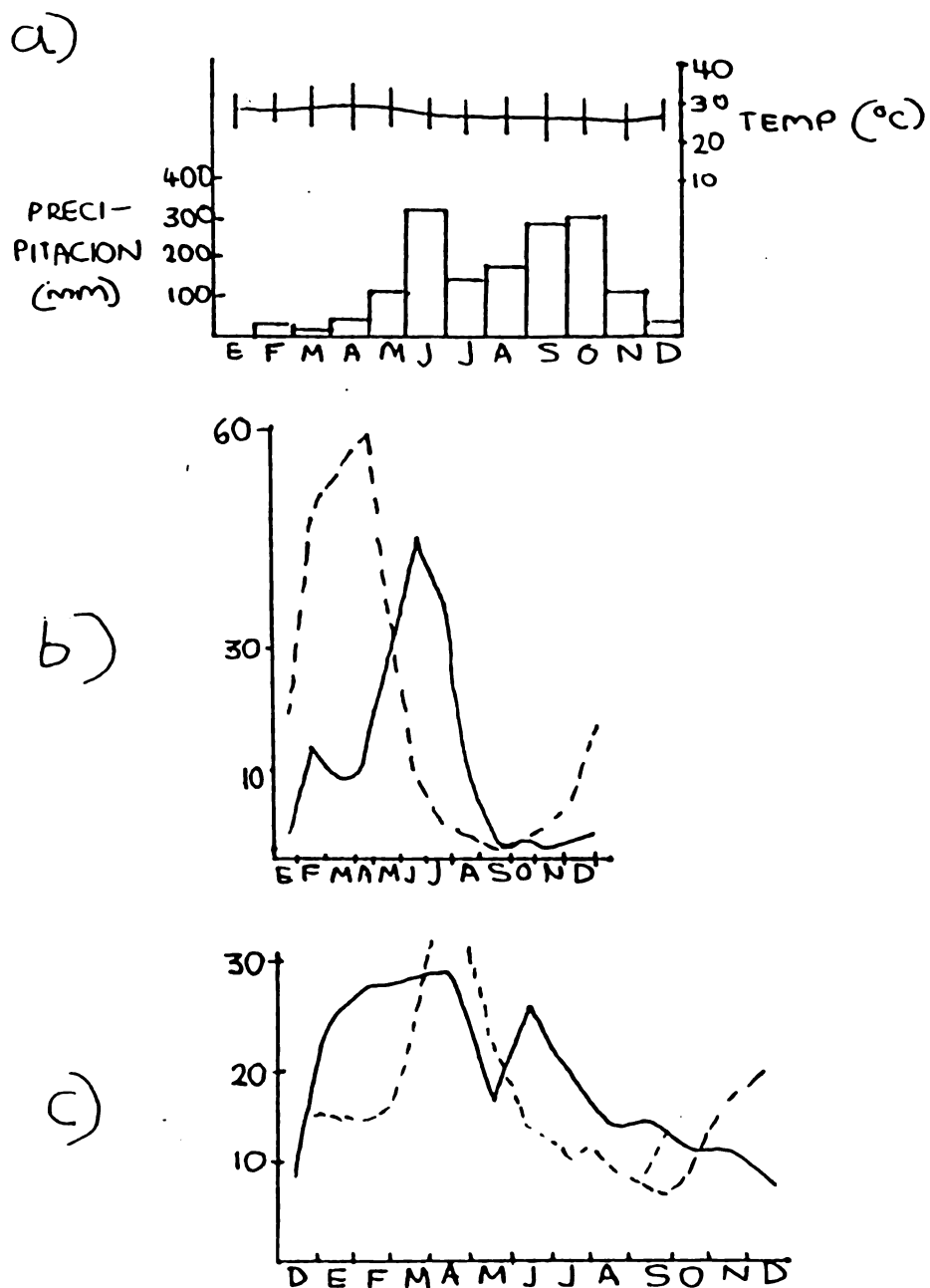
Se cuenta con descripciones de los patrones fenológicos generales a nivel de comunidad (foliación, floración, fructificación, diseminación) para bosques neotropicales de tierras bajas que abarcan el rango de zonas de vida desde bosque seco tropical hasta bosque muy húmedo tropical, con un rango geográfico desde la cuenca del Amazonas hasta México (Fournier y Salas, 1966; Janzen, 1967; Daubenmire, 1972; Frankie et al., 1974; Opler, Frankie y Baker, 1980 - todos para Costa Rica; Croat, 1978; Leigh y Windsor, 1990; Wright y Cornejo, 1990, para Panamá; Hilty, 1980, Colombia; Alencar, Almeida y Fernández, 1979 para Brasil; Sabatier, 1983, Guayana Francesa; Carabias y Guevara, 1985, para México; Smythe, 1986, da una revisión para el neotrópico y se encuentran revisiones generales del tema en Richards, 1976 y Whitmore, 1984).

De los trabajos citados arriba se desprenden ciertas conclusiones generales. En la gran mayoría de los casos estudiados, todas las actividades fenológicas (caída de hojas y brote de hojas nuevas, floración, fructificación) muestran un patrón con picos y bajos de actividad, en términos del número de especies y/o el número de árboles individuales que presentan la actividad. Los estudios que abarcan dos años o más muestran que en muchos casos, los picos y bajos de actividad se presentan en la misma época del año, todos los años.

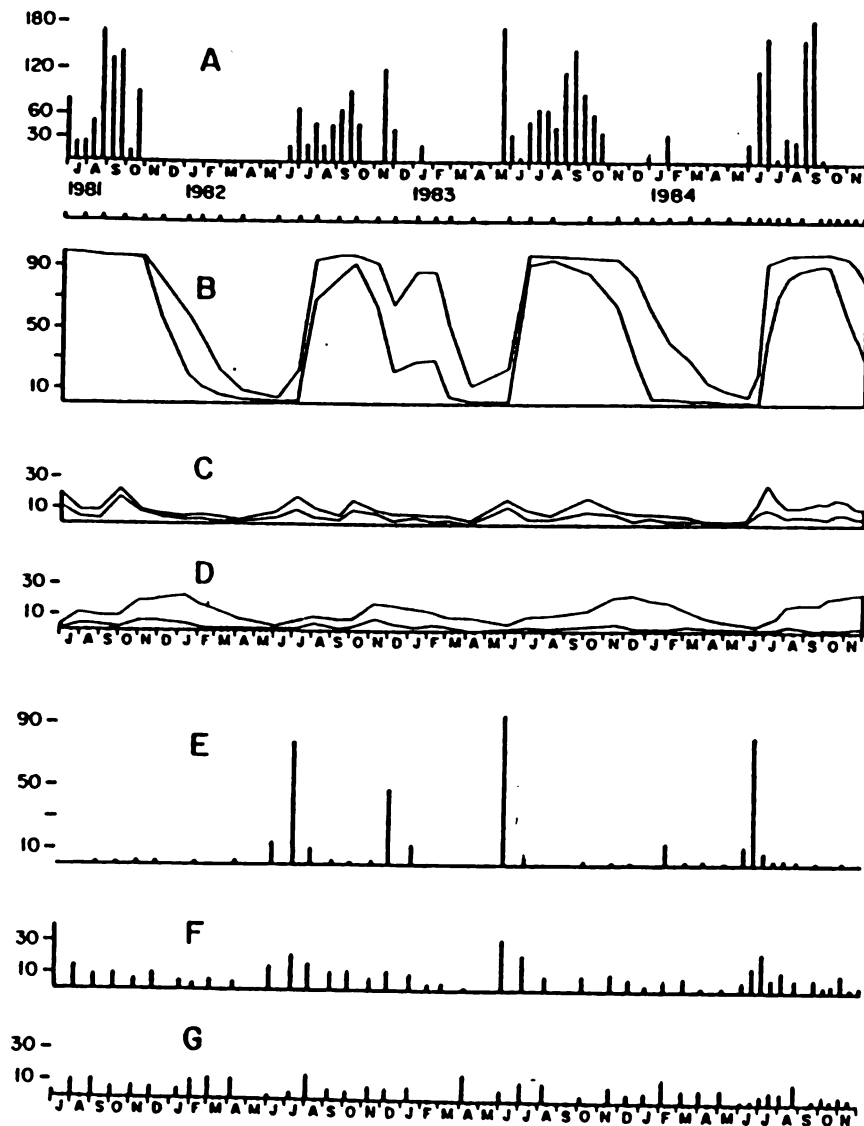
El factor ambiental cuyas relaciones posibles a la actividad fenológica se mencionan más a menudo en la literatura es la variabilidad de la precipitación. En bosques de estación seca marcada (como los de la Isla de Barro Colorado en Panamá) o muy marcada (como los de la Provincia de Guanacaste, Costa Rica y la Estación Biológica Chamela, Edo. de Jalisco, México), hay picos en el número de especies que muestran caída de hojas, en la cantidad global de hojarasca que cae, y en el número de especies que presenta brote de hojas nuevas, floración y fructificación, todos organizados de forma predecible en torno a dicha estación seca (Frankie et al., 1974; Croat, 1978; Leigh y Windsor, 1990; Bullock y Solis-Magallanes, 1990; ver la Fig. 1a y 1b). Tal *periodicidad fenológica* predecible es marcada en los bosques estacionales, pero se presenta aún en bosques de regiones donde el régimen de precipitación es menos variable, como los del cantón de Sarapiquí, Costa Rica, donde no hay mes con menos de 100 mm de precipitación (Frankie et al., 1974; ver la Fig. 2). Hasta en los bosques de la parte occidental de Colombia, la región más lluviosa y menos estacional del mundo, se detectan picos de actividad fenológica (Hilty, 1980; nótese sin embargo que se trata de un estudio de solo 15 meses de duración, y que aún en esta región de clima perhúmedo o superhúmedo, hay épocas de menor y de mayor precipitación).

Una verdadera ausencia de periodicidad fenológica en un bosque tropical ha sido muy difícil de demostrar. Por ejemplo, aunque Putz (1979) reportó que un bosque húmedo de Malasia presentó actividad fenológica continua sin picos, Whitmore (1984) cuestionó la representatividad de sus resultados y recomendó investigación adicional.

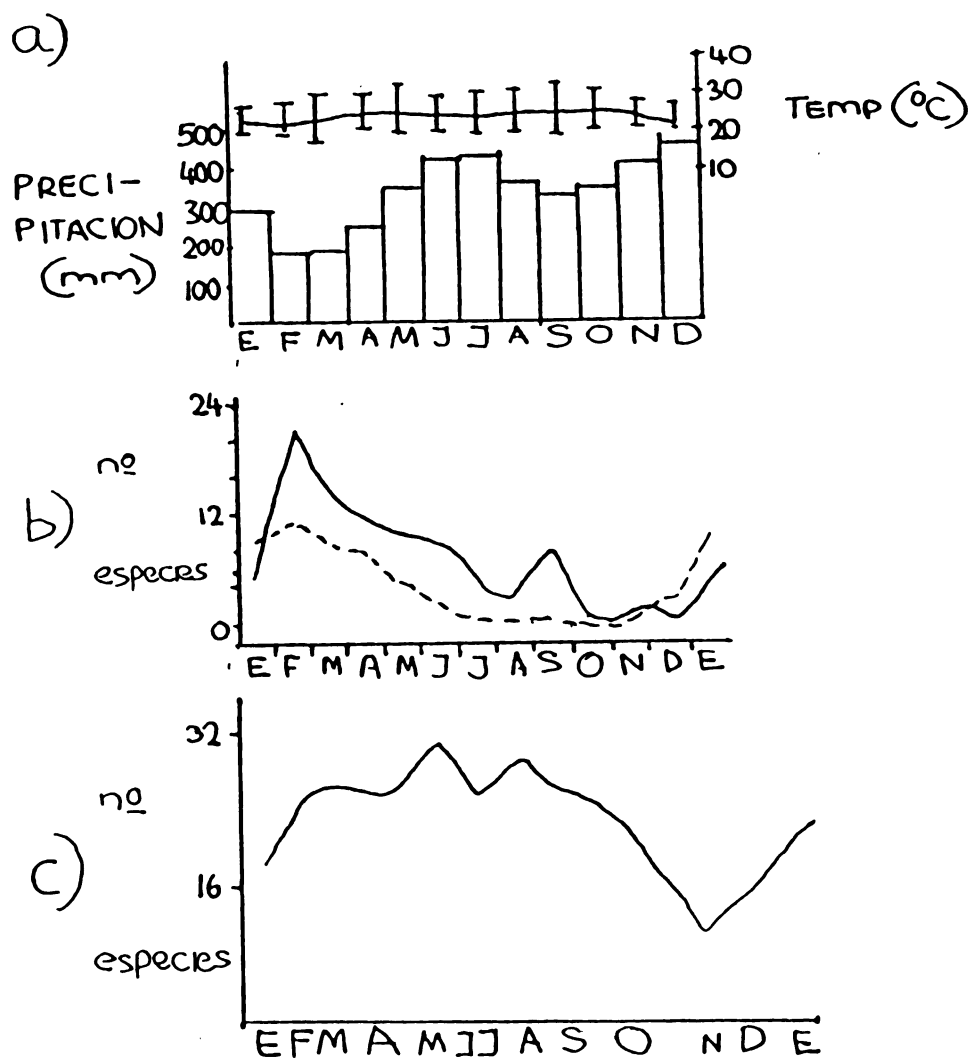
En relación a la periodicidad fenológica cabe enfatizar que, a pesar de que la periodicidad a nivel de comunidad parece ser general, siempre se presenta actividad fenológica a lo largo de todo el año. Aunque los picos son llamativos y se les presta bastante atención, la floración o fructificación de una especie en la época de menos actividad general del año puede ser de suma importancia desde el punto de vista de la regeneración natural de esa especie, o de la alimentación de la fauna silvestre.



**Figura 1a)** Clima y patrones fenológicos de las especies arbóreas de dosel superior en un bosque seco tropical, provincia de Guanacaste, Costa Rica. a) tendencia mensual de la actividad de caída de hojas (línea quebrada) y brote de hojas nuevas (línea continua) de las especies; c) tendencia mensual de la floración (línea continua) y la fructificación (línea quebrada). **Fuente:** Frankie et al., 1974.



**Figura 1 b)** Distribución anual de la precipitación (A) y la fenología a nivel de la comunidad (B-G) de las especies arbóreas de dosel superior de un bosque seco tropical, Estación Biológica Chamela, Jalisco, México (Bullock y Solís-Magallanes, 1990). B) porcentaje de todos los individuos con follaje completo; C) porcentaje de los individuos en floración; D) porcentaje de los individuos en fructificación; E-F, números de especies mostrando cada una de los estados enumerados



**Figura 2.** Clima y patrones fenológicos de las especies arbóreas de dosel superior en un bosque muy húmedo tropical, provincia de Heredia, Costa Rica (Estación Biológica La Selva). a) tendencia mensual de la temperatura promedio y la precipitación; b) tendencia mensual de la actividad de caída de hojas (línea quebrada) y brote de hojas nuevas (línea continúa) de las especies; c) tendencia mensual de la floración. Comparar con la Fig. 1 y la 3. **Fuente:** Frankie et al., 1974.



Más allá del comportamiento general de las comunidades bajo consideración, el panorama se complica bastante y la fenología de las plantas de los bosques húmedos tropicales es revelada como otro aspecto complejo más de estos ecosistemas. Consideremos los siguientes hechos: la fenología de una determinada especie puede variar entre sitios; al enfocar grupos de plantas de distintas formas de vida, se pueden revelar diferentes patrones fenológicos dentro del mismo ecosistema, y diferentes factores que pueden determinar estos patrones; a nivel de especies individuales, se detecta una gran diversidad de comportamiento fenológico; en especies dióicas, en las cuales una determinada planta produce flores de solo uno de los dos sexos, cada sexo puede presentar un comportamiento fenológico particular. De último, la explicación y la predicción del comportamiento fenológico son complicadas porque dicho comportamiento no responde únicamente al medio ambiente, sino que puede deberse en parte a las interacciones con animales, principalmente los agentes de polenización y de diseminación de semillas. A continuación revisamos brevemente cada uno de estos aspectos de la fenología de las plantas tropicales.

### **3. La fenología a diferentes niveles dentro de la comunidad**

#### ***3.1 Variación entre estratos dentro del mismo bosque***

Varios investigadores clasifican las especies de los bosques bajo estudio según el tamaño del individuo maduro y analizan la fenología por categoría de tamaño. En La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, la actividad fenológica de la comunidad de especies de árbol pequeño y de arbusto sigue por todo el año sin picos o bajos marcados (Opler, Frankie y Baker, 1980; Fig. 3). Sin embargo, la actividad de las especies de los doseles intermedio y superior del mismo bosque si presenta picos y bajos predecibles, relacionados a las épocas de menor y mayor precipitación (Frankie et al., 1974; Fig. 2). En Colombia, Hilty (1980) detectó una situación contraria a la de La Selva: la fenología del conjunto de especies de sotobosque del bosque de Alto Yunda presentó mayor periodicidad que la de las especies de dosel superior.

Estos resultados demuestran que el comportamiento fenológico de las especies de dosel superior, que a menudo son las más estudiadas, no debe extrapolarse a otros grupos de plantas o estratos del bosque. Más bien, dichos grupos o estratos deben de ser objetos de estudio directo.

#### ***3.2 Diversidad fenológica dentro de familias o clases de forma de vida***

Se ha caracterizado el comportamiento fenológico de grupos de especies taxonómicamente relacionadas como las palmas (DeSteven et al., 1987) o de la misma forma de vida, por ejemplo las lianas (Putz y Windsor, 1987). Tales estudios son motivados por preguntas sobre el efecto de características morfológicas o anatómicas del grupo estudiado sobre su fenología. Las palmas estudiadas por DeSteven et al., por ejemplo, son morfológicamente uniformes, lo cual pudo facilitar la determinación del efecto de otros factores sobre su fenología. En las lianas en general, los vasos del xilema son muy anchos y susceptibles a rupturarse en períodos de estrés hídrico, por lo cual Putz y Windsor plantearon que las lianas serían decíduas en el clima estacional de Isla de Barro Colorado.

Se encontró una gran variabilidad entre especies en los patrones de fenología reproductiva de 13 especies de palma en la isla de Barro Colorado, pero los patrones de crecimiento de hojas nuevas fueron más uniformes con una disminución de actividad durante la estación seca (DeSteven et al., 1987; Fig. 4). Entre 43 especies de liana de la misma isla prevaleció el hábito siempreverde, a pesar de la supuesta susceptibilidad a daño mecánico durante la estación seca; asimismo, hubo producción de hojas nuevas a lo largo de todo el año, aunque para las especies arbóreas, esta actividad es afectada

por la estación seca (Putz y Windsor, 1987; Fig. 5). En cuanto a la floración y la fructificación, hubo actividad todo el año con dos picos estacionales.

### 3.3 Diversidad fenológica a nivel de especies, de sexos y de individuos

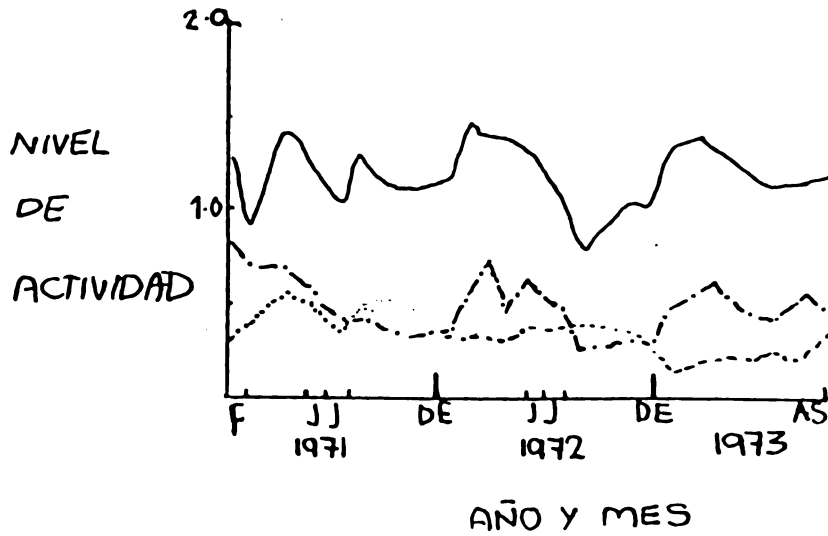
#### 3.3.1 Clasificación general de patrones fenológicos

Newstrom et al. (1994) hicieron una revisión bastante completa de la fenología de las plantas tropicales, la cuál contiene una bibliografía extensiva para aquellos lectores que deseen profundizar sobre este tema. El énfasis de su revisión, y de la nueva clasificación de los patrones fenológicos que proponen, es sobre la floración. Su objetivo principal es de establecer un sistema de clasificación de los patrones fenológicos de las plantas tropicales, adecuado para la variedad que muestran dichos patrones.

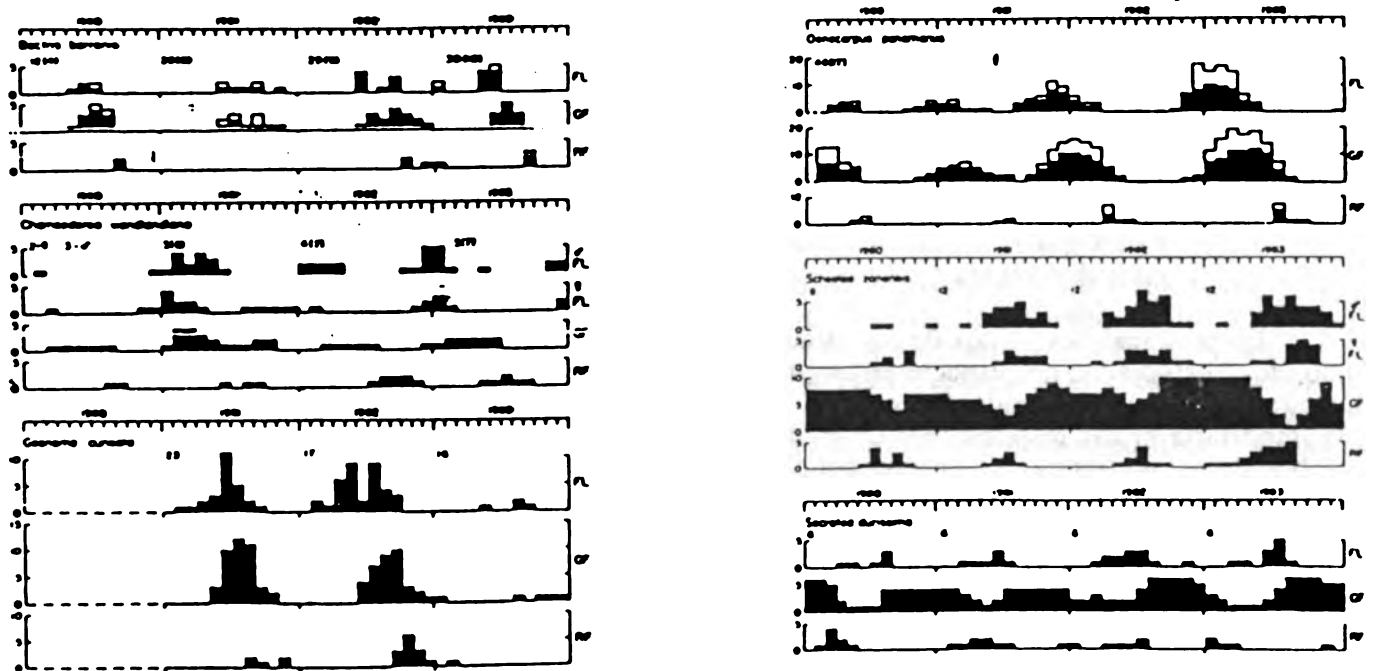
Primero, Newstrom et al. revisan sistemas anteriores de clasificación de patrones fenológicos. Un criterio que se usa para la clasificación, observan, es la época del año o la estación. Tales sistemas se derivan de los aplicados en zonas templadas, donde los patrones fenológicos son mucho más regulares y predecibles que en los trópicos; para su aplicación en los trópicos, su defecto principal es el supuesto de que la actividad fenológica es anual. Una buena proporción de los patrones fenológicos que muestran las plantas tropicales no cuadran en un sistema basado en la época o estación del año, muchos porque no son anuales y los eventos fenológicos se presentan en épocas diferentes de un año a otro, o bien porque la actividad es continua y lo que se observa estacional- o anualmente son picos.

Otros sistemas propuestos se fundamentan en la duración del evento en el tiempo, estableciendo categorías de corta duración (por ejemplo, floración *estacional* o *en masa*) y de duración más larga (floración *extendida*). Estos sistemas son demasiado sencillos ante la variabilidad de los patrones fenológicos tropicales. Por ejemplo, de acuerdo con Newstrom et al., el término *floración en masa* (o sea, que la mayoría de los individuos de la población entran en floración más o menos simultáneamente) se ha aplicado a especies tropicales cuyo período de floración puede ser de pocos días o semanas, y a otras en las cuales la floración es en masa pero en un período que dura varias semanas o hasta meses. El término se ha aplicado a especies que florecen dos veces o más en el mismo año, y a otras que florecen cada dos o tres años. El potencial para confusión es obvio y la necesidad de un sistema más elaborado clara. Una observación final de Newstrom et al. que merece ser enfatizada es la siguiente: Los patrones fenológicos pueden ser estudiados a diferentes niveles: el de la especie, el de la población dentro de la especie, y el del individuo dentro de la población. A menudo se da por supuesto que los patrones a cada nivel son iguales, pero en los trópicos, a menudo resulta que este supuesto no es válido. Así, es necesario establecer claramente el nivel a que se trabaja en un estudio determinado, y hay que ser cuidadoso al tratar de extrapolar de un nivel a otro - por ejemplo, de individuo a población, o de población a especie.

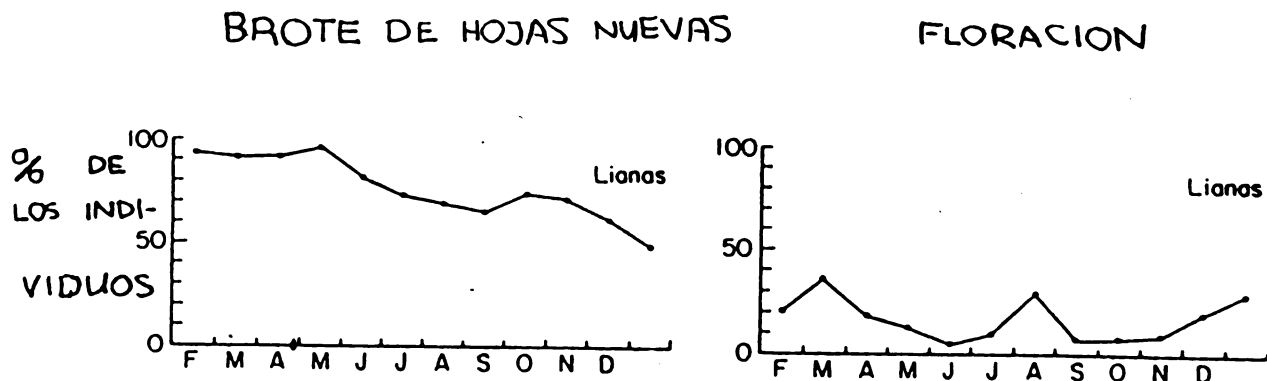
Newstrom et al. (1994) basan su propio sistema en el análisis de datos tomados durante un período de 12 años para 254 árboles de 173 especies en el bosque muy húmedo tropical de la Estación Biológica La Selva, en Costa Rica (es un seguimiento al estudio de Frankie et al. (1974), citado en el acápite 2.1). El primer nivel del sistema se estableció al encontrar que todos los patrones de floración observados caen dentro de una de cuatro clases generales: floración *continua* (se explica por sí sólo, pero abarca casos con lapsos muy cortos y esporádicos sin floración); floración *subanual* (en períodos con inicio y fin bien definido, con dos o más eventos por año); floración *anual* (un período por año con inicio y fin bien definido) y floración *supra-anual* (un período con inicio y fin bien definido, pero con lapsos de más de un año entre eventos) (véase la Fig. 6). Estas cuatro categorías son la base del sistema. Cada categoría es complementada por niveles internos adicionales, por ejemplo, de duración del período de floración. Newstrom et al. citan un ejemplo de subdivisión de la categoría de floración



**Figura 3** Patrones fenológicos de la comunidad de especies de arbusto y de árbol pequeño de sotobosque en un bosque muy húmedo tropical, provincia de Heredia, Costa Rica (Estación Biológica La Selva). Línea continua, brote de hojas nuevas; línea quebrada con puntos, floración; línea de puntos, fructificación. Comparar con la Fig. 2. Fuente: Opler et al., 1980.



**Figura 4.** Fenología reproductiva de seis especies de palmas (*Aracaceae*) en la Isla de Barro Colorado, Panamá. El eje vertical indica el número de individuos con flores (FL), frutos inmaduros (GF) o frutos maduros (RF). El eje horizontal indica el año (1980-1984) y el mes. Fuente: DeSteven et al., 1987.



**Figura 5.** Tendencia mensual del brote de hojas nuevas (a) y la floración (b) entre individuos de 43 especies de lianas de la Isla de Barro Colorado, Panamá. Fuente: Putz y Windsor, 1987.

anual en floración anual *breve* (período < 1 mes), *intermedia* (1-5 meses) y *extendida* (> 5 meses). Se da énfasis a que este sistema puede ser aplicado a cualquier nivel - individuo, población, especie, siempre que la muestra a cada nivel sea adecuada y que no se extrapole descuidadamente de uno a otro.

En el siguiente acápite, se presentan resultados de algunos estudios de caso, con el objetivo de mostrar la diversidad de patrones fenológicos a diferentes niveles de las especies arbóreas tropicales, y de ilustrar la aplicación del sistema de Newstrom et al. (1994).

### 3.3.2 Fenología de la floración y la fructificación en especies individuales, sexos y a nivel de individuo

La principal desventaja de los estudios que abarcan muchas especies es que el número de individuos estudiados por especie es limitado. Por ejemplo, Frankie et al. Esto no importaría si hubiera siempre un alto grado de sincronía fenológica entre los árboles de una determinada especie. No importaría si los responsables de estudios a nivel de la comunidad, como el de Frankie y colaboradores, no trataran de obtener conclusiones no solo a ese nivel sino también a nivel de las especies individuales. Lamentablemente, estudios de poblaciones grandes de especies individuales establecen que en muchos casos no hay un alto grado de sincronía entre los árboles de una determinada especie. Más bien, el grado de variación del comportamiento fenológico entre individuos de la misma especie puede ser tal que resulta peligroso definir conclusiones con base en muestras tan pequeñas por especie como las de Frankie et al.

Artavia y Finegan (en preparación) estudiaron la fenología de dieciocho especies forestales de los bosques de la vertiente atlántica de Costa Rica. Procuraron conseguir una muestra de al menos 10 individuos por especie y al menos veinte para las especies dióicas, aunque debido a la escasez de algunas de las especies, ello no fue posible en todos los casos. Uno de sus objetivos fue el de verificar el grado en estudios basados en pocos individuos por especie arrojan una caracterización

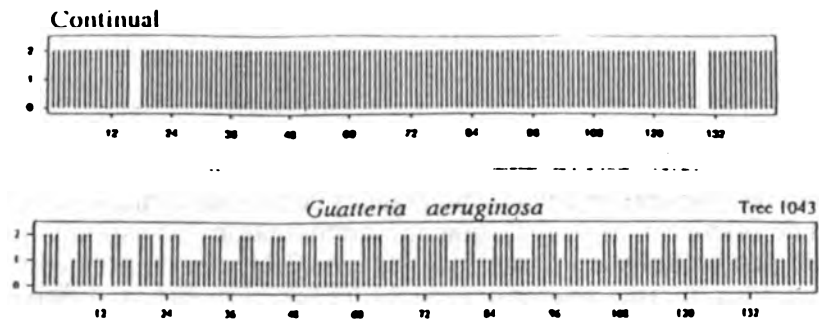
confiable del patrón fenológico a nivel de población. Para este fin, compararon sus resultados, obtenidos a través de muestras relativamente grandes dentro del contexto de los estudios de fenología tropical, con los de Frankie et al. (1974), quienes monitorearon 185 especies arbóreas en su estudio en la Estación Biológica La Selva en Costa Rica (acápite 2.1), con un promedio de solo 2.5 individuos por especie estudiados durante un período de 24 meses. Frankie et al. reportaron sus resultados a nivel de especie en un anexo a su trabajo, expresando claramente que los datos no eran adecuados para caracterizar los patrones fenológicos a dicho nivel; las comparaciones hechas en el presente son para ilustrar el peligro de trabajar con una muestra pequeña y no representan críticas negativas del trabajo de los autores citados. Se hace referencia solamente a la fenología de floración y fructificación.

En los casos de especies de floración y fructificación anuales como *Virola sebifera* (fam. Myristicaceae; de acuerdo con la clasificación de Newstrom et al., 1994, esta especie es de floración anual de duración intermedia), el estudio de Artavia y Finegan (en prep.) indica que el patrón fenológico poblacional deducido con base en una muestra pequeña en el anexo de Frankie et al. (1974) puede ser el correcto. Sin embargo, para otras especies se revelaron serias faltas de correspondencia entre el comportamiento de uno o pocos individuos (el anexo de Frankie et al.), con el que se muestra a nivel de población, aproximado por la muestra más grande de Artavia y Finegan. Por ejemplo, la especie *Minquartia guianensis* (manú, fam. Olacaceae) fue clasificada por Frankie et al. como de floración anual (en enero) y fructificación anual (en febrero y marzo). En realidad, *Minquartia guianensis* no es de actividad reproductiva anual, y como muchas especies tropicales, no es susceptible a ser clasificada con base en fechas de actividad fenológica (acápite 3.2.1). Florece y fructifica en eventos que no se presentan en una época fija del año y a menudo hay dos eventos reproductivos por año (Artavia y Finegan, en prep.; Fig. 7). Este ritmo no parece estar correlacionado con ningún factor climático y parece obedecer más bien a factores endógenos de los árboles mismos. Tales ciclos de actividad/descanso/actividad/descanso han sido llamados floración episódica por Bullock et al. (1983, ver estudio de caso citado a continuación) pero de acuerdo con Newstrom et al. (1994) al patrón fenológico de *Minquartia guianensis* le clasificamos como *subanual*, de floración, fructificación y diseminación *intermedias*.

Dos estudios detallados de la fenología y la biología reproductiva de especies arbóreas de los bosques de la Estación Biológica La Selva revelan aspectos adicionales importantes del comportamiento fenológico a nivel de especies, sexos y árboles individuales.

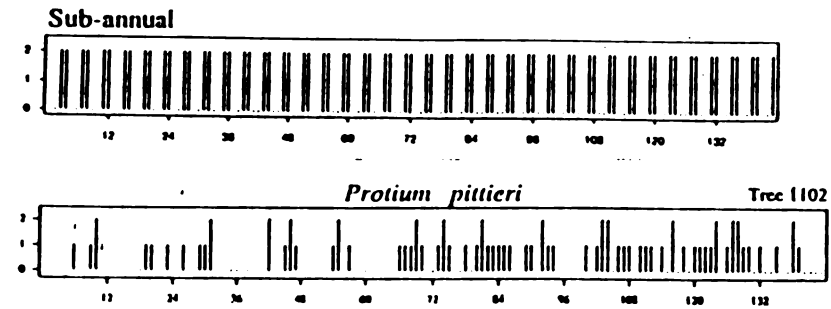
*Guarea rhopalocarpa* Radlk. (Meliaceae) es un árbol de sotobosque de los bosques de tierra firme de la Zona Atlántica de Costa Rica. Como un 20% de las especies arbóreas de los bosques húmedos tropicales (Bawa et al., 1985), es una especie dióica que floreció en febrero, junio y setiembre en el estudio de Frankie et al. (1974). Bullock et al. (1983) realizaron un estudio detallado de 119 árboles y, al igual que en el caso de *Minquartia guianensis*, es interesante comparar sus resultados con los del anexo del artículo de Frankie et al. Primero, *G. rhopalocarpa* florece varias veces al año, en episodios discretos separados por lapsos variables; no hay estaciones fijas de floración y otra vez, la caracterización del patrón fenológico con base en fechas no es posible (como ya se reportó, Bullock et al. usan el término floración episódica para este patrón, pero de acuerdo con Newstrom et al., es de *floración subanual intermedia*). Al comparar los sexos, se encuentra que los árboles machos florecen con mayor frecuencia que las hembras y entre hembras, florecer en un episodio determinado disminuye marcadamente la probabilidad de florecer en el siguiente.

6 a)

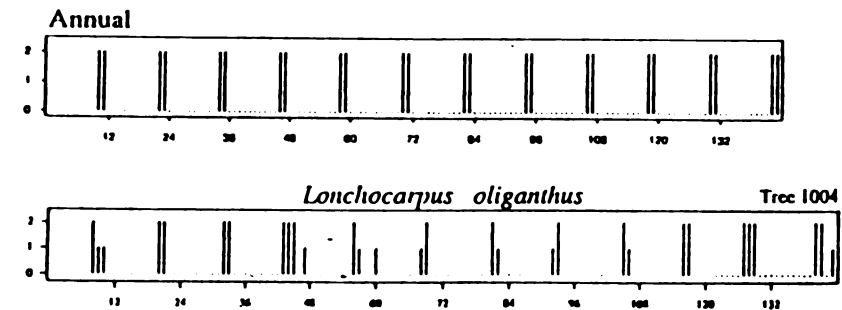


6 b)

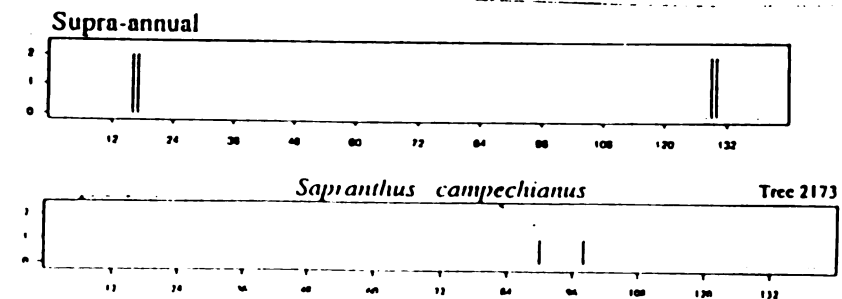
INTENSIDAD  
DE LA  
ACTIVIDAD



6 c)



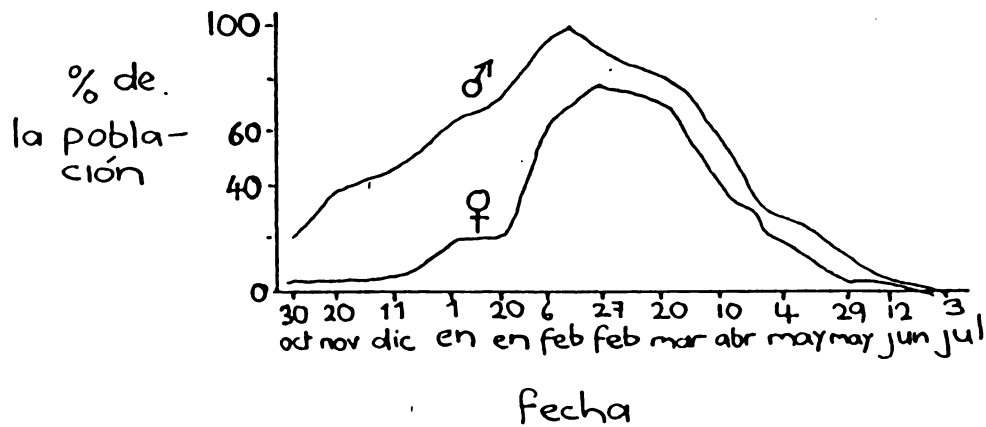
6 d)



TIEMPO (MESES)

**Figura 6.** Sistema básico de clasificación de patrones fenológicos de plantas tropicales planteado por Newstrom et al. (1994). La Fig. muestra las cuatro categorías generales de manera esquematizada (para cada categoría, la gráfica de arriba), y con un ejemplo real derivado del estudio de los mismos autores en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica (la gráfica de abajo).





**Figura 8** Tendencia mensual de la floración en árboles machos y árboles hembras de la especie *Jacarantia dolichaula* (fam. Caricaceae) en un bosque muy húmedo tropical, Provincia de Heredia, Costa Rica (Estación Biológica La Selva). Fuente: Bullock y Bawa, 1981.

*Jacarantia dolichaula*: D. Smith (Caricaceae), como *G. rhopalocarpa*, es una especie dióica de sotobosque. El anexo de Frankie et al. (1974) indica que los machos florecen entre octubre y marzo y las hembras, entre febrero y marzo. Sin embargo, los resultados de Bullock y Bawa (1981), quienes determinaron el comportamiento de una población de 198 árboles, dan una perspectiva muy diferente. A nivel de la población, hay floración de ambos sexos entre octubre y junio, aunque ningún árbol individual florece durante el lapso entero (a este patrón Bullock y Bawa le denominaron floración extendida). Hay un pico marcado del número de árboles en floración en febrero; por todo el período de floración, hay más machos que hembras activos (ver la Fig. 8). Bullock y Bawa no establecen si la floración siempre se da en la misma época en esta especie, pero si tal fuera el caso, la clasificaríamos, de acuerdo con Newstrom et al. (1994) como de *floración anual extendida*.



Los casos anteriores son de estudios realizados dentro de un mismo sitio y nos permiten evaluar la fenología a nivel de individuo y de población. Otro aspecto importante del comportamiento fenológico es la variación entre sitios que presentan, que se puede enfocar a través de los siguientes casos.

En Malasia, Yap y Chan (1990) estudiaron la fenología de 16 especies arbóreas del género *Shorea* (Dipterocarpaceae) durante once años, en cuatro sitios con una distancia máxima de 90 km entre sí. Las dipterocarpaceas son famosas por sus episodios de floración en masa sincronizada que involucran muchas especies. Yap y Chan encontraron también un bajo nivel de floración en los años entre dichos episodios, y además, que en cada época de floración, ya fuera en masa o de bajo nivel, determinadas especies florecieron en unos sitios y no en otros.

*Tabebuia rosea* y *T. ochrea* ssp. *neochrysantha* (Bignoniaceae) son especies arbóreas características de las zonas de clima estacional de centroamérica. Borchert (1980) revisó información publicada sobre la fenología de estas *Tabebuia* en un rango de sitios costarricenses, desde las tierras bajas del noroeste hasta la meseta central del país a 1.350 m.s.n.m. Conforme aumenta la elevación s.n.m. en la zona estudiada, se presentan cambios climáticos y cambios fenológicos asociados: se disminuyen la duración y la severidad de la estación seca, y se atrasan la caída de las hojas y la posterior floración de las *Tabebuia*. Por ejemplo, Fournier (1969, citado por Borchert, 1980) encontró que *T. rosea* presenta un pico de floración en febrero a 800 m.s.n.m., pero que tal pico ocurre en mayo-junio a 1.200 m.s.n.m. Si se asume que los árboles muestreados en cada sitio son de poblaciones distintas de las dos especies, estos datos demuestran claramente el peligro de extrapolar el comportamiento de una población a la de una especie en general.

Con base en los casos citados y dentro del marco del análisis de Newstrom et al. (1994), cabe señalar las siguientes conclusiones:

- como en *M. guianensis* y *G. rhopalocarpa*, la floración puede ocurrir en varios episodios distintos al año y en épocas diferentes en años diferentes; no todos los árboles de una población participan en un determinado episodio de floración. Queda clara la necesidad de estudiar una muestra grande de árboles durante por lo menos dos años, para caracterizar el comportamiento de una especie.
- como en el caso de *J. dolichaula*, la época de floración a nivel de la población puede ser de larga duración, aunque la duración de la floración a nivel del árbol individual es mucho más corta; la conclusión es la misma del párrafo anterior.
- en especies dióicas, el comportamiento de cada sexo es distinto. Es imprescindible conocer el sistema reproductivo de una especie para estudiar su fenología y en el caso de que sea dióica, los sexos deben de analizarse por separados.
- los estudios de las dipterocarpaceas de Asia y de las dos especies de *Tabebuia* en centroamérica muestran que un comportamiento fenológico identificado para una determinada población en un determinado sitio debe estrictamente referirse únicamente a ese sitio, hasta que se cuente con información procedente de otros, y no se debe extrapolar descuidosamente del nivel de población al nivel de la especie entera. Esta conclusión es de gran importancia, sobretudo al tomar en cuenta que la mayoría de los estudios citados en el presente trabajo son puntuales, en el sentido de que se realizaron en un solo sitio.

## 2 La polinización

### 2.1 Generalidades

La polinización es el traslado de polén de una determinada planta desde el ántero donde fue producido hasta un estigma de otra planta, o de la misma planta (Begon et al., 1986, capítulo 13). A los agentes que efectúan el traslado, ya sea el viento o algún animal o ave, se les denomina los *vectores de polinización*. Cuando la realiza un vector animal o ave, la polinización es un mutualismo en que cada parte participa por su propio bien - si no se pudiera sacar provecho de la polinización, no habría interés en efectuarla. Descartando por un momento el viento, los vectores de polinización no trabajan gratis, sino que buscan un recurso (Curso 1, Tema 1) que la planta les brinda - principalmente el néctar, aunque a veces es el mismo polén que se consume. En familias como Melastomataceae y Malpighiaceae, aceites de alto valor energético son el recurso buscado (Buchmann, 1987) y los machos de las abejas euglosinas cosechan perfumes de las orquídeas que polinizan (Walter, 1990).

Para las plantas, el brindar tales recursos a los vectores de polinización representa una pérdida de energía y recursos; la recompensa, sin embargo, es la fertilización de óvulos y la producción de hijos. Un sistema de polinización por animales o aves, entonces, es un balance entre las necesidades de la planta - transferir polén a otra de la misma especie y así fertilizar óvulos y producir semillas - y las necesidades del polinizador - comer, vivir y reproducirse (Zimmerman, 1988).

¿Por que es tan importante este mutualismo? Muchas especies vegetales se autopolinizan: el polén cae a un estigma de la misma flor, sin que intervenga ningún vector de polinización. Además, en el reino vegetal existen mecanismos de producción de semillas que ni siquiera involucran el traslado de polén y la fusión de dos gametas - son asexuales. Sin embargo, la vasta mayoría de las especies vegetales de los trópicos produce semilla no solo sexualmente, sino también por polinización cruzada - las plantas no pueden polinizar a sí mismas, sino que deben hacer llegar polén a otras plantas para poder producir descendientes. Dentro de tal contexto, los conocimientos del proceso de polinización cobran gran importancia en el manejo de los ecosistemas tropicales, tanto naturales como artificiales.

En el resto de esta sección, se introducen aspectos claves de la polinización de plantas tropicales. El énfasis se da a la identificación de los vectores principales de polinización y los *síndromes florales* asociados con los distintos vectores. Estos síndromes son juegos de características que presentan las flores de determinadas especies, que hacen que las flores sean aptas para la polinización por un determinado vector.

### 2.2 Síndromes florales y polinización

El siguiente resumen de los síndromes florales asociados con diferentes clases de vector de polinización se basa en las revisiones de Whitmore (1984), Mabberley (1983) y Schatz (1990) además de Janzen (1990), una fuente de informaciones muy diversas. Información sobre la polinización de cultivos perennes tropicales procede de Purseglove (1968) y León (1968). Estas fuentes principales no se citarán más. Se incluye además, información de estudios de caso, los cuales son citados en el lugar apropiado del texto siguiente.

Cabe enfatizar que los síndromes florales generales han sido identificados con base en observaciones directas de la polinización, pero que el vector de una determinada especie puede identificarse de la misma manera, o deducirse con base en las características de las flores. Es evidente que tales deducciones deben mantener un carácter hipotético hasta ser confirmadas o rechazadas por observaciones directas.

Otro punto importante es que raras veces los mutualismos vector de polinización-planta son de una sola especie vegetal con un solo vector. Más bien, los síndromes de polinización se refieren a los vectores principales; es la norma que muchos polinizadores distintos visitan una determinada flor, además del vector principal. No obstante, algunas flores son más especializadas que otras con respecto a su vector. Hay flores cuya construcción imposibilita la polinización por agentes que no sean esfíngidas (una familia de mariposas nocturnas; acápite 4.2.3), mientras que hay otras que son accesibles para un rango de posibles vectores (acápite 4.2.4).

### 2.2.1 Polinización por el viento

Tradicionalmente, se ha prestado poca atención a la polinización por el viento dentro del contexto de los bosques tropicales. En los trópicos, este mecanismo de polinización se concentra, en términos generales, claramente en algunas pocas familias. Entre dichas familias sobresalen las monocotilidoneas importantes Poaceae (anteriormente Graminae) y Cyperaceae y todas las familias coníferas que incluyen géneros económicamente importantes como *Pinus* y *Podocarpus*. Además de estas familias, en las cuales la polinización por el viento es normal en toda zona climática, es interesante la existencia en la familia Moraceae de especies arbóreas de bosque húmedo, aparentemente polinizadas por el viento (Janzen, 1983). Posiblemente, sin embargo, estudios más detallados revelarán una mayor frecuencia de especies polinizadas por el viento que lo que se espera tradicionalmente. En este sentido Bullock (1994) reporta sobre la polinización por el viento de especies arbóreas de un bosque tropical seco de México. Bullock reúne criterios de otros autores para identificar el síndrome típico de flores polinizadas por el viento - flores unisexuales, sépalos y pétalos reducidos o ausentes, sin sustancias atractivas a animales y aves; granos de polen pequeños, lisos y producidos en cantidades grandes; mecanismos para maximizar la captura de polen presentes en flores femininas (Bullock, 1994). A pesar de lo claro y bien definido de este síndrome, Bullock enfatiza las dificultades asociadas a la confirmación de la polinización por el viento en el campo. Muchas flores aparentemente adaptadas a la polinización por el viento, por ejemplo, son visitadas por insectos que recogen polen como las abejas, sin que estas visitas necesariamente significan que hay una polinización efectiva. Bullock describe las características de las flores de 19 especies arbóreas dióicas, de 13 familias vegetales, encontradas en el bosque seco de la Estación Biológica Chamela, Jalisco, México. Reune evidencias a favor de la conclusión de que estas especies son polinizadas por el viento; en algunas, el síndrome floral corresponde bastante con el general definido anteriormente en el presente acápite (Fig. 9 g, j, k) mientras que en otras la presencia de sépalos y pétalos no ubica la flor dentro del síndrome clásico. Finalmente, Bullock observa que las condiciones climáticas locales favorables para la polinización por el viento - ausencia de lluvia, humedad relativa baja, los mismos movimientos de aire - se presentan de manera frecuente y predecible por toda la región tropical, aunque con mayor frecuencia, por supuesto, en el trópico seco, e insiste que hace falta investigar más para determinar la verdadera importancia de este vector de polinización.

### 2.2.2 Polinización por abejas (Hymenoptera: Apoidea)

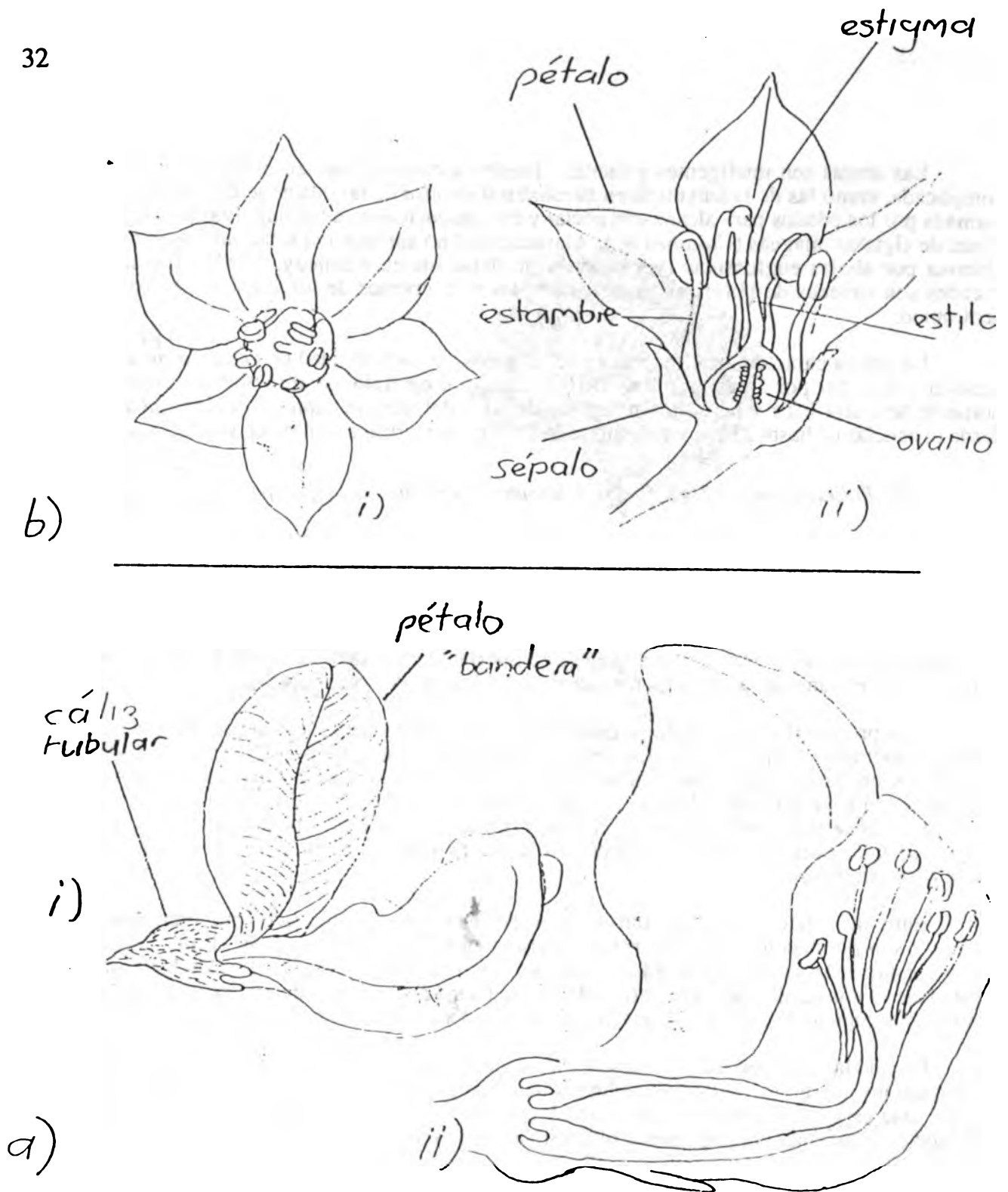
Las abejas son los polinizadores más importantes del neotrópico. De importancia sobresaliente son las especies de dos familias. Las de la familia Anthophoridae son abejas grandes, solitarias, que construyen sus nidos en túneles en el suelo o en árboles huecos (*Centris*, *Xylocopa*). Las abejas de la familia Apidae incluyen especies de tamaño desde pequeño hasta grande, la mayoría sociales. La subfamilia Meliponinae, las denominadas abejas sin aguijón, incluye los géneros importantes *Trigona* y *Melipona*. La subfamilia Bombinae incluye las "abejas de orquídea" de la tribu Euglossini.

Algunos autores consideran que en términos generales, estos insectos prefieren flores zigomórficas (flores de un sólo eje de simetría, ver la Fig. 10) como las de las familias Papilionidae, Gesneriaceae, Orchidaceae y Scrophulariaceae. Si bien es cierto que la polinización por abejas es

típica en estas familias, hay que señalar además que entre las especies de abejas que utilizan recursos florales existe un amplio rango de variación morfológica y de tamaño, lo cual permite la polinización por abejas de un gran rango de tipos de flor. Existe cierta tendencia, por ejemplo, hacia el uso de flores actinomorfas (Fig. 10) entre las abejas más pequeñas (Kevan y Baker, 1983).



**Figura 9.** Características florales de seis especies arbóreas dióicas polinizadas por el viento en bosque tropical seco, Estación Biológica, Jalisco, México. A la izquierda, flor masculina y a la derecha, flor femenina. a, b, c, espacio con pétalos y sépalos desarrollados (*Achatocarpus gracilis*, *Astronium graveolens*, *Bernardia spongiosa*); g, k y j, especies mostrando el síndrome clásico de polinización por el viento (*Forchhammeria pallida*, *Forestiera* sp., *Celaenodendrum mexicanum*). Tomado de Bullock (1994).



**Figura 10.** Dos clases generales de flor. a) (el dibujo de abajo) flor zigomórfica -un eje de simetría (*Canavalia* sp., Leguminosae). i) vista lateral de la flor, ii) sección longitudinal mostrando las partes sexuales ocultas dentro de la corolla. b) flor actinomórfica -varios ejes de simetría (*Solanum* sp., Solanaceae). i) flor vista desde arriba, ii) sección longitudinal mostrando las partes sexuales salidas y accesibles. Tomado de Purseglove (1968).

Las abejas son inteligentes y fuertes. Pueden alcanzar el néctar en flores de construcción complicada, como las de la lecythidácea *Bertholettia excelsa* en las cuales se debe alzar una capota formada por los pétalos para alcanzar el néctar y así (inconcientemente) empolvarse con pólen. Las flores de algunas bijaguas (*Calathea* spp., Marantaceae) no abren por si solas, sino que deben de ser abiertas por abejas euglossinas (ver descripción detallada en Kennedy, 1990). Las abejas más grandes son capaces de polinizar hasta los árboles más grandes de los ecosistemas boscosos del neotrópico.

La última característica importante de las abejas es su capacidad de volar distancias largas y conocer y navegar por áreas grandes. D.H. Janzen, por ejemplo, capturó abejas euglossinas en el noroeste de Costa Rica y las soltó en lugares alejados del sitio de captura. Volvieron a sus nidos desde distancias de hasta 23 km y una cubrió los 20 km de regreso a su nido en solo 65 minutos.

### 2.2.3 Polinización por escarabajos (Coleoptera) y mariposas (Lepidoptera)

Además del viento, los escarabajos (Coleoptera) fueron probablemente los primeros vectores de polinización durante la evolución biológica y siguen siendo polinizadores importantes. Las flores polinizadas por los escarabajos tienen típicamente la forma de una taza y presentan pocos obstáculos al ingreso del insecto. Los insectos comen pólen y al alimentarse así, lo transmiten de una flor a otra; es por esta razón que las flores polinizadas por los escarabajos raras veces ofrecen néctar. En los neotrópicos, la polinización por escarabajos es importante en la familia Annonaceae, en las palmas (Arecaceae) y en familias de especies herbáceas como Araceae y Cyclanthaceae.

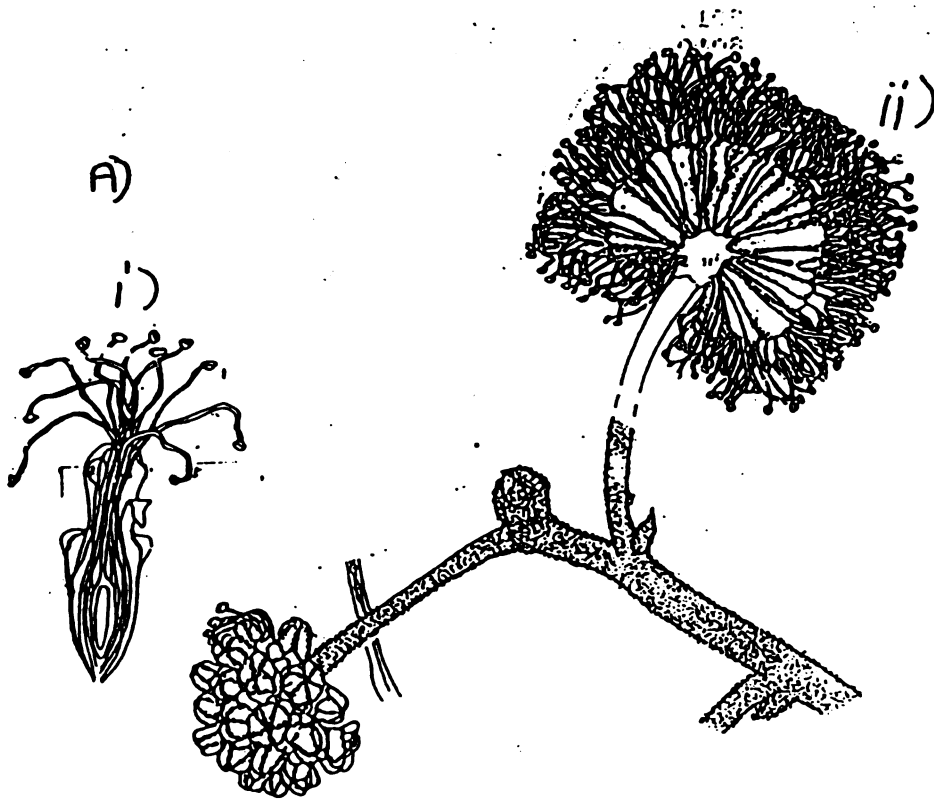
Una proporción importante de especies vegetales tropicales son polinizadas por mariposas diurnas o nocturnas (Lepidoptera). Las diurnas son a menudo atraídas por flores pequeñas de colores encendidos, en forma de una trompeta de tubo muy estrecho (esto impidiendo el acceso por abejas al néctar que se libera al fondo del tubo) y sostenidas verticalmente. A veces, como en los casos de las rubiáceas *Cephaelis* spp. y *Warsewiczia coccinea* (DeVries, 1987) y la ornamental exótica *Euphorbia pulcherrima*, las flores en si son muy poco llamativas, pero se presentan dentro de brácteas rojas que atraen a las mariposas.

Entre las lepidópteras neotropicales, las especies nocturnas son mucho más numerosas que las diurnas y son polinizadores importantes, sobretodo en ecosistemas boscosos. Entre las mariposas nocturnas, las de la familia Sphingidae son los vectores en sistemas de polinización bien estudiados. Sphingidae es una familia pequeña pero dedicada de forma exclusiva y numericamente importante (en términos del número de especies vegetales involucradas) a la polinización.

Una de las características sobresalientes de las esfíngidas como polinizadores es el probóscis (la lengua) muy largo (a veces extraordinariamente largo, alcanzando 20 cm o más en *Amphimoea walkeri*, una especie de los neotrópicos; D'Abbrera, 1989) que permite que el insecto alcance néctar secretado en posiciones completamente inaccesibles a otros insectos.

Las características de las flores polinizadas por las esfíngidas equiparan las de la anatomía de la mariposa. Las flores generalmente presentan uno de dos síndromes: el del tubo y el del cepillo, con variaciones alrededor de estos síndromes principales (Haber y Frankie, 1989) (Fig. 11).

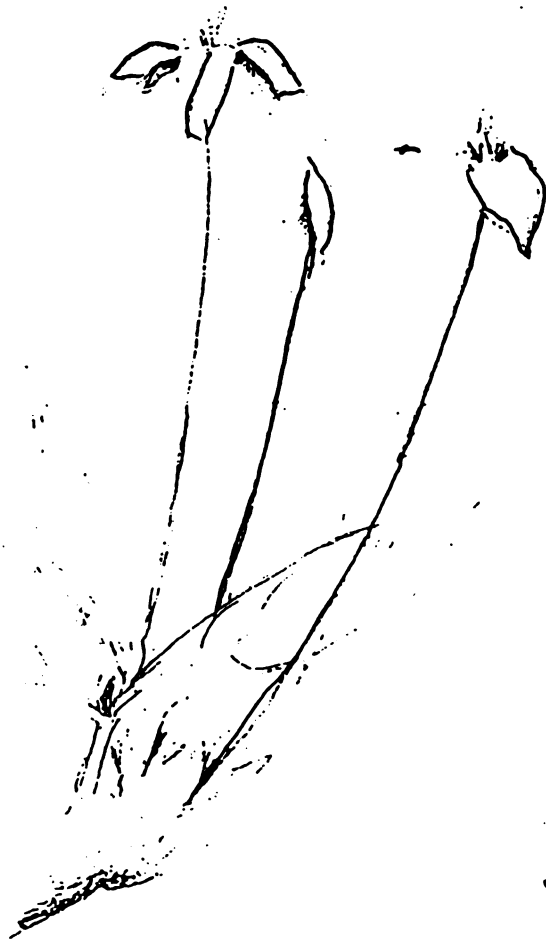
Las flores tubulares son muy a menudo blancas y tienen una fragancia fuerte y agradable para los humanos, la cuál se hace evidente en horas de noche cuando las esfíngidas están activas. El tubo



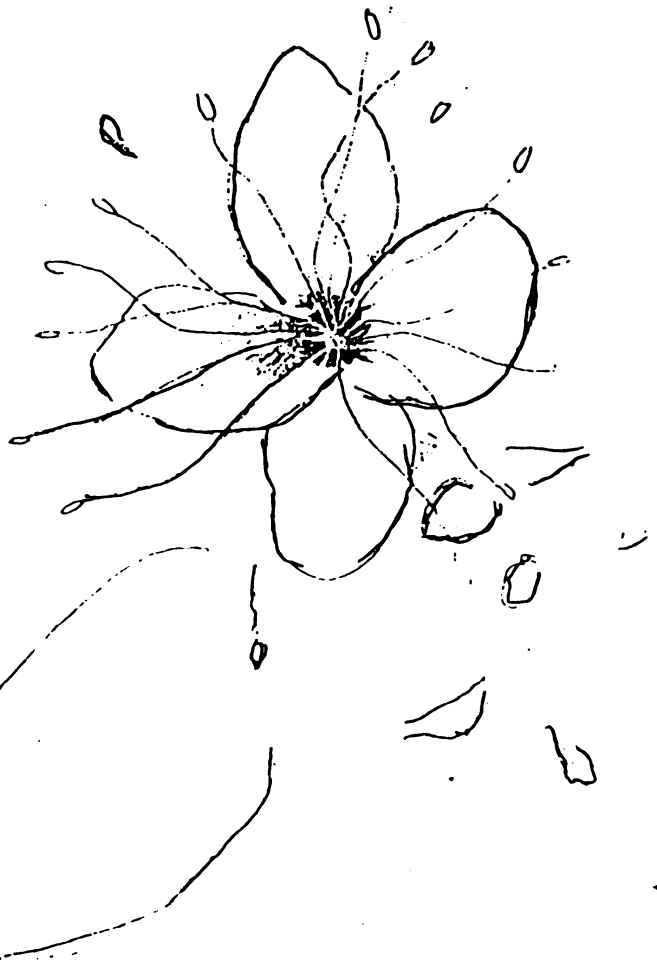
**Figura 11.** a) Una flor "de cepillo" (*Acacia* sp., Mimosaceae). Dibujo ampliado x 10 respecto al tamaño de la flor. La inflorescencia es una cabeza ii) compuesta de numerosas flores individuales tubulares i), Las partes sexuales son muy salidas y el vector de polinización, al chupar el néctar producido al fondo del tubo floral, recoge polen de los estambres y lo pasa de una flor a otra

ii) b) (la hoja siguiente) Flor de tubo largo (*Lindenia rivalis*, Rubiaceae), polinizada en este caso por mariposas nocturnas de la familia Sphingidae.

ii) c) flor de *Capparis indica* (Capparidaceae), de partes sexuales salidas y de néctar producido en la bse de la flor. También polinizada por esfingidas, es una modificación del síndrome de flor de cepillo. b) y c) tomado de Haber y Frankie, (1989).



11 b)



11 c)



se forma a través de la fusión de los pétalos y generalmente presenta de cuatro a seis lóbulos distales. El néctar se secreta al fondo del tubo y los estambres y el estigma se ubican de tal manera que el vector, inconscientemente, recoge pólen al chupar el néctar.

Entre las especies vegetales polinizadas por esfíngidas en un bosque seco del noroeste de Costa Rica, se presentaron tubos florales de hasta 19 cm de largo (Haber y Frankie, 1989). Dependiendo de la especie vegetal polinizada, el pólen se recoge en el probóscis o en el cuerpo de la mariposa. Ciertas rubiáceas representan ejemplos sobresalientes del síndrome del tubo, entre ellas *Posoqueria latifolia* (Beach, 1983) y *Lindenia rivalis* (Haber y Frankie, 1989).

Las flores de cepillo constituyen un mecanismo para atraer a vectores grandes como las esfíngidas a flores relativamente pequeñas (Haber y Frankie, 1989). Las flores son tubulares pero pequeñas y se agrupan en una inflorescencia densa que se comporta como una sola unidad de polinización. Las flores de una determinada inflorescencia abren simultáneamente y solo una (o unas pocas) flor(es) centrales producen néctar. Los estambres y los estigmas se presentan en una posición muy salida respecto al resto de la flor (por eso al síndrome se le denomina "de cepillo") y el vector, al extraer néctar de la flor central, inconscientemente recoge pólen en su cuerpo.

Ejemplos sobresalientes del síndrome del tubo son algunas mimosáceas de los géneros *Albizia* y *Pithecellobium*. Variaciones sobre el tema de las flores de cepillo incluyen las flores de *Capparis* (Capparidaceae) y *Luehea* (Tiliaceae) cuyos estambres son muy salidos, pero que presentan flores de pétalos libres y no tubulares (Haber y Frankie, 1983, 1989).

#### 2.2.4 Polinización por diversos insectos pequeños

Una proporción importante de las especies vegetales de los trópicos presenta flores simples y pequeñas sin ninguna especialización aparente con respecto a los vectores de polinización. El néctar y el pólen que producen tales flores son accesibles a un amplio rango de insectos pequeños como abejas, escarabajos, mariposas, moscas y mosquitos (Diptera) y abispas (Hymenoptera), de los cuales cualquiera puede efectuar la polinización. En un estudio de las especies leñosas de un bosque húmedo tropical de Costa Rica, las especies polinizadas por diversos insectos pequeños tuvieron flores de menos de 1 cm de diámetro y de color blanco, verde claro o amarillo claro (Bawa et al., 1985). Ejemplos de este síndrome son los aceitunos (*Simarouba* spp., Simaroubaceae) y probablemente el económicamente importante laurel (*Cordia alliodora*; D. Boshier, pers. comm.).

Muchos cultivos perennes tropicales también presentan este síndrome floral. El mango (*Mangifera indica*, Anacardiaceae) es un buen ejemplo. En algunos cultivos las investigaciones sobre la polinización cobran gran importancia con respecto a la producción de fruto. Las flores del cacao (*Theobroma cacao*, Sterculiaceae) presentan un síndrome apto para la polinización por insectos muy pequeños, aunque durante mucho tiempo se desconocían los vectores principales. El problema es importante en esta especie debido al alto grado de incompatibilidad entre, y dentro de, muchas variedades. Hasta los años setenta se descubrió que ciertas especies de purrugas (Diptera: Ceratopogonidae) son los vectores de polinización. Algunas investigaciones actuales buscan aumentar la producción del cacao por medio de la provisión de microhábitats más favorables para la reproducción de las ceratopogónidas, cuyas larvas son acuáticas (J.R. Hunter, comm. pers.).

#### 2.2.5 Polinización por aves

Entre el grupo de aves polinizadoras se encuentran especies especializadas para alimentarse a base del néctar, y especies oportunistas que comen néctar cuando puedan, como componente de un régimen alimenticio diverso. Cada uno de los tres grandes continentes tropicales tiene un grupo

característico y particular de aves polinizadoras. El grupo más importante y especializado del neotrópico es, por supuesto, el de los colibríes (Trochilidae). En nuestra región, aves de otras familias como Icteridae son consumidores de néctar menos especializados y más oportunistas (Stiles y Skutch, 1989).

Entre los colibríes pueden identificarse tres patrones generales de morfología y comportamiento (Stiles, 1983). Los *colibríes ermitaños* poseen picos largos y curvos y típicamente, en un determinado periodo de tiempo, visitan las mismas plantas en la misma secuencia; no defienden territorios. Los colibríes "*típicos*" presentan picos más cortos y rectos y muchas especies forman y defienden territorios que incluyen flores ricas en néctar. De último, hay un grupo de *colibríes pequeños* que visitan flores pequeñas de poco néctar que de otro modo son frecuentadas únicamente por insectos. Es interesante notar que los colibríes no se alimentan exclusivamente del néctar que les brindan las flores que visitan. El néctar es compuesto principalmente por azúcares y representa una buena fuente de energía, pero no de vitaminas, proteínas y otros componentes imprescindibles de la alimentación. Thomas Belt en el siglo pasado fue tal vez el primero en demostrar que los colibríes complementan el néctar con el consumo de insectos, que consiguen, crecía el, en las mismas flores que visitan para tomar néctar. Investigadores posteriores (p.e. Stiles y Skutch, 1989) demostraron que ciertos colibríes activamente cazan insectos volantes.

En Costa Rica y otros países de los neotrópicos, la polinización por aves es más común entre las epífitas (familias como Bromeliaceae, Ericaceae, Gesneriaceae) y plantas típicas de claros en el bosque y vegetación secundaria (el género *Heliconia*, además de muchas especies de las familias Acanthaceae, Rubiaceae, Lobeliaceae, etc.) (Stiles, 1983).

Los colibríes cobran gran importancia como vectores de polinización en las montañas altas del trópico, donde sus capacidad de controlar el gasto de energía durante las noches frías permite su actividad en circunstancias en que la actividad de otros vectores potenciales como insectos y murciélagos es muy limitada (Stiles y Skutch, 1989).

El síndrome floral típico para la polinización por colibríes es de flores tubulares, en las cuales se secreta néctar al fondo del tubo y los órganos sexuales se ubican de tal manera que la ave, al tomar néctar, recoge polen y lo pase de una flor a otra. Los colores de las flores son encendidos y los más frecuentes parecieran ser rojo, anaranjado y amarillo. En algunos casos, como por ejemplo las platanillas del género *Heliconia*, el colibrí es atraído no por las flores (que son pequeñas y verdes), sino por las brácteas rojiamarillas que las rodean.

Otros ejemplos de especies vegetales polinizadas por aves, principalmente colibríes, son las especies económicamente importantes del género *Erythrina*. Los colibríes también visitan flores de copillo como las de muchas mimosáceas. Es interesante notar que pocas especies de dosel superior de los bosques naturales neotropicales son polinizadas por colibríes (Bawa et al., 1985).

Entre las especies vegetales visitadas por el grupo de colibríes pequeños figuran rubiáceas como *Cephaelis* y *Warszewiczia*, también frecuentadas por mariposas diurnas (acápite 4.2.2) y algunas especies arbóreas de dosel superior como *Vochysia* spp., las cuales son también visitadas por abundantes mariposas diurnas (DeVries, 1987).

Al igual que en las esfíngidas discutidas en el acápite anterior, el largo y el grado de curvatura del tubo floral determinan en cierto grado, cuales especies de colibrí pueden alcanzar el néctar que se secreta al fondo del tubo, y así efectuar la polinización. Es evidente que los síndromes florales asociados con los colibríes y las esfíngidas son parecidos en términos generales. Sin embargo, las dos clases de vector raras veces comparten flores debido a que una es nocturna y la otra diurna, y que los colores y

fragancias necesarios para atraer a los vectores en la noche son diferentes a los que funcionan durante el día.

### 2.2.6 Polinización por murciélagos (*Chiroptera*) y otros mamíferos

La alimentación exclusivamente a base de néctar y pólen es una estrategia clara de ciertas especies de murciélagos, las cuales presentan las lenguas largas asociadas con el consumo del néctar que también identifican a las mariposas nocturnas (acápite 4.2.3) y a las aves (acápite 4.2.5) que se alimentan de la misma fuente (Eisenberg, 1989). Aunque estos murciélagos también comen pólen, sus actividades lo transmiten de una flor a otra, efectuándose así la polinización. Al igual que los colibríes (acápite 4.2.5) los murciélagos nectarívoros complementan los recursos florales que consumen con insectos; a veces comen frutos también (Eisenberg, 1989).

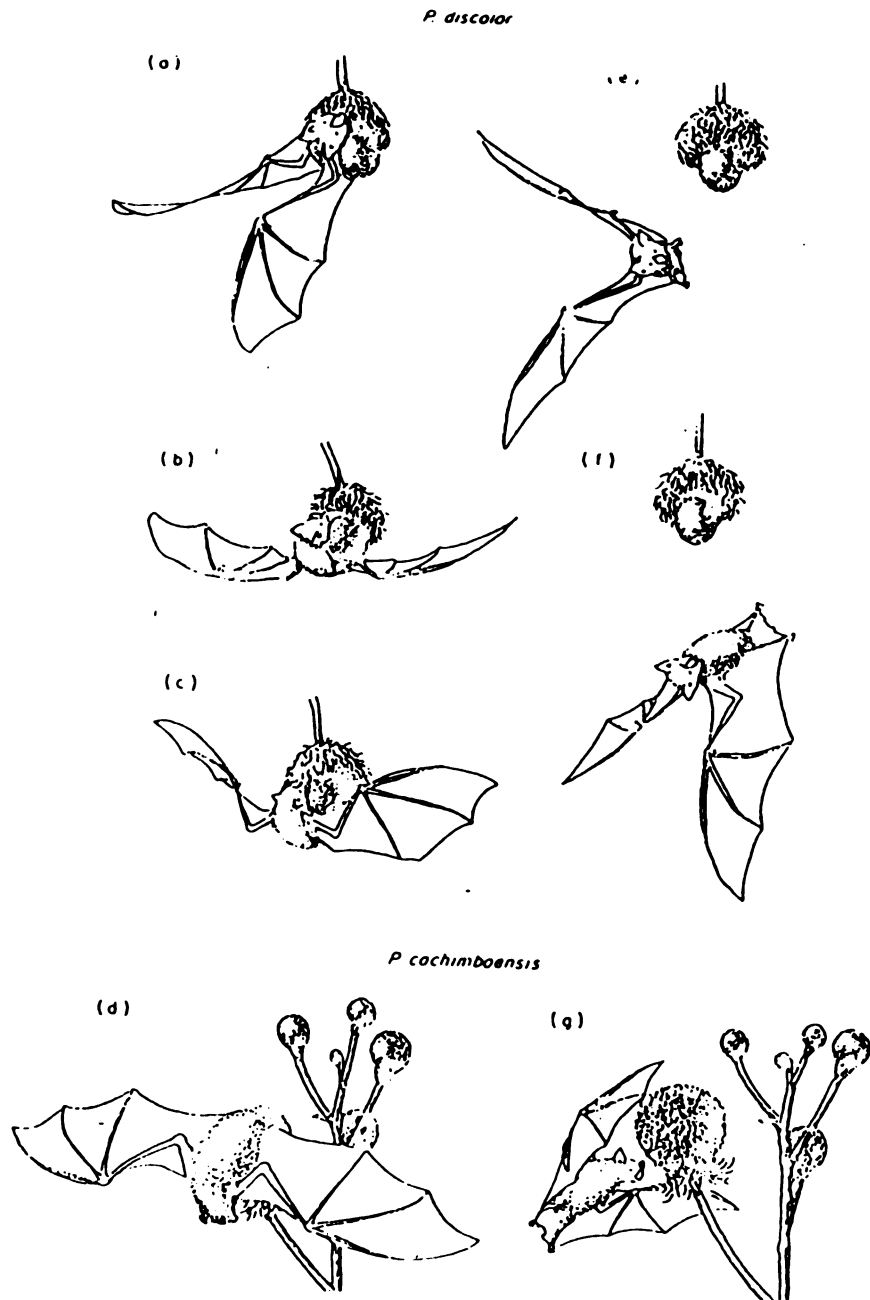
Taxonómicamente, la especialización sobre el consumo de néctar y pólen dentro de los murciélagos es más marcada en la subfamilia Glossophaginae de la familia Phyllostomidae (Eisenberg, 1989). Sin embargo, especies de otras subfamilias de esta familia consumen néctar y pólen, y especies principalmente frugívoras pueden consumir pólen durante ciertas épocas del año (Janzen y Wilson, 1983; Eisenberg, 1989). Es interesante observar que uno de los murciélagos más comunes de ecosistemas boscosos en Costa Rica y Panamá es una especie nectarívora, *Glossophaga soricina* (Janzen y Wilson, 1983; Eisenberg, 1989).

Los síndromes florales principales asociados con el murciélagos como vector de polinización son el del cepillo (acápite 4.2.2) y otro de flores grandes en forma de campana en las cuales el murciélagos, revoloteando como un colibrí o una esfíngida, se cubre el pecho de polén al meter la lengua para chupar néctar.

En las especies vegetales polinizadas por murciélagos es la norma encontrar inflorescencias sostenidas en pedúnculos largos y gruesos de tal manera que salgan completamente de la copa de la planta. Se supone que esta característica facilita el acceso del animal a la inflorescencia.

Un ejemplo conocido por todos es la inflorescencia del banano (*Musa* spp. e híbridos, Musaceae) y son más frecuentes las inflorescencias colgantes como las de este género. Sin embargo, en el género *Parkia* (Mimosaceae), especies arbóreas de dosel superior de bosques tropicales de África, Asia y América polinizadas por murciélagos phyllostómidos en centro- y suramérica, las inflorescencias se proyectan por encima de la copa o se cuelgan hacia abajo, dependiendo de la especie (Hopkins, 1984; véase la Fig. 12). Asimismo, todas las especies de la familia Caryocaraceae son polinizadas por murciélagos y presentan inflorescencias expuestas por encima de sus copas (ver la figura 7 de Allen, 1956).

Además de los murciélagos, hay evidencias que indican que diversos otros mamíferos pueden efectuar la polinización de plantas tropicales en ciertas situaciones (Mabberley, 1983). En los bosques de la región amazónica del Perú, siete especies de mamífero diurno y seis de mamífero nocturno consumen néctar y pólen durante la estación seca; estos mamíferos pueden efectuar la polinización, aunque esto aparentemente queda por comprobarse. Algunas melastomatáceas de los bosques nublados de Costa Rica son polinizadas por tres especies de roedor nocturno.



**Figura 12.** Polinización de *Parkia* spp. (Mimosaceae) por murciélagos en Brasil. Las inflorescencias de *P. discolor* están colgadas por debajo de la copa del árbol, mientras que las de *P. cachimboensis* están proyectadas por encima. Tomado de Hopkins (1984).

**Literatura citada**

- ALENCAR, J. C.; ALMEIDA & N. P. FERNANDEZ. 1979. Fenología de especies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazonia Central. *Acta amazonica*. (9)1: 163-198.
- AUGSPURGER, C. K. 1983. Phenology, flowering synchrony and fruit set of six neotropical shrubs. *Biotopica* 15. 257-267
- AUGSPURGER, C. K. 1990. Una señal para la floración sincrónica. p. 201-218 in E.G. Leigh, A.S. Rand & D. M. Windsor (eds). *Ecología de un Bosque Tropical*. Balboa, Panamá, Smithsonian Institution.
- BAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COLVILLE, R.E. and GRAYUM, M. H. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany* 72, 346-356.
- BORCHERT, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana*. O.F. Cook. *Ecology* 61, 1065-1074.
- BULLOCK, S. H. & BAWA, K. S. 1981. Sexual dimorphism and the annual flowering pattern in *Jacaratia dolichaula* (D. Smith) Woodson (Caricaceae) in a Costa Rican rain forest. *Ecology* 62, 1494-1504.
- BULLOCK, S. H.; SOLIS MAGALLANES, A. 1990. *BIOTROPICA* 22(1): 22-35.
- BULLOCK, S. H.; BEACH, J. H. & BAWA, K. S. 1983. Episodic flowering and sexual dimorphism in *Guarea rhopalocarpa* in Costa Rican rain forest. *Ecology* 64, 851-861.
- CARABIAS, L. J. & guevara, s. s. 1985. Fenología en una selva tropical húmeda y en una comunidad derivada; los Tuxtlas, Veracruz. *Investigaciones sobre regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Vol. dos 27-66.
- CROAT, P. F. 1972. Seasonal flower behaviour in Central Panama. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 56, 295-307.
- DAUBENMIRE, R. 1972. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in north-western Costa Rica. *Journal of Ecology* 60(1): 147-170.
- DE STEVEN, D.; WINDSOR, D.M.; PUTZ, F. E. & LEON, B. 1987. Vegetative and reproductive phenology of palm assemblage in Panamá. *Biotropica* 19. 342-356.
- DEL VILLAR, H.E. 1978. Definiciones; bases científicas y normas metodológicas de la fenología. *Cespedesia* vol tres. 25-26. p. 7-8.
- DOUGAND, G. A. 1978. El paisaje vegetal y sus mudanzas en el tiempo. *Cespedesia* Vol. tres. 25-26. p. 9-12.
- FOURNIER, L. A. 1969. Estudio preliminar sobre la floración en el roble de sabana, *Tabebuia pentaphylla* (L). *Hemsl. Revista de biología tropical*. 15 (2): 259-267.
- FOURNIER, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de las características fenológicas

en árboles. Turrialba 24(4): 422-423.

FOURNIER, L. A. 1976. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. Turrialba. 26 (1): 96-97.

FOURNIER, L. A. & CHARPANTIER, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. Turrialba. 25 (1): 45-48.

FOURNIER, L. A. & SALAS, S. 1966. Algunas observaciones sobre la dinámica de la floración en el bosque tropical húmedo de Villa Colón. Revista de biología tropical. 14(1): 75-85.

FRANKIE, G. W.; BARKER, H. G. & OPLER, P. A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. Journal of Ecology 62. 881-919.

GAUTIER, L. & SPICHIGER, R. 1986. Ritmos de reproducción en el estrato arbóreo del arboretum Jenaro Herrera (Provincia de Requena, Departamento de Loreto, Perú). Contribución al estudio de la flora y la vegetación de la Amazonia Peruana. Candollea 41: 193-207.

HILTY, S. L. 1980. Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in Pacific Colombia. Biotropica 12, 292-306.

JANZEN, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. Evolution (Lancaster). 21, 620-637.

LEIGH, E. G. & WINDSOR, D. M. 1990. Producción del bosque y regulación de consumidores primarios de la Isla de Barro Colorado. pp. 179-190 en E. G. Leigh; A. S. Rand & D. M. Windsor (eds). Ecología de un Bosque Tropical. Balboa, Panamá, Smithsonian Institution.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W. & BAKER, H. G. 1994. Biotropica 26(2): 141-159.

NG, F. S. P. 1977. Gregarious flowering of dipterocarps in Kepong, 1976. Malaysian Forester 40. 12-137.

OPLER, P. A.; FRANKIE, G. W. & BAKER, H. G. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. Journal of Ecology 68. 167-188.

PUTZ, F. E. 1979. Aseasonality in Malaysian tree phenology. Malaysian Forester 42, 1-24.

PUTZ, F. E. & WINDSOR, D. M. 1987. Liana phenology on Barro Colorado Island, Panama. Biotropica 19, 334-341.

REICH, P. B. & BORCHERT, R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. Journal of Ecology 72, 61-74.

SABATIER, D. 1983. Saisonalité de la fructification en forêt guyanaise. ORSTOM, Cayenne, Guyana Francesa. Mimeo. 4 p.

SMYTHE, N. 1986. Competition and resource partitioning in the guild of neotropical, terrestrial, frugivorous mammals. Annual Review of Ecology and Systematics 17, 169-188.

WHITMORE, T.C. 1984. Tropical Rain Forest of the Far East. Oxford, G.B. Clarendon Press, 352 p.

- WRIGHT, S. J. y CORNEJO, F. H. 1990. Seasonal drought and leaf-fall in a tropical forest. *Ecology* 71, 1165-1175.
- WYCHERLEY, P. R. 1973. The phenology of plants in the humid tropics. *Micronesica* 9, 75-96.
- YAP, S. K. y CHAN, H. T. 1990. Phenological behaviour of some *Shorea* species in Peninsular Malaysia. pp. 21-36 en Bawa, K. S. y Hadley, K. (eds.). *Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants*. Unesco, Paris, Parthenon Publishing, G. B.
- ZIMMERMAN, M. Nectar production, flowering phenology and strategies for pollination. pp. 157-178 in Lovett Doust, J. & Lovett Doust, L. (eds). *Plant Reproductive Ecology: patterns and strategies*. Oxford University Press, G. B.

### 3 La diseminación de diásporas

#### 3.1 Generalidades

La diseminación es un aspecto del ciclo de vida de importancia fundamental para la gran mayoría de los organismos. A un nivel general, la diseminación es un proceso de salida o escape de los individuos de los sitios, territorios o hábitats ocupados por sus padres o sus vecinos (Howe y Smallwood, 1982; Begon et al., 1986).

En la gran mayoría de las plantas, la diseminación se presenta durante la etapa de semilla. La unidad que se disemina puede ser la semilla individual o bien el fruto, que puede contener de una hasta miles de semillas dependiendo de la especie; en el presente se sigue a Howe y Smallwood (1982) y otros en el uso del término colectivo *diáspora* para referirse a la unidad de diseminación.

Las diásporas pueden ser diseminadas en el espacio o en el tiempo (Harper, 1977). La diseminación en el espacio es el traslado físico de un lugar a otro, normalmente desde la planta madre hasta un sitio más o menos alejado de ella. La diseminación en el tiempo ocurre cuando las semillas entran en un estado inactivo o *latente* (trad. del inglés *dormant*) del cuál luego salen, después de un lapso de hasta varios años, para germinar - a menudo bajo la influencia de algún estímulo ambiental.

Dentro del presente contexto de los mutualismos, consideramos solamente la diseminación en el espacio, pues la diseminación en el tiempo no involucra la participación de otros organismos. Consideramos aquí, sin embargo, la diseminación por el viento, principalmente por conveniencia, aunque tampoco involucra un mutualismo.

Como siempre, la preparación de este tema se fundamentó en un número limitado de fuentes principales, estas complementadas por estudios de caso relevantes. Las fuentes principales fueron Howe y Smallwood (1982) y Begon et al. (1986), en orden de importancia. Estas fuentes no se volverán a citar. Los estudios de caso se citan individualmente por todo el texto.

#### 3.2 Las ventajas que conlleva la diseminación

Investigaciones recientes dan énfasis a tres posibles ventajas que conlleva la diseminación de las diásporas de las plantas: - el evitar muy altas tasas de mortalidad de semillas y plántulas que se dan

dentro del espacio influenciado por el árbol madre. Esto es la *hipótesis de fuga*; - el colonizar sitios perturbados donde se liberan recursos, como los claros provocados por la caída de árboles dentro del bosque. Esto es la *hipótesis de colonización*; - el ubicar micrositos fijos donde las condiciones ambientales son especialmente aptas para la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas. Esto es la *hipótesis de diseminación dirigida*.

Por supuesto, las tres posibles ventajas, formuladas como hipótesis debido a que se requiere de más investigaciones para demostrar que son reales, no son exclusivas. Es muy probable, por ejemplo, que una diáspora que coloniza un sitio perturbado también logra fugarse de los riesgos presentes en el sitio dominado por su árbol madre. Sin embargo, parece que en una determinada población vegetal, una de las tres ventajas es de importancia sobresaliente.

### 3.3 Síndromes de diseminación en las especies de bosques tropicales

#### 3.3.1 Los síndromes de diseminación

Al igual que se identifican síndromes florales que indican el tipo de sistema de polinización que tiene una determinada especie vegetal, se identifican síndromes de diseminación que indican cuál es el mecanismo de diseminación de las diásporas de una determinada especie. También al igual que en el estudio de polinización, se debe tomar en cuenta que los mecanismos de diseminación de una determinada especie vegetal a veces han sido objeto de estudio directo, y a veces se deducen con base en el síndrome de diáspora. La deducción, por supuesto, es útil pero no sustituye por el estudio directo.

Los principales síndromes de diseminación de diásporas de plantas se resumen en el Cuadro 1. La diseminación por animales y aves involucra alguna característica que atraiga al vector, o que de alguna forma pegue la diáspora al cuerpo del vector. Las características atractivas pueden ser la provisión de algún alimento en componentes de la diáspora como arilos o en pulpa (un síndrome muy común en bosques tropicales), químicos atractivos presentes en elaiosomas en el caso de la diseminación por hormigas, o bien se puede engañar al vector con colores encendidos que el mismo asocia con la presencia de alimentos, sin que estos se brinden. Las diásporas que se pegan al cuerpo del vector de diseminación lo hacen a través de ganchos o sustancias pegajosas. Este síndrome se observa en algunas gramíneas tropicales.

La diseminación por el viento por lo general involucra una de dos características principales: semillas sumamente pequeñas producidas en cantidades muy grandes por planta y que parecieran ser polvo, o semillas de una razón área superficial/volumen muy alta (por lo general, semillas aladas o con plumas) que "vuelan". Un ejemplo sobresaliente del síndrome de "semillas de polvo" es la familia Orchidaceae (Walter, 1990). El síndrome de semillas aladas se encuentra en familias como Vochysiaceae, especies forestales distribuidas por todo el neotrópico húmedo y de gran importancia comercial. El síndrome de semillas con plumas es importante en la familia Asteraceae (anteriormente Compositae) y se presenta en una de las malezas más comunes del neotrópico, *Asclepias curassavica* (Asclepiadaceae).

También de importancia general es el síndrome al cuál Howe y Smallwood le denominan de "autodiseminación". Este término el autor del presente lo considera inadecuado, pues implica la participación activa de la diáspora en el proceso de diseminación, cuando dicho proceso es pasivo en las plantas. Aquí, entonces, se identifican "otros síndromes" entre los cuales figuran la el síndrome de diseminación explosiva y el de diásporas deslizantes. En el primero, la diáspora es expulsada explosivamente de la planta por una distancia de hasta varios metros. Los mecanismos de tal diseminación explosiva son varios y dependen de la especie; hay muchos ejemplos en la familia



Leguminosae, entre ellos la especie forestal conocida como gavilán en Costa Rica (*Pentaclethra macroloba*).

### 3.3.2 Representación de los síndromes de diseminación en floras neotropicales

En cuanto a la representación de los diferentes síndromes de diseminación en floras neotropicales, la mayoría de la información recopilada en la literatura se refiere a especies arbóreas en ecosistemas boscosos naturales. En el Cuadro 2 se resume información sobre bosques naturales del trópico americano, abarcando tipos de bosque desde seco (de la provincia de Guanacaste, Costa Rica)

**Cuadro 1.** Resumen de los principales síndromes de diseminación de frutos y semillas. Modificado de Howe y Smallwood (1982).

Vector de diseminación y adaptación general de la planta	Estructura	Comentario
<b>ANIMAL</b>		
alimento	arilo, pericarpio, pulpa	diseminación por vertebrados
atractivo químico	elaiosomas	diseminación por hormigas
estructura que se adhiere	ganchos, material pegajoso	se pegan al pelo, a las plumas del vector
mimetismo	semillas coloreadas	consumidas por aves
<b>VIENTO</b>		
reducción de tamaño	semillas como polvo	hasta millones de semillas por planta
razón área superficial/volumen alto	alas y plumas	
<b>AGUA</b>		
resistencia al hundimiento	pelos o baba	se diseminan sumergidas
uso de la tensión superficial	pequeñas, no se mojan	flotan
baja densidad relativa	espacios de aire, corcho, aceite	flotan por largas distancias
<b>OTROS</b>		
deslizamiento	cerdas hydroscópicas	depende de variaciones de humedad

**Cuadro 2.** Porcentaje de especies que presentan diferentes síndromes de diseminación en cinco sitios de bosque tropical natural de cuatro distintas zonas de vida. Modificado de Howe y Smallwood (1982).

Zona de vida	Precipitación (mm)	Forma de vida de planta	Vector de diseminación			Otro	Número total de especies incluidas
			Vertebrados (frutos con alimento)	Viento	Agua		
<b>BOSQUE PLUVIAL TROPICAL</b>							
Alto Yunda, Colombia	5538	árboles	89	3	0	8	133
<b>BOSQUE MUY HUMEDO TROPICAL</b>							
La Selva, Costa Rica	4000	árboles del dosel superior	85	13	0	2	79
Río Palenque Ecuador	2650	árboles del dosel superior	93	4	1	2	145
<b>BOSQUE HUMEDO TROPICAL</b>							
Isla de Barro Colorado, Panamá	2.650	árboles del dosel superior	78	16	1	4	291
<b>BOSQUE SECO TROPICAL</b>							
Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica	1800	árboles del dosel superior	64	29	1	6	138

hasta pluvial (Alto Yunda, Colombia). Del Cuadro 2 se desprenden las siguientes conclusiones generales.

El síndrome de diseminación más importante entre especies arbóreas en los bosques naturales neotropicales es el de animales y aves con provisión de alimento al vector. Más del 85% de las especies de los tres bosques más lluviosos presentan este síndrome y el porcentaje más bajo es de un 64% de las especies de dosel superior del bosque seco.

El segundo síndrome en orden de importancia (en términos del número de especies) es el de diseminación por el viento, presentado por un 29% de las especies de dosel superior del bosque seco pero solo un 3% de las del bosque pluvial. Es evidente que mientras más lluvioso es el clima, menor es el número de especies diseminadas por el viento. Este síndrome de diseminación es más frecuente en el bosque seco y parece ser general en este tipo de bosque la fructificación de las especies diseminadas por el viento durante la estación seca (Howe y Smallwood, 1982). Tal patrón de fructificación se debe, probablemente, a que la sequía y los vientos asociados a ella favorecen la diseminación de semillas por el viento. En términos numéricos, los demás síndromes de diseminación identificados son poco importantes en bosques naturales neotropicales.

La gran importancia que cobran los animales y las aves como vectores de diseminación de diásporas en bosques tropicales se refleja en el gran número de investigaciones realizadas sobre el tema. Para cerrar el presente acápite, se presentan a continuación los resultados de un estudio que permite profundizar sobre aspectos importantes del síndrome de diseminación por vertebrados.

Janson (1983) realizó un estudio con el objetivo de determinar en qué grado hay adaptación especializada del fruto a uno o unos pocos vectores de diseminación especializados, o si las características de los frutos son tales que pueden ser diseminados por clases amplias de vectores generalistas. Se efectuó un análisis detallado de los frutos de 258 especies vegetales que, a un nivel general, muestran el síndrome de frutos con alimento que indica la diseminación por vertebrados. Todas las especies fueron del bosque natural de la estación biológica Cocha Cashu del Parque Nacional Manú en Perú. El conjunto estudiado representa un 25% del total de especies del área de estudio, y un 50% del total de especies que muestran el síndrome de diseminación por vertebrados.

Janson encontró que casi el 70% de las especies estudiadas pueden asignarse a una de solo dos clases generales de fruto. La primera clase fue de frutos grandes protegidos por una cáscara y de color anaranjado, amarillo, café o verde. Esta clase es de frutos cuyas características los hacen aptos, en términos generales, para el tamaño, la capacidad visual y la morfología de un amplio rango de vectores mamíferos. La segunda clase fue de frutos pequeños sin ninguna protección, y de color rojo, negro, blanco, azul, morado o de más de un color. Esta clase es de frutos cuyas características los hacen aptos para la diseminación por un rango igualmente amplio de vectores aviares.

Janson concluye que son muy pocos los casos de frutos adaptados a la diseminación por uno o pocos vectores; más bien, la gran mayoría de las especies estudiadas presentan uno de dos síndromes de diseminación por un amplio rango de vectores generalistas.

Estudios independientes de el de Janson demostraron que tanto las aves como los mamíferos prefieren los frutos que presentan los síndromes correspondientes identificados. En especial, los frutos protegidos por cáscaras son fácilmente manipulados únicamente por mamíferos, aunque entre las aves los loros (Psittacidae) y los tucanes (Ramphastidae) pueden representar excepciones (sin embargo, veremos en la sección 4 que muchos autores consideran que los loros no son vectores de diseminación, sino puros consumidores). Ejemplos de frutos protegidos diseminados principalmente por mamíferos que consumen la pulpa después de quitarle la cáscara son los de las palmas *Astrocaryum standleyanum* (Smythe, 1989) y *Welfia georgii* (Vandermeer, 1990) y el árbol grande

*Dipteryx panamensis* (Fabaceae) (Bonaccorso et al., 1980). De acuerdo con el planteamiento de Janson, los vectores mamíferos involucrados en estos tres casos son varios (16 especies, por ejemplo, en el caso de *Dipteryx* en Panamá) y en los casos de *Welfia* y *Dipteryx*, se comprobó además la participación de loros.

Entre las diásporas consumidas por las aves figuran las bayas de muchas especies de las familias Rubiaceae, Melastomataceae y Araceae y malezas comunes como *Phytolacca* (Phytolaccaceae), consumidas por muchas clases de aves y de relativamente bajo valor nutritivo. Mas especializadas en cuanto a sus vectores son las drupas de las lauráceas, cuya pulpa es un alimento de alta calidad. Ejemplos de semillas grandes rodeadas por arilos comestibles y diseminados principalmente por aves grandes se encuentran en familias como Myristicaceae.

### Literatura citada

#### Generalidades sobre los mutualismos y fuentes principales, polinización

- BEGON, M.; HARPER, J. L. y TOWNSEND, C. R. 1996. Ecology: Individuals, Populations and Communities. Blackwell Scientific, Oxford, Inglaterra. 876 p.
- BULLOCK, S. H. 1994. BIOTROPICA 26(2): 172-179.
- BOUCHER, D. H.; JAMES, S. Y kesler, k. 1984. The ecology of mutualism. Annual Review of Ecology and Systematics 13, 315-347.
- JANZEN, D. H. 1990. Historia Natural de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 822 p.
- LEON, J. 1987. Botánica de los Cultivos Tropicales. IICA, San José, Costa Rica. 445 p.
- MABBERLEY, D. J. 1983. TROPICAL RAIN FOREST ECOLOGY. Blackie, Glasgow y Londres. 300 p. 2a. edición, 1992.
- PURSEGLOVE, J. W. 1968. Tropical Crops: Dicotyledons. Longman, Harlow, Inglaterra. 719 p.
- WHITMORE, T. C. 1984. Tropical Rain Forests of the Far East. Clarendon Press, Oxford, Inglaterra. 352 p.
- ZIMMERMAN, M. 1988. Nectar production, flowering phenology and strategies for pollination. pp. 157-178 en Lovett Doust, J. y Lovett Doust, L. (eds.). Plant Reproductive Ecology: patterns and strategies. Oxford University Press, Oxford, Inglaterra.

#### Clases de polinizador y estudios de caso

- ALLEN, P. H. 1956. The Rain Forests of Golfo Dulce. Stanford University Press. Nueva impresión. 1977.
- BAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COLVILLE, R. E. y GRAYUM, M. H. 1985. Reproductive biology of tropical rain forest trees. II Pollination systems. American Journal of Botany 72, 346-356.

- BEACH, J. *Posoqueria latijolia*. pp. 310-311 en D. H. Janzen, op. cit.
- BUCHMAN, S. L. 1987. The ecology of oil flowers and their bees, *Annual Review of Ecology and Systematics* 18, 343-369.
- DEVRIES p. j. 1987. *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History*. Princeton University Press, Princeton, EE.UU. 327 pp.
- D'ABRERA, B. 1989. *Sphingidas Mundi: the Hawkmoths of the World*.
- EISENBERG, J. F. 1989. *Mammals of the Neotropics. Vol. 1. The Northern Neotropics*. University of Chicago Press, Chicago, EE.UU. 449 p.
- HABER, W. S. y FRANKIE, G. W. 1989. A tropical hawkmoth community: Costa Rican dry Forest Sphingidae. *Biotropica* 21, 155-172.
- HABER, W.S. y FRANKIE, G. W. 1990. *Luehea candida*. pp. 272-273 in D.H. Janzen, op. cit.
- HOPKINS, H.C. 1984. Floral biology and pollination ecology of the neotropical species of *Parkia*. *Journal of Ecology* 72, 1-24.
- JANZEN, D. H. 1990. Insectos: introducción. pp. 631-657. en D. H. Janzen, op. cit.
- JANZEN, D. H. Y WILSON, D. E. 1990. Mamíferos: introducción. pp. 439-456 en D. H. Janzen, op. cit.
- KENNEDY, H. 1990. *Calathea insignis*. pp. 206-209 en D.H. Janzen, op. cit.
- KEVAN, P. G. y BARKER, H. G. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* 28, 407-453.
- SCHATZ, G. 1990. Some aspects of pollination biology in Central American forests. pp. 69-84 en K. S. Bawa y M. Hadley (eds.) *Reproductive Ecology of Tropical forest Plants. UNESCO Man and the Biosphere Series vol. 7*. Parthenon, Carnforth, Inglaterra.
- STILES, F. G. Y SKUTCH, A. G. 1989. *A guide to the Birds of Costa Rica*. Cornell University Press, Ithaca, EE.UU. 511 p.
- WALTER, D. S. 1990. ORCHIDACEAE. PP. 286-295 en D. H. Janzen, op. cit.

### Fuentes principales, diseminación y frugivoría

- BAGON, M. H. et. al., op. cit.
- HARPER, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, Nueva York y Londres. 872 p.
- HOWE, H. F. y SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13, 201-228.

**Estudios de caso, clases de frugívoros, etc.**

- BONACCORSO, F. J., GLANZ, W. E. Y SANFORD, C. M. 1980. Feeding assemblages of mammals ar fruiting *Dipteryx panamensis* trees in Panama: seed predation, dispersal and parasitism. *Revista de Biología Tropical* 28, 61-72.
- FLEMING, T. H.; BREITWISH, R. y WHITESIDES, G. H. 1987. Patterns of tropical vertebrate frugivore diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18, 91-110.
- JANSON, C. H. 1983. Adaptation of fruit morphology to dispersal agents in a neotropical forest. *Science* 219, 187-189.
- SMYTHE, N. 1986. Competition and resource partitioning in the guild of neotropical, terrestrial, frugivorous mammals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17, 169-188.
- SMYTHE, N. 1989. Seed survival in the palm *Astrocaryum standleyanum*: evidence for dependence upon its dispersers. *Biotropica* 21, 50-56.
- VANDERMEER, J. 1990. *Welfia georgii* (Palmae). pp. 349-352. in D.H. Janzen, op. cit.
- WALTER, D. S. 1990. OP. CIT.

## Técnicas de recolección de semillas forestales

Sigifredo Bolaños<sup>1</sup>

### 1. Introducción

La recolección de semillas forestales es una actividad un tanto más complicada y difícil, que la misma actividad aplicada en la agricultura. Las especies arbóreas presentan diversas características físicas, lo que resulta difícil y peligroso al realizar la recolección de semillas, sin técnicas apropiadas, pues frecuentemente los árboles se encuentran dispersos, sus cosechas son variables y normalmente son de mucha altura.

La expresión "recolección de semillas" es cómoda y se utiliza de manera habitual, hay que señalar que lo que se recoge de los árboles es el fruto, solo en una fase posterior en algunas especies se extraen las semillas y se desechan los frutos; en otras especies no se extraen las semillas, sino que los frutos se siembran en el vivero íntegros, con la semilla o las semillas que contienen.

### 2. Aspectos relativos a la recolección de semillas

Existe una gran variedad de métodos y equipos para recolectar los frutos y la elección depende de una serie de factores que puede resumirse de la siguiente manera:

a) *Tamaño relativo y número de las unidades de dispersión natural y de las unidades que pueden ser recolectadas por el hombre con comodidad*

En el caso de una a tres semillas grandes encerradas dentro de un fruto dehiscente o de indehiscente, por ejemplo (*Tectona grandis* - *Gmelina arborea*), la forma más sencilla de efectuar la recolección es esperar a que la semilla o el fruto caiga de manera natural del árbol y recolectarla después del suelo. En el otro extremo, la recolección en el árbol de las cabezas de fructificación a 200 unidades por kilo, es la única manera viable de recolectar la semilla; a 11 millones por kilo sería imposible recolectarlas una vez dispersadas (Campebel 1980).

b) *Características del Fruto*

Tamaño, número, posición y distribución de los frutos; resistencia de los pedúnculos a las acciones de sacudir, tirar, romper, o cortar; intervalo entre la maduración y la apertura.

c) *Características del árbol*

Diámetro, forma y longitud del fuste, grosor de la corteza; forma de la copa; tamaño, ángulo, densidad y resistencia a la ruptura de las ramas; densidad del follaje y profundidad de la copa.

<sup>1</sup> Ministerio Nacional del Ambiente, Energía y Minas, San José, Costa Rica

*d) Características del Rodal:*

Distribución y densidad de los árboles; por ejemplo (árboles aislados, rodal abierto o rodal denso); densidad del estrato bajo y de la vegetación del suelo.

*e) Características del Lugar: Inclinación, accesibilidad, etc.*

### 3. Descripción de las técnicas de recolección

Los diversos métodos de recolección pueden clasificarse de la manera siguiente:

- a) Recolección del suelo del bosque, de los frutos o semillas caídos.
- b) Recolección de las copas de árboles cortados.
- c) Recolección de árboles en pie a los que se puede acceder desde el suelo.
- d) Recolección de árboles en pie a los que acceder trepando.
- f) Recolección del suelo del bosque, de los frutos o semillas caídos.

#### Caída natural

En el caso de varios géneros que poseen frutos de gran tamaño es habitual recolectar del suelo del bosque los frutos una vez que estos han caído de manera natural. Es un procedimiento barato y no exige una mano de obra tan calificada, como por ejemplo cuando hay que trepar al árbol; en este caso puede utilizarse a escolares o mano de obra esporádica. El tamaño del fruto es muy importante, pues cuanto mayor sea tanto más fácil será verlo y recogerlo a mano. Algunas especies que suelen recolectar del suelo son: (*Quercus*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Diptryx panamensi*, *virola* y *Hieronyma oblonga*).

Los principales inconvenientes que presenta la recolección del fruto después de su caída natural son los riesgos de recoger semillas deterioradas o de germinación prematura cuando la recolección se retrasa, y de falta de certeza a la hora de identificar los árboles padres de los que se recoge la semilla. Los primeros frutos que caen de una manera natural en la estación suelen tener semillas de escasa calidad, los frutos de teca empiezan a caer desde diciembre, pero se ha comprobado experimentalmente que las especies, de Fruta Dorada pierde su viabilidad a los pocos días de caer. Por consiguiente la recolección de las semillas que se encuentran en el suelo debe sincronizarse perfectamente con la caída de la mismas. También hay resultados que demuestran que el porcentaje de la germinación de las semillas colectadas directamente de la copa del árbol es superior hasta en un 40 por ciento de la semilla recolectada del suelo del bosque.

#### Recolección de la Copa de árboles cortados

Un método para recolectar grandes cantidad de semilla es el que consiste en sincronizar la recolección con las cortas comerciales normales que se efectúan durante la estación de maduración de la semilla y recoger las semillas o frutos de los árboles cortados (Morandini 1962).

#### Recolección de Árboles en Pie con Acceso Desde el Suelo



En el caso de los arbustos o árboles de ramas bajas, el recolector tiene acceso directo a los frutos de las ramas estando de pie en el suelo con el uso de una cortadora plegable.

#### Recolección de Árboles en Pic a los que se Accede Trepando

En el caso de árboles de gran altura que no pueden cortarse por consiguiente la trepa suele ser la única forma práctica de efectuar la recolección. Hay personas que son excelentes trepadores naturales, pero además una buena capacitación y un buen equipo pueden hacer de la recolección, por este método una operación eficiente y segura, aunque no deje de requerir energía. Parece aconsejable describir la operación dividiéndola en los epígrafes siguientes:

- a) **Trepa a la copa por el fuste**
- b) **Trepa directamente a la copa**
- c) **Trepa a la Copa por el Fuste:**

Las espuelas que se fijan a las botas del trepador, son un sistema ligero y barato de hacer más segura y eficiente la escalada si se combina con un cinturón de seguridad, eslinga, casco de seguridad de fibra de vidrio y fuertes guantes de piel. La ligereza de las espuelas (menos de un kilogramo el juego) hace que su uso esté especialmente indicado en los rodales de difícil acceso donde todo el equipo debe transportarse a pie.

Aunque existen diferentes tipos, estas ayudas de trepas consisten básicamente en un brazo de hierro forjado y un conector que termina en una espuela en punta. El hierro debe fijarse muy bien mediante una correa de cuero al calzado y a veces a la pierna del escalador. La espuela puede ser de longitud variable, pero es preferible que la punta no sobresalga de la suela de la bota, de manera que el escalador pueda caminar por el suelo sin dificultad. La longitud óptima de la espuela depende del tipo de corteza de que se trate. Las espuelas de 5 centímetros son adecuadas para árboles de corteza delgada y las espuelas de 9 centímetros se adaptan mejor a las especies que tienen una corteza blanda y gruesa.

El principal inconveniente de las espuelas es el daño que produce a la corteza, especialmente cuando se trata de especies de corteza delgada. Cuando se escala un árbol solo de vez en cuando el daño no tiene por que ser excesivo, pero los árboles que se escalan con frecuencia, por ejemplo con fines de polinización y recolección de semillas en huertos semilleros, sufrirán probablemente un grado de daño inaceptable; en estos casos deben preferirse otros métodos de trepa.

**Breve Descripción de la Trepa con Espuelas:** El trepador sube al árbol utilizando un cinturón de seguridad, al que engancha una correa o cadena, la eslinga, que pasa por detrás del tronco, al cinturón está atada cuerda de seguridad, y a uno de los anillos que lleva el cinturón están enganchadas dos o más eslingas de reservas.

Cuando se asciende por el tronco, el trepador debe asegurarse de que la punta de las espuelas se clave bien en la madera del árbol, separando las rodilla del tronco al hincar la espuela. la parte interior de la pierna y el tobillo deben mantenerse en un ángulo relativamente amplio con respecto al tronco, para evitar los resbalones y para no abrir surco en la corteza. El peso descansa sobre los pies que que están separados entre sí por unos 15-20 centímetros, y el centro de gravedad queda fuera del tronco. Las manos y los brazos se utilizan para equilibrar el cuerpo hacia el árbol, moviendo la eslinga cuando se la libera del peso fijándola en la nueva posición cuando el cuerpo se echa de nuevo hacia atrás. El impulso que se imprime a la eslinga, procede de los brazos al ascender, y no debe trasladarse al cinturón de seguridad salvo cuando el trepador está en posición de descanso. Cuando la eslinga está

tena se mueve primero un pie, de manera que el peso pasa al otro y después se efectúa la misma operación con ese segundo pie. La eslinga no se desengancha nunca, salvo para superar ramas que por su grosor no se pueden romper, en estos casos, antes de desenganchar la primera eslinga debe fijarse por encima de la rama que se quiere superar una de las eslingas de reserva, fijada al cinturón mediante a un mosquetón. Cuando se llega a ramas viables, preferiblemente en la parte baja de la copa viva se pasa la cuerda de seguridad por un mosquetón que está atado con una cuerda por encima de la primera rama, se desengancha la eslinga y el trepador se abre paso entre las ramas vivas.

### **Escaleras Desmontables:**

Las escaleras verticables en varias secciones constituyen un método seguro y cómodo para subir por el tronco hasta la copa viva.

Las escaleras desmontables pueden tener uno o dos montantes (o patas). Las más habituales son las que tienen dos. La escalera de una pata, comprende un soporte central del que salen, alternando a derecha e izquierda, unas barritas que hacen de peldaños; la escalera se fija al árbol mediante una cadena o cuerda.

Las escaleras desmontables pueden utilizarse sin riesgo alguno de dañar el árbol, su manejo puede ser incómodo en rodales en los que la cubierta de copas o el subsuelo son densos y son mucho más pesadas para transportar que las espuelas, especialmente cuando la existencia de unos fustes largos y limpios obliga a utilizar escaleras con muchas secciones. Son también más caras. Por consiguiente, tienen un uso limitado en zonas de difícil acceso y sin carreteras, pero son un procedimiento ideal en huertos semilleros o plantaciones situadas en terrenos llanos.

La Bicicleta Suiza: Es un aparato para subir hasta la copa viva de árboles rectos y de gran altura que no tienen ramas, desde el punto de vista del transporte es más ligera que las escaleras desmontables, pero más pesada que las espuelas de trepa. No produce daños en el árbol. Su uso está recomendado en troncos cuyo diámetro oscila entre 30 y 80 centímetros.

### **Trepa Directamente a la Copa:**

Existen varios métodos que se pueden utilizar para ascender directamente a la copa, los cuales los describiremos a continuación.

**Escaleras de Extensión:** Estas constan de dos o más secciones construídas de tal manera que la altura de la escalera puede variarse mediante un movimiento de deslizamiento relativo a las secciones. Las escaleras de una sola sección diseñadas para recoger frutos poseen una base ensanchada y dotas de patas de caucho moldeado o dientes metálicos para que se fije en suelo blando, y pueden utilizarse para llegar a alturas de 8 a 12 metros. Parecida a esta es la finlandesa, diseñada especialmente para usos silvícolas que poseen sin embargo un anillo de aluminio que sube y baja por la escalera, puede fijarse al cinturón del trepador y se cierra automáticamente en caso de caída de éste.

**Cuerdas y Equipo Elevador:** Puede accederse a la copa suspendido de una rama resistente una cuerda, escalera de cuerda o equipo elevador. Para pasar un cordel fino por encima de las ramas se utilizan los métodos lanzamiento, catapulta, flechas. Es necesario elevar la cuerda en tres fases: 1) En primer lugar un hilo de nylon de poco peso y 23 kg. de tensión de ruptura, que se utiliza para izar; 2) Un cordel de nylon de 3-4mm. de diámetro, que a su vez se utiliza para izar; 3) Una cuerda de nylon

de 13 y 18mm. de diámetro, lo bastante fuerte para soportar el peso del trepador.

El equipo elevador comprende la utilización de un aparejo de poleas que se coloca en su posición y se asegura atando firmemente la cuerda a la base del árbol. El recolector es izado hasta la copa del árbol, sentado en un sillón, por uno o dos hombres situados en el suelo o con la ayuda de un cabrestante. Este método tiene con respecto a las espuelas de trepa o las escaleras la ventaja de que el ascenso no exige tanto esfuerzo y por lo tanto se reduce el riesgo de accidente debido al cansancio.

**Redes:** Dispositivo como la escalera de cuerdas y el equipo elevador permiten acceder al interior de la copa, algunos géneros como por ejemplo, Cupressos, producen gran número de conos pequeños cerca de los extremos de las ramas, donde éstas no son bastante fuertes como para soportar el peso del trepador. para recolectar estos conos es necesario llegar a la parte exterior de la copa. Una manera de hacerlo es mediante escaleras montadas en vehículo. Otra es mediante redes. La red descrita es de forma triangular y mide 10.3 metros de un lado a otro de la base, y 11.5 metros de la base vértice, con una malla de 30 x 30 cms.

**Dispositivos de Alpinismo, Ascensores:** Este método ha dado muy buenos resultados en el ascenso a árboles altos, podemos decir que junto con el de espuelas son los más utilizados en nuestro país. El método consiste en ascender a la copa del árbol después de pasar una cuerda sobre una rama resistente para posteriormente subir a la copa a través de la cuerda con el uso de dos dispositivos especiales conocidos como ascensores, los que están sujetos al escalador por medio del arnés de cintura, el arnés de pecho y las piernas. Para pasar la cuerda a través de una rama principal, se utilizan los mismos métodos descritos anteriormente (lanzamiento, catapulca, flechas). Es necesario elevar la cuerda en tres fases; 1) Un hilo de nylon que se utiliza para izar una cuerda de 3 a 4mm. de diámetro, a la que se iza la cuerda final de 13 a 18mm. de diámetro por donde asciende el escalador.

Los Dispositivos que forman este equipo son: Una cuerda de seguridad de 50 metros y de 18mm. de diámetro; (una onda, flecha o ballesta), karabinas, figura de ocho, dispositivo de ascenso, arnés de pecho y arnés de cintura, eslinga y cuerdas cortas.

#### **Literatura citada**

**Guía para la manipulación de semillas forestales. Centro de Semillas Forestales de DANIDA FAO.**

# **RECOLECCION DE SEMILLAS FORESTALES**

## **Objetivos:**

- **Abundante cantidad**
- **Buena calidad**
- **Abastecer necesidades**
- **Almacenar para uso posterior**

## **FACTORES QUE AFECTAN LA RECOLECCION**

- **Tipo de árbol/especie**
- **Tipo de bosque**
- **Características del sitio**
- **Medidas de seguridad**

## **CARACTERISTICAS DE ARBOLES SEMILLEROS SEGUN OBJETIVO**

### **Para madera de aserrio**

- **Dominantes o codominantes (altos)**
- **Sanos y vigorosos**
- **Tronco cilíndrico y recto**
- **Ramas delgadas y angulo recto**
- **Copa alta y angosta**
- **Sin bifurcaciones**
- **Con producción de semilla**

## **Para leña**

- **Sanos y vigorosos**
- **Alta producción biomasa**

## **Para forraje**

- **Palatable y alto contenido proteínas**
- **Sanos y vigorosos**
- **Alta producción de biomasa**
- **Alta capacidad de rebrotar**

## **OTRAS CONSIDERACIONES**

**No recoger de menos de 15 árboles**

**Los árboles no deben tener parentesco**

**Nunca recoger de árboles de estaca  
en cercas vivas**



# **SISTEMAS DE RECOLECCION**

## **1- Recolección del suelo**

- . De caída natural de frutos/semillas**
- . Por sacudida manual del tronco**
- . Por sacudida mecánica del tronco**
- . Por sistema de línea avanzado**

## **Ventajas**

- **Para frutos grandes y pesados**
- **Muy económico y sencillo**
- **No requiere personal calificado**

## **Desventajas**

- **Riesgo de obtener semilla de mala calidad**
- **Generalmente las semillas caídas son inmaduras**
- **Ataque de plagas y enfermedades**
- **Pierden rápidamente viabilidad**
- **No se pueden identificar los árboles padres**

## **Ventajas**

- **Económico**
- **Se pueden escoger los mejores árboles**
- **No requiere personal calificado ni equipo sofisticado**

## **Desventajas**

- **Acceso a áreas de aprovechamiento**
- **Debe hacerse antes del aprovechamiento comercial**
- **Se obtiene semilla de diversa calidad**

### **3. Recolección de árboles en pie con acceso desde el suelo**

- **Cortar ramas (no quebrar ?)**
- **Podar con serrucho o sierra manual**
- **Sierras flexibles**
- **Escaleras montadas en vehículos**
- **Plataformas de trabajo**
- **Uso de escopetas o rifles**

## **Ventajas**

- **Económico**
- **No requiere personal muy calificado**
- **Selección de árboles**
- **Sencillo y fácil**

## **Desventajas**

- **Para árboles pequeños solamente**
- **Equipo especializado**

#### **4 . Recolección de árboles en pie con acceso por escalamiento**

- **Uso de espolones**
- **Escaleras de peldaños, extensión y secciones**
- **Varas con peldaños**
- **Bicicleta**
- **Red por encima de la copa**

## **Ventajas**

- **Selección de árboles**
- **Buena calidad de semilla (escogida)**

## **Desventajas**

- **Lento y costoso**
- **Requiere personal y equipo especializado**

## **5- Recolección de árboles en pie por acceso directo a la copa**

- **Sistema de línea avanzado:**
  - **Poleas**
  - **Sacudir ramas**
  - **Corta o quebramiento de ramas**
  - **Subida de escalera de mecate o nylon**



## **PRODUCCION DE SEMILLA**

### **Factores que afectan:**

- **Experiencia de los escaladores / recolectores**
- **Tamaño de los frutos**
- **Cantidad de cosecha**
- **Condiciones del sitio**
- **Grado de agarre de los frutos**
- **Distancia entre árboles**
- **Acceso al bosque y árboles**
- **Clima (lluvias, tormentas, altas temp.)**
- **Plagas y enfermedades**

## **ROTULACION Y REGISTRO**

- **Nombre de la especie**
- **Lugar de recolección: Vereda, Municipio, Depto.**
- **Fecha de recolección:**
- **Nombre de recolectores:**
- **Cantidad de frutos (peso/día)**
- **Tipo de Bosque**

### **Embalaje de los frutos**

- **Sacos permitan aereación (50-100 lt)**
- **Cajas madera o cartón**

## Escalamiento seguro de árboles para recolección de semillas<sup>1</sup>

### Introducción

Para tener árboles con buena forma y buen crecimiento tenemos que coleccionar semilla de buenos árboles padre, y muchas veces para recoger semilla sana y de buena calidad debemos escalar hasta la copa de estos árboles.

El escalamiento de árboles para coleccionar semillas debe ser seguro y aun más debe permitir al recolector trabajar eficientemente en todo lugar de la copa.

### NOTA:

Nunca trate de aprender usted solo con estas notas. Para aprender a escalar con seguridad se necesitan al menos DOS semanas de entrenamiento con un instructor experimentado.

### Equipo básico (Figura 1)

La siguiente es la lista de equipo usado en esta nota.

1. Un par de espolones de escalar
2. Escaleras de tubo
3. Cinturón de seguridad
4. 3 o 4 carabinas con seguro.  
Fabricado de cuerda de 10-12mm de nylon.
5. 2 lazos de cuerda de 2 a 3m con nudo de ojo en sus extremos.
6. Un lazo circular (circunferencia de 130-150cm)
7. Línea de seguridad de 30 a 35m con ojo trenzado en un extremo
8. Cuerda de 10m a 8mm con tres ganchos de metal  
Herramientas de recolectar según la especie:
9. Varilla con cortadora de 3 a 4m
10. Varilla con gancho
11. Ropa comfortable
12. Zapatos con tacones para escalar
13. Casco
14. Sacos o canastas

---

<sup>1</sup> Tomado de: Flemming E. Jensen et al. 1989

### **Nombres y usos de los equipos (Figura 2)**

1. **Carabina:** Cuando usa una carabina inserte el ojo del lazo empujando el seguro hacia adentro. El seguro debe cerrarse. El seguro puede ser manual o de rosca para trabajo rápido (Twislock).
2. **Lazo, mecate o cuerda:** Hecho de nylon de 10-12mm con 3 hilos o grupos de hilo. Con los extremos derretidos para evitar que se desilachen, liviano y de buena calidad para que sea fácil de trabajar.
3. **Espolones:** Los aparejos deben ser cómodos y livianos, si son ajustables deben ponerse tan largos pero sin lastimar las rodillas. Mantenga sus puntas bien afiladas apretadas mientras los usa. No camine con los espolones puestos.
4. **Cinturón de seguridad:** Debe ajustarse alrededor del cuerpo y arriba de la cintura.

### **Chequeo y cuidados (Figura 3)**

**Nota:** Chequee todo el equipo cuidadosamente antes de usarlo.

1. **Examine todo el largo de cada cuerda, y no use esta cuerda si muestra cortaduras, quemaduras o deshilachado excesivo.**
  - No use el cinturón de seguridad si ha perdido costuras, tiene cortes o muestra desgaste por uso excesivo.
  - Asegurese de que las puntas estén bien afiladas y fijas fuertemente a los espolones.
  - Las escaleras no deben tener curvas ni quebraduras, asegurese de que las fajas o cadenas soporten el peso.
  - Asegurese de que la cerradura de las carabinas cierren apropiadamente y que el seguro regrese solo a su posición.
2. **Mientras use el equipo no arrastre las cuerdas (lazos) sobre el suelo y no se pare sobre ellos. Mantenga las herramientas cortantes alejadas de las cuerdas incluso cuando está escalando.**
3. **Examine el equipo antes de guardarlo, límpielo y asegurese de que se seque adecuadamente. Mantenga las cuerdas, cinturones, lazos cortos y artículos de cuero lejos del sol y en un lugar seco y bien cerrado cuando no se use.**
4. **Tres o cuatro veces al año todo el equipo debe ser examinado cuidadosamente expendido y estimarlo. Se debe tener especial cuidado con los lazos cortos y artículos de cuero los cuales pueden tener podredumbres o se debilitan mientras se almacenan.**

### **Escalando a travez del tronco usando espolones (Figura 4).**

1. Primero limpie el área de ramas y escombros alrededor del árbol y seleccione la mejor ruta de ascenso considerando ramas, inclinación del árbol y equipo a llevar. Asegurese de hacer un nudo de "figura ocho" al final de la línea de seguridad.
2. Se lanza el lazo más corto alrededor del tronco y se asegura con la carabina. Luego levante el espolón e insertelo fuertemente en la corteza. Suba solo a 30 o 40 cm en cada paso.
3. Luego de colocar el segundo espolón al mismo nivel, chequee que el "lazo corto" tiene la distancia correcta. Esta es de 25-35cm de su cuerpo. Si es necesario ajústelo con el nudo de presión del lazo circular.
4. Mantenga los pies bien separados para soportarlo y si un pie resbala no lastimar la otra pierna. Mientras asciende puede colocar los espolones juntos en cada segundo paso o más elevado que el otro.

### **Manipulando los lazos cortos (Figura 5)**

1. El lazo corto es movido hacia arriba después de cada par de pasos como sigue: Arrime el cuerpo hasta balancearlo cerca del tronco.
2. Ahora suba el "lazo corto" mientras se inclina hacia atrás. El lazo quedará fijo arriba mientras sostiene el peso de su cuerpo.
3. Cuando necesita pasar una rama se arroja el segundo "lazo corto" y se fija a la carabina antes de quitar el primer lazo. Si el lazo es muy largo puede acortarlo con el "nudo de presión del lazo circular".

#### **Nota:**

Usted puede estar seguro todo el tiempo con solo un "lazo corto" alrededor del tronco.

### **Escaleras (Figura 6,7 y 8)**

1. Limpie de ramas y escombros alrededor del árbol para que la línea de seguridad corra libre. Seleccione la mejor ruta de escalar tomando en cuenta ramificación, inclinación del tronco. Estime el número de secciones necesarias, sacos y fajas necesarias.
2. Levante las primeras dos secciones de la escalera. La primera sección se fija al tronco por la mitad con una faja. Dos fajas por sección son suficientes.
3. Debe utilizarse una faja al final de la primera sección. Si la faja no alcanza puede usar la línea de seguridad y el nudo de presión del lazo circular.
4. Sujete la cuerda y secciones de escalera que necesitará a su cinturón antes de iniciar su ascenso.

5. Cada sección de la escalera se fija al tronco en el tope final mientras se avanza en el escalamiento.
6. Cuando se coloca una nueva sección es aconsejable fijar una carabina desde el sillín a la punta más alta de la sección sobre la cual usted se encuentra. Recuerde siempre estar seguro con el "lazo corto".

### **Escalando ramas hasta el punto de ancla (Figura 9)**

1. Cuando se alcanza una rama viva, inicia el escalamiento dentro de la copa. Si se escala el tronco con espolones estos se quitan y se dejan colgando sobre una rama.
2. Tenga cuidado de escalar en una línea recta para permitir que la línea de seguridad corra libre.
3. Las ramas secas se quiebran, esto es más fácil que cambiar de lazo corto. Si no es posible quebrar las ramas use el otro lazo corto como se explico anteriormente. Recuerde, siempre debe tener por lo menos un lazo corto alrededor del tronco.

Nota:

- Asegurese de tener por lo menos un lazo corto alrededor del tronco.
- Nunca confie en la ramas.
- Tome su tiempo mientras escala.
- Tenga cuidado de no abrir la carabina equivocada.

### **Punto de ancla (Figura 10)**

1. Cuando se alcanza el punto de ancla, la línea de seguridad se coloca alrededor del tronco y de solamente una rama (esto para no aumentar la fricción con más ramas). La Línea de seguridad y el "nudo de presión del lazo circular" es conectado al cinturón con la carabina.
2. La línea de seguridad permanece fija a este punto de ancla mientras se recogen los frutos. Es más solido resistir el peso de un hombre con bolsas de recolección en caso de una caída.

### **Recolección en coníferas (Figura 11, 12)**

#### **Sobre el punto de ancla.**

1. Comience la recolección en el ápice. Las ramas largas o copas cercanas, fuera del alcance de la mano se halan con el gancho y se fijan con la faja. Para recoger los frutos use las dos manos; para esto es necesario colocarse en una posición confortable. Antes de arrojar los sacos con frutos al suelo de un grito de alerta.

2. Si hay ramas arriba del punto de ancla puede subir y utilizar un lazo corto al tronco y acortar cualquier caída accidental.
3. Mientras recolecte en copas delgadas y flexibles el lazo corto debe colocarse alrededor del tronco y debe mantenerse el peso del cuerpo tan cercano como sea posible del tronco.
4. Las copas flexibles de tres o cuatro árboles muy flexibles (delgados) pueden mantenerse juntos con lazos cortos. Este soporte hace más fácil la recolección.

### **Descendiendo por la línea de seguridad (Figura 16)**

1. Antes de bajar, todas las carabinas deben estar fijas de tal forma que no se enganchen en el descenso.
2. Se debe tener cuidado de no descender muy rápido pues esto puede derretir el "nudo de presión del lazo circular".
3. Cuando alcance la segunda rama viva, chequee la distancia de la línea de seguridad. Si esta es muy corta cambie el punto ancla a la segunda rama viva.
4. Las secciones de las escaleras se desmontan conforme se descende. Algunos tipos pueden tirarse y otras deben cargarse en el cinturón. Si arroja las escaleras esté seguro de no golpear piedras, troncos o cosas similares que dañen las escaleras (figura 17).
5. Antes de halar la cuerda de seguridad suelte el nudo de ocho para que no se trave en una rama, en tal caso será necesario subir de nuevo al árbol.

### **Recolección en latifoliadas (Figura 18)**

1. Es difícil describir métodos de recolección en latifoliadas ya que estos difieren grandemente. Escalar latifoliadas puede ser físicamente exhaustivo.
2. La recolección debe ser hecha sistemáticamente. Planee cuidadosamente las maniobras, puede ser muy útil llevar más de dos "lazos cortos" para asegurar ramas o para posecionarse. El ápice de la copa es la parte más difícil, por eso escale tan alto como pueda y empiece allí.

### **Recolección sobre el punto de ancla.**

1. Hay muchas orquetas y las ramas son flexibles. Estabilice las ramas sujetando dos o más juntas con el lazo corto y parese sobre éste mientras trabaja.

Usted debe estar seguro en uno o dos puntos así como con la línea de seguridad desde el punto de ancla. Un lazo corto puede ajustarse, el otro lazo corto se usa para pararse sobre este. En caso de una caída todas las ramas deben quebrarse antes de caer con ambos lazos cortos.

### **Trabajando a nivel del punto de ancla (Figura 19).**

1. En este nivel las ramas son generalmente largas con muchas bifurcaciones. Si es posible, ajuste una rama al tronco usando un lazo, este puede utilizarse como pié de amigo. Asegurese a una rama o lazo y utilice la varilla con faja para halar las ramas cercanas.

### **Nudo de presión (lazo circular) (Figura 24.)**

- 1-4. En el punto de ancla coloque el nudo de presión del lazo circular sobre la línea de seguridad (ver figura). Asegurese que el tejido de unión quede fuera del nudo y de la carabina.
5. Aprete el nudo halando las vueltas juntas, y retorsiendolas.
6. Coloque el extremo libre del nudo de presión en la carabina. Asegurese de que el nudo está bien y de que lo sostiene cuando su peso está en él. Ahora puede soltar el "lazo corto".

### **Nudo de Arco (As de guía) (Figura 25)**

1. Este nudo es usado para ajustar lazos y cuerdas que no tienen "ojo trenzados" a las carabinas y anillos del cinturón. Es fácil de hacer y soltar, no corre y es muy seguro. Se debe aprender a hacerlo rápida y eficientemente en cualquier posición. Asegurese de que en el extremo del nudo sobren al menos 25cm.

### **Empalme de ojo (Figura 26)**

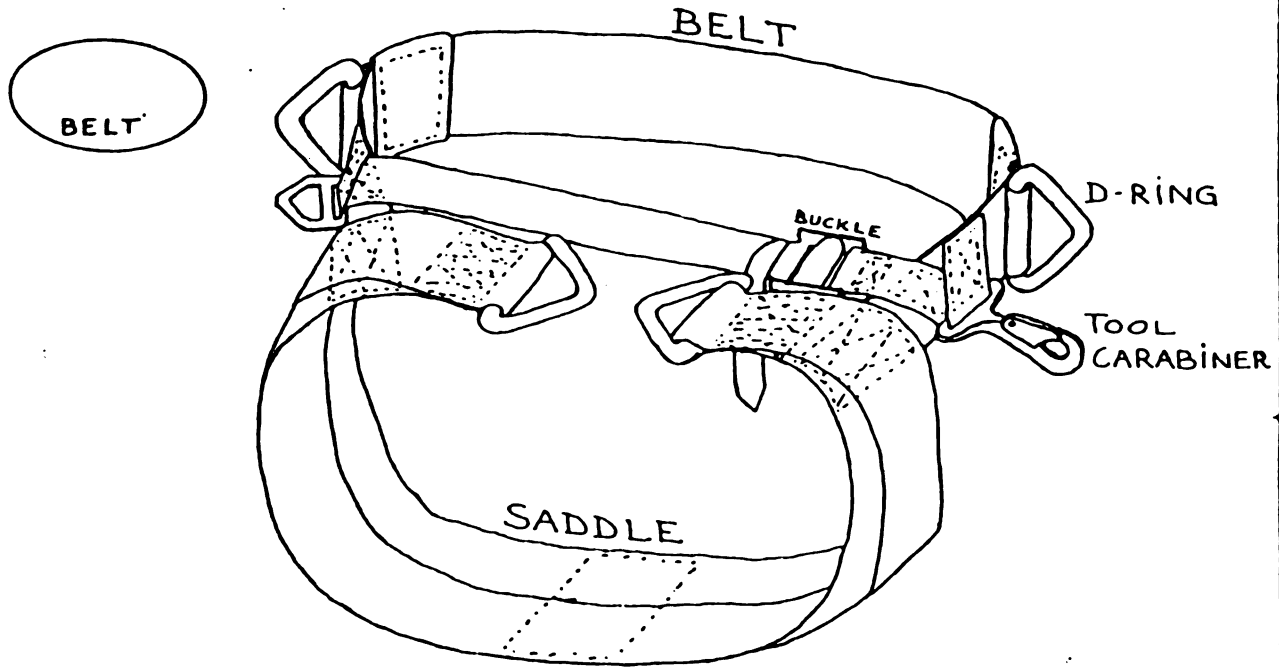
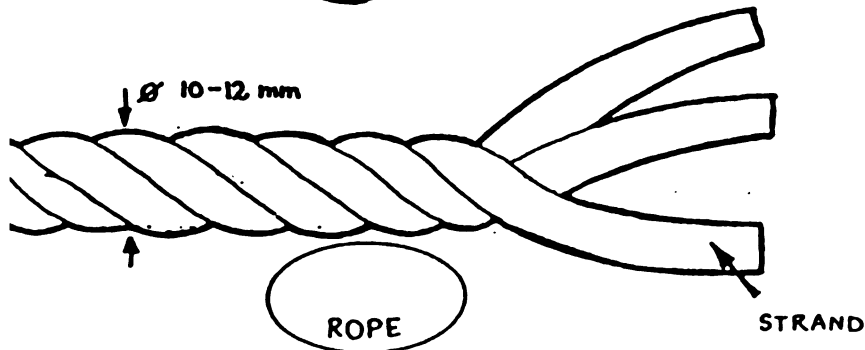
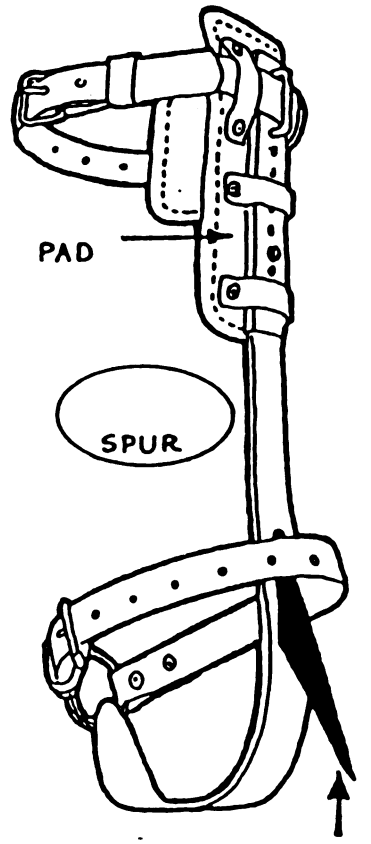
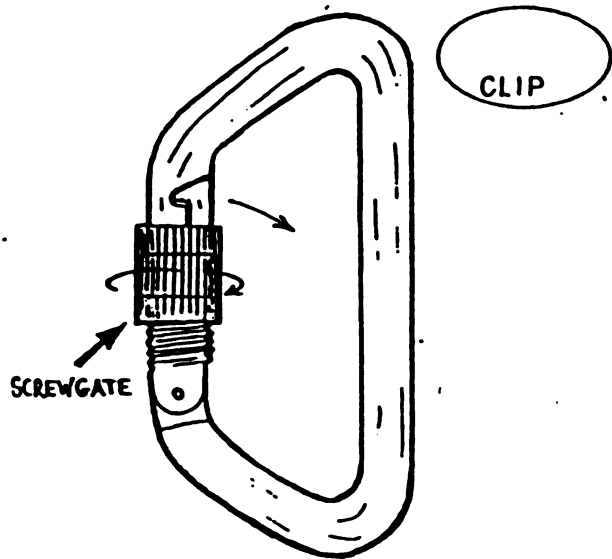
1. Empalmar es una forma fuerte y limpia de unir una cuerda a una carabina pero se usa solo en cuerdas de tres hilos. Suelte los hilos unos 25cm y asegurelo con cinta adhesiva. Las puntas pueden derretirse.
- 2-5. Abra el tejido e inserte un hilo como se muestra.
6. Inserte cada hilo al menos cuatro veces por debajo y encima y soquelo hacia atrás.
7. Corte el exceso y derrita sin quemar la cuerda principal. El empalme de ojo debe hacerse al final de cada "lazo corto" y en un extremo de la línea de seguridad.

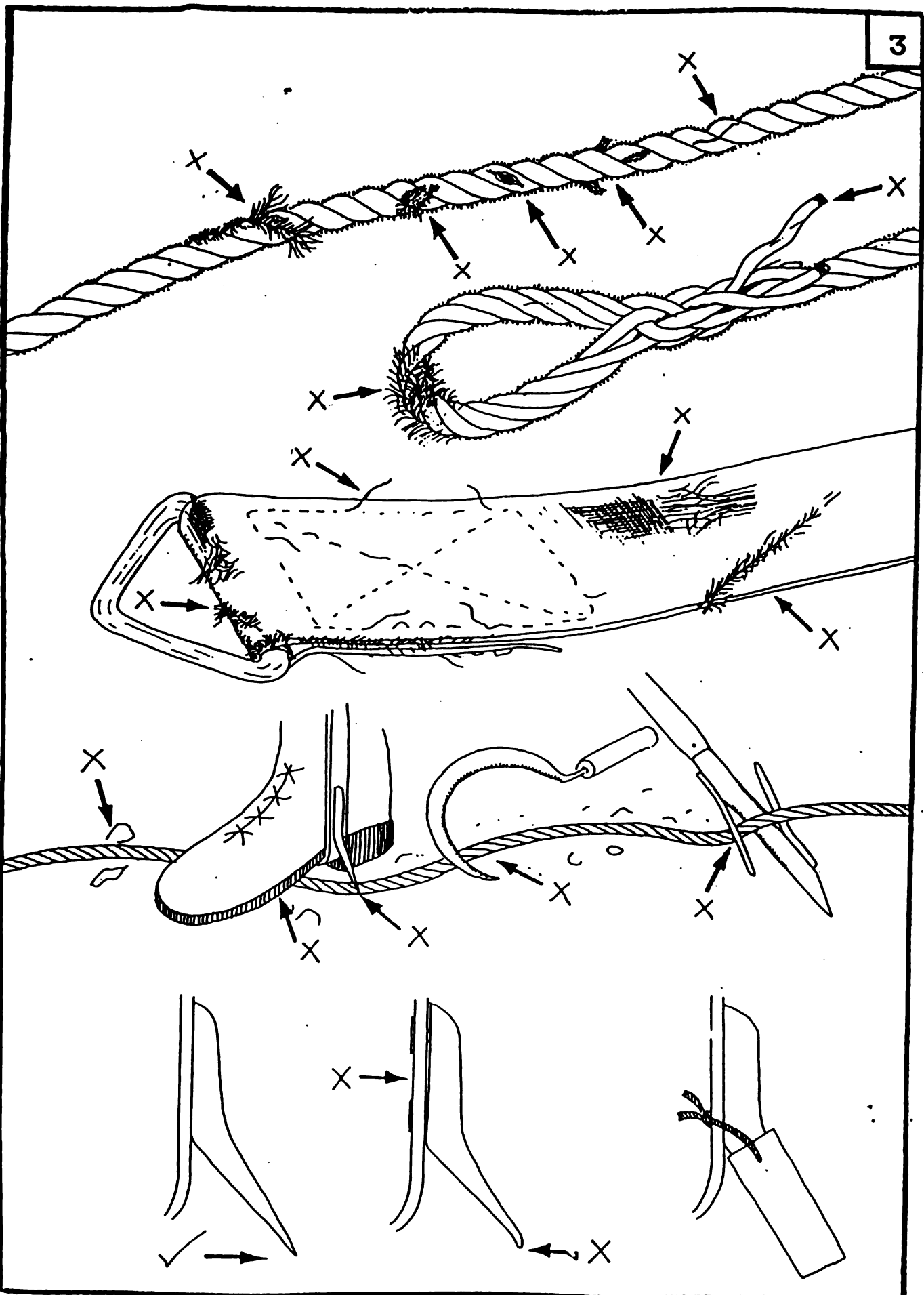
### **Nudo de presión (Figura 27.)**

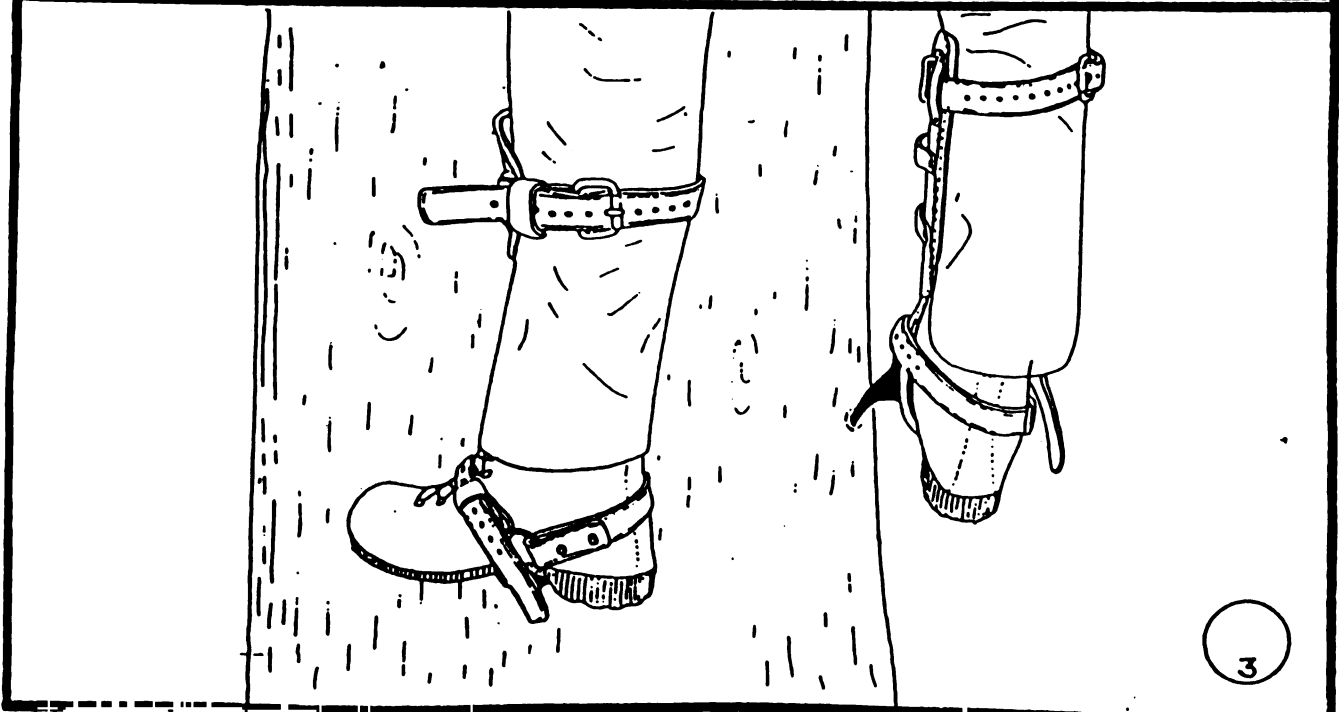
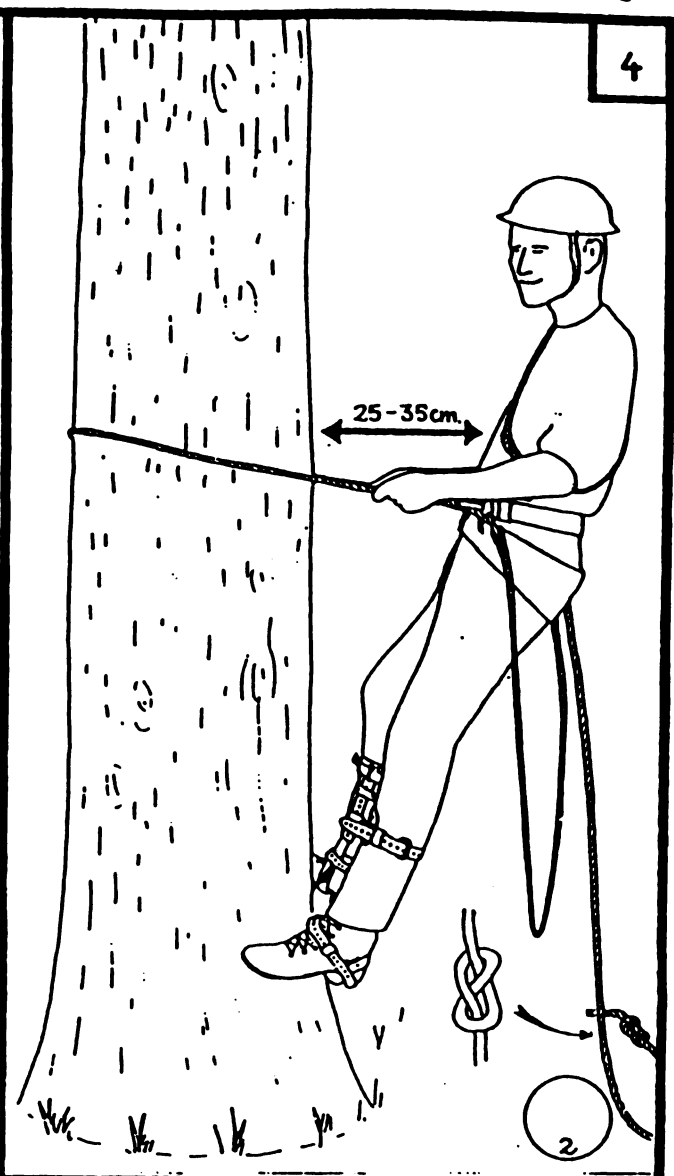
- 1-10. El nudo de presión debe fabricarse de cuerda de nylon de 3 hilos del mismo diámetro de la línea de seguridad y unida trenzandola como se muestra.

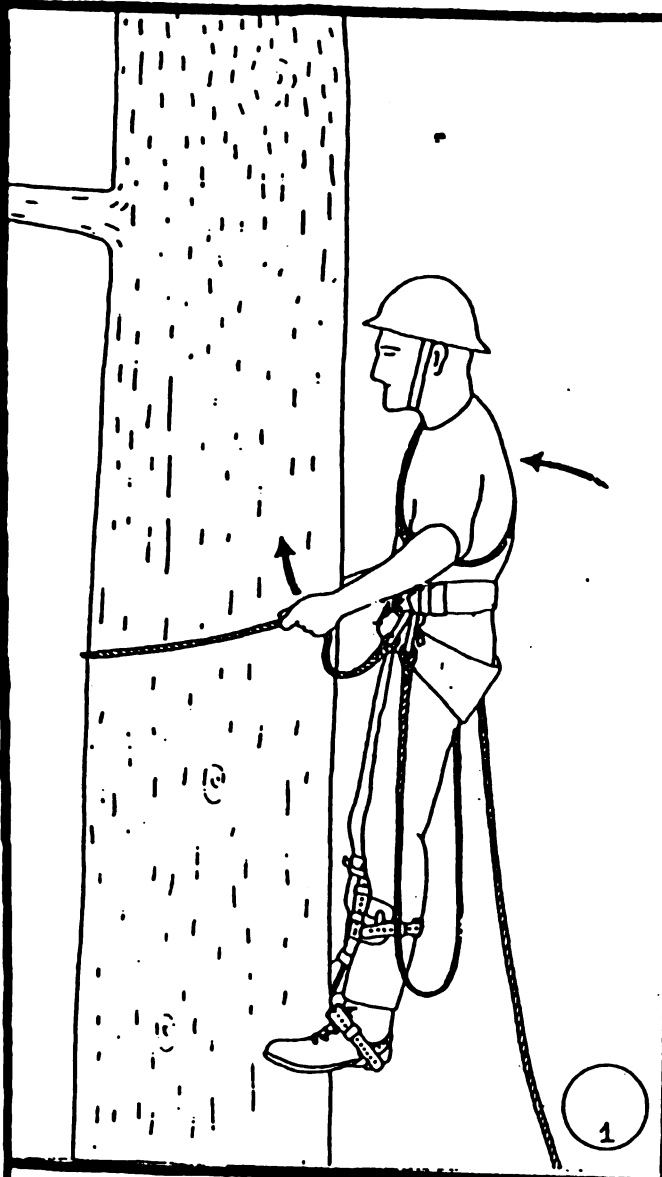




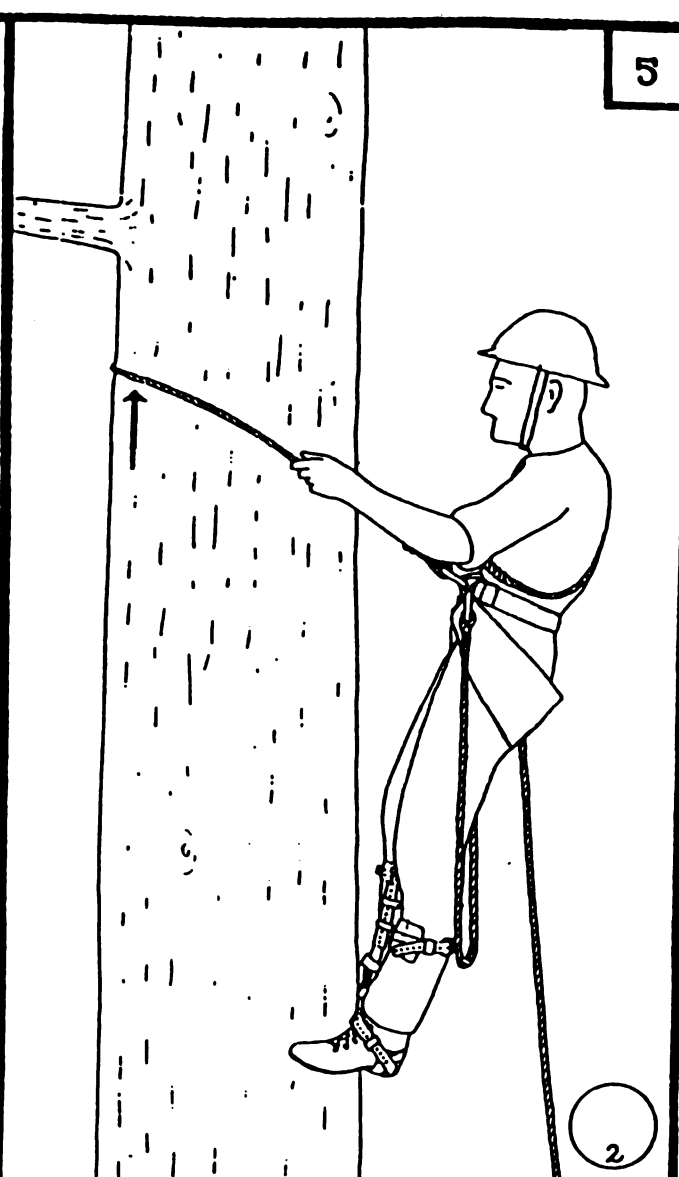




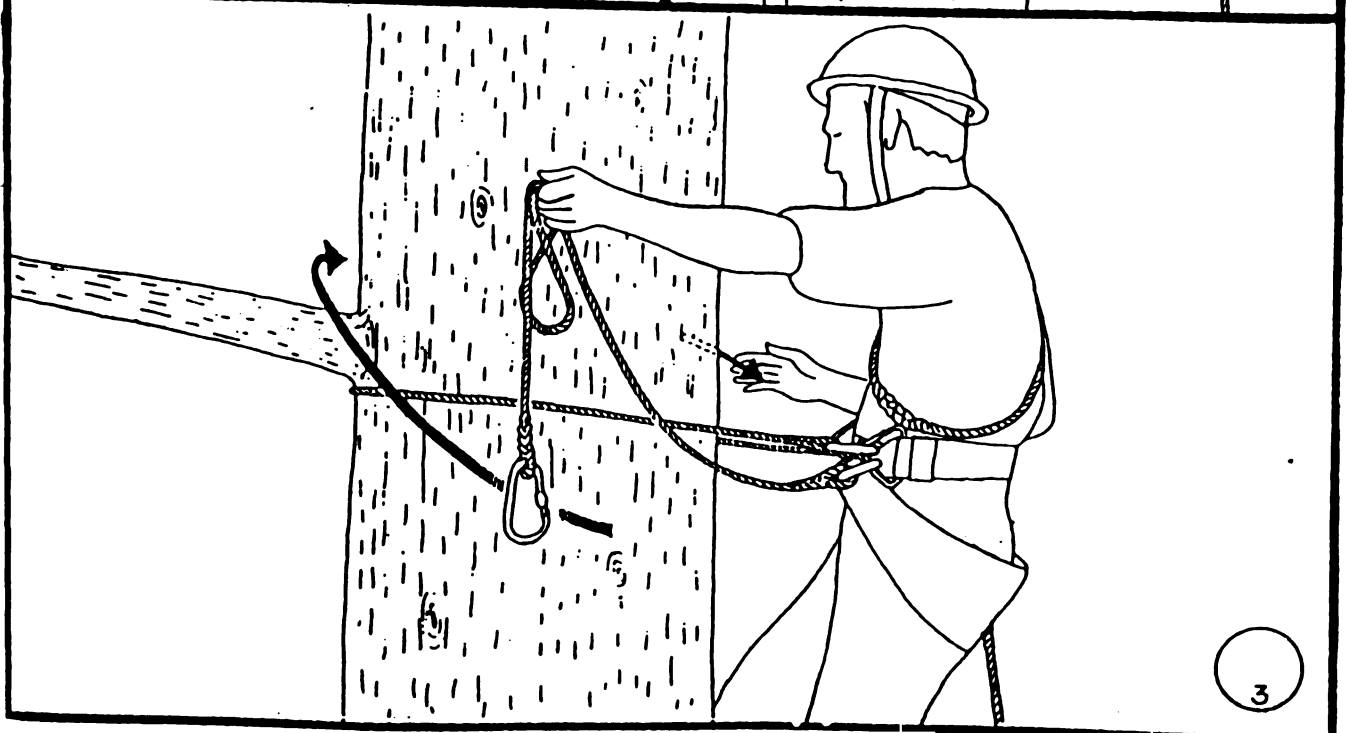




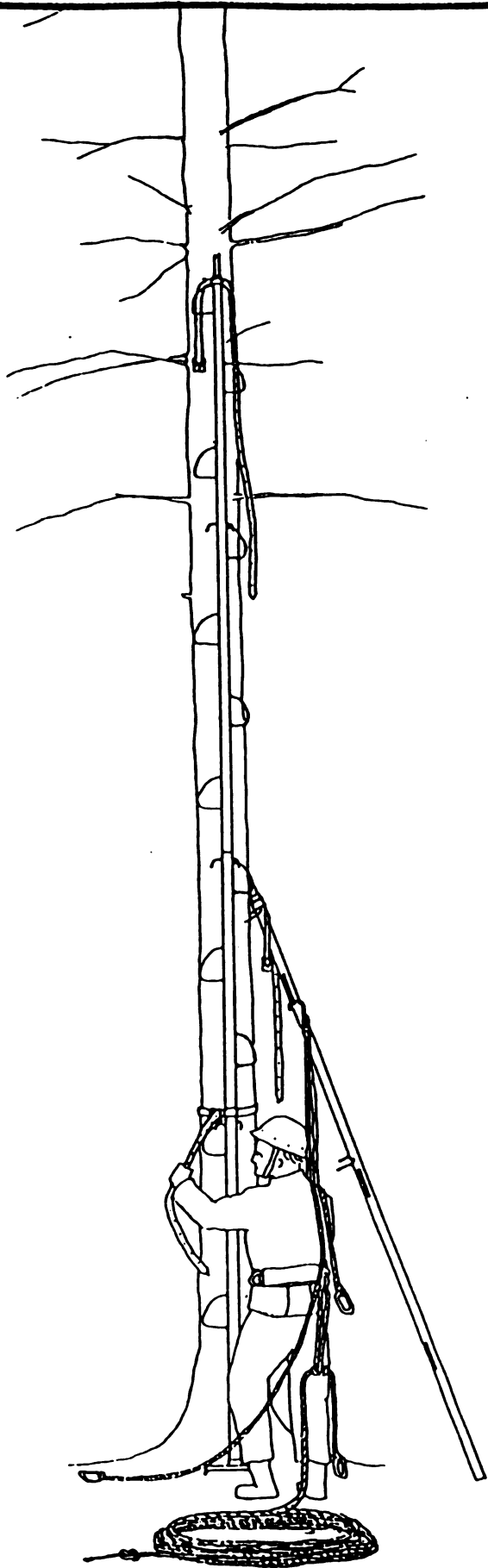
1



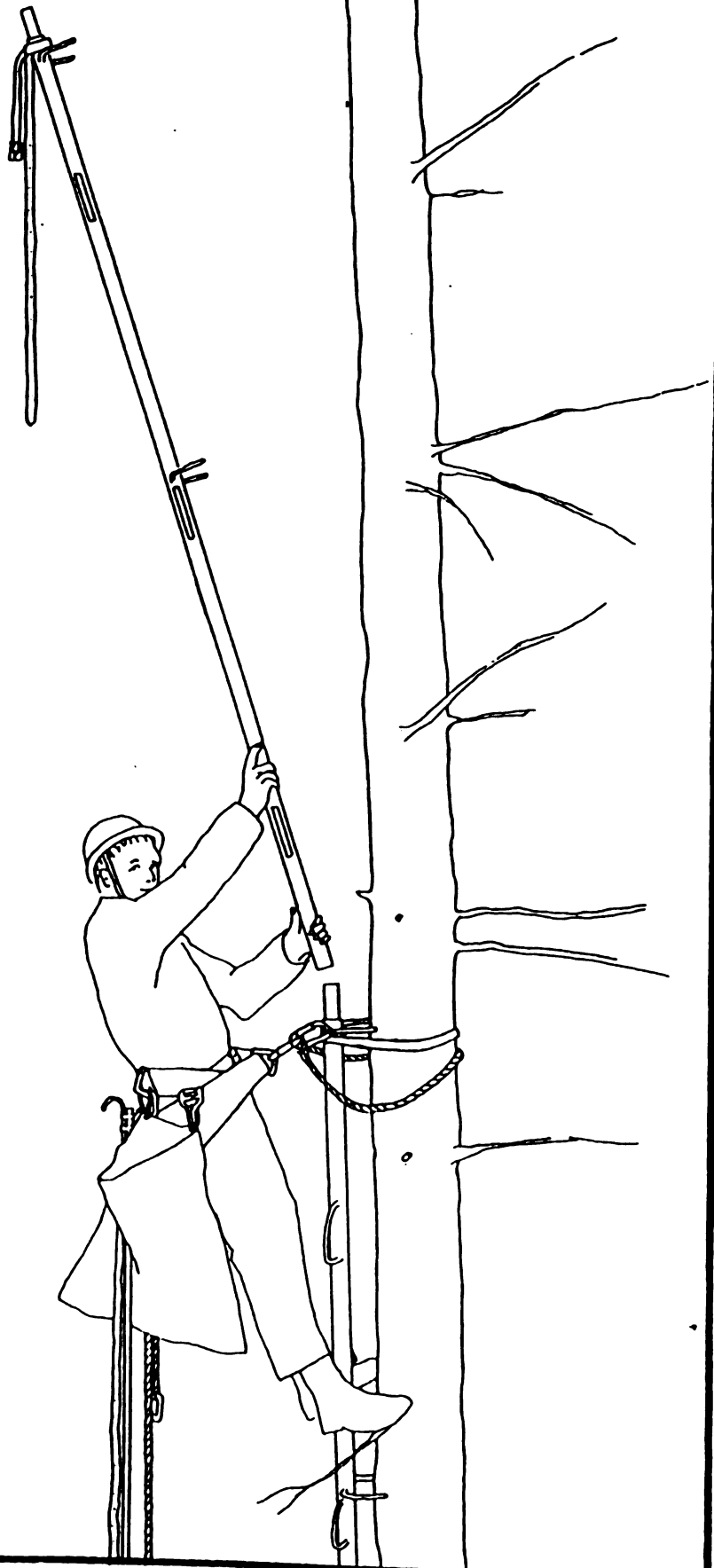
2



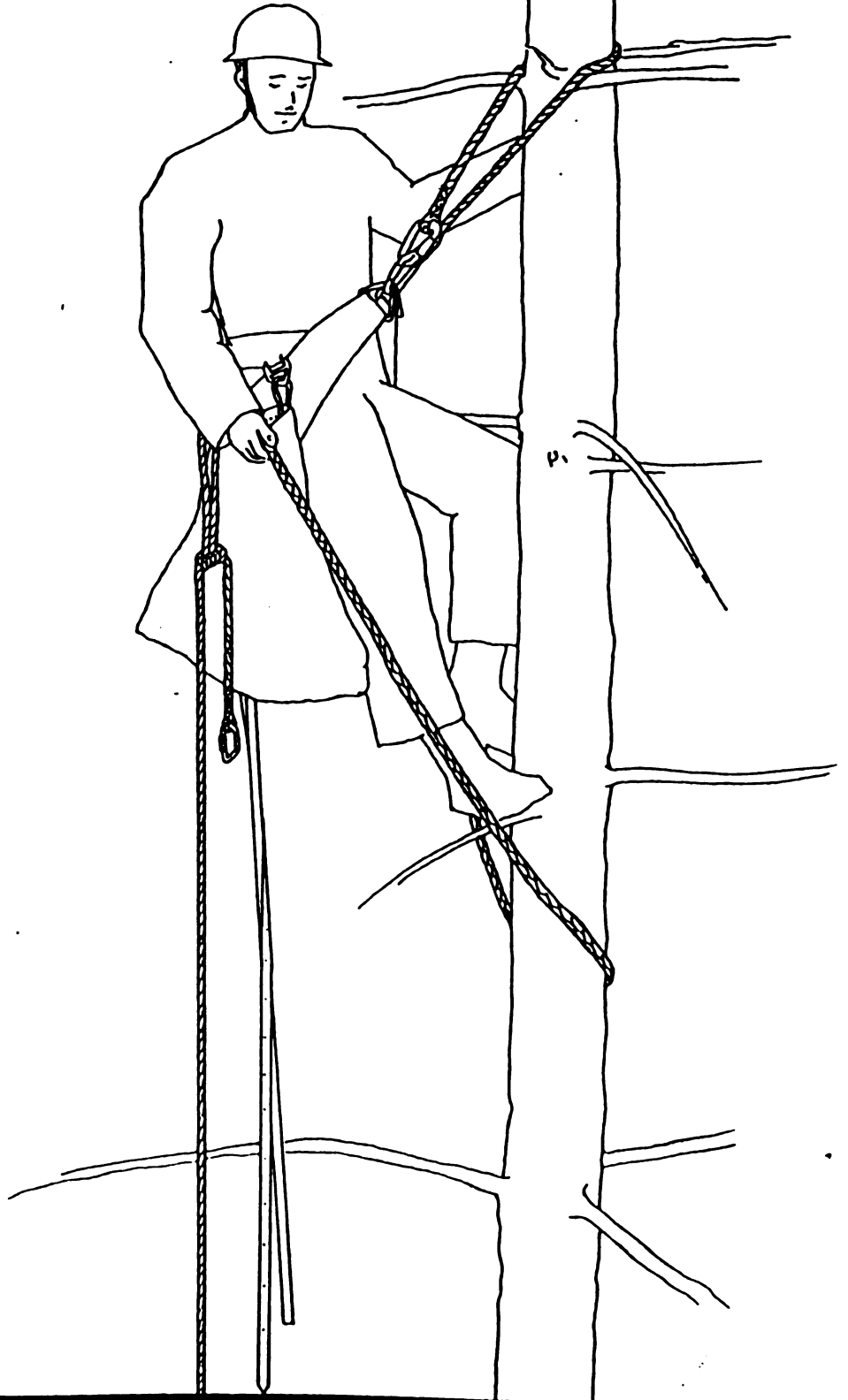
3

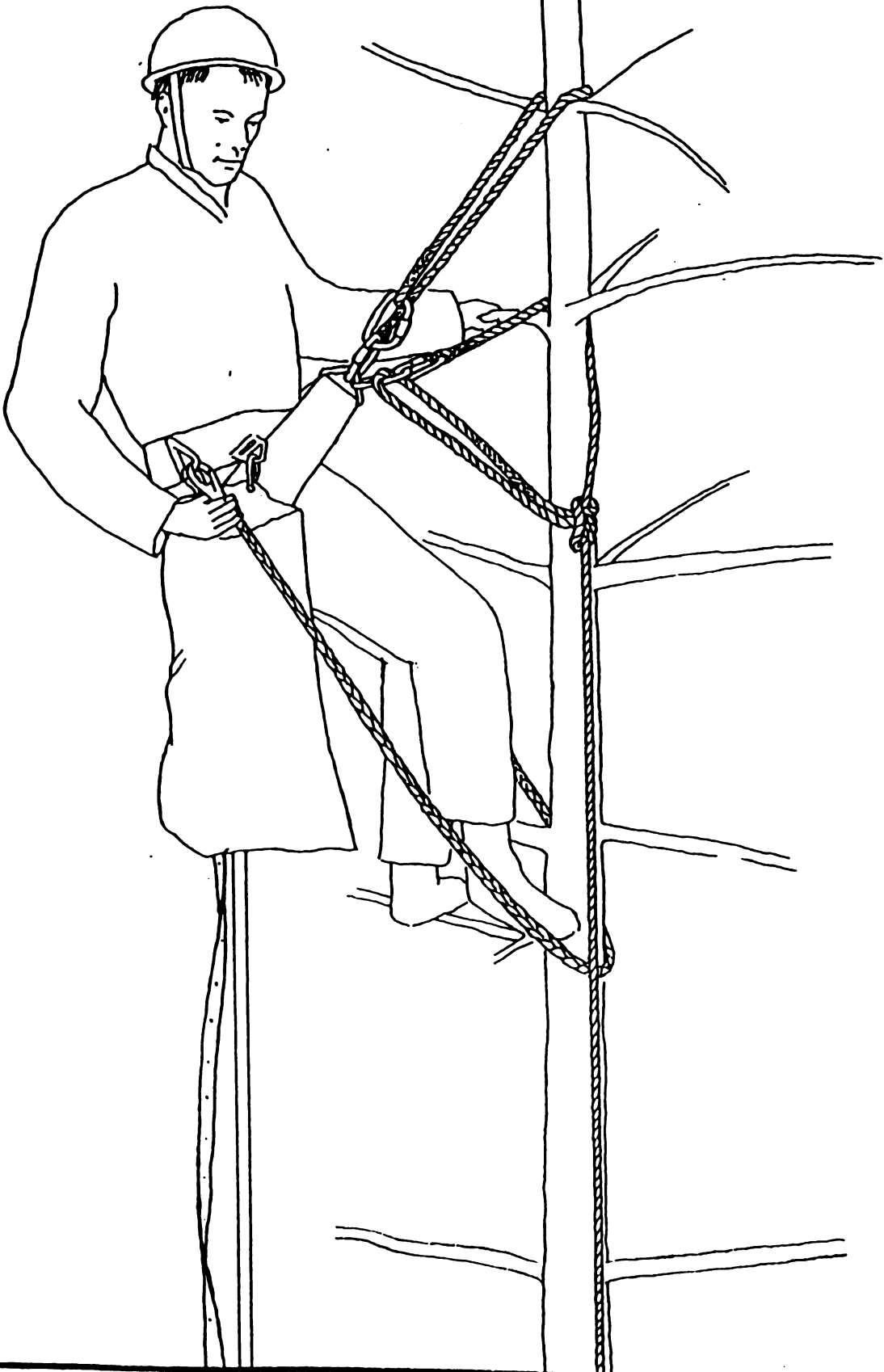


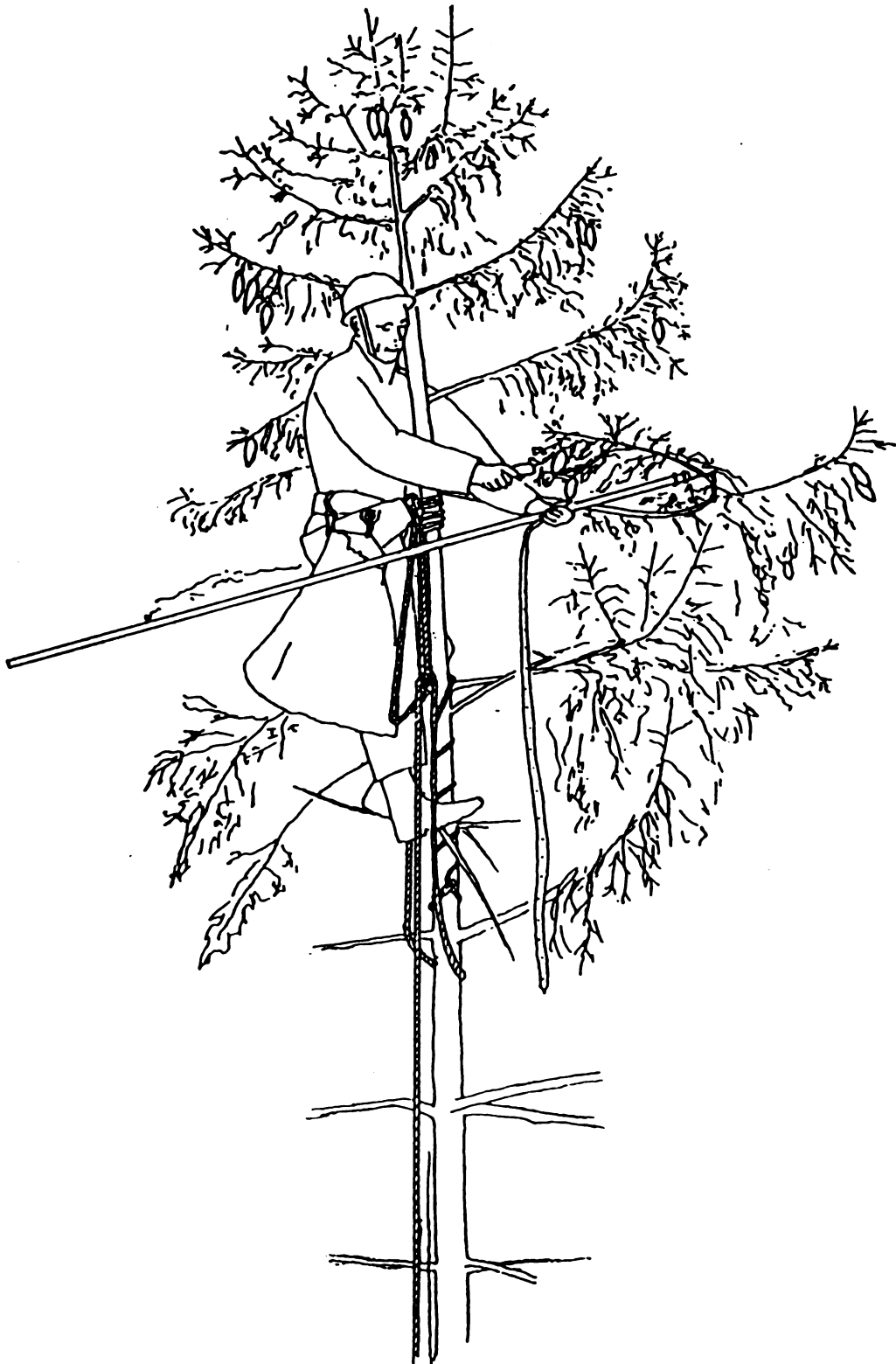


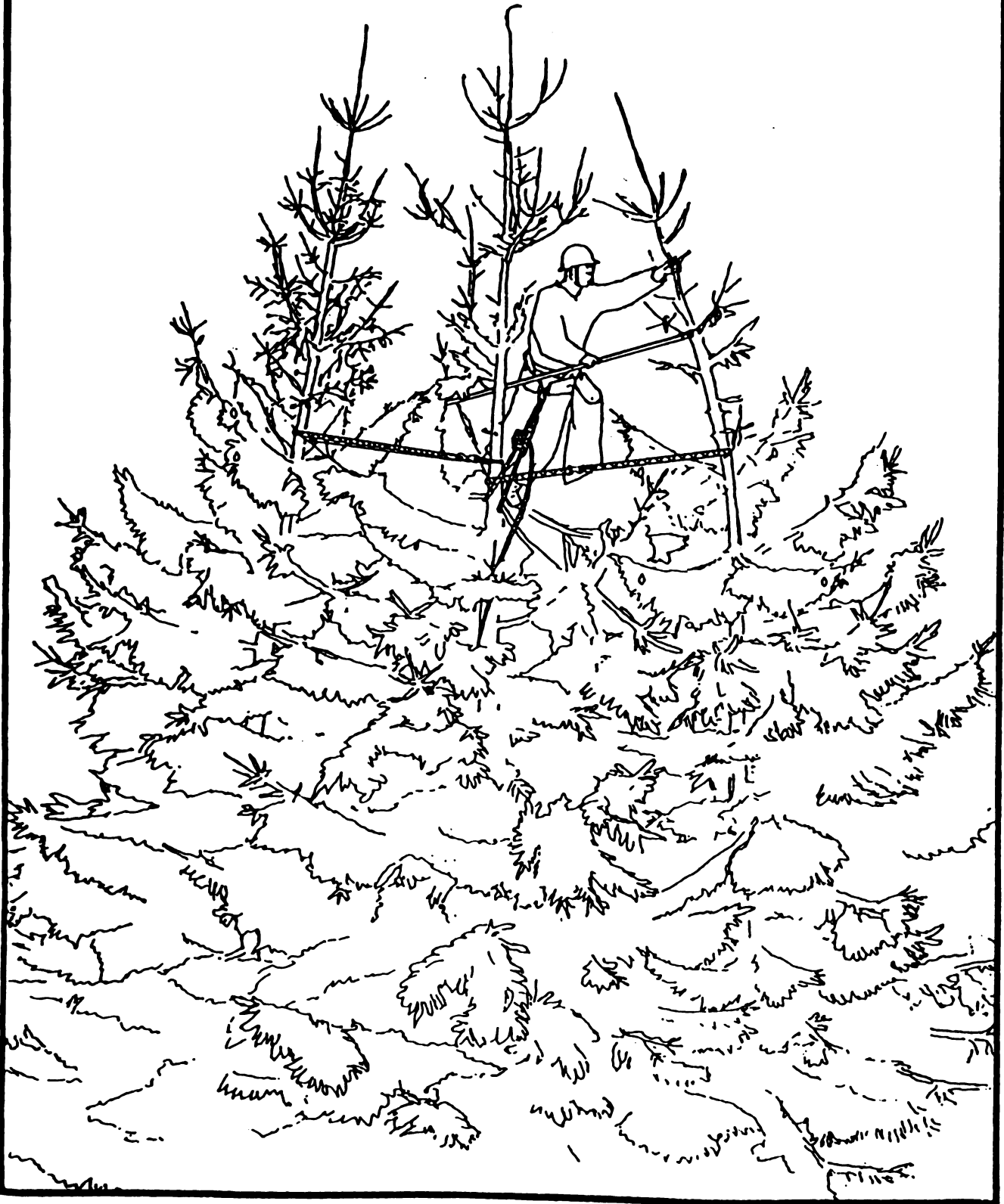


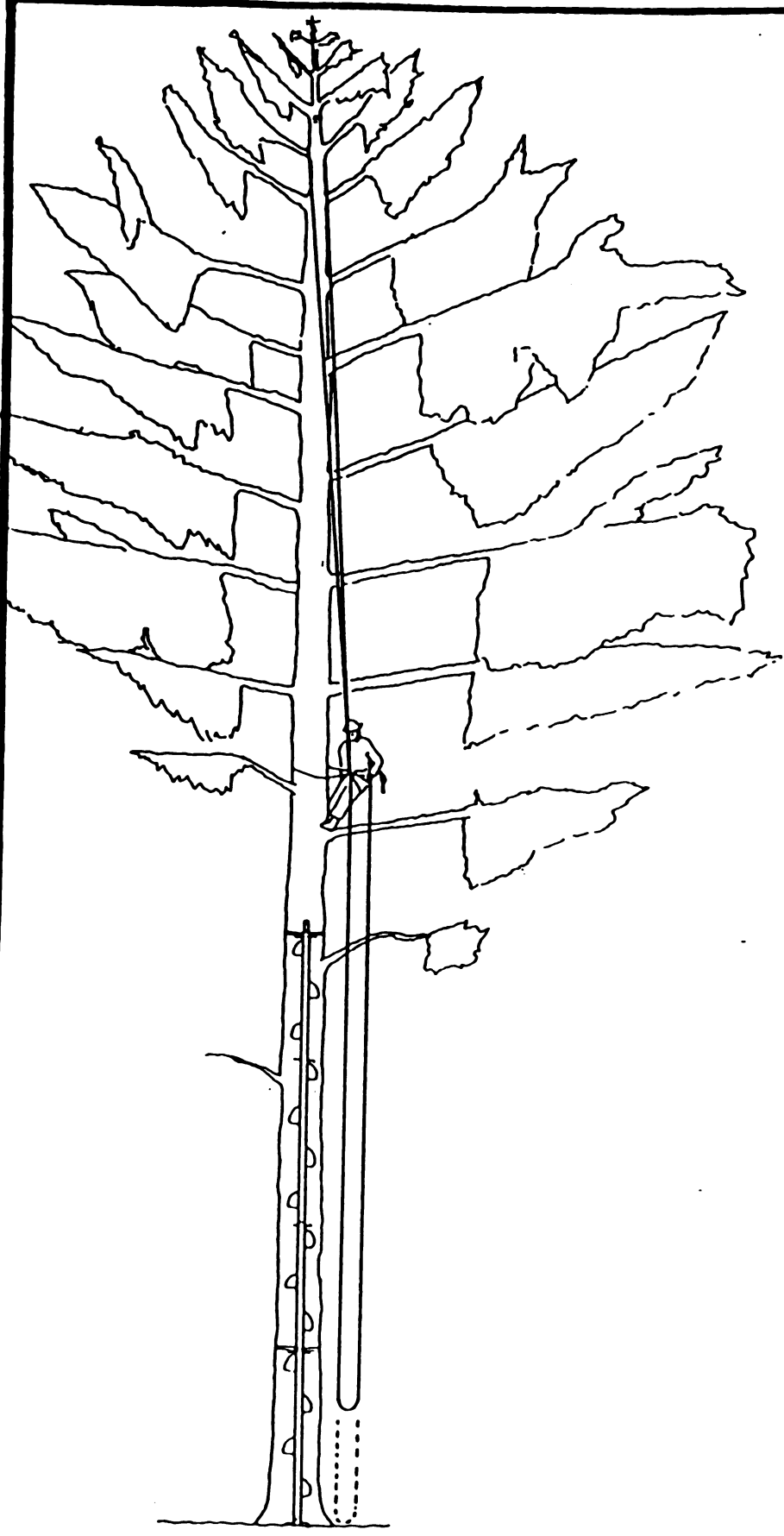




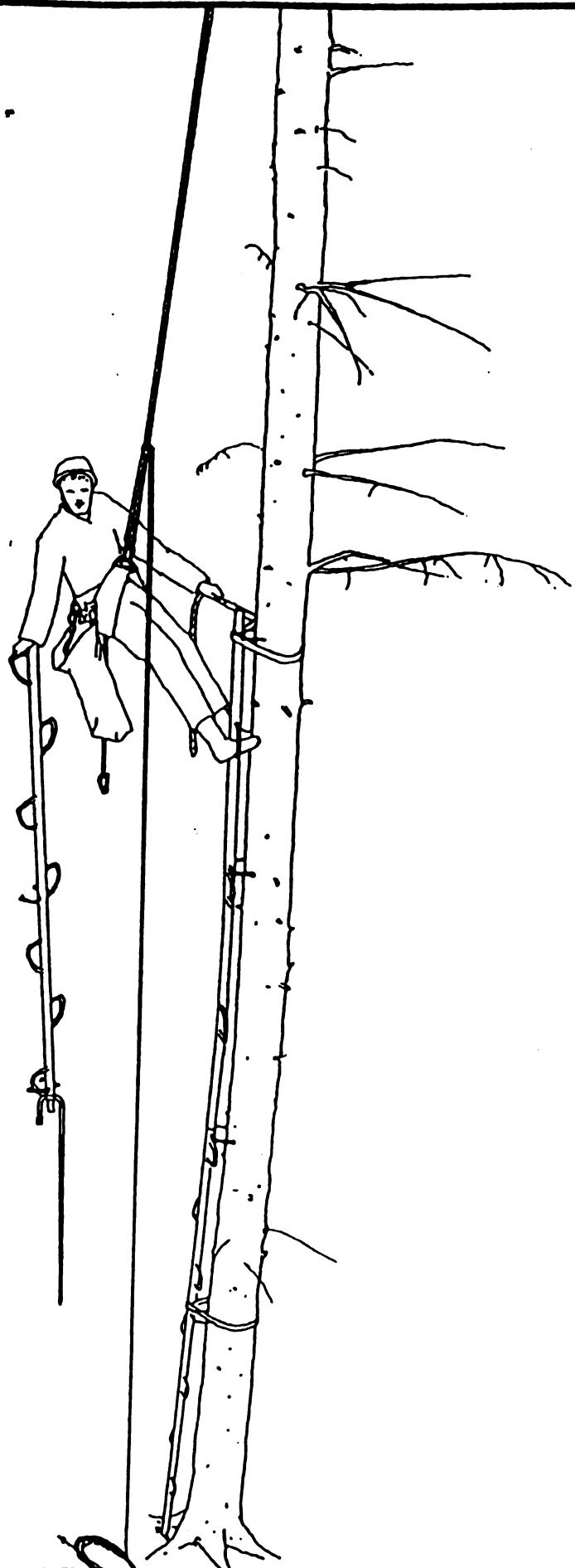


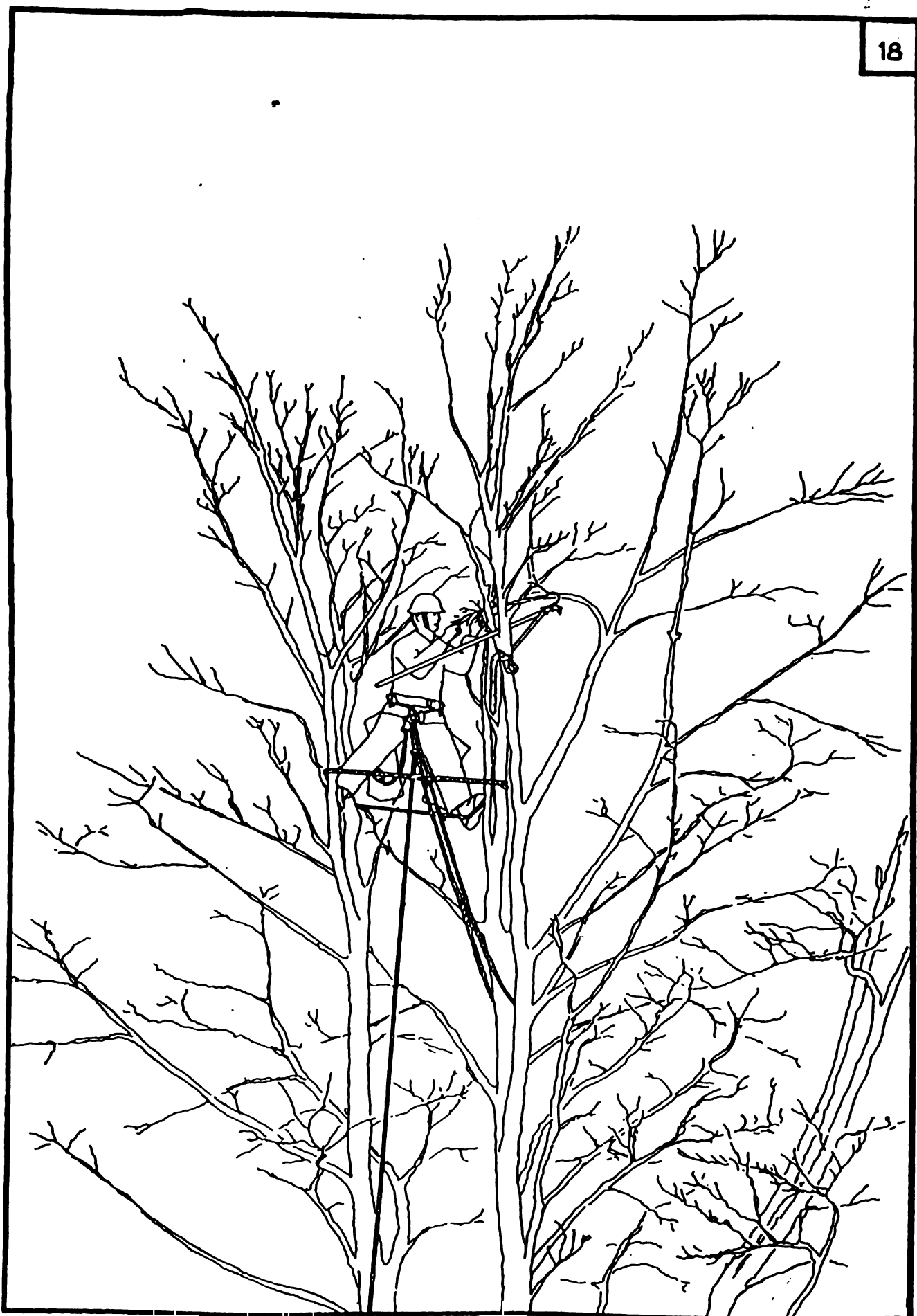






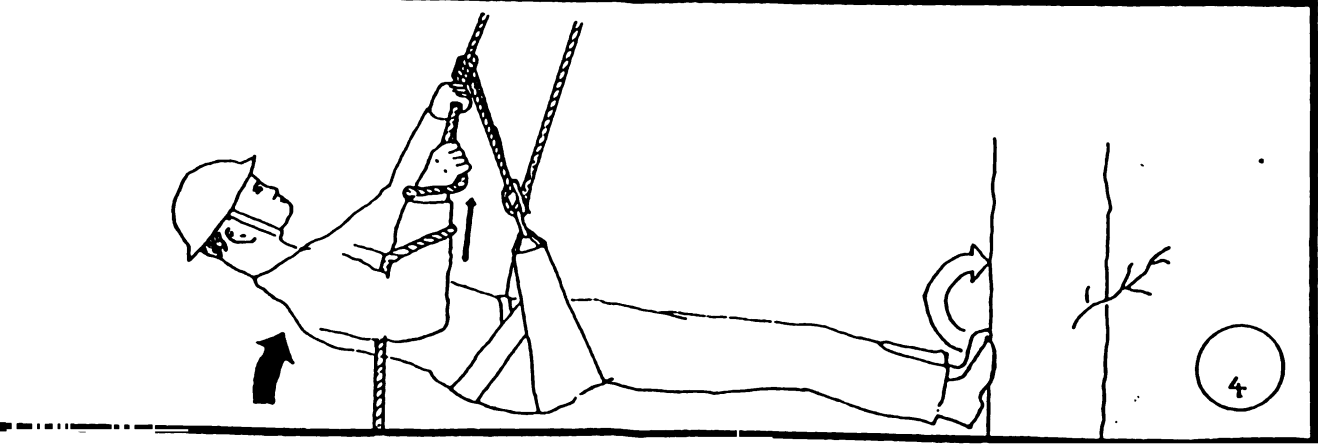
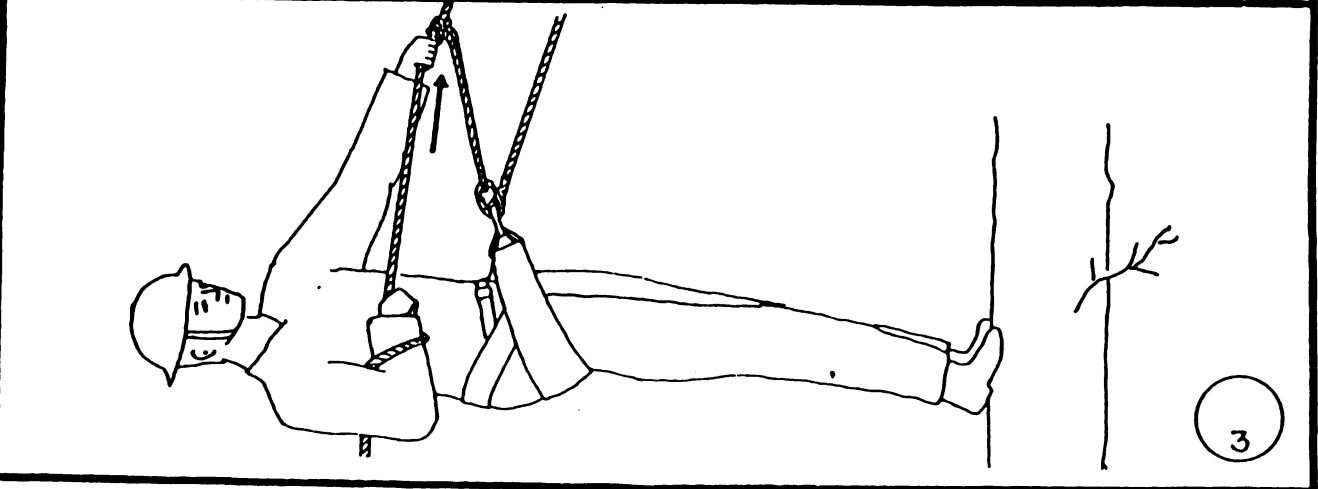
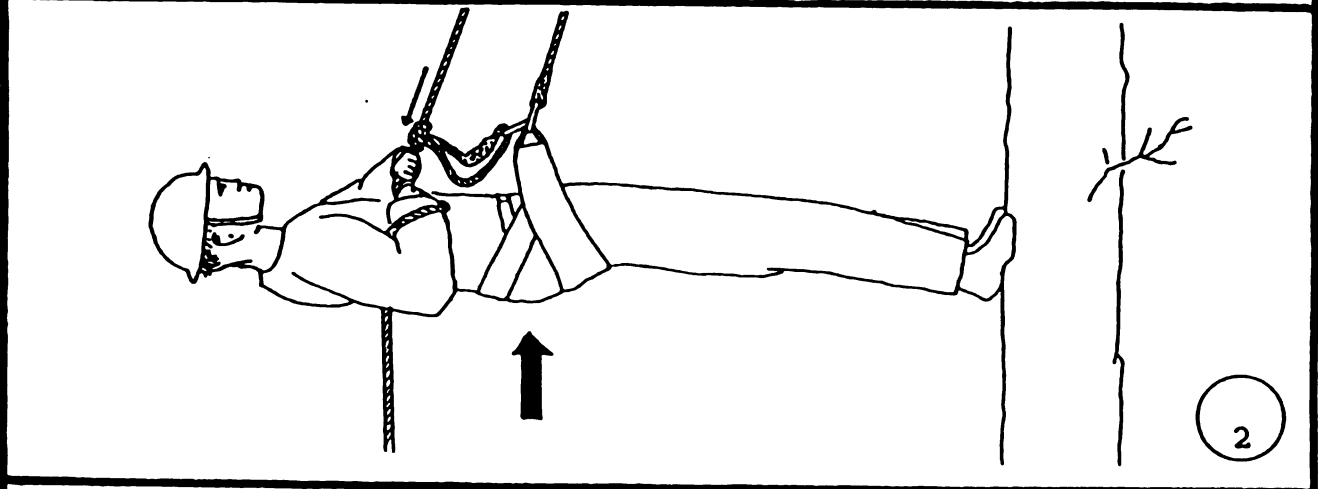
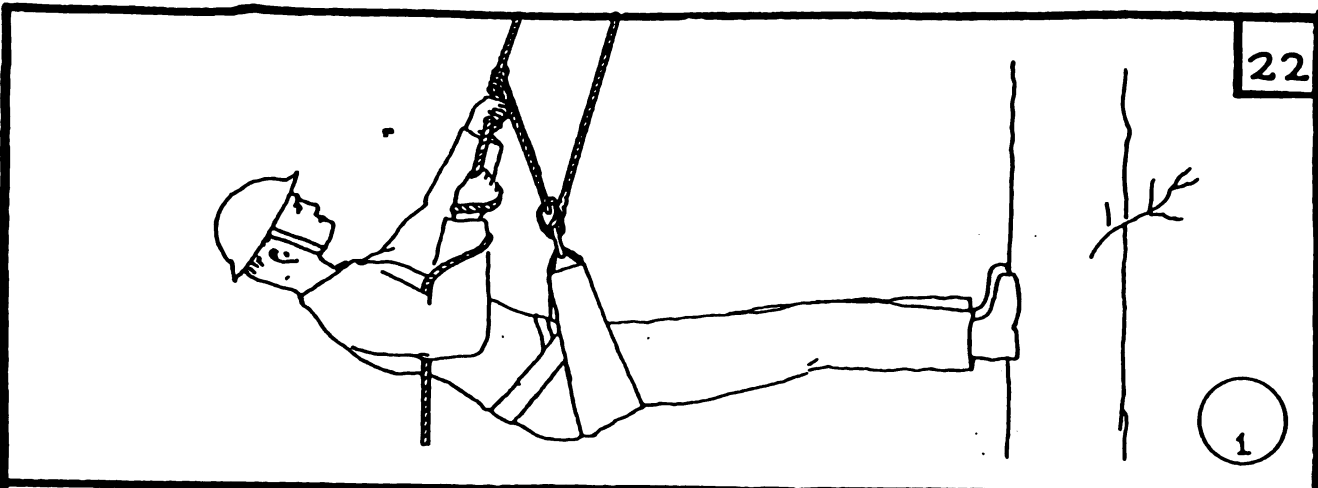
✓







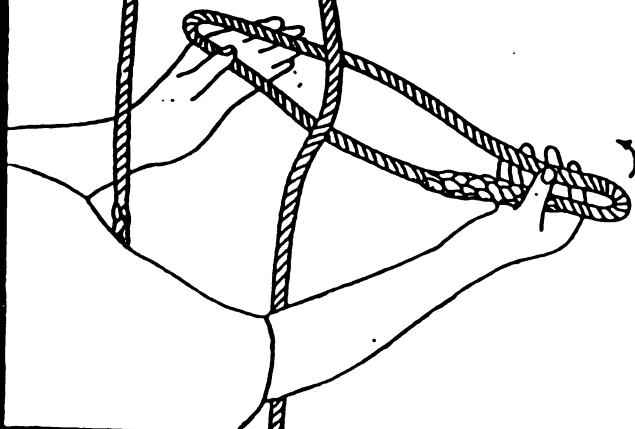




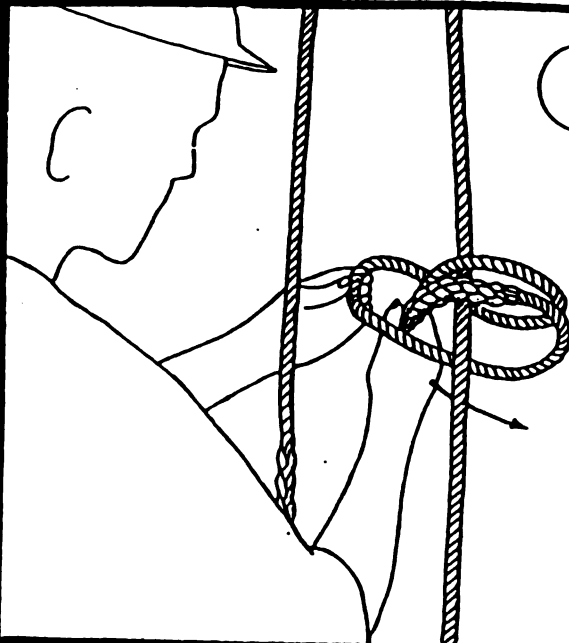
24

PRUSSIC LOOP

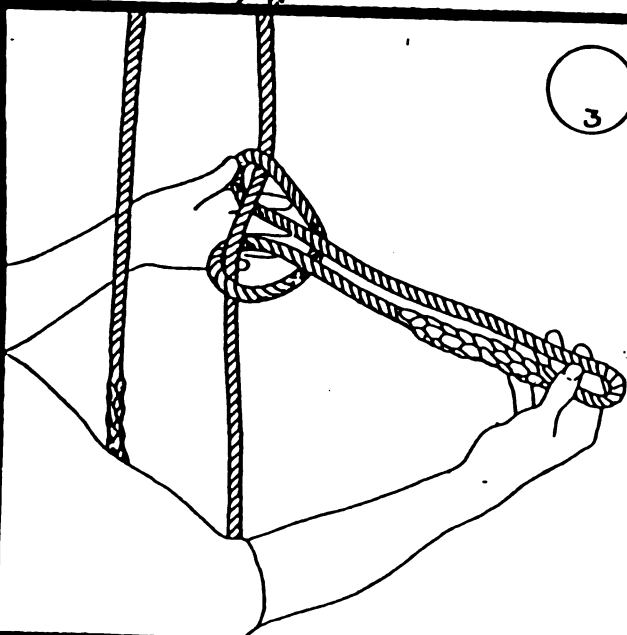
1



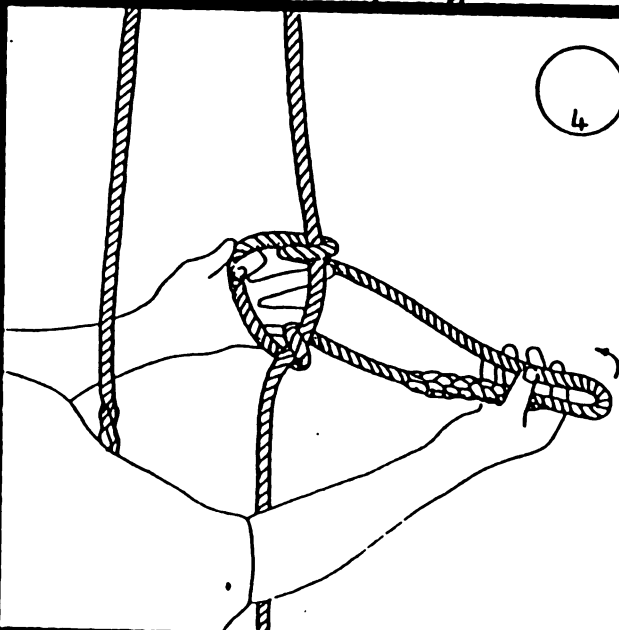
2



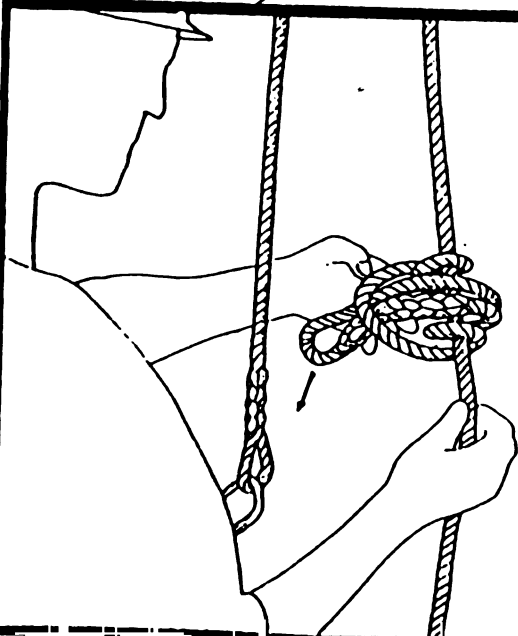
3



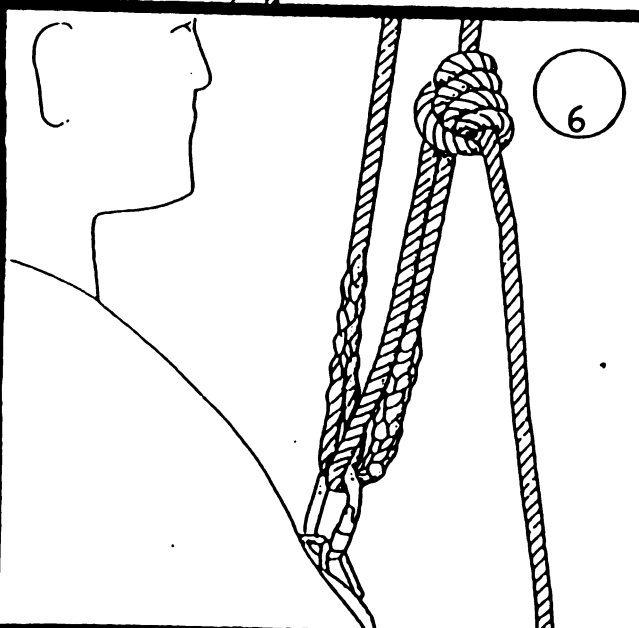
4



5



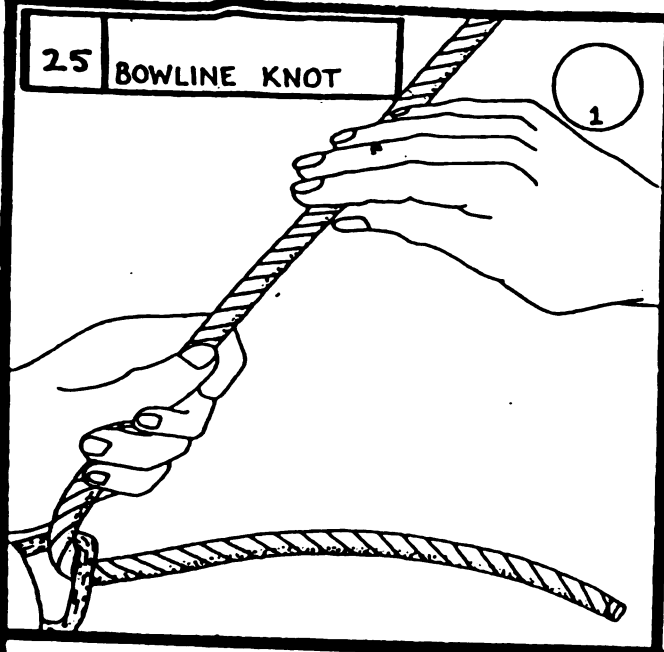
6



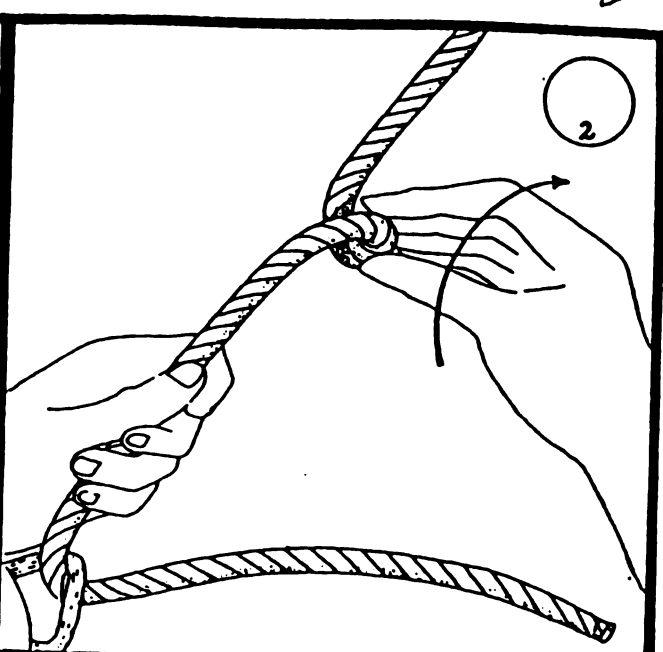
25

BOWLINE KNOT

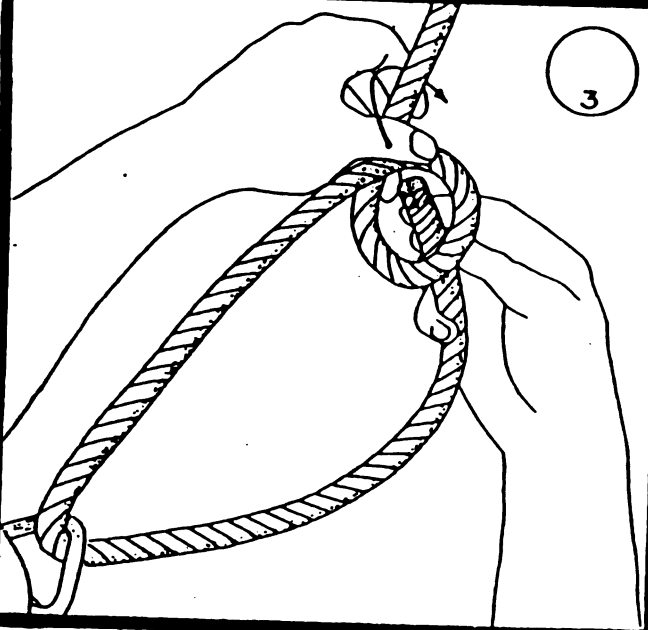
1



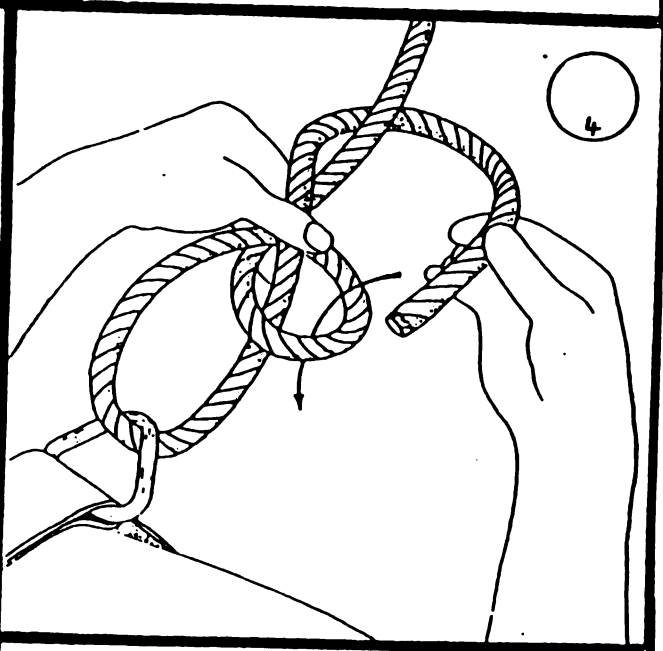
2



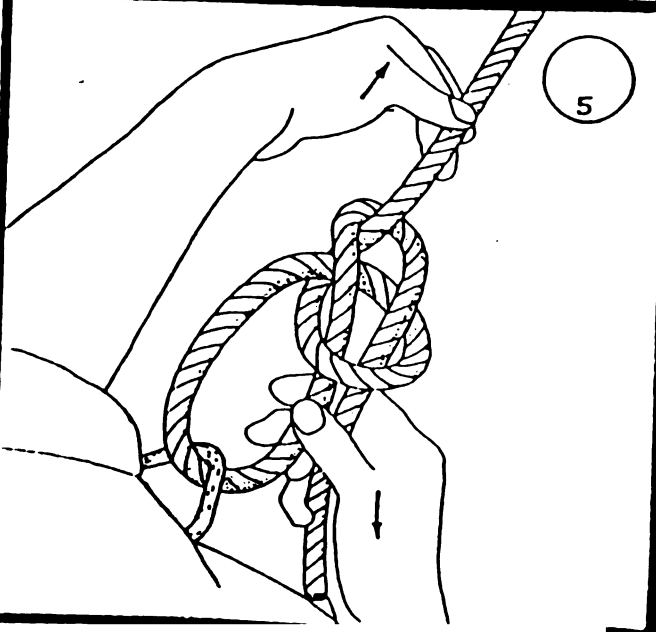
3



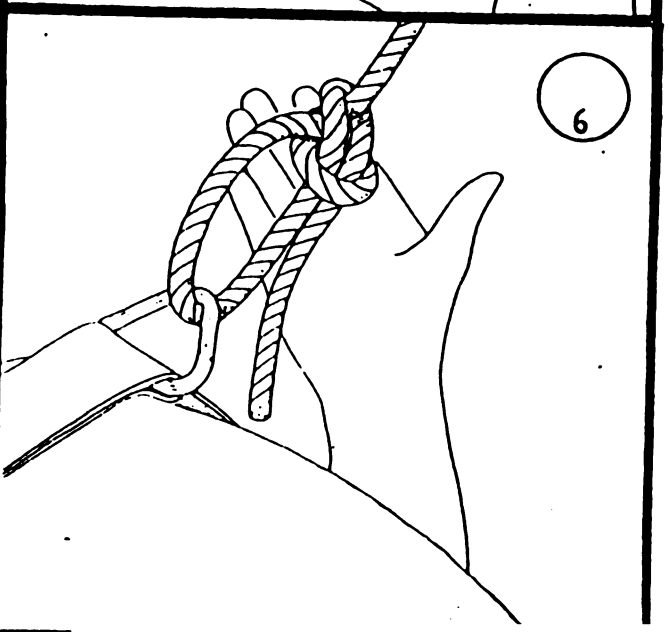
4



5



6

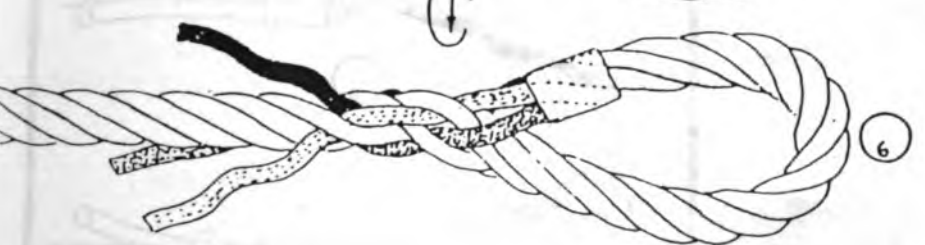
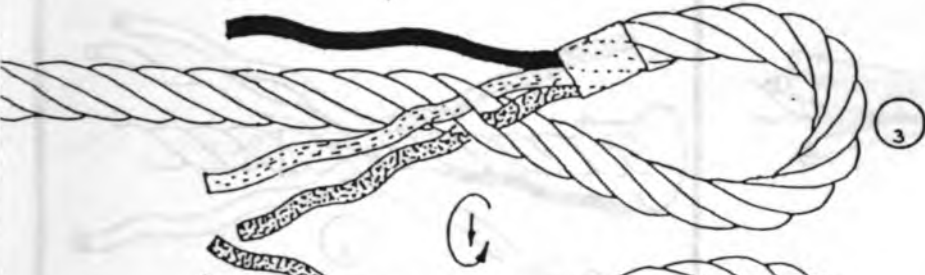
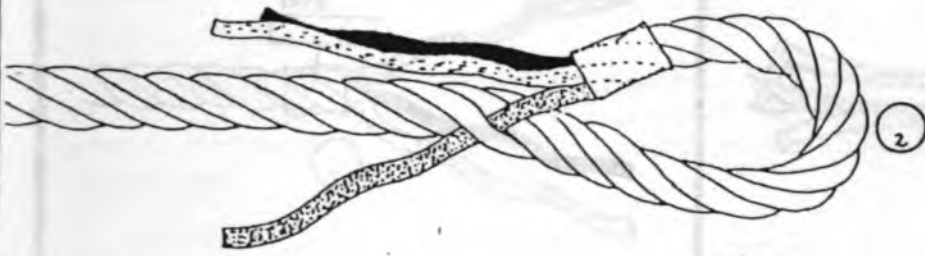
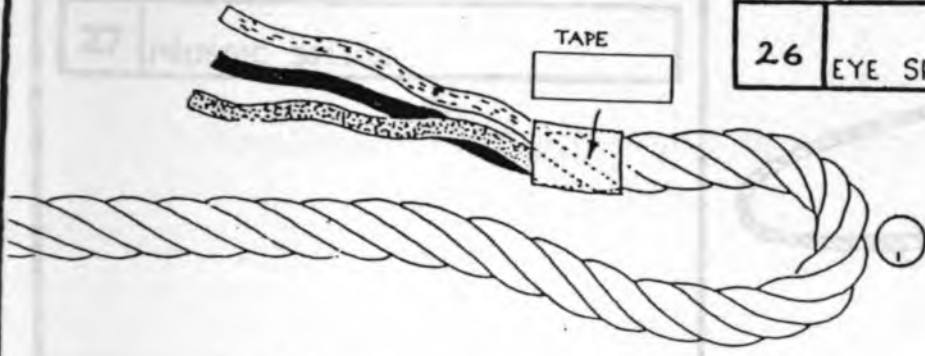


✓

27

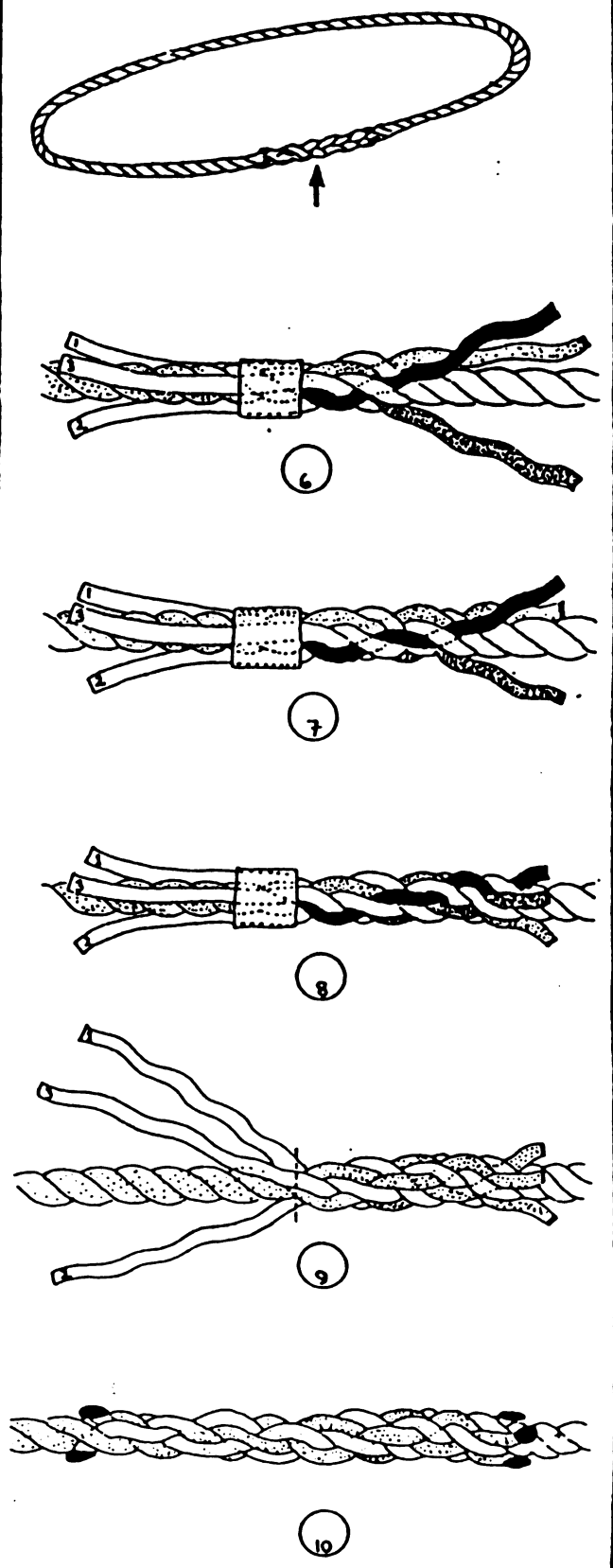
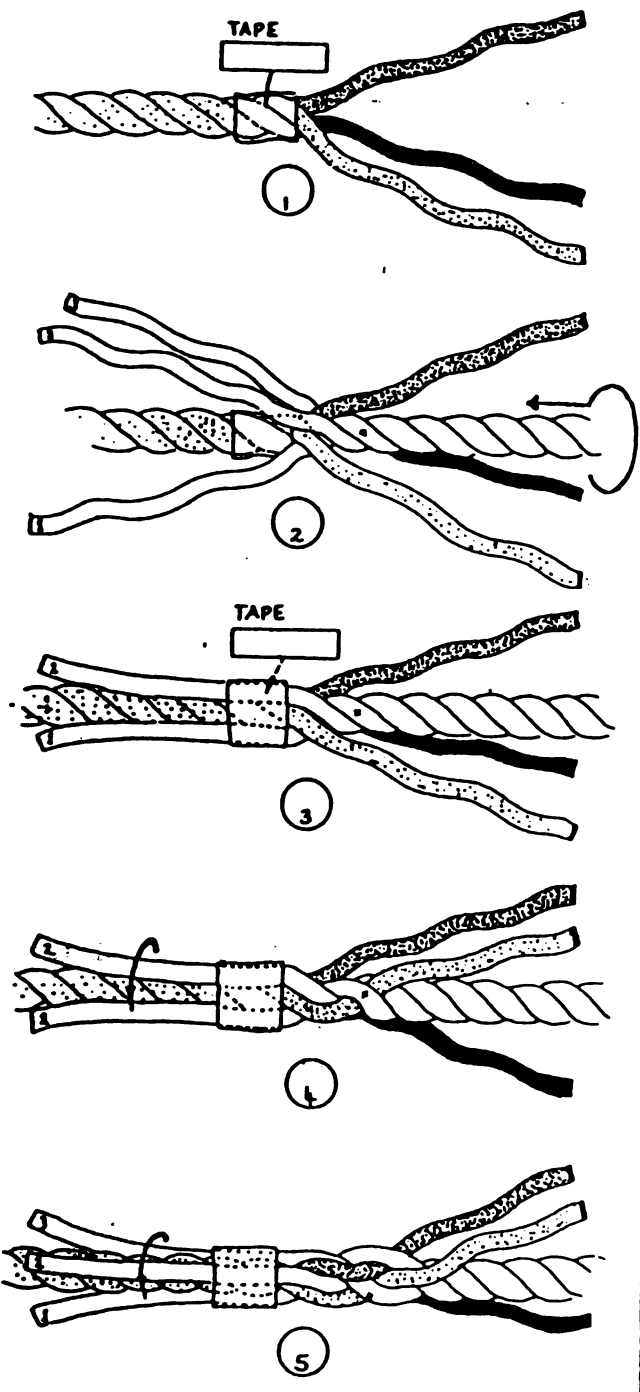
TAPE

26 EYE SPLICE



27

PRUSSIC SPLICE



## Fundamentos del procesamiento de semillas forestales

Enrique Trujillo N.<sup>1</sup>

### Introducción

La calidad final de la semilla forestal es una resultante de la combinación de varios procesos entre ellos el de extracción y beneficio. Características como la pérdida de viabilidad, alto porcentaje de impurezas, presencia de enfermedades o ataque de plagas son en alto grado una consecuencia del procesamiento.

Uno de los procesos de mayor influencia en la calidad es el control de la humedad en frutos y especialmente en semillas. Este aspecto es de difícil manejo en áreas tropicales y subtropicales debido a las constantes variaciones climáticas, que dificultan el proceso de secado. A este aspecto se suma una significativa heterogeneidad en los frutos en términos anatómicos, morfológicos, composición química, tamaño y dureza entre otras características, esta situación dificulta el uso de tecnologías y equipos que posibiliten uniformidad en los procesos.

### Tipos de frutos

La clasificación de los frutos en función de su procesamiento puede verse desde diferentes puntos de vista:

Tipos de frutos:

Dehiscentes: - Secos

Indehiscentes: - Carnosos

En esta clasificación general se enmarca la gran mayoría de las especies pero es inconveniente su generalización, ya que existen frutos carnosos a los que se les puede aplicar los mismos tratamientos que a los frutos secos, como puede ser el caso de *Cassia fistula*, especie que puede ser procesada permitiendo un período de fermentación en agua.

En cuestión de frutos resulta más conveniente agruparlos por sistemas de manejo de la siguiente manera:

- Conos
- Frutos secos

---

<sup>1</sup> Coordinador INSEFOR, CONIF, Colombia

- Frutos carnosos
- Frutos de especies recalcitrantes

Con esta clasificación general, es posible establecer un diagrama de procesamiento tal como lo presenta Stub Sgaard y Moestrup (1991).

### **Alistamiento**

Los frutos y semillas llegan de los sitios de procesamiento en sacos o canastas bajo las condiciones propias del transporte y de la alta humedad y temperatura que se desarrolla incrementada por la respiración y el apilamiento a que se someten los frutos.

Una vez que llega el material a los sitios de procesamiento, deben ser ubicados en sitios de buena ventilación y aislados de posibles fuentes de contaminación y otros agentes externos como cambios bruscos de las condiciones del medio ambiente.

### **Prelimpieza**

Las condiciones de campo no facilitan el adecuado manejo de la semilla y ocasionalmente se hace necesario empacar los frutos con elementos indeseables tales como ramas, hojas, eventuales insectos, rocas u otros materiales del medio, los cuales pueden estar húmedos o contaminados.

Estos elementos deben ser eliminados a la mayor brevedad posible para proceder al secado o almacenamiento temporal si es el caso. Si el caso es de almacenar temporalmente, es preferible evitar empaques impermeables ya que estos facilitan el aumento de la temperatura en su interior; si por el contrario va a realizar secado no coloque los frutos directamente bajo los rayos del sol, los períodos bajo el sol deben ser lo más cortos posibles.

### **Secado de frutos**

En general el secado se utiliza para facilitar la extracción de las semillas del interior del fruto y posteriormente para acondicionarles la humedad.

Independientemente del método utilizado para el secado, el proceso es similar para la mayoría de las especies forestales. Si no se conoce el requerimiento de humedad en la semilla para conservar su viabilidad, caso de las especies recalcitrantes, es necesario tener precauciones dada su tendencia a requerir un alto contenido de humedad.

Algunos frutos presentan un alto contenido de humedad y no es conveniente bajarlo bruscamente, es necesario aplicar un presecado en un lugar fresco y bien ventilado por un espacio de 15 días, posteriormente se pueden someter a un secado convencional.

Puede afirmarse que el proceso de secado en los frutos comprende al menos 2 fases, una inicial donde se produce la pérdida de agua de la superficie y otra posterior representada por la pérdida de agua que migra del interior a la superficie.

Dada la lentitud propia del proceso, resulta inconveniente exagerar las condiciones del secado como puede ser la alta temperatura, el proceso debe ser lento y gradual; lo contrario o un proceso brusco puede inducir un tipo de dormancia secundaria tal como se ha comprobado en *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

Si el proceso es lento se puede propiciar la aparición de microorganismos que pueden afectar la calidad fisiológica de la semilla.

La inducción a la apertura del fruto está directamente relacionada con su contenido de humedad, por ejemplo los conos de pinos con un nivel de humedad de 20 a 25% no abren, su apertura se produce cuando éste se reduce de 10 a 15%. No se puede desconocer que también la apertura (dehiscencia) de los frutos está estrechamente relacionada con su madurez. Los frutos inmaduros usualmente presentan mayor demora para su apertura.

La composición química también tiene influencia en el proceso de secado de frutos, especialmente en frutos serosos, con altos contenidos de resinas u otros componentes.

El comportamiento del contenido de humedad de los frutos depende de la humedad relativa del aire, cualidad que guarda una relación directamente proporcional con la temperatura del medio ambiente; si aumenta la temperatura aumenta la capacidad de retención de humedad del aire y por tanto la humedad relativa. A medida que aumenta la humedad relativa disminuye la eficiencia en la pérdida del contenido de humedad de los frutos. El "equilibrio higroscópico" ocurre cuando el contenido de humedad de los frutos o de las semillas según sea el caso, se hace equivalente con la humedad relativa del medio ambiente. se entiende que a menor humedad relativa en el ambiente, los frutos o la semilla pierden más fácilmente agua pero necesariamente existe un punto de equilibrio.

El período de tiempo necesario para que la semilla alcance su contenido de humedad en equilibrio depende de factores tales como la especie, la naturaleza y constitución de las capas de la semilla y principalmente la temperatura existente en el ambiente que rodea al material, a mayor temperatura se llega más rápidamente al contenido de humedad en equilibrio.

Cuando las semillas presentan un alto contenido de humedad y la temperatura del sitio donde se mantienen permanece con temperaturas altas, se puede provocar la pérdida rápida de la capacidad de germinación, el vigor o inducir un tipo de dormancia secundario.

El contenido de humedad final y adecuado para la conservación de semillas en almacenaje, depende de cada especie, generalmente en contenidos de humedad entre el 18 y 20 % se favorece la respiración y la presencia de microorganismos lo que causa una pérdida de viabilidad de la semilla por su rápido deterioro, con una humedad entre el 13 y el 16% las semillas adquieren mayor resistencia a daños mecánicos y entre el 8 y 9% se disminuye el ataque de microorganismos.

Muchas especies forestales no soportan la reducción de su contenido de humedad y pierden rápidamente su capacidad de germinar (especies recalcitantes).



## **Secado natural**

El secado natural en frutos y semillas se asocia con las condiciones naturales del medio ambiente y por lo tanto está sujeto a las modificaciones de las condiciones climáticas.

El secado natural es más barato por cuanto no consume energía eléctrica, pero no se puede controlar por tiempo lo que sí ocurre con el secado artificial. Se fundamenta en el calor del sol y el intercambio de aire y se afecta por el nivel de humedad relativa.

Para lograr una mayor efectividad, los frutos deben colocarse en capas de poco espesor (dependiendo del tamaño del fruto), variando de entre 5 y 20 centímetros.

Durante el tiempo de secado los frutos deben removerse constantemente para propiciar un secado homogéneo por suficiente aireación a todo el lote. El proceso debe ser cuidadosamente supervisado para evitar el efecto de condiciones inapropiadas tales como cambios bruscos de temperatura, exceso de humedad, pérdida de material por roedores u otras que afecten directamente la calidad de la semilla.

Durante la noche las condiciones cambian significativamente y en general no hay opción para la supervisión, los frutos y semillas deben ser cubiertos y colocados en áreas protegidas, con lo cual aún se puede conservar el calor ganado durante el día.

El tiempo que frutos y semillas permanecen en condiciones de secado natural, depende de las condiciones climáticas locales y de su contenido de humedad.

Es necesario para cada especie determinar las condiciones de tiempo, temperatura y humedad relativa a la cual la semilla alcanza el contenido de humedad en equilibrio y bajo las cuales por sus características particulares de tamaño, forma, composición química y características físicas y fisiológicas pueden permanecer almacenadas conservando su viabilidad.

## **Equipos e implementos**

El secado natural tiene una ventaja muy aplicable a las condiciones de los países tropicales, de requerir equipos poco sofisticados o costosos.

Se utilizan lonas, empaques, secadores tipo cafetero, cribas, cajones de secado y toda una gama de accesorios en general todos con posibilidad de fabricación artesanal y bajo costo.

## **Secado artificial**

El secado artificial resulta en general más eficiente debido a que no depende de las condiciones climáticas y puede controlar artificialmente los factores que influyen en la pérdida de agua.

Existe una variada gama de equipos e implementos para el secado artificial, funcionan a base de bombillos, colecta y depósito de energía solar, estufas de germinación, secadores de cabello, ventiladores, entre otros. En general e independiente al sistema aplicado, se utilizan gavetas de diferentes tamaños cuyo fondo se compone de cribas de variado calibre.

El secado artificial de los frutos y semillas debe realizarse bajo un control estricto de la pérdida de humedad, puesto que por tiempo y temperatura se corre el riesgo de deshidratar la semilla al extremo.

### Apertura de los frutos

Los períodos de tiempo y la velocidad de apertura de los frutos son condiciones que varían de acuerdo con los factores ambientales y con la especie. En eucalipto por ejemplo se puede observar los siguientes tipos de apertura :

Lenta: más de 336 horas/secado	<i>E. calophylla</i> , <i>E. ficifolia</i>
Media: 96-120 horas/secado	<i>E. citrodora</i> , <i>E. maculata</i>
Rápida: 24-48 horas/secado	<i>E. tereticornis</i> , <i>E. deglupta</i> <i>E. globulus</i>

### Extracción

La extracción es el proceso o conjunto de actividades tendientes a separar la semilla de los frutos. Los métodos de extracción varían en función de la naturaleza del fruto.

En general para enmarcar las actividades en cuanto a metodología de trabajo para obtención de las semillas, los frutos se pueden clasificar en conos, frutos secos dehiscentes o indehiscentes y frutos carnosos.

### Frutos secos dehiscentes

Los frutos secos dehiscentes, usualmente fibrosos o leñosos, se abren liberando las semillas de su interior durante el proceso de secado. Puede indicarse en general que requieren de dos fases para facilitar su extracción: secado y agitado.

La pérdida de agua en las células y paredes de los frutos ocasionan una contracción de los tejidos, lo cual favorece su apertura y liberación de la semilla. Esta liberación ocasionalmente es parcial, por lo que es necesario agitar o golpear para garantizar la salida de la totalidad de la semilla.

Algunas especies forestales representativas con frutos dehiscentes son *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Mimosa escabrella*, *Eucalyptus spp*, *Tabebuia spp*, *Pinus spp*, y *Alnus spp* entre otros.

### **Frutos secos indehiscentes**

Este tipo de frutos una vez secos no inducen su apertura para liberar las semillas de su interior debido a su consistencia, constitución y forma, por lo cual no se puede hablar de una técnica universal de manejo.

Existe varios métodos e implementos para la extracción de estas semillas, tales como tijeras de podar, martillos, machetes, molinos, por lo que en general el proceso tiene una alta dosis de trabajo manual.

Algunas especies forestales con este tipo de fruto son *Controlobium spp*, *Dalbergia spp*, *Enterolobium spp*, *Cassia ferruginea*, *Cassia excelsa*, *Dipteris spp*, *Licania spp*, entre otras.

### **Frutos carnosos**

Este tipo de frutos requiere para la extracción de sus semillas de un proceso de despulpado; si no se retira la parte carnosa del fruto se descompone y fermenta causando daños a la semilla especialmente por la producción de ácido acético.

El proceso se lleva a cabo usualmente colocando los frutos en tanques con agua por un tiempo aproximado de 24 a 48 horas, posteriormente se despulpan lavándolos en agua corriente o en forma manual y luego se secan en condiciones convencionales y dependiendo de cada fruto.

Algunos ejemplos de especies con frutos carnosos son *Juglans spp*, *Ficus sp*, *Ocotea spp*, *Inga spp*, *Euterpe sp*. entre otras.

### **Beneficio**

Es el conjunto de técnicas orientadas a eliminar las impurezas y homogenizar los lotes con relación al tamaño, peso, color y forma de la semilla.

Es posible dividir el beneficio en mecánico y manual dependiendo de los volúmenes que se manejen y las características de las especies. El beneficio mecanizado es poco usual en el mundo tropical, se ajusta mucho más a coníferas que a otro tipo de especies, por razón de su forma, tamaño y cantidad.

El sentido principal del beneficio es obtener la mayor cantidad de semilla de la mejor calidad física en una operación económica y eficiente.

## **Selección de la semilla**

Se conocen diversos métodos para seleccionar y separar las semillas que manifiestan tener las mejores características físicas para almacenar.

**Flotación** : Es una técnica con buen resultado en semillas grandes y con altos contenidos de humedad. El método se fundamenta en el hecho de que flotan solo aquellas semillas vacías, vanas y/o muy pequeñas que tienen un peso inferior al de las semillas viables.

Las semillas ortodoxas se rehidratan después de la flotación, lo cual no ocurre con las recalcitantes.

El proceso presenta ventajas para la selección de las semillas viables por la remoción de material vano, semillas enfermas y perforadas por insectos.

**Ventiladores** : son frecuentemente utilizados para la limpieza y separación de impurezas. Su potencia y distancia depende de las características de las semillas y cantidad y peso de materia inorgánica que hay que remover. Son implementos prácticos, económicos y fáciles de adquirir.

El sistema funciona eficientemente cuando los pesos de las semillas y la impureza son significativamente diferentes.

**Cribas** : en el procesamiento de la semilla las cribas son extremadamente útiles; son elementos utilizados para separar la materia desechable de la semilla propiamente dicha, se encuentran en el mercado bajo diferentes presentaciones y materiales, con perforaciones de varios calibres.

Su utilización se aplica tanto a sistemas manuales como mecanizados, para el caso de los sistemas mecanizados resulta conveniente la consecución de un juego pequeño para calibración manual con las mismas dimensiones de los juegos que utilizan las máquinas, dado que la escogencia del calibre en función del tamaño de la semilla se hace más fácil en forma manual que probarlo directamente en la maquinaria.

## **Equipo para separación y limpieza**

Existe una variada gama de equipos e implementos para el beneficio de semillas. En general se constituyen o son combinaciones de cribas de diferente calibre, presión graduable de aire, vibración y gravedad para los efectos de limpieza y clasificación.

Igualmente existen equipos para procesos particulares tales como desaladoras, golpeadoras de frutos, despulpadoras.

Existe equipo para sistemas de limpieza que en la actualidad se encuentra en estado experimental tales como separadores electrónicos y electrostáticos y mezcla de estos sistemas.

## **Mantenimiento de la identidad**

La identidad de los lotes resulta una de las actividades de mayor importancia durante el proceso de recolección hasta su almacenamiento y entrega final.

La indentificación usualmente incluye el nombre de la especie, datos de procedencia y un número de codificación.

Se ha definido que semilla sin indentificación es "basura", por tanto debe implementarse un sistema confiable de registro y marcación en todo el proceso.

Durante el manejo de la semilla se puede dar el caso que se procesen simultáneamente dos o más procedencias de la misma especie, o lotes diferentes, con lo cual existe riesgo de confusión.

En general los factores que afectan el proceso de secado tales como el contenido de humedad, las condiciones del aire (circulación y humedad relativa) y la temperatura deben finalmente estabilizarse en lo que se conoce con el nombre de "**equilibrio higroscópico**".

# **PROCESAMIENTO DE SEMILLAS FORESTALES**

## **Marco conceptual**



**CALIDAD  
FINAL**

✓ Viabilidad

✓ Impureza

✓ Sanidad

✓ Homogeneidad

---

---

**RELEVANCIA** ← Humedad

✓ Anatomía

✓ Morfología

**IRREGULARIDAD** ✓ Comp. química

✓ Tamaño

✓ Pureza

# Tipos de frutos

Clasificación tradicional

De acuerdo con su manejo

**Carnosos**

**Secos**

*dehiscentes*

*indehiscentes*

\*Conos

\*Frutos secos

\*Frutos carnosos

\*Recalcitrantes



# Alistamiento

- \*Ventilación
- \*Aislamiento
- \*Cambios bruscos
- \*Identidad

# Prelimpieza

- ★ Eliminación elementos indeseables
- ★ No perder identidad
- ★ No perder viabilidad
- ★ Evitar rayos directos de sol

# Secado

◊ Facilitar extracción

◊ Identificar tipo de semilla

◊ Presecado previo

◊ Fases → | -Pérdida de agua superficial  
| -Agua que migra del interior

◊ No forzar el proceso → | -Rápido - Dormancia  
| -Lento - Contaminación

◊ Apertura → | -CH inicial  
| -Composición química  
| -Madurez  
| -Condiciones externas

◇ CH depende de la H  
relativa & la temperatura

→ -> T° > cap.retenció  
-> humedad relativa

◇ > humedad relativa <  
eficiencia pérdida de agua

◇ Equilibrio higroscópico

◇ > T° aleja más rápido a  
CH en equilibrio

◇ Alto CH + T° alta =  
pérdida de viabilidad

◇ CH final (cada especie)

◇ Especies recalcitrantes -  
alto CH

◇ T° menor a >CH = se  
aumenta con disminución  
de CH

# Secado

**E**n general:

- > | -Baja humedad 3 - 5 días  
                  | -Condición lluviosa 8 -10 días

**Cada especie tiene un  
proceso particular**

Ú  
E  
C  
A  
D  
O  
  
N  
A  
T  
U  
R  
A  
L

☛ **Sujeto a condiciones ambientales**

☛ **Económico**

☛ **Lento**

-sol

☛ **Secado** -intercambio de aire  
-se afecta por HR

☛ **Poco espesor de CAPS (5-20 cm)**

☛ **Remosión**

NO

-cambios bruscos de T°  
-exceso de humedad  
-pérdida material  
-condiciones nocturnas

# Equipos e implementos

☀ Lonas

☀ Empaques

☀ Secadores cafeteros

☀ Cribas

☀ Cajones

☀ Otros

S  
E  
C  
A  
D  
O  
  
A  
R  
T  
I  
F  
I  
C  
I  
A  
L



**No depende de condiciones climáticas**



**Control artificial de condiciones**

**-HR**

**-Circulación del aire**

**-Interacciones**

**-Temperatura**

\*sol

\*resistencia

\*bombillo

\*fuego

# EXTRACCIÓN

## SECOS

## CARNOSOS

### dehiscentes

- fibrosos o leñosos
- abren en proceso de secado
- pérdida de agua-contracción liberación semilla
- agitación
- golpe

### indehiscentes

- No inducen a apertura
- Variedad: formas, tamaños, consistencia, composición química

- despulpado
- fermentación -daños
- tanques agua 24-48 hrs
- Secado convencional
- Limpieza convencional

## EXTRACCIÓN MANUAL

- tijeras
- martillos
- machetes
- molinos
- macerados
- fuego



# *BENEFICIO*

**Obtener mayor cantidad de semilla  
mejor calidad fisiológica  
OPERACIÓN ECONÓMICA EFICIENTE**

## **MÉTODOS**

agua

ventiladores

cribas → redondas  
ovaladas  
triangulares

sistemas manuales

mecanizados

gama de productos → desaladoras  
golpeadoras  
mesas de gravedad

MANTENIMIENTO DE LA IDENTIDAD

SEMILLA SIN IDENTIFICACION ES BASURA

NOMBRE SP

DATOS PROCEDENCIA

N° DE CODIFICACION

Banco Latinoamericano de Semillas Forestales  
PROSEFOR, CATIE, Apartado 7170  
Turrialba      Teléfono: 506-5561933/5566431  
Costa Rica      Fax:      506-5561533

BL 012 / 94 A  
*Gliricidia sepium*  
Naranjo, Alajuela, Costa Rica  
% Germ. 92      % Pureza 99

PLASTIFICADO

RESISTENTE

TINTA INDELEBLE

VARIOS STIKERS

## **Fisiología de la germinación: un enfoque a los tratamientos pregerminativos**

*Enrique Trujillo N.<sup>1</sup>*

### **1. Generalidades**

Los tratamientos pregerminativos han dejado de ser una opción de manejo para convertirse en prácticas de uso obligatorio en muchas especies para mejorar el porcentaje de germinación y la energía germinativa. Su efecto ha sido ampliamente comprobado en el campo forestal y cada vez se ha sofisticado más su utilización por lo menos a nivel experimental.

El conocimiento sobre técnicas pregerminativas es más amplio que las aplicaciones que dan los usuarios, debido a falta de información o implementación de métodos masivos y aplicables de una manera ágil en los viveros. Salvo algunas excepciones es fácil y económica su aplicación.

La investigación se ha orientado de una manera aplicada, por ensayo y error, sin tener en cuenta, tanto la estructura de la semilla como su fisiología. A continuación se presentan algunos conceptos que explican las respuestas a diferentes tratamientos.

### **2. La germinación**

La germinación de la semilla es un fenómeno biológico, que puede interpretarse como la continuación del crecimiento del embrión, el cual ha sido temporalmente interrumpido durante la formación de la semilla. Durante el desarrollo de la germinación intervienen eventos genéticos, metabólicos, anatómicos y bioquímicos. Básicamente supone la activación metabólica de la semilla hasta que se da origen a una plántula normal. Durante la formación de la semillas, se producen y almacenan reservas en el endosperma (monocotiledoneas) o los coliledones (dicotiledoneas).

El CO<sub>2</sub> fijado por las hojas se convierte en sacarosa, se transporta a través del floema y se acumula en los tejidos de reserva de la semilla. Durante la formación del endosperma se sintetizan proteínas (enzimas y reservas), posterior a la acumulación de almidones. De igual manera se acumulan lípidos, los cuales son más energéticos como tejido de reserva y estos tienen una participación activa durante la germinación y el crecimiento. Durante la formación de la semilla se sintetizan y acumulan hormonas, las que posteriormente participan en la germinación.

Adicionalmente se forman nucleótidos libres, amidas, alcaloides, aminoácidos, ácidos grasos, fenoles, vitaminas, pigmentos, antocianinas y otros compuestos que literalmente conforman una batería bioquímica necesaria para dar origen al fenómeno de la germinación. Para la ocurrencia de la germinación, las condiciones externas e internas deben ser adecuadas y suficientes; la restricción de uno o varios de los factores que intervienen, puede impedir el fenómeno o su desarrollo de una manera irregular. Para mejorar y hacer óptimas las condiciones para la germinación se recurre al uso de tratamientos pregerminativos, los cuales ayudan de una u otra manera al estímulo germinativo bien sea superando barreras físicas o fisiológicas.

---

<sup>1</sup> Coordinador INSEFOR, CONIF, Colombia.

## 2.1 Regulación de la germinación

La germinación no se activa sin condiciones adecuadas, los tratamientos pregerminativos facilitan las condiciones o modifican las restricciones, para asegurar una secuencia ordenada de los procesos fisiológicos propios de la germinación.

La regulación se presenta en la semilla por las testas y otras barreras permeables, por requerimientos energéticos, síntesis y activación de enzimas y hormonas y reguladores de crecimiento.

## 2.2 Factores que intervienen en la germinación

La germinación es una secuencia de eventos, influenciada directamente por varios factores internos y externos que interactúan permanentemente.

Dentro de los factores externos, se cuentan principalmente la humedad, temperatura, luz, oxígeno y CO<sub>2</sub>, sustrato (pH, nivel de salinidad, medio). Los internos que intervienen son los promotores e inhibidores de la germinación, la activación metabólica en general y la regulación genética particular. La fisiología de la germinación aún no está totalmente determinada, aunque existen por lo menos tres teorías bioquímicamente fundamentadas. **Sobre algunos de los factores y restricciones existentes es posible la aplicación de tratamientos pregerminativos.**

## 3. Tratamientos pregerminativos sobre factores exógenos

### 3.1 Agua

El agua es un factor completamente imprescindible en el proceso de la germinación. La semilla absorbe agua hasta la imbibición, lo que permite la activación de los procesos metabólicos.

Dependiendo de la composición química de la semilla se tiene un mayor o menor nivel de imbibición. Existe un mayor nivel de hidratación en proteínas y menor en oleaginosas o en general semillas ricas en grasas. La imbibición es un proceso mecánico y activa procesos netamente biológicos. La presión de imbibición está directamente relacionada con el potencial hídrico. Durante la hidratación ocurre una dispersión de coloides, se hidratan las reservas y se activan los sistemas enzimáticos de hidrólisis.

Se puede dividir el proceso de imbibición en tres etapas:

- 1° Proceso de absorción rápido, puramente físico e indiferente de la viabilidad de la semilla.
- 2° Fase estacionaria
- 3° Fase metabólica, lenta prolongada y dependiente de las condiciones de temperatura y O<sub>2</sub> (Se reactivan organelas, se produce un aumento en la respiración y por tanto hay liberación de energía indispensable para la germinación).

Dependiendo de la temperatura puede haber diferencias en la imbibición de algunos minutos a horas. La disponibilidad de oxígeno influye activamente en el proceso, dado que aumenta la tasa respiratoria. Tanto el agua como el oxígeno requieren de cierta impermeabilidad de la semilla, lo cual está en función directa de las características de su testa. En términos de la capacidad de permitir el paso

de agua y oxígeno a su interior las semillas pueden ser remeables o impermeables, la impermeabilidad de la testa depende de su composición química, características anatómicas tales como el tipo de tejido de la exo, meso y endotesta y el estado de madurez y desarrollo. Las características de la testa no solo son responsables de su permeabilidad, sino de su capacidad de retención de agua y algunas veces ocasionan latencia dada la presencia de inhibidores de la germinación como es el caso común de los fenoles.

La restricción al paso de agua y oxígeno por parte de la testa es muy frecuente y causa principal de las dificultades de germinación (porcentaje y vigor) en una gran cantidad de especies, el grupo de las leguminosas se incluyen en esta clasificación. La testa es una de las principales estructuras responsables de la latencia e impermeabilidad de las semillas, tanto por su composición anatómica como química. Estas cubiertas están conformadas de varias capas de tejido con fuertes variaciones en número, grosor, estructura histológica. A continuación se muestran las testas de algunas especies. Para romper esta limitación, se utiliza una variada gama de tratamientos pregerminativos, los cuales se agrupan principalmente en químicos y físicos, todos encaminados a fisurar, o alterar las características de la testa para facilitar el paso de agua y oxígeno y la salida de CO<sub>2</sub> facilitando en la respiración.

Dependiendo de la anatomía y morfología de la semilla, tamaño, composición química de la testa, dureza y facilidad de manipuleo, se elige un tratamiento pregerminativo. Para facilitar el paso de agua se puede recurrir a:

- Escarificación mecánica - eliminación por diferentes medios de las capas impermeables restrictivas
- Inmersión en agua por tiempos y temperaturas variables
- Inmersión en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub> u otros ácidos en diferentes dosis, con concentraciones y formas de aplicación
- Corte parcial de testa
- Eliminación total de testa
- Exposición directa al sol y agua
- Fuego
- Golpe o fractura
- Calentamiento en seco

Los tratamientos presentados se utilizan en diferentes formas, intensidades, concentraciones y tiempos de aplicación, en función de las características de las semillas y experiencias previas.

### 3.2 Oxígeno

El oxígeno es necesario como sustrato en las reacciones metabólicas importantes de la semilla, especialmente la respiración. Aunque en los primeros estadios de la germinación los procesos (antes de que la radícula rompa el tegumento, las reacciones son de carácter anaeróbico), posteriormente el proceso se hace totalmente dependiente del oxígeno. La disponibilidad de oxígeno también se afecta

por otros factores como la temperatura, el grado de humedad, concentración de CO<sub>2</sub>, dormancia y algunos hongos y bacterias.

A bajas temperaturas (5°C) el consumo de oxígeno a través de la testa es menor. Los tratamientos pregerminativos aplicables para facilitar la entrada de oxígeno al interior de la semilla son los mismos enunciados anteriormente para el caso del agua. En general son tratamientos tendientes a alterar la permeabilidad de la cubierta mediante la remoción de tejidos restrictivos. Usualmente no es necesario alterar la totalidad de la cubierta, ya que con una pequeña sección es suficiente.

### 3.3 Temperatura

Es uno de los principales y más influyentes factores de la germinación, se han reportado rangos mínimos por encima de 0°C, óptimos entre 25 y 31°C, máximos de 40-50°C. El factor desencadenante es la variación de la temperatura, por debajo o por encima de estos límites puede ocurrir la muerte de la semilla. Cuando las semillas son sometidas a temperaturas constantes se presentan modificaciones en la estructura de las capas lipídicas si la temperatura se eleva de 30-35°C se aumenta el flujo de aminoácidos durante la germinación. Dado que las enzimas tienen un óptimo de temperatura para su actividad metabólica, la influencia de los niveles o cambios de temperatura influyen decididamente presentando alteraciones metabólicas.

La germinación es muy sensible a la variación de la temperatura en unos pocos grados, lo cual se ha verificado a través de múltiples pruebas de germinación. Algunas especies necesitan alternancia de la temperatura para inducir la germinación. Esta alternancia se ajusta probablemente a las fluctuaciones naturales de su medio ambiente. La tasa de consumo de oxígeno de la semilla depende de la temperatura y por tanto es un poderoso regulador metabólico.

**Como tratamientos pregerminativos se aplican cambios bruscos de temperatura alternados o someter la semilla a una dosis variable de frío 4°C antes de su siembra y al menos por 24 horas, tal como ocurre en *Ciphomandra betacea*.**

### 3.4 Luz

La sensibilidad de las semillas a la luz es bastante variable de acuerdo a la especie. Algunas semillas se estimulan positivamente por la luz y otras negativamente. La respuesta de las semillas a la luz, esta ligada a una cromoproteína denominada "Fitocromo", pigmento responsable de atraparla.

El fitocromo se puede clasificar de acuerdo a la longitud de onda que predomine, con 660nm el fitocromo se activa y estimula la germinación, con 730nm la inhibe, en un tipo de respuesta denominada fotoconversión fue descubierta por Kendrick Spruit en 1973.

Básicamente el fitocromo es un sensor de señales del medio ambiente y fotorregulador, ya que capta, traduce y amplifica señales. Actúa solo en semillas hidratadas aunque está presente en semillas secas, el agua induce a cambios conformacionales, hidrata la parte proteica del fitocromo y estimula la síntesis misma del fitocromo.

En general esta presente en bajas concentraciones y en la oscuridad puede ser remplazado por la giberelina. Puede ser inhibido por ácido abscísico. En el espectro de la luz natural, las longitudes de onda de 660nm predominan en 2:1 sobre las longitudes de 730nm. Bajo el dosel del bosque, dado que las hojas actúan como filtros, solo pasan longitudes tales como 730nm, por tanto el fitocromo actúa

como inhibidor. Esto explica porque una vez removida la cubierta forestal, germina una gran cantidad de semillas del Banco de Semillas del suelo.

La luz activa el fitocromo y este a su vez favorece la producción de giberelina estimulante de la germinación. La necesidad de luz en las semillas se reduce a medida que se acerca al nivel óptimo de la germinación, tal como ocurre en *E. camaldulensis*.

Muchas especies requieren fotoperíodos específicos para el estímulo de su germinación, por ejemplo *Pinus taeda* y *Pinus elliotii* germinan con fotoperíodos de 8 a 16 horas. En algunas especies los requerimientos de fotoperíodos pueden ser reemplazados por estratificación en frío durante lapsos variados.

Existe una clara relación entre el fotoperíodo y la temperatura en la germinación de semillas. Como tratamientos pregerminativos específicos se somete la semilla durante la imbibición a radiación luminica de 660nm, lo cual se consigue simplemente con una lámpara normal de luz blanca o filtros específicos de tal longitud de onda (para semillas de *Eupatorium sp*, una lámpara de 150 Lux de luz blanca es la mejor opción. Ambica, 1980).

Utilización de diferentes combinaciones de fotoperíodos (según las exigencias de cada especie) y estratificación de las semillas en arena húmeda a temperaturas bajas (4°C) por tiempos variables reemplazan respuestas a la luz. Las semillas son sensibles a la calidad, cantidad, dirección y duración de la luz

#### 4. Tratamientos pregerminativos sobre factores internos

Las hormonas y sustancias inhibitoras no hormonales son contraladores internos que regulan la germinación de semillas y se ajustan a las condiciones medioambientales y metabólicas de la semilla.

##### 4.1 Promotores

Los principales promotores de la germinación son la giberelina, ácido indolacético y citoquiminas, compuestos que estan presentes en pequeñas cantidades en la semilla y su síntesis responde a sus características genéticas y respuestas específicas al medioambiente (por ejemplo fitocromo 660nm, promueve la formación de giberelina y ésta a su vez desencadena la germinación).

##### 4.1.1 Giberelina

La giberelina estimula la germinación su velocidad y a la vez que estimula el crecimiento de la plántula. La respuesta de esta hormona puede variar con cada especie. El ácido giberelico es producido comercialmente por medio del cultivo del hongo *Giberelius spp.* y está disponible como sal de potasio.

Como tratamiento pregerminativo se utiliza la aplicación exógena de giberelina en concentraciones variables de 25 a 10.000 partes por millón (ppm). Para permitir la penetración en semillas con testas restrictivas se escarifica o elimina la cubierta.

La giberelina ha mostrado respuestas positivas en la germinación en casi todas las especies con las que se ha utilizado. Su uso no se ha extendido debido al desconocimiento de su acción, dificultad

de preparación y eventualmente costos, aunque en la actualidad hay presentaciones económicas y de fácil aplicación con solo su dilución en agua (por ejemplo progibis, hormonagro, etc.).

#### 4.1.2. Las citoquininas

Las citoquininas, hormonas clásicas del crecimiento pueden ser activas para estimular la germinación de algunas semillas, comercialmente se pueden conseguir como kinetina. Se disuelve primero en una cantidad pequeña de HCL y luego se diluye en agua. **Por lo general la semilla se diluye en soluciones de 100 ppm de kinetina.**

**La combinación de citoquininas con ácido giberélico o con compuestos que liberan etileno, normalmente dan buenos resultados.**

#### 4.1.3. Etileno

El etileno ocurre de manera natural en las plantas y se conocen sus propiedades reguladoras del crecimiento. Experimentalmente la aplicación de etileno ha estimulado la germinación de semillas y es factible su uso práctico.

#### 4.1.4 Nitrato de potasio

Muchas semillas latentes recién cosechadas germinan mejor después de la aplicación de una solución de nitrato de potasio. Como técnica su uso es muy extendido en laboratorios de semillas. **El tratamiento consiste en humedecer los medios de germinación con una solución de nitrato de potasio al 0.2%.**

#### 4.1.5 Tiourea

Este compuesto se ha empleado para estimular la germinación de algunas semillas latentes, particularmente aquellas que no germinan en la oscuridad o que requieren tratamientos de estratificación húmeda y en frío, **como tratamiento se emplean soluciones acuosas del 0.3 al 0.5%.**

Este compuesto nitrogenado inhibe el crecimiento aunque estimula la germinación, por tanto resulta conveniente remojar las semillas por 24 horas y luego enjuagarlas en agua.

### 4.2 Inhibidores

El inhibidor de la germinación más conocido es el ácido abscísico (ABS), presente endogenamente en todas las semillas. Esta presente en frutos en cantidades suficientemente altas como para inhibir la germinación, ocasionalmente se encuentra en la cubierta de las semillas (caso de *Pinus pinea*), por lo que se cree que juega un papel ecofisiológico en la dormancia de las semillas.

Durante la maduración de la semilla bajan progresivamente sus niveles. Existe un delicado equilibrio entre promotores e inhibidores, (principalmente ABS). **Artificialmente es factible desequilibrar estos compuestos en favor de la germinación, con la aplicación de giberelina o sometiendo la semilla a estratificación.**



La mayoría de los frutos carnosos o sus jugos inhiben de una manera poderosa la germinación. En frutos secos la inhibición se puede presentar por compuestos presentes en las cubiertas. Estos compuestos juegan un papel biológico de importancia al impedir la germinación prematura cuando la semilla aún se encuentra en la planta madre, pueden ser compuestos de amoníaco, eter, fenoles presentes en las cubiertas o en el endosperma y pueden permanecer activos aún durante la etapa de germinación aunque por naturaleza son parte del control de germinación que interviene en el letargo de las semillas. En algunas plantas el tratamiento con citoquininas supera los efectos de los inhibidores, aunque en la mayoría de los casos aún no se conocen los mecanismos de acción. Muchos de los tratamientos de remojo en agua ayudan a diluir el ABS al igual que los lavados previos a la siembra con detergentes. **Como tratamientos pregerminativos se utilizan la lixiviación por inmersión y lavado con abundante agua o la escarificación-mecánica (remoción de cubiertas).**

Naturalmente estas sustancias inhibidoras son eliminadas por las lluvias abundantes. Una lluvia ligera e insuficiente no elimina dichos compuestos y por lo tanto se mantiene la inhibición, por esta razón a esta sustancia se le ha denominado "Pluviómetro químico".

Una manera práctica de determinar, inhibidores presentes en la testa es la remoción de estos para preparar un macerado disuelto en agua destilada para riego de la semilla. Si se compara la respuesta de la germinación frente a un testigo regado con agua corriente, se puede determinar su presencia.

Para promover la germinación de semillas de especies con inhibidores químicos o bioquímicos, se puede proceder a la siembra de embriones.

### **Embriones rudimentarios**

La maduración de algunas semillas no se desarrolla simultáneamente con el crecimiento del embrión. A su término el embrión está morfológicamente incompleto, aunque se encuentra con un endospermo con la cantidad adecuada de reservas nutricionales. Semillas con embriones rudimentarios son comunes en especies tropicales. Por ejemplo en la palma africana, el embrión puede crecer aún por periodos de varios años.

Algunas especies de fraxinus requieren para el crecimiento del embrión algunos periodos de frío, luego de los cuales el embrión crece al menos el doble de su longitud.

**Como tratamiento pregerminativo se utilizan temperaturas altas 38 -40°C, lo cual reduce el periodo de crecimiento del embrión o su separación con lo que se logra un desarrollo muy rápido del mismo.** *Annona squamosa* requiere al menos tres meses para culminar su crecimiento.

### **Presencia de capas fisiológicamente activas**

Muchas semillas recién colectadas presentan cubiertas fisiológicamente activas, esta actividad tiende a desaparecer con el tiempo, especialmente si se almacenan en medio seco. Estas semillas son muy sensibles a las influencias de la temperatura, luz y concentración de gases así como a la presencia de diversos compuestos químicos.

El mecanismo de acción no está completamente claro, pero se conoce que ejercer influencia sobre la permeabilidad de gases a los sistemas endógenos de inhibidores/estimuladores. Como tratamiento pregerminativo, se puede recurrir a la separación de embriones, con lo cual se eliminan los impedimentos de la germinación, o sembrar la semilla a un secado extenso.

## Tratamientos pregerminativos en especies forestales

*Lucía Rodríguez Sánchez.<sup>1</sup>*

### 1. Introducción

Al madurar por completo la semilla, se inicia también el desarrollo de mecanismos internos de letargo que controlan el inicio de la germinación. Un método de control es la reducción de la humedad a un nivel inferior al que se requiere para la germinación. Sin embargo, muchas de las semillas recién cosechadas tienen también mecanismos adicionales que impiden la germinación, aunque puedan absorber agua, en otras palabras: en diversas ocasiones, las semillas no germinan o van germinando paulatinamente, debido a que presentan algún grado de latencia o reposo (estado en el cual, una semilla viable es incapaz de activar e iniciar su proceso de germinación, a pesar de tener condiciones de agua, luz, temperatura, etc., apropiadas para tal efecto).

En la naturaleza, el efecto de esos controles es preservar las semillas y regular la germinación de tal manera que pueda coincidir con los períodos del año en que las condiciones naturales sean favorables para la supervivencia de las plántulas. Estos mecanismos de control son en particular importantes para plantas que crecen en condiciones ambientales extremas es decir, donde las condiciones ambientales pueden no ser favorables para la germinación inmediata después de la diseminación de las semillas. Por tanto estos mecanismos particulares existen como una adaptación para la supervivencia natural de las especies y están relacionados con el medio en el cual determinada especie ha evolucionado; por consiguiente, el conocimiento de los requerimientos ecológicos puede ayudar al establecimiento de tratamientos para inducir la germinación.

La domesticación de muchas especies arbóreas que se propagan por semilla, ha venido en aumento y por lo tanto es preciso identificar y superar los fenómenos de retardo de la germinación a través de la adopción de procedimientos apropiados de pregerminación y manejo, que deben descubrirse por medio de ensayos prueba y error, ya que no se pueden estandarizar tratamientos para todas las especies.

Día a día, los tratamientos pregerminativos cobran mayor importancia y en el campo forestal han dejado de ser una opción de manejo de semillas, para convertirse en prácticas de uso obligatorio en muchas especies que requieren mejorar, tanto sus porcentajes de germinación como su energía germinativa, su efecto está siendo ampliamente comprobado.

### 2. Tratamientos para superar el letargo de las semillas

#### **Escarificación :**

Se denomina de esta manera a cualquier proceso por medio del cual se pueda romper, rayar, alterar mecánicamente, suavizar o ablandar las cubiertas de las semillas, para hacerlas permeables al agua y a los gases.

---

<sup>1</sup> Investigadora, a cargo del Laboratorio de Semillas Forestales, Sede Regional del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Proyecto COSEFORMA / ITCR. Apdo. Postal 223-4400, Ciudad Quesada, San Carlos, Alajuela. Tel/Fax: (506) 475-5101.

### **Escarificación mecánica:**

Existen diferentes equipos que facilitan la escarificación mecánica de muchas clases de semillas permitiendo que esta resulte simple y efectiva. Por ejemplo: el cilindro escarificador, utilizado para modificar la cubierta de semillas duras; consiste en un cilindro metálico forrado con lija, en cuyo interior lleva un eje con cinco discos cubiertos de papel lija que se hacen girar a una velocidad de 500 a 900 rpm.; dependiendo del tipo de semilla.

Para cantidades pequeñas de semillas, se pueden utilizar algunos métodos simples pero útiles como: Raspar con lija las cubiertas de las semillas, limarlas, quebrar la testa con un martillo o con una prensa. Para cantidades más grandes existen escarificadores especiales, pero además se pueden utilizar otros implementos más comunes como la mezcladora de concreto a la cual se le puede agregar arena gruesa de tamaño diferente a las semillas para facilitar la separación posterior.

El punto óptimo de la escarificación se puede verificar a través de diferentes pruebas (de germinación, de imbibición o revisión con una lente de aumento), para determinar que las semillas no han sido dañadas; por lo general la cubierta quedará con un color mate, sin que lleguen a quedar partes internas de la semillas expuestas.

### **Escarificación con agua caliente:**

Este tipo de tratamiento consiste normalmente, en colocar las semillas en un recipiente y agregar de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente entre (77°C y 100°C) y dejar remojar entre 12 y 24 hrs. en el agua que se va enfriando gradualmente. Después, las semillas que no se hincharon se pueden separar por medio de cribas.

### **Escarificación química:**

Para estos tratamientos se recurre a la utilización de ácidos (sulfúrico o nítrico), en una proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Para especies de semillas duras estos tratamientos funcionan muy bien pero deben ser aplicados con sumo cuidado y en lugares debidamente acondicionados para evitar posibles accidentes. Los recipientes utilizados deben ser de vidrio o cerámica, nunca de metal o plástico.

Durante el tratamiento se aconseja agitar cuidadosamente la solución para obtener resultados uniformes e impedir la acumulación de materiales resinosos y oscuros que normalmente se desprenden de las cubiertas de las semillas. La duración del tratamiento dependerá del grosor de la testa de las semillas.

Al terminar el tratamiento, se debe escurrir el ácido con sumo cuidado (con ayuda de un embudo) y luego lavar muy bien para eliminar los residuos de ácido. Colocando las semillas en suficiente cantidad de agua, a la cual se le ha añadido una pequeña cantidad de bicarbonato de sodio, se neutraliza el ácido que pudo quedar adherido.

### **Escarificación con temperaturas elevadas:**

Algunas especies presentan semillas de cubiertas duras que germinan en mayor proporción, cuando han estado sometidas al calor de un incendio en el bosque o en el pastizal, ya que, de esta forma la cubierta de la semilla es modificada. Por ejemplo el *Pinus radiata* que presenta conos cerrados, al someterse a altas temperaturas se derrite la resina que sella los conos y permite la liberación de las semillas.

### **Colecta de frutos inmaduros:**

En algunas especies de árboles, la extracción de semillas de los frutos inmaduros mejora la germinación pues impide el desarrollo de cubiertas duras. Estas semillas deben ser plantadas de inmediato para no dañarlas o desecarlas.

### **Estratificación:**

La estratificación es un método de tratamiento de semillas en letargo en el cual: semillas embebidas en agua son sometidas a un período de enfriamiento para que se efectúe la posmaduración del embrión. Este término se deriva de las prácticas realizadas por muchos viveristas que colocaban las semillas en capas intercaladas con un medio húmedo, como tierra y arena y las exponían a la intemperie durante el invierno.

### **Estratificación refrigerada:**

Como paso inicial para la estratificación refrigerada, se deberán imbibir las semillas en agua. Para semillas que no tienen cubiertas duras, un remojo de 12 a 24 horas será suficiente; en el caso de semillas encerradas en pericarpos o endocarpos duros se requerirá de mucho más tiempo.

Después del remojo, las semillas se mezclarán o se dispondrán en capas, con algún medio que procure: (la retención de la humedad, la aireación y no contenga sustancias tóxicas); entre ellos: arena lavada, aserrín descompuesto (no en condición fresca), musgo, etc.

La temperatura usual para estratificación, varía de 0 a 10 °C; ya que a temperaturas superiores, las semillas se calientan y pueden brotar prematuramente. Los recipientes utilizados son cajas, frascos o bolsas de polietileno. En el caso de las bolsas, se utilizan tanto con o sin medio. Cuando las semillas se estratifican sin medio húmedo en bolsas de plástico, se le denomina estratificación desnuda. Se recomienda además, la utilización de algún fungicida para proteger las semillas.

El tiempo requerido para la estratificación dependerá de la especie de semilla, incluso se encuentra diferencia entre lotes de semillas de una misma especie.

### **Lixiviación:**

El propósito de este tratamiento es remover los inhibidores a través del remojo de las semillas en agua corriente o cambiando frecuentemente el agua. Normalmente se utilizan períodos de remojo de 12 a 24 horas, pero si la cubierta de la semilla lo requiere se deberá ampliar el tiempo de imbibición; en cuyo caso el agua se deberá cambiar cada 12 horas aproximadamente, con el fin de suministrar oxígeno a las semillas sumergidas.

### **Combinación de tratamientos:**

Muchas semillas de especies de plantas leñosas presentan más de un tipo de letargo; por ejemplo, una cubierta dura de la semilla más un embrión en letargo. Para estas especies, se requieren entonces tratamientos múltiples; los cuales deberán ser aplicados en secuencia; primero uno que permita ablandar la cubierta de las semillas para permitir entonces la absorción de agua, seguidamente se podrá someter a un período de enfriamiento que contribuya a superar el letargo del embrión.

### 3. Tratamientos de laboratorio que contribuyen a superar el letargo:

#### **Preenfriamiento:**

Se colocarán las semillas después de embebidas, a una temperatura de 5 a 10°C durante 5 a 7 días, antes de ponerlas a germinar.

#### **Presecado:**

En este tratamiento, las semillas se someten, a temperaturas de 37 a 40°C, durante 5 a 7 días antes de la germinación.

#### **Alternación diurna de temperatura:**

A menudo la alternación de temperaturas estimula la germinación, en tal caso las combinaciones usuales son de 15 a 30 °C, manteniendo las semillas a la temperatura más baja durante 16 horas y a la más alta por 8 horas.

#### **Exposición a la luz:**

Dependiendo de la edad, el manejo previo y las temperaturas acompañantes, en muchas especies de semillas, la exposición a la luz puede mejorar su germinación. La sensibilidad a la luz es mayor justamente después de la cosecha y va desapareciendo después de estar almacenada en seco. La luz deberá ser proporcionada a través de lámparas fluorescentes de luz blanca fría, por lo menos durante 8 horas diarias. Es preciso además, que las semillas hayan embebido agua y estén colocadas encima del medio de germinación.

#### **Remojo en *Nitrato de potasio*:**

Muchas semillas recién colectadas y en letargo, germinan mejor después de ser remojadas en una solución de nitrato de potasio al 0.2%. Las semillas se colocan sobre un sustrato humedecido inicialmente con el nitrato de potasio, cuando requieran de más riego, se utilizará solamente agua.

### **Tratamientos de las semillas, utilizados para facilitar la germinación:**

#### **Hormonas y otros estimulantes químicos:**

***Giberelinas:*** Son hormonas vegetales que tienen una actividad significativa en la fisiología de las semillas. Aunque en muchas plantas se encuentran diferentes clases de giberelinas naturales, el ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) es el más utilizado en aplicaciones exógenas. Este ácido es producido en cultivos de hongos, pero se encuentra fácilmente en presentaciones comerciales. Los tratamientos con GA<sub>3</sub> pueden superar el letargo fisiológico en varias especies de semillas y además estimula la germinación en semillas con embriones en letargo. Para semillas grandes es recomendada la imbibición o remojo en una solución de GA<sub>3</sub> de 500 a 1000 ppm durante 12 horas.

**Citokininas:** Estas son hormonas naturales del crecimiento, que estimulan la germinación de algunas clases de semillas contrarrestando algunos inhibidores de la germinación. Existen presentaciones comerciales (*kinetinas*) las cuales deben ser disueltas primero en una pequeña cantidad de HCl y luego diluida en agua. Estos materiales estimulan la germinación y contrarrestan el letargo producido por altas temperaturas en ciertas semillas; los tratamientos a gran escala deben ser precedidos por pruebas con diferentes concentraciones. Estas sustancias también son útiles para promover la germinación cuando se utilizan en combinación con el GA<sub>3</sub> y con compuestos que producen etileno.

**Etileno:** El etileno ocurre naturalmente en las plantas y tiene propiedades reguladoras del crecimiento. Aplicado en ciertas especies de semillas el etileno estimula la germinación.

**Tiourea:** La tiourea CS (NH<sub>2</sub>) en soluciones de 0.5 a 3% se ha usado para estimular la germinación de especies de semillas en letargo, en especial las que no germinan bien en la oscuridad o a temperaturas elevadas, así como las que requieren de un tratamiento de enfriamiento en húmedo. No es aconsejable el remojo por más de 12 horas, ya que la tiourea inhibe algo el crecimiento.

### **Iniciadores de la germinación:**

Antes de la siembra se han utilizado varios procedimientos que permiten iniciar y mejorar la velocidad y uniformidad del establecimiento de las plántulas, así como para contrarrestar varios problemas de letargo en semillas recién colectadas. A estos métodos se les llama de *iniciación o cebado de las semillas*.

**Osmoacondicionamiento:** En el osmoacondicionamiento las semillas se colocan en capas delgadas en un recipiente que contiene una solución de *polietilenglicol* del 20 al 30 %, que puede incluir también otras sustancias como hormonas o fungicidas. Luego las semillas se incuban a temperaturas de 15 a 20°C durante 7 a 21 días aprox. Al final de este período, las semillas se lavan con agua destilada, se secan al aire (25°C) y se almacenan hasta que se quieran utilizar o sembrar.

**Infusión:** La infusión de solventes orgánicos es un método empleado para incorporar a las semillas sustancias químicas como los reguladores del crecimiento, fungicidas, insecticidas y antídotos de herbicidas por medio de solventes orgánicos. Las semillas se sumergen de 1 a 4 horas en una solución de acetona y diclorometano que contiene la sustancia que se va a infundir. El solvente se remueve por evaporación y las semillas se colocan extendidas para que sequen. La sustancia química incorporada será absorbida directamente por el embrión al remojar con agua.

### **Experiencias con Semillas de Especies Forestales Nativas en la Zona Norte de C. R.**

Dentro del marco del Proyecto COSEFORMA (Cooperación a los Sectores Forestal y Maderero) / GTZ, se intensifican las investigaciones sobre especies nativas potenciales, tanto a nivel de campo como en el Laboratorio de Semillas Forestales situado en la Sede Regional del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En la actualidad están bajo estudio ocho especies a saber: (*Dipteryx panamensis* (Almendra), *Vochysia ferruginea* (Botarrama), *Vochysia guatemalensis* (Cebo), *Zanthoxylum kellermanii* (Lagarto), *Hyeronima alchornoides* (Pilón), *Stryphnodendron excelsum* (Vainillo), *Terminalia oblonga* (Surá) y *Platymiscium pinnatum* (Cristóbal)).

Los estudios mencionados tienen como objetivo principal: "Generar información y divulgar los conocimientos, con el fin de ofrecer a los productores forestales nuevas y mayores alternativas para sus programas de reforestación". Para el cumplimiento de dichos objetivos se realizan diferentes actividades complementarias:

- 1- Selección y marcación de árboles semilleros
- 2- Estudios de fenología
- 3- Recolección de Semillas
- 4- Investigación en el Laboratorio
  - Pruebas rutinarias : (peso de mil semillas, # de semillas por kilo, contenidos de humedad, pruebas de germinación, etc. de acuerdo a las Normas de ISTA.)
  - Diferentes condiciones de almacenamiento para las 8 especies.
  - Pruebas de tetrazolium
  - Tratamientos pregerminativos.
- 5- Producción en vivero
- 6- Ensayos de plantación

### Tratamientos pregerminativos

Para las especies que así lo requirieron, se trató de encontrar tratamientos que ayuden a homogenizar, a aumentar los porcentajes de germinación y a disminuir los períodos de latencia de las semillas. Esto facilitaría la manipulación de las mismas, tanto en condición fresca, como después del almacenamiento; contribuyendo a su vez a simplificar y planificar las labores de producción de plántulas en vivero, sobre todo cuando se presentan períodos de germinación muy prolongados. Los tratamientos probados de acuerdo a la especie fueron:

**Vainillo (*Stryphnodendron excelsum*):** Corte de testa, Corte más inmersión en agua durante 2 hrs., Cautín eléctrico, Imbibiciones en Acido Sulfúrico puro, a diferentes tiempos, Lijado más imbibición en agua durante 24 hrs., Lijado más imbibición en Acido giberélico, Imbibición en agua durante 24 hrs., Imbibición en agua caliente (80°C) hasta enfriar, Imbibición en ácido giberélico y un Testigo. Para los tratamientos con corte de testa se utilizó una tijera corriente de cortar. En los casos en que se utilizó alguna sustancia química como tratamiento, la semilla fue posteriormente bien lavada con agua. Se probó además, la respuesta de la germinación con corte de testa, en semillas que normalmente se desechan durante la homogenización del material: a) por su tamaño (más pequeñas) y por su forma : (más planas o aplastadas) ó (infladas<sup>2</sup>, en las cuales se observó el desarrollo de la plántula.

**Lagarto (*Zanthoxylum mayanum*):** Inmersión en agua durante 48 hrs., Lavado con esponja y jabón <sup>3</sup>, Lijado, Sumersión en alcohol de 95° durante 24 hrs., Imbibición en ácido

<sup>2</sup> Con forma más redondeada, (casi romboidal) que en su estado normal, (comprimidas lateralmente).

<sup>3</sup> Composición química del jabón: Dodecil Bencen Sulfonato de Sodio, Carbonato de Sodio, Dióxido de Titanio y Bentonita.

sulfúrico al 70%, Acetona al 10%, Acido giberélico al 10%, Xilol puro, Imbibición en agua caliente (80°C) hasta enfriar y el Testigo. En el caso de lavado con jabón, la semilla se restregó con la esponja y jabón, tratando de eliminar la cobertura grasa que posee, luego se lavó con agua.

Pilón (*Hieronyma oblonga*): Lijado e imbibición en ácido giberélico a diferentes concentraciones, Inmersión en Xilol, Imbibición en agua 24 hrs., Lavado con agua y jabón, Lijado, Lavado más imbibición en ácido giberélico, Inmersión en agua caliente (80°C) hasta enfriar, Imbibición en agua durante 3 días, Imbibición en Acido Sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (95-97%), con diferentes tiempos de imbibición (15', 30', 45' y 60'), Imbibición en Acido Clorhídrico (HCl) (36.5-38%) con tiempos de imbibición de (1', 3', 5', 10' y 15') y el Testigo.

#### 4. Resultados

En el Cuadro 1, se presenta un resumen con los resultados obtenidos, de acuerdo a los tratamientos pregerminativos que resultaron más efectivos, de acuerdo a la especie. Los valores corresponden a datos promedio de repeticiones efectuadas para un mismo tratamiento.

**Cuadro 1:** Resumen de resultados obtenidos con tratamientos pregerminativos aplicados a tres especies forestales nativas.

Especie	Tratamientos	Resultados	Inicio de germ.	Término germ.
<i>Stryphnodendron excelsum</i>	- Corte de testa	100% germ.	3-5 día	6-10 día
	- Imbibición a. sulfúrico	98-100%	2-3 día	7-8 día
	- Cautín	95-100%	3-5 día	8-10 día
	- Imbibición en agua	08-20%	13-15 día	40 días
	- Otros.	03-15 %	( 20 días	( 40 días
<i>Hieronyma oblonga</i>	- Lijado	70-75% germ	10-15 día	( 60 días
	- Imbibición a. giberélico. (( .concentraciones)	66-70%	10-12 día	"
	- Imbibic. 3 días en agua	56-60%	12-15 día	"
	- Grado madurez + Lija	75-80%	10-12 día	"
	- Otros.	03-40%	( 25 días	"
<i>Zanthoxylum mayanum</i>	- Lavado (agua y jabón)	90-100%	45 días	90 días
	- Lavado + a. giberélic.	32%	35 días	( 90 días
	- Lijado	05-10%	25 días	( 90 días
	- Imbibición en agua	16-20%	25 días	( 90 días
	- Otros.	0- 05%	( 60 días	( 90 días



El Cuadro 2 contiene los resultados de germinación obtenidos para un lote de semilla de Vainillo, de acuerdo a tres categorías establecidas durante la homogenización. En la segunda columna aparecen los días que tardan las semillas para germinar (con corte de testa), después de puestas en sustrato de arena. La Capacidad germinativa, se refiere a la cantidad de semillas que germinan desde que se inicia la germinación, hasta un período máximo de 30 días. El vigor se determina, por la cantidad máxima de semillas germinadas que se obtiene en el menor número de días; a este período se le denomina "período energético".(Carreño y Martínez, 1983).

**Cuadro 2: Evaluación del comportamiento germinativo de la semilla de Vainillo**

Especie: <i>Stryphnodendron excelsum</i> (Vainillo)				
Procedencia: La Gloria				
Fecha recolección: 02-03-95				
Siembra: 08-3-95				
Tratamiento Pregerminativo: Corte de testa				
Tipo de Semillas	Inicio germinación (días)	Capacidad germinativa (%)	Vigor de germinación (%)	Período Energético (%)
Semillas Pequeñas	4	98	66	4
Semillas Planas	4	72	38	5
Semillas Infladas	5	86	55	4

## 5. Discusión

El término "latencia", o resistencia a la germinación de una semilla viable, es comúnmente utilizado cuando una semilla, a pesar de encontrar factores "apropiados" (temperatura, agua, luz, etc.) para su germinación no inicia este proceso ya que por alguna razón algo la previno de hacerlo.

Esta latencia o dormancia sirve en la naturaleza, como medio de protección a la semilla hacia condiciones adversas o poco estables para la sobrevivencia de plantas jóvenes. Según Niembro (1988), se ha observado que la latencia puede variar de un año a otro, aún dentro de un mismo individuo; esta posición ha podido ser comprobada a través de estos estudios realizados en nuestro laboratorio.

Lo anterior justifica claramente, porqué se deben hacer aplicaciones de métodos diferentes, de acuerdo a la especie y al tipo de latencia que pueda presentar la semilla. Cabe aclarar nuevamente que los resultados presentados en el Cuadro No.1 corresponden únicamente a los resultados que presentaron mejores resultados, pero además de estos, para cada especie tratada se probaron también los tratamientos mayormente conocidos y tradicionalmente utilizados. De las especies estudiadas, se pueden hacer las siguientes anotaciones:

### **Vainillo (*Strypnodendron excelsum*):**

La semilla de esta especie, presenta una testa muy dura y el tegumento que la cubre ofrece resistencia a la permeabilidad, motivo por el cual los tratamientos de corte de testa o de inmersión en ácido sulfúrico promueven el rompimiento de esa barrera y permiten que la semilla pueda imbibirse fácilmente, para su germinación. Sin embargo, el corte de testa se ha utilizado a nivel de ensayos de germinación, donde la cantidad de semilla es relativamente poca. Para la escarificación de grandes cantidades se aconseja utilizar el tratamiento con ácido sulfúrico; siempre y cuando se tomen las medidas de precaución necesarias, el equipo y el sitio adecuado para realizarlo.

Según estudios efectuados en Brazil, con *S. barbadetimam*, (Barradas y Handro, 1974), el efecto inhibitor del tegumento, decrece considerablemente al almacenar semillas de esta especie por un año, por tanto valdría la pena verificar si ocurre algo similar con *Strypnodendron excelsum*.

### **Lagarto (*Zanthoxylum mayanum*):**

La semilla de ésta especie es negra, brillante y al tacto se desprende una película grasosa. Estos aceites que contiene la testa, posiblemente inhiben la germinación y se cree que el lavado con jabón contribuye a eliminarlos, pero se debe verificar una vez que se tengan los resultados de análisis químico de la semilla.

Cabe notar, que en una muestra de semillas un alto porcentaje ((50%), pueden estar dañadas o perforadas, condición que se debe tener presente al separar un lote de semilla para determinado uso. Como consecuencia, los porcentajes de germinación, pueden variar de una procedencia a otra, o incluso de un año a otro con muestras del mismo individuo. Mientras no se evalúen otros tratamientos con resultados más positivos, se puede aplicar fácilmente el lavado con agua y jabón y utilizar un sustrato para germinación a base de tierra.

### **Pilón (*Hieronyma oblonga*):**

El fruto de esta especie es una drupa muy pequeña y redonda, de color verde cuando es inmaduro y rojizo al madurar. El endocarpo que rodea la semilla es duro y forma una barrera para la germinación. Es por esto que al utilizar los tratamientos de lijado y lavado se han obtenido mejores resultados.

De acuerdo a estudios realizados por nuestro Proyecto, se presentan además variaciones en cuanto a producción y a porcentajes de germinación de un año a otro, incluso dentro de un mismo individuo. Por otra parte la cosecha se ve afectada por insectos que perforan los frutos en estado verde produciendo un alto porcentaje de semillas dañadas. Por otra parte, se han encontrado variaciones significativas en la germinación al probar diferentes sustratos.

Al igual que en el *Zanthoxylum*, la germinación varía según el sustrato utilizado y aunque se ha logrado aumentar el porcentaje de germinación todavía se requiere de más pruebas y ensayos con esta especie. Como nuevos tratamientos se probó el ácido clorhídrico y el sulfúrico ambos a diferentes intervalos de imbibición; los resultados obtenidos no fueron los esperados pero se pudo comprobar que los lotes de semillas utilizados habían sido considerablemente dañados.

## 6. Conclusión:

Los tratamientos pregerminativos ofrecen una buena alternativa y solución para el manejo de semillas forestales sobre todo con semillas de especies de importancia forestal. Quizá aún no se les ha dado la importancia que merecen, pudiéndose lograr a través de estos un incremento tanto en la capacidad como en la energía germinativa de la semilla. Con estos ensayos se ha tratado de obtener el conocimiento necesario que facilite la manipulación de especies de interés, para poder ofrecer al productor nuevas alternativas en los programas de reforestación, además se trata de contribuir en cierta forma con la preservación de nuestras especies, sobretodo de aquellas que presentan dificultades con la germinación de sus semillas y sus poblaciones naturales se encuentran cada vez más amenazadas o a punto de extinción.

## VII. Literatura citada

- BARRADAS, M. y HANDRO, W. 1974. Algumas observações sobre a germinação da semente do barbaúmão, *Stryphnodendron barbadetimam* (Vell.) MART. (Leguminosae-mimosoideade). Bol. Botánica, Universidad de Sao Paulo. 2: pp.139-150
- CARREÑO, E. y MARTINEZ, A. 1983. Respuesta de 10 Especies Forestales a diferentes tratamientos pregerminativos y repetición en vivero. Universidad Distrital F.J.C. Facultad de Ingeniería Forestal. Bogotá. (Tesis).
- FLORES V., E. 1994. La Planta: estructura y función. 2da. Edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. 504 p.:il.
- HARTMANN, H. & KESTER, D. 1987. Propagación de plantas, principios y prácticas. 3er. Edición, Compañía Editorial Continental, S.A. México D. F. 760p.
- ISTA. 1993. Handbood of Vigour Test Methods. 2nd. Edition. 1987. Reedition. 72 p.
- NIEMBRO R., A. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Ontogenia y Estructura. Limusa, México, 208 p.
- TRIVIÑO, T. ; ACOSTA, R. de; CASTILLO, A. 1990. Técnicas de Manejo de Semillas para algunas Especies Forestales Neotropicales en Colombia. Proyecto CONIF- CIID-INDERENA. Serie de Documentación No. 19. Bogotá, Colombia. 90 p.
- TRUJILLO, E. 1995. Manejo de Semillas Forestales: guía técnica para el extensionista forestal. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. Area Silvicultura de Bosques Tropicales. CATIE, Turrialba, C. R. Serie Técnica / CATIE No.17.

**TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS**

*Ing. Lucía Rodríguez Sánchez*

*Proyecto de Especies Forestales Nativas*

*Región Huetar Norte*

## TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

### IMPORTANCIA:

Para la ocurrencia de la germinación, las condiciones internas y externas deben ser adecuadas y suficientes, ya que la restricción de uno o varios de los factores puede impedir el desarrollo de la misma.

Para mejorar y hacer óptimas las condiciones para la germinación, se recurre al uso de tratamientos pregerminativos, los cuales contribuyen al estímulo germinativo, superando barreras físicas o fisiológicas; y aumentando así el % de germinación y la energía germinativa.

En el campo forestal, su efecto ha sido ampliamente probado y han dejado de ser una opción de manejo para convertirse en prácticas de uso obligatorio.

# TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

## FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA GERMINACIÓN:

### Externos:

- ❖ Humedad
- ❖ Temperatura
- ❖ Luz
- ❖ Oxígeno y CO<sub>2</sub> disponibles
- ❖ Sustrato

### Internos:

- ❖ Componentes ( promotores-inhibidores)
- ❖ Activación metabólica en general
- ❖ Regulación genética particular

## TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

### IMPERMEABILIDAD Y LATENCIA:

Dependiendo de la capacidad de permitir el paso de agua y oxígeno a su interior, las semillas pueden ser permeables o impermeables.

La restricción al paso de agua y oxígeno por parte de la testa es muy frecuente y la causa principal de las dificultades de la germinación.

La impermeabilidad de la semilla y la latencia están directamente relacionadas y dependen de:

- ☉ Composición química
- ☉ Características anatómicas
  - ✓ Tipo de tejido ( exo - meso y endotesta)
- ☉ Capacidad de retención de agua
- ☉ Grado de madurez y desarrollo embrionario
- ☉ Presencia de inhibidores (fenoles, cumarina, etc.)

# TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

## TIPOS DE LATENCIA:

---

- ✓ **Exógena: (del pericarpo o cubierta seminal)**
  - \* Física (impermeabilidad al agua)
  - \* Química (presencia de sustancias inhibidoras)
  - \* Mecánica (resistencia al crecim. embrión)
  
- ✓ **Endógena:**
  - \* Morfológica (subdesarrollo embrionario)
  - \* Fisiológica (mecanis. inhibidor)
  - \* Combinada Morfofisiológica
  
- ✓ **Combinada:**
  - \* Endógena y exógena



# TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

## ELECCIÓN DE TRATAMIENTOS:

Depende de:

- \* Anatomía y morfología de la semilla
- \* Tamaño
- \* Composición química de la testa
- \* Dureza
- \* Facilidad de manipuleo

Tipos de tratamientos:

- ✓ Escarificación mecánica (elim. capas restrictivas)
- ✓ Inmersión en agua (tiempo y T ° variables)
- ✓ Inmersión en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub> (dif. dosis, concent. y tiempos).
- ✓ Corte parcial de testa
- ✓ Eliminación total de testa
- ✓ Exposición directa sol y agua
- ✓ Calor
- ✓ Fractura
- ✓ Uso de giberelinas y citoquininas como estimulante.

# TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

## Experiencias en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

### OBJETIVO DEL ESTUDIO:

Encontrar tratamientos simples y útiles que permitan homogenizar y mejorar la germinación así como a disminuir los períodos de latencia, tomando en cuenta la accesibilidad del productor a los mismos.

### ESPECIES TRATADAS

- ✓ Pilon ( *Hieronima alchornoides* )
- ✓ Lagarto ( *Zanthoxylum mayanum* )
- ✓ Vainillo ( *Stryphnodendron excelsum* )

## **Análisis y pruebas rápidas la calidad de la semilla**

*Enrique Trujillo N.<sup>1</sup>*

### **Introducción**

La determinación de la calidad física de la semilla, es una actividad indispensable dentro del proceso de producción y única garantía tanto para el productor como para el consumidor, de que la semilla utilizada es capaz de producir una plántula normal, tiene una proporción aceptable de impurezas y un contenido de humedad dentro de los niveles normales para su consumo o almacenamiento.

La calidad física de la semilla, depende en gran medida de la correcta evaluación de la cosecha, las técnicas de colecta y manejo posterior. En algunas de estas etapas se hace necesario determinar la calidad, dado que por su naturaleza biológica, la semilla es susceptible de deterioro o muerte durante su manipulación.

Es necesario determinar la madurez y viabilidad de la semilla antes y durante la recolección. Para muchas especies es esencial efectuar un ensayo para determinar el contenido de la humedad de la semilla antes de iniciar un almacenamiento prolongado, pero este ensayo no suele ser necesario cuando la semilla se va a sembrar inmediatamente en el vivero; cuando se envía a una estación forestal distante, suele ser necesario someterla a un secado parcial, para reducir el riesgo de deterioro durante el envío, la operación de secado de preferencia debe ir acompañada de ensayos, para determinar el contenido de humedad. Los ensayos de germinación o viabilidad deben repetirse periódicamente durante el almacenamiento.

La eficiencia y el éxito de la producción de plantas en el vivero y de su establecimiento posterior en plantaciones, dependen en gran medida de la calidad de la semilla que se utiliza.

Esto es especialmente importante cuando las semillas con objeto de comercialización internacional.

Se han señalado como objetivos de las normas para ensayos de semillas:

- Establecer métodos, para determinar con precisión la calidad de las muestras de semillas;
- Prescribir métodos mediante los cuales analistas de semillas que trabajan en distintos laboratorios en diferentes países puedan obtener resultados uniformes;
- Relacionar en la mayor medida posible los resultados de laboratorio con el valor de plantación;
- Completar los ensayos en el mínimo tiempo posible, adecuado a los objetivos antes mencionados.
- Realizar los ensayos de la manera más económica.

---

<sup>1</sup> Coordinador INSEFOR, CONF, Colombia

En la práctica, el objetivo más importante del ensayo de semillas, es proporcionar una estimación precisa de la capacidad de un determinado lote de semillas para producir plantas sanas, vigorosas y adecuadas para la plantación. En este contexto, "calidad" de la semilla se refiere a su vigor fisiológico, no a su calidad genética.

La esencia de un ensayo de semillas, es la aplicación de métodos de examen que sean normalizados y confiables, de manera que los resultados que se obtengan sean uniformes y reproducibles.

La normalización mayormente utilizada, se ajusta a las Reglas Internacionales para el Ensayo de Semillas, formuladas por la Asociación Internacional para el ensayo de semillas (ISTA). ISTA se fundó en 1921, elaboró su primera serie de reglas en 1931 y las revisó a fondo en 1953, 1966, 1976 y 1992. Inicialmente ISTA se ocupó de las semillas agrícolas, los árboles y los arbustos han ido cobrando poco a poco más importancia, en las Reglas de se ofrecen "prescripciones" o "sugerencias" (provisionales) en cuanto a los métodos de ensayo que están indicados para diferentes géneros de árboles y arbustos.

Aunque en las listas de la ISTA han empezado a figurar especies y géneros de árboles de los trópicos y del hemisferio sur (sobre todo Eucaliptos), la mayoría de los géneros incluidos corresponden a especies septentrionales y templadas. La omisión de especies tropicales refleja la falta de información fiable, procedente de la investigación, sobre cuáles son los mejores métodos para el ensayo de estas especies y géneros.

Para el caso de la gran mayoría de las especies forestales tropicales que han ido cobrando protagonismo en programas de investigación, las normas son tomadas solo a manera de guía, dada la significativa variación y heterogeneidad de estas especies.

Los métodos de ensayo requieren condiciones de laboratorio controladas y la utilización de equipo relativamente costosos. Por consiguiente, son métodos que están indicados sobre todo para los laboratorio de semillas grandes y bien equipados, mientras que su aplicación es imposible que en las pequeñas estaciones que no poseen laboratorio. La falta de equipo no es razón suficiente para omitir por completo los ensayos de semillas. Con sencillos ensayos de germinación efectuados en el vivero, se pueden producir resultados que son satisfactorios para el uso local. Sin embargo, si no se ha utilizado un método normalizado, los resultados deben ir siempre acompañados de detalles metodológicos precisos, de manera que el usuario de la semilla pueda interpretarlos en relación con las condiciones de su propio vivero.

Los ensayos necesarios son los de pureza, autenticidad, peso, germinación, ensayo indirecto de viabilidad, contenido de humedad sanidad y daños de la semilla. Un requerimiento previo de todo ensayo es la correcta toma de muestras.

### **Toma de Muestras**

La muestra del ensayo debe ser representativa del conjunto. Por preciso que sea el trabajo técnico que se realiza en el ensayo, los resultados de éste no pueden indicar más que la calidad de la muestra que se ha analizado. Por consiguiente, la muestra seleccionada debe reflejar la composición del lote de semilla en su conjunto.

Es sencillo tomar muestras de los lotes de semilla totalmente homogéneos. Pueden adoptarse medidas de sentido común para reducir la heterogeneidad, como por ejemplo no mezclar lotes de semilla de la misma especie. Un lote de semilla puede ser heterogéneo aunque se haya

recolectado de un rodal homogéneo. Las condiciones generales de manejo tales como sacudidas, vibraciones, cambios bruscos de clima entre otros muchos factores a que se ve sometida la semilla, influyen en la heterogeneidad del material. Todas las semillas pequeñas y vacías y los residuos ligeros acabarán subiendo a las capas más altas, y una muestra tomada exclusivamente de la parte superior, ofrecerá un resultado completamente falso del potencial de rendimiento de ese conjunto de semillas.

### Mezclado

Cuando se trata de lotes pequeños, se puede mejorar su homogeneidad mezclando todo el lote antes de tomar la muestra.

Con lotes grandes, que se transportan y almacenan en recipientes distintos, no es posible mezclar la totalidad del lote. En ese caso se toman varias muestras distintas, esas muestras se mezclan para formar una muestra de ensayo que es "compuesta" y homogénea. Los métodos de mezclado son igualmente aplicables a los pequeños lotes completos y a las muestras compuestas.

"Métodos de mezclado. Hay dos maneras sencillas de mezclar la semilla.

- Con ayuda de un partididor mecánico. Los partididores mecánicos se utilizan para reducir el tamaño de los lotes o muestras de semillas partiéndolos sucesivamente por la mitad. Los partididores tienen la ventaja de que pueden utilizarse para mezclar semilla así:

Pasar todo el lote de semilla por el partididor

Tomar las dos porciones iguales e introducirlas al mismo tiempo en el partididor.

Repetir la operación anterior.

Tomar las dos porciones iguales y mezclarlas simultáneamente en el recipiente de almacenamiento.

- Manualmente. Es sorprendente difícil conseguir un lote de semilla homogéneo utilizando este método. Se extiende todo el lote sobre una hoja de papel u otra superficie lisa adecuada y se mezclan las semillas moviéndolas de un lado a otro y de arriba a abajo. Tras mezclarlas, se extienden las semillas por igual y se divide el lote en cuatro partes iguales. Se colocan por separado en cuatro recipientes y se vierte simultáneamente su contenido en el recipiente de almacenamiento. Después se repite otras dos veces el proceso de extender las semillas, dividir las en cuatro partes e introducirlas a la vez en el recipiente".

### Sondas para la toma de muestras

Cuando se trata de un lote grande que está repartido en distintos recipientes, se utilizan sondas para tomar submuestras de diferentes partes del lote. Todas estas muestras "primarias" se mezclan después para formar una muestra "compuesta" o general, que a continuación se reduce de tamaño mediante sucesivas divisiones, hasta que es lo bastante pequeña para ser la "muestra de trabajo".

Se trata de una sonda lo suficientemente larga para llegar a todas las zonas del empaque y diseñadas de tal manera que toma un volumen igual de semilla de todas las zonas por las que pasa.

Tiene ranuras abiertas en las paredes, de manera que, cuando el tubo se gira o desliza, las ranuras del tubo coinciden con las de la funda y la semilla se introduce en el tubo; al volver a girar o deslizar el tubo, los orificios se cierran. Las sondas para tomar muestras no deben tener una única cavidad a lo largo de todo el tubo con varias aberturas, sino una serie de compartimientos distintos. Existen tubos de distintas longitudes y diámetros, de manera que se ajusten a los diferentes tamaños de recipiente y tipos de semilla.

Las muestras primarias deben distribuirse proporcionalmente a los volúmenes de las distintas partes del lote.

Las sondas no se pueden utilizar con semillas que por su tamaño o por otra razón no se deslizan con fluidez. En estos casos la muestra debe tomarse manualmente y tomando porciones pequeñas.

La mano debe introducirse estirada en plano, con los dedos extendidos y juntos. Al cerrar la mano y sacarla del recipiente no deben separarse los dedos. con este método resulta difícil tomar muestras más allá de unos 40 cm de profundidad, por lo que es posible que para facilitar la operación haya que vaciar parcialmente los recipientes.

#### Reducción del tamaño de las muestras compuestas

Para realizar el ensayo, es necesario reducir la muestra compuesta a fin de convertirla en una muestra de trabajo de peso normalizado.

Siempre que sea posible, la muestra debe dividirse con un partidor mecánico, para reducir el sesgo que se puede introducir.

Para los casos en que no se dispone de un partidor, se utiliza el método no mecánico de división.

Para la mayoría de los tipos de semilla es el método menos conveniente. Los métodos manuales deben utilizarse, no obstante, con las semillas que no se deslizan con fluidez.

#### Métodos de división no mecánicos

##### *Método de división en dos.*

Se coloca la muestra en una superficie limpia y se mezcla a mano; se divide en cuatro partes con una espátula y se descartan las cuartas partes opuestas. Este proceso se repite hasta que se obtiene una muestra final del peso aproximado que se requiere.

##### Método aleatorio con cubetas.

Se coloca en una bandeja una serie de cubetas, se vierte sistemáticamente la muestra. La muestra de trabajo se obtiene de recipientes elegidos aleatoriamente. En una variación de este método, se utiliza también una bandeja dividida en un número igual de compartimientos cuadrados, de los que uno de cada dos, en alternancia, carece de fondo.

## Métodos mecánicos

Casi todos los partidores mecánicos tienen por finalidad dividir la muestra en dos partes aproximadamente iguales. La muestra de trabajo se obtiene dividiendo repetidamente la muestra general hasta que se obtiene el peso exigido.

## Peso de la muestra

El peso de la muestra de trabajo depende del tamaño que tengan las semillas de la especie objeto de los análisis. En las reglas ISTA, el objetivo es llegar a un mínimo de 2 500 semillas en todas las especies salvo las que tienen semillas muy grandes, en las que se prescribe un mínimo de 500 unidades. Estas cantidades se consideran suficientes para la mayoría de los ensayos habituales (pureza, peso, germinación o viabilidad), pero si se va a determinar el contenido de humedad hay que añadir 10 g en la mayoría de las especies. Entre las especies tropicales que recoge la ISTA, los tamaños mínimos que prescribe para la muestra de trabajo oscilan entre 2 g para Eucalyptus deglupta, en la que por término medio hay 4 000 semillas viables por gramo de "semilla más impurezas", y 1 kg para Tectona grandis, en la que por término medio hay 2 000 frutos por kilogramo. Cuando la semilla se envía a un laboratorio independiente para que se realicen en él los ensayos, ISTA recomienda que el peso de la muestra que se envía sea el doble del de la muestra de trabajo.

## Análisis de pureza

Las muestras de semilla de árboles pueden contener impurezas como semillas de otras especies arbóreas, estructuras seminales separadas, partículas de hoja y otros materiales. El análisis de pureza tiene por finalidad determinar la composición de la muestra que es objeto del ensayo. Para ello se separa la muestra en las partes que la componen.

El análisis de pureza, es el primer ensayo que debe realizarse, pues los ensayos posteriores se efectúan sobre el componente de semilla pura.

Con la expresión semilla pura se hace referencia a la semilla de la especie de que se trate, y además de las semillas maduras y sin daños se incluyen las semillas de tamaño inferior al normal, consumidas, inmaduras y germinadas, siempre que puedan identificarse claramente como pertenecientes a la especie de que se trate, y los trozos de semillas rotas cuyo tamaño es superior a la mitad del original. Las semillas de leguminosas y coníferas que han perdido por completo la cubierta se consideran materia inerte.

Entre los otros componentes de la muestra pueden figurar otras semillas, correspondientes a otras especies salvo la que es objeto del ensayo, y materia inerte. Esta última comprende trozos de semillas rotas o dañadas cuyo tamaño es inferior a la mitad del original, semillas de leguminosas y coníferas que han perdido por completo la cubierta y otros materiales como fragmentos de hoja, ramitas, piedras o tierra. En las coníferas (excepto Chamaecyparis, Cupressus y Thuja), las alas de semilla presentes, no retiradas en la operación de limpieza, deben separarse y clasificarse como materia inerte.

Se pesa la muestra de trabajo, que contiene todas las impurezas, y después se aparta y pesa por separado la semilla pura. ISTA prescribe que el pesado se efectúe en gramos con el número de decimales que sea necesario para calcular el porcentaje de sus componentes con un decimal.

El porcentaje de semilla pura se calcula de la manera siguiente:

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{\text{Peso de la semilla "pura"}}{\text{Peso total de la muestra original}} \times 100$$

Cuando un laboratorio está efectuando ensayos para determinar la pureza de gran número de muestras, el analista suele examinar y separar las muestras en una "Mesa de trabajo", puede ajustarse a la altura deseada, por lo general 7-15 cm más que la altura del mesón. El analista debe disponer del equipo necesario para realizar su trabajo con el mínimo de esfuerzo y tiempo, y cansancio de la vista.

Para realizar análisis de pureza se necesita: pinzas y espátula para manipular, separar las semillas sobre de una superficie; lupas manuales de amplio campo, con relativamente poca curvatura y distorsión; microscopio estereoscópico de amplio campo de 10 a 75 aumentos y balanza de precisión de 1 mg; recipientes pequeños para guardar las semillas separadas. Un juego de pequeños tamices puede ayudar a eliminar impurezas.

El análisis de muestras puede facilitarse eliminando el material de poco peso con ayuda de una aventadora.

Del componente de semilla pura que se obtiene en el análisis de pureza, puede tomarse una submuestra para el ensayo de germinación y el peso de la semilla. Como el ensayo de germinación se basa en semilla pura, el análisis de pureza y el ensayo de germinación se complementan. No se puede determinar el potencial productivo de un lote de semilla si no se tienen en cuenta a la vez el análisis de pureza y los ensayos de germinación.

### **Peso de la semilla**

El peso de la semilla se mide en el componente de semilla pura que se ha separado mediante el ensayo de pureza. Se expresa normalmente como el peso de 1 000 semillas puras. Es sencillo convertir esta cifra en el número de semillas puras por gramo o por kilogramo, según se requiera. El peso puede determinarse sencillamente contando 1 000 semillas y pesándolas, pero la utilización de varias muestras más pequeñas permite al analista estimar la variación que existe dentro de la muestra.

ISTA prescribe ocho répeticiones de 100 semillas cada una, con las que se puede calcular la desviación típica y el coeficiente de variación, así como la media. Si el coeficiente de variación es inferior a cuatro, entonces se acepta la media, pero si es superior se prescriben otras ocho répeticiones, se calcula una nueva desviación típica, ahora respecto de las 16 repeticiones, y antes de calcular la media final de la muestra se descartan las que se alejen de la media en un valor superior al doble de la desviación típica.

El recuento de las semillas para hallar su peso puede efectuarse manualmente o con ayuda de tableros de recuento o contadores por aspiración o electrónicos.

Los tableros de recuento son útiles cuando las semillas son relativamente grandes y tienen una forma regular, como las de Pinus o algunas leguminosas. El aparato consta de dos tableros, uno superior y fijo con perforaciones y otro sólido delgado debajo, que sirve de falso fondo.



En los ensayos que se efectúan en bandejas con tierra, puede emplearse también para efectuar el recuento un solo tablero perforado. En primer lugar se coloca el tablero sobre la bandeja, luego se colocan las semillas en las perforaciones y se levanta el tablero dejándolas en la bandeja.

El peso de 1 000 semillas puras puede convertirse en semillas por gramo o por kilogramo de la manera siguiente:

$$\text{Número de semillas por gramo} = \frac{1\ 000}{\text{peso en gramos de 1 000 semillas}}$$

$$\text{Número de semilla} = \frac{1\ 000 \times 1\ 000}{\text{peso en gramos de 1 000 semillas}}$$

Si la muestra que se cuenta no tiene 1 000 semillas, sino otro número, la fórmula adecuada es la siguiente:

$$\text{Número de semillas por gr} = \frac{\text{N de semillas que contiene la muestra}}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

$$\text{Número de semillas por kilogramo} = \frac{\text{N de semillas que contiene a muestra} \times 1\ 000}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

Dentro de una especie determinada, las semillas llenas tienen un peso específico superior y una tasa de germinación más alta que las semillas del mismo tamaño pero vacías o parcialmente llenas.

Las semillas grandes tienen un mayor peso por semilla que las pequeñas del mismo peso específico y, como contienen más reservas probablemente germinarán mejor y producirán plántulas más vigorosas.

Las semillas grandes generalmente tienen una tasa de germinación más alta que la de las semillas de tamaño medio. las cuales tienen a su vez una tasa más alta que la de las semillas pequeñas. Por consiguiente, el número de semillas puras por unidad de peso no es por sí solo, un buen indicador del potencial de producción de plantas, y debe complementarse con ensayos de germinación o ensayos de viabilidad indirectos.

El efecto del tamaño de la semilla sobre el crecimiento de las plántulas germinadas de Eucalipto, suele persistir durante 8-14 semanas después de la siembra, y a partir de ese plazo pueden cobrar más importancia otros factores.

## Ensayos de germinación

Los ensayos de germinación que se efectúan en laboratorio, estiman el número máximo de semillas que pueden germinar en las condiciones óptimas. La utilización de condiciones ideales normalizadas en el laboratorio, como las que prescribe la ISTA, garantizan que los resultados obtenidos con un determinado lote en un laboratorio, sean equivalentes con los obtenidos en cualquier otro laboratorio.

Para las semillas que se comercializan internacionalmente, es útil disponer de una norma común para evaluar el potencial de germinación.

Los resultados que se obtienen en las condiciones ideales controladas en el laboratorio, no son aplicables en el vivero, donde sólo se puede ejercer un control limitado sobre las condiciones ambientales.

En cada vivero se debe aplicar un factor de corrección a los ensayos de laboratorio en la germinación, derivado de su experiencia y condiciones generales de la producción.

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de las estructuras esenciales de una planta normal.

La germinación se expresa como el porcentaje de semillas puras que producen plántulas normales o como el número de semillas que germinan por unidad de peso de la muestra.

En el laboratorio, las condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura, la ventilación y la luz, han de ser no sólo lo bastante específicas para iniciar la germinación, sino también favorables para el desarrollo de las plántulas hasta una fase en la que puedan identificarse los tipos normales y anormales.

Los ensayos de germinación deben efectuarse con semillas puras separadas mediante el ensayo de pureza. Se mezcla la semilla pura y se cuenta aleatoriamente en repeticiones. Después se espacian de manera uniforme sobre el sustrato del ensayo. Normalmente un ensayo consta de 400 semillas en 4 repeticiones de 100 semillas cada una, pero, si 100 semillas son demasiadas para el sustrato de que se dispone, pueden subdividirse 8 repeticiones de 50 ó 16 de 25 semillas cada una.

Se recomienda de manera general dejar entre las semillas entre 1,5 y 5 veces el diámetro normal de la semilla, para reducir el riesgo de que se desarrollen hongos y se disponga de un espacio adecuado.

Las excepciones son las especies con la semilla muy pequeña, pues en ellas es imposible o muy difícil separar la semilla de la materia inerte o impurezas que la acompañan. En estos casos el ensayo se efectúa con el mismo número de repeticiones, pero éstas son de igual peso y no de igual número de semillas, y se reporta como el número de semillas capaces de germinar por unidad de peso.

### Equipo de germinación

El tipo de germinador que se va a emplear puede seleccionarse según la clase y la cantidad de semillas que van a ser objeto del ensayo; de preferencia deben tener un control adecuado de las condiciones prescritas en materia de temperatura, humedad y luz.

Los germinadores tienen tamaños muy variables, desde pequeñas o portátiles unidades individuales hasta cámaras de germinación en las que una persona puede estar de pie, pasando por germinadores de diversas dimensiones y por las grandes mesas de germinación tipo Jacobsen.

En el caso de los viveros o los pequeños institutos de investigación, cuya tarea consiste en realizar sencillos ensayos de germinación sin mantener un control estricto de la temperatura y la luz, son muy recomendables, por su flexibilidad, facilidad de almacenamiento y bajo precio, las cajas de germinación de plástico. Estas pueden utilizarse asimismo en combinación con incubadoras, que poseen control de la luz y la temperatura.

### Condiciones de la germinación

Las condiciones óptimas no son las mismas en las diversas fases de la germinación y desarrollo, y puede ocurrir incluso que no sean las mismas para todas las semillas de un mismo lote. Por consiguiente, se han dedicado muchos esfuerzos de investigación en este ámbito a determinar la combinación de condiciones con la que se pueda obtener la germinación más regular, rápida y completa de la mayor parte de las semillas de una misma especie.

**Substrato.** La tierra se utiliza muy raramente como substrato en los ensayos de germinación, pues las muestras pueden ser muy distintas en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Aunque los resultados del ensayo podrían ser eventualmente comparables, la falta de reproducibilidad de los ensayos de diferentes lotes, no hacen aconsejable la utilización de este substrato. Los materiales artificiales se prestan mejor a la normalización.

En la mayoría de los ensayos de laboratorio con especies de semillas pequeñas se utiliza papel. Entre otros materiales figuran la arena, el musgo de turba granulado y la mica expandida (vermiculita y terralita).

Los principales requisitos que debe reunir el substrato, son los siguientes:

- no tóxico para las plántulas
- libre de hongos y otros microorganismos
- de textura porosa para proporcionar ventilación y humedad suficientes a las semillas en germinación.

La elección del medio para germinación depende del equipo, la especie, las condiciones de trabajo y la experiencia.

El papel filtro, el cartón fuerte o cualquier otro papel absorbente pueden unirse a una mecha de papel filtro o algodón que está sumergida en agua por el otro extremo, o pueden colocarse encima de una capa de arena o vermiculita. El papel de celulosa se utiliza cada vez más como medio de germinación debido a que es más fácil manipular que la arena y permite igualmente que penetre en él la radícula, lo que facilita una mejor evaluación de la germinación anormal. Además, el

contenido de humedad no tiende a estratificarse dentro del medio de papel, a diferencia de lo que ocurre con la arena.

Los mejores sustratos de papel para la germinación son el papel secante, las toallas de papel, el papel filtro de laboratorio y el papel de celulosa plisado que se utiliza como relleno.

Siempre que se utilice un sustrato de papel debe comprobarse que no están presentes en él sustancias químicas tóxicas.

Las semillas que no tienen una necesidad de luz específica, pueden colocarse encima del papel o dentro del papel plegado. Este incrementa la superficie de contacto entre las semillas y la fuente de humedad. Las semillas grandes pueden enrollarse en toallas de papel que después se colocan verticalmente; esto hace que las raíces puedan crecer hacia abajo y evita que se enreden.

Estos paquetes de papel enrollado o plegado pueden mantenerse húmedos sin necesidad de una mecha sumergida en agua. Los rollos de papel con semillas pueden almacenarse en platos de vidrio colocados encima de un depósito de agua, pero no en contacto con ésta, y después se cubre el conjunto con polietileno.

Los rollos en los que se adviertan signos de desecación pueden rociarse con agua. La utilización de papel enrollado es un método muy rápido y cómodo, pero puede hacer que las radículas se encrespen.

La arena no es un material adecuado cuando las semillas son muy pequeñas, pues resulta difícil encontrarlas. Se utiliza con semillas más grandes. Puede esterilizarse, y es un medio menos adecuado que el papel para el desarrollo de hongos. Proporciona asimismo un buen contacto entre la semilla y la humedad, pues las semillas pueden introducirse a presión en el medio. ISTA recomienda un grosor de 1-2 cm según el tamaño de la semilla y prescribe que las partículas de arena deben tener un tamaño de entre 0,05 y 0,8 mm y un pH de entre 6,0 y 7,5.

Humedad y ventilación. Se ha sugerido que el nivel de humedad del sustrato, es una causa de variación de los resultados que se obtienen en la investigación sobre semillas.

ISTA especifica que los sustratos de arena deben humedecerse en función de sus características y del tamaño de la semilla que se va a ensayar y sugiere, que para varios grupos de semillas es adecuado un nivel de humedad del 50-60 por ciento de la capacidad de retención de agua de la arena.

A título general, el sustrato debe estar en todo momento lo suficientemente húmedo, como para aportar a la semilla la humedad necesaria, pero la humedad excesiva reduce la ventilación y promueve la contaminación. Todos los ensayos deben examinarse a diario para comprobar que el contenido de humedad del sustrato se encuentra cerca del nivel óptimo. El agua debe estar razonablemente libre de impurezas.

Control de la temperatura. En los ensayos de laboratorio la temperatura adecuada varía según la especie, en las Reglas figuran valores indicados para algunas especies arbóreas.

La temperatura es uno de los factores más decisivos de la germinación de las semillas en laboratorio y por ello debe ser objeto de comprobaciones periódicas. Cuando se precisa una alternancia de temperaturas, el ensayo se realiza por lo general a la temperatura baja durante 16 horas y a la temperatura alta durante ocho horas todos los días. En el caso de las especies arbóreas suele prescribirse una alternancia de 20°C y 30°C.

Aunque las fluctuaciones naturales entre las temperaturas diurnas y las nocturnas no son tan pronunciadas en los bosques tropicales húmedos de tierras bajas como en otros tipos de bosque, la alternancia de temperaturas puede no obstante afectar a la germinación de especies tropicales.

En un experimento efectuado con Terminalia ivorensis en Nigeria, con una alternancia de 34°C y 24°C se obtuvo una germinación del 93 por ciento en 41 días, frente a un 27 por ciento con una temperatura constante de 30°C, en ambos casos con luz constante.

**Luz.** Las semillas de muchas especies arbóreas necesitan luz para germinar. La luz fluorescente es tan eficaz como la luz diurna natural, . Se recomiendan, por la calidad de su luz y el poco calor que emiten, las lámparas fluorescentes de luz blanca y fría. La luz debe estar distribuida de manera uniforme por toda la superficie del ensayo, y su intensidad debe oscilar entre 750 y 1250 lux. Las semillas deben tener luz únicamente durante una parte del período de ensayo, por lo general 8 horas de cada 24, pero en el caso de las semillas de algunas especies puede ser conveniente modificar ese tiempo.

**Hongos en los ensayos de germinación.** Las prácticas de laboratorio para reducir el mínimo la difusión de hongos, consisten en colocar las semillas en el espaciado adecuado, controlar la temperatura, retirar las semillas podridas, ventilar adecuadamente y mantener el sustrato con un nivel de humedad que no sobrepase el necesario para que se produzca la germinación.

Es útil esterilizar el equipo de laboratorio y desinfectar periódicamente las cámaras de germinación y otros aparatos. como norma general, la semilla no se desinfecta, pues las semillas que presentan podredumbre suelen ser de escasa calidad.

Al ensayo de germinación le es beneficioso añadir una pequeña cantidad de fungicida al agua o sustrato que se utilice.

### Evaluación

Se considera una semilla germinada, cuando ha surgido de su embrión, y se han desarrollado a partir de él, las estructuras esenciales que indican la capacidad para producir una plántula normal.

En el recuento de germinación no se incluye a los gérmenes anormales, pues éstos raras veces sobreviven para producir plantas.

ISTA identifica cuatro grupos de gérmenes anormales:

- (a) Dañados
- (b) Deformados
- (c) Podridos
- (d) Con un desarrollo inusual del hipocótilo.

La valoración de muchos de los gérmenes dudosos y anormales ha de dejarse hasta el final del ensayo, de manera que no se clasifiquen erróneamente como anormales los que son de crecimiento más lento, pero sin anomalía alguna.

En muchas especies el recuento inicial se efectúa a la semana de iniciarse el ensayo, y pueden realizarse evaluaciones periódicas hasta que termina el ensayo.

Cuando se desea obtener una idea más exacta de la velocidad de germinación, la frecuencia de las evaluaciones habrá de ser mayor.

Al término del período del ensayo deben cortarse y examinarse todas las semillas que hayan quedado sin germinar, y debe registrarse el número de semillas frescas, firmes y posiblemente viables. Al mismo tiempo pueden efectuarse observaciones sobre el estado de las semillas no germinadas y no viables, como por ejemplo una incidencia inusualmente alta de semillas dañadas por insectos o daños mecánicos, lo cual indicaría la necesidad de mejorar la higiene de la semilla o los métodos de procesamiento.

El resultado de un ensayo de germinación suele indicar por separado el porcentaje de semillas germinadas y el de semillas no germinadas pero aparentemente viables, por ejemplo en el caso siguiente:

Germinación:	75%
Semillas no germinadas pero viables:	7%
Viabilidad:	82%

Habitualmente los ensayos duran entre dos y cinco semanas, en este tiempo no está incluido el posible período de tratamiento previo para romper la latencia. Son muchas las especies que no necesitan un tratamiento previo, y algunos tipos de latencia de la cubierta seminal pueden tratarse satisfactoriamente en cuestión de horas. El tratamiento previo que se prescribe para Tectona, en cambio, dura 18 días. Al planificar un programa de ensayos, es necesario tener en cuenta no sólo el tiempo del ensayo propiamente dicho, sino también el del tratamiento previo. En algunos casos puede ser necesario sustituir el ensayo de germinación, por ensayos indirectos de viabilidad.

### Energía Germinativa

Existen varias formas de definir la energía de germinación:

- (1) el porcentaje, en número, de semillas de una muestra determinada, que germinan dentro de un período determinado (período de energía).
- (2) el porcentaje, en número, de semillas de una muestra determinada que germinan hasta llegar al momento de germinación máxima.

En ambas definiciones la duración del período de energía es considerablemente inferior a la del período del ensayo completo que prescribe la ISTA.

La energía germinativa es una medida de la velocidad de la germinación, y por ello equivale al vigor de la semilla. El interés por la energía germinativa, se basa en la teoría de que probablemente sólo las semillas que germinan con rapidez y vigor en las condiciones favorables del

laboratorio serán capaces de producir plántulas vigorosas en las condiciones que existen sobre el terreno, donde una germinación débil o retrasada suele tener consecuencias fatales. Se han

publicado pocos datos experimentales que avalen esta teoría, las plantulas que presenten un retraso excesivo deben eliminarse automáticamente del vivero, bien porque sucumben ante competidores más antiguos y más vigorosos, o porque, si ya ha terminado el trasplante en vivero, no justifican el esfuerzo de un trasplante suplementario.

Otro método para comparar la energía de germinación de diferentes lotes de semilla consiste en registrar la "tasa de germinación", es decir, el número de días que se necesitan para conseguir el 50 por ciento de la capacidad de germinación. Cuanto más breve sea ese período, tanto mayor será la energía de germinación.

### Valor de germinación

El concepto de valor de germinación, tal como lo define Czabator (1962), tiene por finalidad combinar en una sola cifra una expresión de la germinación total al término del período de ensayo y una expresión de la energía o velocidad de germinación.

La germinación total se expresa en forma de germinación diaria media (GDM) (final), que se calcula como el porcentaje acumulado de semillas germinadas al final del ensayo, dividido por el número de días que transcurren desde la siembra hasta el término del ensayo. La velocidad de germinación se expresa en forma de valor máximo (VM), que es la germinación diaria media máxima (porcentaje acumulado de germinación dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de siembra) que se alcanza en cualquier momento del período del ensayo. El valor de germinación (VG) puede por tanto calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$VG = GDM \text{ (final)} \times VM$$

Otro método para calcular el valor de germinación es el que han propuesto Djavanshir y Pourbeik (1976), quienes comprobaron que, en el caso de Pinus ponderosa y P. eldarica en el Irán, se ajustaba más que el método de Czabator a la supervivencia de las plantas en viveros sobre el terreno. La fórmula propuesta por estos autores es la siguiente:

$$VG = (Z \text{ VGD}/N) \times \frac{PG}{10}$$

donde:

VG	=	Valor de la germinación
PG	=	Porcentaje de germinación al final del ensayo
VGD	=	Velocidad de germinación diaria, que se obtiene dividiendo el porcentaje de germinación acumulado por el número de días transcurridos desde la siembra
ZVGD	=	Total que se obtienen sumando todas las cifras de VGD obtenidas en los recuentos diarios
N	=	Número de recuentos diarios, empezando a contar a partir de la fecha de la primera germinación

Los cálculos que se requieren son algo más largos que los del método de Czabator, y, en el caso de muchas modalidades de germinación, es probable que el método más sencillo permita establecer comparaciones entre lotes suficientemente exactas.

### Ensayos para determinar indirectamente la viabilidad

Para estimar el potencial de germinación de un lote de semilla, el método más indicado en la silvicultura práctica, suele ser germinar efectivamente una muestra de ese lote. Pero se tarda varias semanas en completar estos ensayos, a lo que hay que añadir en algunas especies algunas semanas más de tratamiento previo. Por este motivo se ha investigado ampliamente la posibilidad de otros métodos, mediante los cuales se estima la viabilidad de la semilla con precisión y a la vez en mucho menos tiempo que el que requieren los ensayos de germinación.

Los ensayos rápidos de viabilidad persiguen:

- Determinar rápidamente la viabilidad de semillas de especies que normalmente germinan con lentitud o muestran latencia cuando se someten a los métodos de germinación normales.
- Determinar la viabilidad de muestras, que al término del ensayo de germinación presentan un elevado porcentaje de semillas frescas pero no germinadas o duras.

ISTA sola aceptaba dos métodos, el ensayo topográfico de tetrazolio y de excisión del embrión, como métodos oficiales.

Recientemente ha aceptado el método de rayos X como alternativa válida al ensayo de corte para detectar las semillas vacías y dañadas por insectos.

### Ensayo de corte

El método más sencillo para determinar la viabilidad es la inspección visual directa de las semillas, previamente abiertas.

Si el endosperma tiene un color normal y el embrión está bien desarrollado, la semilla tiene muchas posibilidades de germinar.

Es usual considerar como no viables las semillas que tienen el embrión lechoso, poco firme, mohoso, podrido, consumido o con olor rancio y las semillas abortivas que carecen de embrión. Es posible distinguir las semillas moribundas, recién muertas o recién dañadas, que siguen teniendo el mismo aspecto que las semillas viables. Como ya se ha señalado, el ensayo de corte se utiliza al término de un ensayo de germinación para determinar la viabilidad aparente de las semillas que no han germinado; es un instrumento útil para estimar el tamaño y la madurez de la producción de semilla antes de la recolección, así como la eficiencia de los métodos de procesamiento.

En Filipinas se ha comprobado que existe una buena correlación entre el ensayo de corte y el de germinación en especies de semilla grande, aunque el porcentaje de germinación es sistemáticamente un 10-20 por ciento inferior al porcentaje de semillas viables que arroja el ensayo de corte.



### Ensayo topográfico de tetrazolio

El método de tetrazolio es uno más de los varios ejemplos de ensayo bioquímico de semillas que se han ideado.

En este método se tiñen de rojo las células vivas mediante la reducción de una sal de tetrazolio. Es necesario de conocer la viabilidad de las distintas partes del embrión para predecir el desarrollo de embriones y su conversión en plántulas que se puedan contar.

El procedimiento del ensayo se describe pormenorizadamente en las Reglas ISTA. La práctica normal consiste en poner las semillas en remojo en agua durante unas 20 horas, después cortar o perforar la cubierta seminal para facilitar la entrada de la solución de tetrazolio (TZ), al 1 por ciento, y después dejar las semillas en inmersión en esa solución, en un lugar oscuro, durante 48 horas.

Aunque este método da resultados satisfactorios, para interpretar los resultados es preciso tener experiencia que en el método de inmersión de la semilla y excisión del embrión teñido. El ensayo se efectúa sobre cuatro repeticiones de 100 semillas cada una.

Aunque el procedimiento del tetrazolio es útil en principio, su utilización práctica en los ensayos rutinarios se ve limitada por numerosos problemas:

- Resistencia al teñido que presentan algunas semillas.
- Necesidad de cortar o diseccionar las semillas para poder observar las partes teñidas.
- Escasa coincidencia con los resultados de los ensayos de germinación, especialmente en las semillas que tienen una capacidad germinativa baja.
- Carencia de una interpretación uniforme del teñido y un mayor número de horas-hombre para ensayar 400 semillas en comparación con los ensayos de germinación ordinarios.
- Es indudable su utilidad para determinar la viabilidad de algunas especies, siempre que se disponga de personal capacitado para preparar las semillas y evaluar los resultados.

### Ensayo de excisión del embrión

Este método consiste en dejar las semillas en remojo durante 1-4 días y después excindir los embriones y colocarlos en papel filtro humedecido en cajas Petri. Se colocan después a la luz, con una temperatura constante de 20°C. Todos los días se examina el estado de los embriones. Según la especie y el lote de que se trate, el ensayo puede concluir en unos pocos días, prolongarse hasta un máximo de 14 días, o mantenerse hasta que sea posible diferenciar claramente los embriones viables de los no viables.

El ensayo de excisión permite efectuar una medición de la latencia del embrión, pues se cuentan las semillas que, aunque sin crecer normalmente, se han desarrollado algo, se han mantenido firmes y conservado su color durante el ensayo. Este no es válido para las semillas germinadas secas. Para que el ensayo se realice satisfactoriamente es necesario que el operario posea un nivel considerable de aptitud y experiencia. ISTA lo limita únicamente a unas cuantas especies.

Otros ensayos

En caso necesario, pueden hacerse otros ensayos cualitativos u observaciones, respecto de los cuales no son necesarias prescripciones pormenorizadas. En muchos casos pueden combinarse con el ensayo de pureza. Son entre otros los siguientes:

Determinación de la autenticidad

Existen varios métodos para determinar si las semillas son de la especie que se afirma. Son los siguientes:

- Identificación segura de los árboles padres, preferiblemente sobre la base de muestras de herbario.
- Identificación de las semillas mediante una clave analítica o mediante comparación con una colección de referencia.
- Identificación de la plántula. Posiblemente esta es la única manera de determinar si el lote de semillas está contaminado por híbridos o por una mezcla de dos o más especies cuyas semillas tienen características semejantes.

En la mayoría de las especies no es posible autenticar las semillas desde el punto de vista de su procedencia, pero se han realizado algunos progresos en este ámbito con *Abies*, y la utilización de técnicas isoenzimáticas puede abrir nuevas posibilidades.

**Literatura citada**

FELFÖLDI, E. 1993 Manual de definiciones de Semilla pura. ISTA. Versión Española.

INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE VIVERO. 1980. Manual para la evaluación de plántulas en análisis de germinación. Madrid.

ISTA. 1993. Seed Science and Technology. Rules. Vol 1, Supplement. Zurich, Switzerland. 284p.

WILLAN, R.L. 1991 Guía para la manipulación de semillas forestales. (Base de trabajo). DANIDA FAO. 502P.

## Almacenamiento de semillas y manejo del contenido de humedad. Algunas experiencias en semillas forestales, de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Eva Müller<sup>1</sup>  
Lucía Rodríguez S.<sup>2</sup>

### Resumen

A raíz de la necesidad de generar conocimientos sobre las posibilidades de almacenar semillas de especies nativas, se está realizando un estudio con especies de la Región Huetar Norte de Costa Rica en el Laboratorio de Semillas Forestales del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), a través del proyecto COSEFORMA. Para cada especie se está estudiando la germinación después de distintos tiempos de almacenamiento bajo diferentes condiciones de temperatura y contenido de humedad. Los resultados preliminares indican que el *Vainillo* (*Stryphnodendron excelsum* Harms) presenta pocos problemas de almacenamiento, ya que se trata de una especie con semillas ortodoxas. El *Cebo* (*Vochysia guatemalensis* J.D. Smith) se puede almacenar por lo menos por seis meses a 15° C y 5% de contenido de humedad; en cuanto al *Botarrama* (*Vochysia ferruginea* Mart.), se ha logrado almacenar su semilla por tres meses a 15° C y sin secado. Aunque las semillas de esta especie soportan el secado, no se pueden almacenar en este estado por mucho más de un mes. Para el *Almendro* (*Dipteryx panamensis* (Pititier) Record & Mell), la mejor opción es almacenar las semillas a 10°-15° C con un contenido de humedad alto, por ejemplo en aserrín húmedo. De esta manera se logra mantener la viabilidad por aproximadamente 3 meses, aunque se pueden presentar problemas de germinación en almacenamiento. Se concluye que existen posibilidades de almacenar las semillas a corto plazo con el equipo y las técnicas actualmente disponibles en los bancos de semillas. Para el almacenamiento a largo plazo (> 1 año), se necesita más investigación en técnicas avanzadas como es la criopreservación. Mientras tanto es importante proteger y conservar las fuentes de semilla existentes y establecer otras nuevas que permitan garantizar el abastecimiento y disponibilidad de semilla.

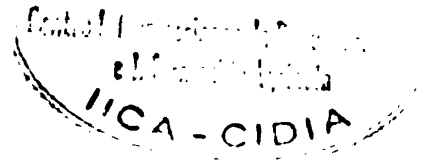
### 1. Introducción

Durante el proceso de la evolución, los árboles de los bosques tropicales han desarrollado estrategias muy diversas para su reproducción (BWA & HADLEY, 1990). Como consecuencia, en los bosques húmedos tropicales, existe mucha variación en la producción de flores y semillas entre las diferentes especies y no solamente en el transcurso del año, sino también entre años.

Para producir estas especies en vivero con el fin de usarlas en proyectos de reforestación, es importante tener la semilla a la disposición en el tiempo más adecuado para la siembra. Debido a lo mencionado anteriormente, muchas veces esto implica almacenar las semillas por algunos meses antes de sembrarlas en el vivero. Además, las especies no producen la misma cantidad de semillas cada año y para asegurar el abastecimiento de los viveros es necesario contar con semilla almacenada desde los años anteriores.

<sup>1</sup> Asesora Forestal, Proyecto COSEFORMA / GTZ, Universidad Hamburgo, Alemania  
Estudios realizados como parte de la Tesis de Doctorado

<sup>2</sup> Investigadora, ITCR / Proyecto COSEFORMA, Laboratorio de Semillas Forestales Sede Regional ITCR - Santa Clara, San Carlos



En Costa Rica, en los últimos años, ha aumentado mucho el interés por la reforestación con especies nativas sobre todo en la Región Huetar Norte del país. Una limitante para la producción comercial de la mayoría de estas especies es la corta viabilidad natural de las semillas. A raíz de la necesidad de generar conocimientos sobre las posibilidades del almacenamiento, se está realizando un estudio con especies de la Región Huetar Norte de Costa Rica en el Laboratorio de Semillas Forestales del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), a través del proyecto COSEFORMA.

El objetivo de la investigación es estudiar las características de las semillas y su comportamiento en almacenamiento bajo diferentes condiciones de temperatura y contenido de humedad. Las especies bajo estudio son: *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell. (Almendro), *Hyeronima oblonga* (Tulasne) Müller Arq. (Pilón), *Vochysia guatemalensis* J.D. Smith (Cebo), *Vochysia ferruginea* Mart. (Botarrama), *Stryphnodendron excelsum* Harms (Vainillo), *Platymiscium pinnatum* (Cristóbal) y *Terminalia oblonga* (Surá). La ponencia presenta un resumen de los resultados preliminares con cuatro especies, ya que para *Hyeronima oblonga*, *Platymiscium pinnatum* y *Terminalia oblonga* aún no están disponibles.

## 2. Generalidades:

### 2.1. Porqué almacenar semilla?

En la agricultura, el almacenamiento de semillas se ha practicado desde los tiempos antiguos, con el propósito de almacenar alimentos, en el caso de los granos y para preservar la semilla que se necesitaba para sembrar de nuevo en el año siguiente. Las técnicas de almacenamiento son bien conocidas y bajo condiciones favorables, las semillas de la mayoría de los cultivos pueden ser almacenadas por mucho tiempo.

En el campo forestal, no era necesario almacenar semillas mientras que el hombre dependiera de los bosques naturales para la producción de madera. Cuando se inició el establecimiento de plantaciones de árboles, surgió la necesidad de tener a disposición una cantidad suficiente de semillas de las especies utilizadas y como resultado, la necesidad de almacenar las semillas. De esta forma, mientras que muchas de las semillas de las especies forestales demostraron el mismo comportamiento que las semillas de cultivos respecto a su almacenamiento, algunas de ellas resultaron difíciles de almacenar.

De esta forma, el almacenamiento puede definirse como la conservación de la semilla "viva", desde la época de recolección hasta cuando se requiere para su siembra: los motivos principales del almacenamiento son:

- Conservar las semillas en las condiciones que mejor protejan su capacidad germinativa, entre el período de recolección y la fecha de siembra.
- Proteger la semilla contra la destrucción de roedores, aves, insectos o ataques de enfermedades.
- **A corto plazo:**
  - Cuando existe un desfase entre la producción de semillas de algunas especies y la producción en vivero.

Ejm.: la producción de semillas de *Cebo* ocurre entre agosto - setiembre y la producción en vivero debería iniciarse entre enero y febrero.

- **A mediano plazo:**

- Cuando la producción de semilla de una determinada especie no es igual todos los años, por lo tanto se debe conservar semilla durante la época de alta producción de frutos y semillas, con miras a tener reservas para períodos de producción reducida o nula.

Ejm.: en la Zona Norte de C. R. durante 1995 hubo escasez de *Pilón* y *Cebo*.

- **A largo plazo:**

- Es un método fácil y económico para preservar la diversidad genética y el germoplasma de numerosas especies valor forestal, así como de aquellas que se encuentran amenazadas o en vías de extinción.

## 2.2. Factores importantes para el almacenamiento:

El principal problema del almacenamiento de semillas forestales, es el riesgo de deterioro que esta estrategia conlleva; por lo tanto un almacenamiento exitoso solo es posible si es planeado adecuadamente y para esto es necesario comprender claramente los objetivos del almacenamiento, las razones por lo que las semillas sufren deterioro y los efectos de las condiciones del almacenamiento sobre los procesos de deterioro.

- **Contenido de humedad:**

En primer lugar se debe tener presente que la semilla forestal es un ser vivo. Así que: nace, se desarrolla y sobre todo, se deteriora y muere. La longevidad de las semillas es una característica específica y se ha demostrado que algunas semillas se deterioran rápidamente, mientras que otras mantienen su viabilidad por largo tiempo, en esto influyen varios factores previos al almacenamiento y que durante el proceso de almacenamiento los dos factores más importantes son: **el contenido de humedad y la temperatura.**

Al reducir el contenido de humedad, se retardan considerablemente los procesos fisiológicos, como la respiración de la semilla y el consumo de las sustancias nutritivas almacenadas en sus cotiledones, previniendo también de la aparición de hongos y bacterias. Aunque el contenido de humedad de muchas especies tropicales, permanece desconocido, se podría afirmar que un rango de C.H. entre 8-15% es adecuado para el almacenamiento.

- **Temperatura del almacenamiento:**

En términos generales, las semillas se conservan mejor a temperaturas relativamente bajas, que a temperaturas altas. Existe una interacción entre ésta y el contenido de humedad de la semilla; y de ambos depende su buena conservación durante el almacenaje, ya que la temperatura influye en la absorción de humedad, durante el almacenamiento. Para muchas especies, el nivel ideal se encuentra entre el rango de 0° a 4°C, en el cual la actividad fisiológica de la semilla se reduce al mínimo, sin producir la muerte; algunos organismos patógenos como hongos y bacterias, se mantienen eventualmente inactivos. Esta afirmación no es de carácter general, ya que investigaciones recientes han determinado que para algunas especies tropicales, la temperatura ideal de almacenamiento es alrededor de los 15°C ± 1°C. Ejms: *Tabebuia sp.*, *Cordia sp.*, *Vochysia sp.*, *Bombacopsis quinata*, *Calophyllum sp.*, etc.

- **Recipientes para almacenamiento:**

Existen diversas clases de recipientes para el almacenamiento, entre ellos: bolsas de polietileno, bolsas de aluminio laminado, diferentes tipos de recipientes plásticos. Si el C.H. original de la semilla ha sido disminuido, es preciso utilizar empaques herméticamente cerrados; de ésta forma no se permite el intercambio de oxígeno, ni la entrada de humedad procedente del ambiente.

- **Luz:**

En algunas especies, la luz estipula los procesos germinativos; por lo tanto su limitación ayuda a conservar la semilla durante períodos más prolongados.

**3. Clasificación de semillas:**

Según su comportamiento cuando se baja el contenido de humedad, las semillas se pueden clasificar en tres grupos a saber:

- **Semillas orthodoxas:**

Son aquellas semillas que pueden desecarse hasta contenidos de humedad muy bajos (± 5% en base del peso fresco), sin que sufran daño alguno en su integridad fisiológica. Se considera que la viabilidad de la semilla se duplica por cada 1% de reducción en el contenido de humedad y cada vez que se reduce la temperatura de almacenamiento en 5°C. Ejms.: Coníferas, muchos árboles de zonas templadas, la mayoría de los granos y la mayoría de los cultivos anuales.

- **Semillas recalcitrantes:**

Se denominan así las semillas que no toleran la desecación. Mantienen su actividad metabólica alta, por lo que deben mantenerse con buen suplemento de oxígeno y no toleran las temperaturas bajas. Son por lo general de tamaño grande y se presentan comunmente en plantas leñosas de bosques húmedos no estacionales de la región tropical. El grado de recalcitrancia varía entre especies. Ejms.: Cultivos arbóreos: cacao, coco, hule, árboles frutales como el mango y muchos árboles maderables tropicales.

- **Semillas intermedias:**

Toleran la desecación en cierto grado pero no las temperaturas bajas. Son poco conocidas por lo que hay que determinar primero el grado de recalcitrancia. Se recomienda hacer ensayos bajando el contenido de humedad y la temperatura y luego sembrar. Ejms.: *Coffea arabica*, *Carica papaya*, *Dipterix panamensis*, etc.

**4. Manejo del Contenido de humedad:**

- **Semillas orthodoxas:**

Inicialmente se debe determinar el contenido de humedad de las semillas frescas. Luego bajar el contenido de humedad a ± 5-6% mediante el secado de la semilla. Cada especie tiene un punto óptimo. Los métodos más utilizados para secar la semilla son: secado al aire (al sol o a la sombra), en cribas o zarandas o en mantecados tendidos al suelo.

La velocidad de secado al aire dependerá de:

- a- De la temperatura: subiendo la temperatura a 10°C se duplica la velocidad de secado. No se deben utilizar temperaturas superiores a los 35°C.
- b- De la humedad relativa del aire: al disminuir la humedad relativa del aire, aumenta la velocidad de secado.
- c- De la ventilación: al duplicar la velocidad, mediante una buena ventilación, se reduce el tiempo de secado a la mitad.
- d- Del grosor de la cubierta seminal: las semillas con cubiertas o testas gruesas secan más lentamente.

Se deben establecer patrones de secado para conocer la velocidad de secado de las especies. Controlar la velocidad de secado mediante la determinación periódica del contenido de humedad, durante el secado o a través de la reducción del peso de una muestra con conocido contenido de humedad inicial.

- **Semillas recalcitrantes:**

Debido a que estas semillas no toleran la disminución de su contenido de humedad, el mismo se debe mantener alto, permitiendo a su vez la respiración de las semillas (buena ventilación). Para almacenar este tipo de semillas, se utiliza:

- cámaras con alta humedad relativa.
- un medio húmedo y estéril: aserrín, arena, papel de germinación. (Se debe manejar el nivel de humedad).
- en bolsas delgadas perforadas que permiten reducir la pérdida de humedad y permiten a su vez el intercambio de gases (respiración).

El problema principal es que ocurre la germinación en almacenamiento y el ataque de hongos; además de la corta viabilidad de las semillas.

- **Semillas intermedias:**

Conocer el comportamiento de la especie en cuanto al secado y manejar cada especie, según sea el caso. (De acuerdo a los requerimientos de cada una).

## 5. Manejo de la Temperatura:

- **Semillas orthodoxas:**

Almacenando estas semillas a  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ , se pueden preservar al menos dos años. Para un almacenamiento a más largo plazo, se podrán utilizar temperaturas de unos  $(-15^{\circ}\text{C} - 2^{\circ}\text{C})$

- **Semillas recalcitrantes e intermedias:**

Determinar la temp. límite para cada especie. Normalmente se utilizan temperaturas de  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ .

## 6. Recipientes:

### - Semillas secadas:

- Se debe asegurar que el contenido de humedad no suba durante el almacenamiento.
- Cámaras con humedad relativa baja, semilla abierta.
- Recipientes sellados.

### - Semillas sin secar:

- No usar recipientes herméticos. Deben ser abiertos para permitir la ventilación para que la semilla no se caliente.
- Bolsas de papel o de manta para cantidades pequeñas; pichingas o recipientes plásticos para cantidades más grandes.

## 7. Algunas experiencias en almacenamiento de semillas forestales, de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Las semillas se almacenan utilizando diferentes combinaciones de temperatura y contenido de humedad, así como de recipientes. La duración del almacenamiento varía según la especie, sin embargo, generalmente se escogen 3-4 duraciones que oscilan entre un mes y un año (Anexo 1). Después del almacenamiento se realizan pruebas de germinación con cuatro repeticiones de 25 semillas. Dependiendo de la especie se cuentan las semillas germinadas cada 1 o 2 días. Después de concluido el ensayo (a los 30 días para *Vochysia ferruginea*, *Vochysia guatemalensis* y *Stryphnodendron excelsum*, y a los 60 días para *Dipteryx panamensis*) se calculan los porcentajes de germinación y se evalúan las semillas no-germinadas.

Para las pruebas de germinación con semillas frescas se utilizan cuatro repeticiones de 50 semillas sembradas superficialmente en cajas plásticas tapadas, sobre arena esterilizada y tratada con una solución de Vitavax de 0.3%. Las semillas se ponen a germinar en cámaras de germinación, en condición de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad y con una temperatura de 29° C (+1° C) durante el día y 24° C ( $\pm 1^\circ$  C) durante la noche. Debido al tamaño de los frutos, el *Dipteryx panamensis* se siembra en un invernadero en arena tratada con Vitavax.

### 7.1 Resultados preliminares

En el Cuadro 1 se presentan, en forma resumida, los resultados del análisis de semillas para las especies estudiadas. Los valores representan los promedios de los datos de varios árboles y el número de árboles analizados se encuentra en paréntesis bajo el nombre de la especie.

Los resultados obtenidos hasta el momento para el almacenamiento se presentan en forma de recomendaciones en el Cuadro 2. Es importante señalar que estas investigaciones todavía no están concluidas y que las recomendaciones tienen carácter preliminar.



## 7.2. Discusión

Entre las diferentes especies existe mucha variación en cuanto al tamaño, peso de las semillas y contenido de humedad. Estas características normalmente ofrecen un indicio del comportamiento de las semillas con respecto al secado y al almacenamiento. Según CHIN (1988), la mayoría de las semillas recalcitrantes de especies forestales son de tamaño grande y tienen un alto contenido de humedad. Esto sugiere que las semillas de *Dipteryx panamensis*, *Vochysia guatemalensis* y posiblemente de *Vochysia ferruginea* podrían ser recalcitrantes, mientras las de *Stryphnodendron excelsum* son ortodoxas. Según los resultados preliminares de los ensayos de almacenamiento, las semillas de las cuatro especies demuestran el siguiente comportamiento:

### 1. *Dipteryx panamensis*:

Bajo condiciones naturales, las semillas pierden la viabilidad en 3-4 semanas. Es probable que la pérdida de viabilidad esté relacionada con la pérdida de humedad, ya que durante este tiempo el contenido de humedad baja a un 10-15% bajo las condiciones del laboratorio. Además, las semillas no soportan temperaturas de 4° C o menos. Esto significa, que probablemente son recalcitrantes. Si las semillas están almacenadas en un ambiente húmedo, por ejemplo en aserrín fresco, la viabilidad se mantiene por más tiempo. Bajo estas condiciones y a una temperatura de 10° a 15° C se logra mantener porcentajes de germinación de aproximadamente un 50 % a los tres meses.

### 2. *Vochysia ferruginea*:

Las semillas de esta especie se mantienen viables por menos de un mes en condiciones naturales. Al secarlas a un 7 % de contenido de humedad, todavía mantienen un alto porcentaje de germinación después de un mes de almacenamiento (70-80%). Sin embargo, a los tres meses de estar almacenadas el porcentaje de germinación baja en forma significativa (12%). Además, la especie demuestra una alta sensibilidad en cuanto a la temperatura; por ejemplo a 10° C la mayoría de las semillas ya no germinan. En base de estas observaciones, la especie se puede clasificar como intermedia. Por el momento, la mejor opción es almacenar las semillas a una temperatura de 15° C sin someterlas al secado previo. Así se logra un porcentaje promedio de germinación de un 65% a los tres meses.

### 3. *Vochysia guatemalensis*:

En condiciones naturales, las semillas mantienen la viabilidad por aproximadamente seis semanas. A pesar del alto contenido de humedad de las semillas frescas (44%), es posible secarlas a un 5% y almacenarlas por seis meses a 15° C, obteniendo un porcentaje de germinación de un 50%. Este comportamiento no concuerda con experiencias anteriores, que las semillas de alto contenido de humedad tienden a ser recalcitrantes. Además, la especie difiere de *Vochysia ferruginea* en que las semillas presentan menos problemas de almacenamiento; a pesar de ser más grandes y tener un contenido de humedad más alto. Por falta de disponibilidad de semilla, no ha sido posible almacenar semilla por más de seis meses, o a temperaturas más bajas.

**Cuadro 1.** Información básica de frutos y semillas de cuatro especies forestales nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica

Especie	Características	No. de frutos/kg	No. de semillas / kg de frutos	No. de semillas/fruto	No. de semillas/kg	Peso de 1000 semillas (g)	Contenido de humedad (%)	Porcentaje de germinación (%)
<i>Dipteryx panamensis</i> (20 árboles)	Fruto con endocarpo grueso y duro, semilla de 2.5-4.5 cm	51	45 <sup>3</sup>	1	frutos: 50.5 semillas: 300	frutos: 21 000 semillas: 3 300	38	87
<i>Stryphnodendron excelsum</i> (20 árboles)	Semilla de 0.5-1 cm con testa dura	140	1 085	8	10 700	100	15	Sin corte: <sup>4</sup> 33 Con corte: 97
<i>Vochysia ferruginea</i> (23 árboles)	Semilla alada de 2-3 cm	831	748 <sup>5</sup>	2	32 130	32	25	97
<i>Vochysia guatemalensis</i> (7 árboles)	Semilla alada de 3-5 cm	155	---	2	5 800	180	44	99

#### 4. *Stryphnodendron excelsum*

Por ser una Leguminosa, cuya semilla tiene la testa muy dura, esta especie aparentemente no tiene muchos problemas de almacenamiento. Las semillas fácilmente soportan el secado a un 6% y se mantienen viables a una temperatura de -15° C por lo menos durante seis meses. Lo anterior y el contenido de humedad relativamente bajo indican que la semilla es ortodoxa. Para adelantar y homogenizar la germinación se recomienda hacer un corte pequeño a la testa como tratamiento pregerminativo (RODRIGUEZ, 1995)

### 7.3. Conclusiones

Los resultados preliminares de la investigación demuestran que existen posibilidades para el almacenamiento a corto plazo, es decir por algunos meses. En el caso de algunas especies, por ejemplo *Vochysia guatemalensis*, esto permite una mejor planificación de la producción en vivero. El almacenamiento a más largo plazo de *Dipteryx panamensis* y *Vochysia ferruginea* actualmente no ha sido posible con las técnicas disponibles en los Bancos de Semillas de la Región. Para estas especies se necesita más investigación con técnicas avanzadas como es la crioconservación (AHUJA, 1989; CHIN, 1990). Mientras tanto, es indispensable proteger y conservar las fuentes de semillas existentes, establecer rodales y huertos semilleros para garantizar el abastecimiento de semilla y la conservación "in situ" de estas especies.

3

Toma en cuenta semillas subdesarrolladas

4

Corte de testa como tratamiento pregerminativo

5

De los frutos que se abrieron

**Cuadro 2.** Recomendaciones preliminares para el almacenamiento de cuatro especies forestales nativas de la Región Huetar Norte

Especie	Contenido de humedad (%)	Temperatura	Recipiente o medio	Duración	Porcentaje de germinación	Observaciones
<i>Dipteryx panamensis</i>	mantener alto	15° C	aserrín <sup>6</sup> (con 30% contenido de humedad); Recipiente no sellado	3 meses	30-50%	almacenar frutos lavar frutos, aplicar fungicida problema: germinación en almacenamiento
<i>Stryphnodendron excelsum</i>	soporta secado (6.5%)	soporta -15° C	Recipiente sellado (para semilla seca)	por lo menos 6 meses	95% <sup>7</sup>	se puede almacenar en forma seca en refrigeración aplicar fungicida
<i>Vochysia ferruginea</i>	sin secado	15° C	Recipiente no sellado	3 meses	65%	soporta secado pero no almacenamiento en forma seca (<= 1 mes)
<i>Vochysia guatemalensis</i>	1. 10% 2. 5-6%	1. 20° C 2. 15° C	1. Recipiente abierto; a humedad relativa de 45% 2. Recipiente sellado	1. 4 meses 2. 6 meses	1. 85% 2. 50%	1. almacenar semillas frescas sin secar 1. + 2. aplicar fungicida

#### 7.4 Literatura citada

- AHUJA, M.R. 1989. Storage of forest tree germplasm at sub-zero temperatures. In: Vibha Dhawan (ed.). Application of biotechnology in forestry and horticulture. Plenum Press, New York. pp. 215-228
- BAWA, K.S. and M. HADLEY (eds.). 1990. Reproductive ecology of tropical forest plants. MAB Man and the Biosphere Series Vol 7. UNESCO/The Parthenon Publishing Group, Paris
- CHIN, H.F. 1988. Recalcitrant seeds: A status report. IBPGR, Rome, Italy. 28 pp.
- CHIN, H.F. 1990. Storage of recalcitrant seeds: past, present and future. In: Turnbull, J.W. (ed.). Tropical tree seed research: proceedings of an international workshop held at the Forestry Training Centre, Gympie, Qld., Australia, 21-24 August, 1989. ACIAR Proceedings No.28, pp. 89-92

<sup>6</sup> Preferiblemente de madera de Almendro o otra con alta resistencia  
<sup>7</sup> con tratamiento pregerminativo (corte de testa o ácido sulfúrico)

**ISTA. 1993. International rules for seed testing. Seed Science and Technology. Vol. 21 (Suppl.), 288 pp.**

**RODRIGUEZ SANCHEZ, L. 1995. Tratamientos pregerminativos para algunas especies forestales nativas, de la Región Huetar Norte de Costa Rica. A presentar en el Simposio Latinoamericano sobre Semillas Forestales, 16-20 de Octubre, 1995. Managua, Nicaragua**

## ANEXO 1

### Condiciones del Almacenamiento<sup>8</sup>

#### 1. TEMPERATURA

ambiente	(A, B, C, V)
15° C	(A, B, C, V)
10° C	(A, B)
4° C	(A, B, V)
-15° C	(B, V)

#### 2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Sin secado	(A, B, V)
10-12%	(B, C, V)
6.5-7.5%	(B, C, V)
4-5%	(B, C)

#### 3. RECIPIENTE

Botella/caja plástica tapada	(A, B, V)
Bolsa de aluminio sellada	(B, C, V)
Caja plástica tapada, en aserrín	(A)
Bolsa plástica (1.75 mil)	(A)

#### 4. DURACION DEL ALMACENAMIENTO

1 mes	(A, B, V)
3 meses	(A, B, C)
4 meses	(B, C)
6 meses	(A, B, C, V)
12 meses	(V)
24 meses	(V)

<sup>8</sup> A = Almendro; B = Botarrama; C = Cebo; V = Vainillo

# **Almacenamiento de Semillas y Manejo del Contenido de Humedad,**

**Algunas experiencias en semillas forestales, de la Región Huetar  
Norte de Costa Rica.**

*Ing. Lucía Rodríguez Sánchez  
Proyecto COSEFORMA / ITCR.*

# **FACTORES IMPORTANTES PARA EL ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS**

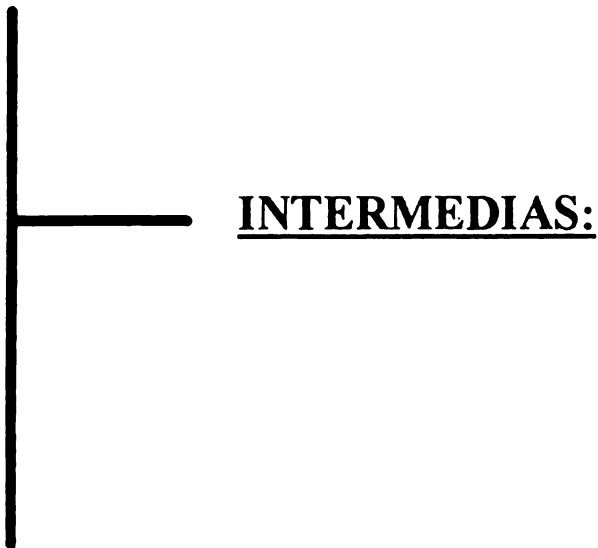
- ◆ **Contenido de humedad de las semillas**
- ◆ **Temperatura de almacenamiento**
- ◆ **[Recipientes]**
- ◆ **[Luz]**

# CLASIFICACION DE SEMILLAS

## ORTODOXAS:

Secado a 5 - 6% de contenido de humedad

Temperaturas  $\leq 4^{\circ}$  C



## RECALCITRANTES:

No soportan secado

Sensibilidad a temperaturas bajas



# **EJEMPLOS DE SEMILLAS RECALCITRANTES TROPICALES**

## **◆ ARBOLES FRUTALES Y DE CULTIVOS**

- **Mango**
- **Nuez de coco**
- **Cacao, palma de aceite, hule**

## **◆ ARBOLES MADERABLES**

- **Fam. Dipterocarpaceae (Asia)**
- ***Swietenia sp.***
- ***Virola sp.***

## **◆ PLANTAS ACUÁTICAS**

# **VELOCIDAD DE SECADO DE LAS SEMILLAS**

**Depende de:**

- ◆ **Temperatura**
- ◆ **Humedad relativa del aire**
- ◆ **Ventilación ó aireación**
- ◆ **Grosor de la cubierta seminal ó testa**

# **MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO**

## **◆ A CORTO PLAZO**

- **En un medio húmedo**
- **Secado parcial**
- **Cobertura con parafina**
- **[En CO<sub>2</sub> ó N<sub>2</sub>]**

## **◆ A LARGO PLAZO**

- **En nitrógeno líquido (Crioconservación)**

## **Producción y rendimientos de semillas de especies forestales tropicales**

*Marta Liliana Jiménez F.<sup>1</sup>*

### **1. Introducción**

La producción de un árbol es una secuencia de actividades que se inicia con el conocimiento del proceso de fertilización; cómo a partir de sus flores y mediante la polinización, se hace posible la formación de las semillas y el sistema por el cual éstos se obtienen a partir de los frutos.

Para realizar la recolección de frutos y semillas de las especies forestales tropicales provenientes de las diferentes áreas semilleras, debe realizarse esta actividad, cuando las especies alcanzan el punto de madurez fisiológico, lo que varía con cada sitio, pero deben atenderse varios parámetros, tales como coloración, contenido de humedad, densidad de frutos, tamaño y peso de los frutos y de las semillas.

### **2. Aspectos generales de la producción de semillas**

El primer paso en el proceso de formación de las semillas de las especies forestales es la producción de flores. Este proceso presenta diferentes fases que pueden ser divididos en: 1) período juvenil o vegetativo, 2) inicio de las yemas reproductivas y desarrollo del órgano reproductor (flores u estróbilos) 3) polinización y fertilización y 4) desarrollo y maduración.

Entre los eventos biológicos necesarios para una buena producción se pueden mencionar la formación de suficientes primordios reproductivos, desarrollo favorable de óvulos y estambres, polinización adecuada, fertilización y desarrollo normal después de la fertilización. El conocimiento adecuado de los factores que interfieren en la producción, permite que éstos puedan ser manipulados, tanto a través de técnicas de manejo, como por el control ambiental (Bergemann, et al, 1993).

La formación de los órganos reproductivos se inicia cuando un meristema vegetativo cambia su patrón de división para producir una yema reproductiva.

El período desde el inicio de la yema hasta la floración dura desde pocos meses hasta más de un año dependiendo de las especies. (Waver, 1976).

Existen factores ambientales o abióticos relacionados con el inicio de las yemas reproductivas, las que se pueden mencionar: la temperatura, la luz, humedad del suelo y nutrición mineral. Entre los factores bióticos o endógenos están las giberilinas que han demostrado tener un efecto importante en la formación de yemas florales (Bergeman, et al, 1993)

---

<sup>1</sup> Profesional Enlace MINAE-PROSEFOR, San José, Costa Rica

Las giberilinas y las auxinas, junto con otras sustancias como las citoquininas son poderosos compuestos bioquímicos que actúan en pequeñísimas cantidades en las plantas.

Una vez que se ejecuta el fenómeno de la floración y la polinización, se inicia el desarrollo del fruto, que lleva la semilla.

Después de la polinización y fecundación de la flor, se origina un nuevo proceso que da origen a la formación de un fruto cuya estructura se compone de un tejido diferente, según la especie, que envuelve y protege los óvulos que luego dan origen a las semillas.

El embrión y el endospermo como partes integrales de la semilla, se encuentran dentro de una o dos cubiertas distantes, denominadas cubiertas o testas, las cuales protegen la semilla de la desecación, de los daños mecánicos y los ataques de hongos, bacterias, antes de que se inicie la germinación. Esta cubierta o testa es variable según las especies (Trujillo, 1994).

### **3. Objetivo general**

Contribuir al conocimiento sobre los aspectos de producción y rendimientos de diferentes especies forestales, así establecer las relaciones entre fruto fresco y semilla procesada y limpia para especies con alta demanda en programas de reforestación en Costa Rica.

### **4. Metodología de trabajo**

#### **A.- Selección de especies**

Los datos de rendimiento de las especies que se presentan en el documento, son especies utilizadas en los programas de reforestación en Costa Rica. La mayoría de las especies evaluadas son especies nativas de alta comercialización a nivel nacional.

#### **B.- Sitios de recolección.**

Las características climáticas y geográficas de los sitios de recolección se presentan en el Cuadro 1.

### **5. Metodología**

Los árboles escogidos para recolección fueron seleccionados en base a características fenotípicas deseables como rectitud del fuste y vigorosidad. Se seleccionaron aquellos con abundante cantidad de frutos y semillas. Los árboles seleccionados se clasificaron dentro de la categoría de "Fuente Identificada", según el sistema de clasificación de fuentes semilleras de PROSEFOR (Mesén, 1995).

Cuadro 1. Características climáticas y geográficas de los sitios de recolección.

ESPECIE	SITIO	ZONA DE VIDA	ALTITUD m.s.n.m.	PRECIPITACION mm/año	TEMPERATURA medio anual °C
<i>Albizia guachapelle</i>	NANDAYURE	bs-T	150	1.100	24
<i>Cassia fistula</i>	CAÑAS	bs-T	136	1.100	24
<i>Cordia alliodora</i>	VENECIA	bh-T	200	3.000	25
<i>Cupressus lusitanica</i>	PRUSIA	bmbM	2.650	1.500	15
<i>Delbergia retusa</i>	NICOYA	bh-T	160	1.100	24
<i>Erythrina berteriana</i>	ESCAZU	bh-P	1.200	2.200	20
<i>Erythrina poeppigiana</i>	ESCAZU	bh-P	1.200	2.200	20
<i>Enterobium cyclocarpum</i>	TURRUCARES	bh-T	800	2.000	25
<i>Eucalyptus deglupta</i>	TURRIALBA	bmb-P	800	3.000	25
<i>Gliricidia sepium</i>	TAMARINDO	bs-T	10	1.100	24
<i>Hymenaea courbaril</i>	NARANJO	bmb-P	1.100	2.500	21
<i>Jacaranda copaia</i>	SAN JOSE	bh-P	1.200	2.200	20
<i>Spathodea campanulata</i>	LA URUCA	bh-P	1.200	2.200	20
<i>Schizolobium parabybus</i>	MATAMBU - GTE.	bh-T	400	2.000	24
<i>Pithecelobium saman</i>	ABANGARES	bh-T	220	2.000	24

La recolección de frutos se realizó en árboles distanciados a más de 50 mt entre ellos en todos los casos, para evitar el efecto de consanguinidad y considerando también que la semilla recolectada sería comercializada en el Banco de Semillas de Costa Rica.

El escalador utilizó espuelas, el equipo de ascenso al árbol, escaleras y tijeras podadoras para cortar ramas y frutos de las copas.

Para la recolección de frutos y semillas se utilizaron 2 operarios: 1 escalador para realizar la recolección y otro operario quien se ocupaba de recoger el material, realizar una prelimpieza y acomodo de los frutos en los sacos.

En todos los árboles se recolectó más del 50% de la cosecha. Se utilizaron lonas para recoger los frutos y demás materiales.

El material recolectado fue transportado en sacos hasta el Banco de Semillas, donde se procedió a la separación de impurezas y al secado de las semillas.

Para cada especie se procedió a separar las semillas de los frutos, atendiendo las características de cada tipo de fruto. Se registró el tiempo que ocupa un operario en el secado y limpieza de las diferentes especies recolectadas (Cuadro 4).

## 6. Resultados

El Cuadro 2 muestra los resultados totales de producción de frutos y semillas de diferente número de árboles de especies forestales tropicales.

Las mayoría de las especies evaluadas corresponden a especies dehiscentes, dispersas por el viento y producidas en la época seca, condición que favorece su dispersión.

Los volúmenes de producción de frutos/árbol y la producción de semillas/árbol, reportados en el Cuadro 2 corresponden al promedio del número de árboles recolectos por especie, ya que a pesar de existir variación entre los árboles en altura y tamaño de copas, se procuró buscar las semejanzas para no provocar variación en los datos.

Las especies *Gliricidia sepium*, *Hymenaea courbaril*, *Spathodea campanulata* y *Albizzia guachapele* fueron las especies que presentaron mayor volumen de frutos/árbol.

La especie *Cordia alliodora* presentó una producción media de 2.6 kg de semilla/ árbol, algo superior a la cifra que reporta Salazar y Boshier (1989) de 0.30 - 2.00 kg/árbol y superior a lo reportado por Jara y Valle (1995) de 1.3 kg/árbol.

Para *Gliricidia sepium* con un rendimiento de 0.65 kg/árbol también fue superior al reportado por estos mismos autores.

Para la misma especie también se presentó la relación de fruto fresco/semilla, más alta, significa esto que bajo las condiciones de esta evaluación, se requieren 21 kg de fruto para producir 1 kg de semilla limpia y seca.

Debe hacerse notar que los árboles evaluados de las diferentes especies, a excepción del *Cupressus lusitanica*, estaban en condiciones más favorables para la producción de frutos y semillas, pues se encontraban en condiciones aisladas.

Cuadro 2. Producción y rendimiento de semillas forestales

ESPECIE	FUENTE SEMILLERA*	EPOCA DE RECOLECCION	Nº. DE ARBOLES RECOLECTADOS	PESO (KG) FRUTOS	PESO (KG) SEMILLAS	PROMEDIO (KG) FRUTOS/ARBOL	PROMEDIO (KG) SEMILLEROS/ARBOL	RELACION (KG) FRUTO/SEMILLA	Nº. DE SEMILLAS/Kg
<i>Cordia alliodora</i>	FI	Febrero	4	32.5	10.7	8.2	2.6	3:1	83.000
<i>Glinicidia sepium</i>	FI	Abril	4	55	2.6	13.7	0.65	21:1	8.000
<i>Schizobolium parahybum</i>	FI	Abril	4	31	10	7.7	2.5	3:1	1.300
<i>Pubecolobium saman</i>	FI	Abril	4	34.6	3.3	8.6	0.82	10:1	5.000
<i>Erythrina berteriana</i>	FI	Marzo	4	31	10	7.7	2.5	3:1	-
<i>Spathodea campanulata</i>	FI	Marzo	4	24	1.6	6	0.4	15:1	200.000
<i>Erythrina peopigiana</i>	FI	Marzo	5	6.5	3.8	1.3	0.76	1,7:1	5.000
<i>Hymenaea courbaril</i>	FI	Marzo	2	20	3	10	1.5	7:1	240
<i>Jacaranda copaia</i>	FI	Febrero	5	8	0.60	1.6	0.12	13:1	-
<i>Spathodea campanulata</i>	FI	Marzo	4	60	3.5	15	0.87	17:1	200.000
<i>Albizia guachapele</i>	FI	Marzo	5	47	12	9.4	2.4	4:1	20.000
<i>Dalbergia retusa</i>	FI	Febrero	4	31	5.6	7.8	1.4	5,5:1	15.400
<i>Cassia siamea</i>	FI	Febrero	10	12	9.9	1.2	0.99	1,2:1	55.500
<i>Cassia fistula</i>	FI	Febrero	4	53	5.4	13.25	1.35	10:1	6.500
<i>Cupressus lusitanica</i>	FI	Enero	5	89	12.5	17.8	2.5	7:1	222.000

\* FI : Fuente identificada



Las relaciones mayores de fruto fresco/semilla fueron presentadas por las especies *Gliricida sepium*, *Pithecelobium saman*, *Spathodea campanulata*, *Jacaranda copaia* y *Cassia fistula*.

La especie *Pithecelobium saman* presentó una relación de 10 kg de fruto para obtener 1 kg de semilla procesada.

Para *Spathodea campanulata* el Cuadro 2 presenta dos valores diferentes para la relación fruto/semilla. Los sitios de recolección fueron diferentes, pero recolectados en la misma época y con el mismo número de árboles. Se observa que la producción de semilla por árbol, varió con la fuente de recolección siendo doble la cantidad en una de ellas.

La especie *Jacaranda copaia* requiere 20 Kgr de fruto para obtener 1 Kg de semilla.

Para el *Cupressus lusitanica* se da una relación de 7 kg de fruto para 1 kg de semilla y una producción de muy alta de semilla/árbol, cifra que difiere bastante de la reportada por Salazar y Boshier (1989), en que mencionan una producción de sólo 0.50 kg/árbol.

De acuerdo a Bolaños (1996), (comunicación personal) se ha obtenido un rendimiento promedio de 1,5 kg de semilla/árbol en individuos de copa muy amplia en condiciones aisladas.

Es necesario realizar más evaluaciones de producción para esta especie.

El número de semillas/kg que se reporta en el Cuadro 2 para cada especie se obtuvo de acuerdo a la metodología establecida por ISTA y utilizada en el Banco de Semillas de Costa Rica.

La datos de producción de las especies forestales varían con cada una de ellas, existiendo otros factores que inciden directamente en la producción de flores y frutos en cada especie y en cada individuo a saber: posición del árbol en cada sitio, cantidad de luz recibida en la copa, área de copa, aislamiento, madurez de los frutos, cosechas anteriores, calidad de los frutos, la época de recolección y el estado fisiológico de cada árbol (Jara y Valle, 1995).

El Cuadro 3 presenta otros datos de producción en cuanto a la cantidad de frutos/ árbol, número de semillas/ fruto y número de semillas/kg, al igual que el número de árboles promedio que un escalador puede trabajar por día. Estos datos se generaron de la experiencia del equipo humano de recolección del Banco de Semillas de Costa Rica.

**Cuadro 3. Producción de frutos y semillas de especies forestales**

ESPECIE	PESO (Kg) FRUTO/ARBOL	Nº. DE SEMILLAS/FRUTO	Nº. DE SEMILLAS/Kg.	PROMEDIO DE ARBOLES RECOLECTADOS/DIA
<i>Swietenia humilis</i>	75	64	1.800	3
<i>Condia alliodora</i>	20-30	1	83.000	4
<i>Vocbysia guatemalensis</i>	30	3-5	3.600	4
<i>Cedrela odorata</i>	25	25	54.000	3-4
<i>Tabebuia roseae</i>	30	-	54.000	4-6
<i>Eucalyptus deglupta</i>	15-20	28	700.000	3
<i>Alnus acuminata</i>	15-20	188	1.600.000	4-5
<i>Pithecelobium saman</i>	70	8	5.000	5
<i>Terminalia amazonia</i>	10	1	180.000	3

El Cuadro 4 ilustra rendimientos de mano de obra para el procesamiento de semillas de las diferentes especies. Se reporta el número de horas de secado a pleno sol y sombra parcial. Se describe también el tiempo empleado en horas por un obrero para obtener las cantidades de semilla limpia y secas que se describen en la columna 5 del Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Rendimiento de mano de obra para procesamiento en semillas de especies forestales

ESPECIE	TIPO DE FRUTO	CANTIDAD PROCESADA DE FRUTO (Kg)	CANTIDAD SEMILLA LIMPIA	HORAS SECADO	EXTRACCION	RENDIMIENTO EN PROCESAMIENTO DE FRUTOS Tiempo (horas/hombre)
<i>Cordia alliodora</i>	capsula	32.5	10.7	4	Desalado y limpieza	12
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	vaina	31	10.3	10	Aporreo y limpieza	9
<i>Glincidia sepium</i>	vaina	55	2.6	16	Limpieza manual y clasificación	10
<i>Schizolobium parahybum</i>	vaina	31	10	4	Limpieza manual y clasificación	11
<i>Pithecolobium saman</i>	vaina	26	2.5	12	Maceración y limpieza	16
<i>Erythrina heteroana</i>	vaina	7	6.6	10	Aporreo y limpieza	5
<i>Spathodea campanulata</i>	vaina	60	3.5	10	Aperura manual	5
<i>Hymenaea courbanl</i>	vaina	20	3	3	Aperura forzada, maceración tratado y secado	3
<i>Jacaranda copaia</i>	..	8	0.600	2	Limpieza manual	8
<i>Albizia guachapale</i>	vaina	47	12	2	Aporreo y limpieza	2.5

Las especies evaluadas coincidieron en presentar un mismo tipo de fruto, a excepción del *C. alliodora*, y ser especies en general de semilla pequeña, sin embargo el procesamiento para obtener las semillas limpias fue diferente.

El *Gliricida sepium* y el *Pithecelobium saman* fueron las especies que requirieron el mayor número de horas de secado para llevarlas hasta el 8% de humedad. Las especies *Jacaranda copaia* y *Albizzia guachapele* solo requirieron 2 horas de secado, bajo las condiciones de ubicación del Banco de Semillas de Costa Rica.

El mayor consumo de mano de obra fue requerida para *Pithecelobium saman*, especie que requiere maceración de frutos y lavado por el mucílago que presentan los frutos.

El *Cordia alliodora* a pesar de llevar un proceso sencillo se invierten más tiempo en el desalado de los frutos.

El *Hymenaea courbaril* presenta un fruto indehiscente sumamente duro donde se requiere el uso de un mazo y martillo para quebrar los frutos.

El *Enterolobium cyclocarpum*, *Erytrina* y el *Albizzia guachapele* requieren colocar las vainas secas en un saco y golpearlas contra el suelo para mayor facilidad de desprendimiento de las semillas, luego el proceso de separación de los residuos de los frutos es más laborioso.

Las horas de sacado para estas especies dependen de las condiciones ambientales del sitio de procesamiento, por eso no se pueden tomar como cifras absolutas.

## 7. Conclusiones y recomendaciones

- 1) Las especies evaluadas presentan gran variabilidad en cuanto a los rendimientos de producción por árbol y en las relaciones de fruto fresco/ semilla.
- 2) Especies con similitud de fruto y semillas presentan condiciones diferentes para la recolección, procesamiento y limpieza.
- 3) La información de producción debe considerarse como preliminar, máxime que casi no existe información de rendimientos de producción para muchas de las especies nativas evaluadas.
- 4) La información generada de la evaluación, da una idea de lo que los árboles de una determinada especie pueden producir bajo ciertas condiciones ambientales a cierta edad y también bajo ciertas prácticas silviculturales cuando son sometidos a ellas.
- 5) Es necesario continuar con este tipo de estudios determinando costos para cada una de las etapas del proceso de recolección y procesamiento de semillas forestales.
- 6) Estudios de esta naturaleza permiten determinar costos y precios de venta justos para el productor y consumidor de semillas.

**8. Literatura citada**

BERGEMANN, I.; PIÑA, F.; BALISTIERO, M. Sementes Florestais Tropicais. 1993. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. Brasília, Brasil. 350 p.

BOLAÑOS, S. 1996. Comunicación personal.

JARA, L; VALLE, M. 1995. *In*: Resúmenes Simposio sobre avances en la producción de semillas forestales en América Latina. Managua, Nicaragua. pag. 41.

TRUJILLO, E. 1993. Manejo de semillas, viveros y plantación inicial. Centro de Estudios del Trabajo. Bogotá, Colombia. 151 p.

WEAVER, R. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial Trillas. México. 621 p.

SALAZAR, R., BOSHIER, D. 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico No. 148. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 78 p.

MESEN, F. 1995. Implementación de registros nacionales de fuentes semilleras. *In*: Memoria Curso Regional sobre recolección y procesamiento de semillas forestale. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Proyecto de Semillas Forestales. Turrialba, Costa Rica.

**PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE  
SEMILLAS Y ESPECIES  
FORESTALES TROPICALES**

## **OBJETIVO GENERAL**

**Contribuir al conocimiento sobre los aspectos de producción y rendimiento de diferentes especies forestales, así establecer las relaciones entre fruto fresco y semilla limpia para especies con demanda en programas de reforestación.**

# **METODOLOGIA DE TRABAJO**

- Selección de especies
- Sitios de recolección
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones y recomendaciones



- Producción de semillas

- Período juvenil o vegetativo
- Inicio de yemas reproductivas y desarrollo del órgano reproductor
- Polinización y fertilización
- Desarrollo y maduración

## **- Producción de yemas reproductivas**

**(Factores ambientales o abióticos relacionados)**

- **Temperatura**
- **Luz**
- **Humedad de suelo**
- **Nutrición mineral**

**Factores bióticos o endógenos**

**Reguladores de crecimiento - Giberelinas**

- **Auxinas**
- **Citoquininas**

## **- Estructura de la semilla**

## Problemas fitosanitarios en semillas forestales

Marcela Arguedas<sup>1</sup>  
Gustavo Torres<sup>1</sup>  
Cornelia Miller<sup>1</sup>

### Introducción

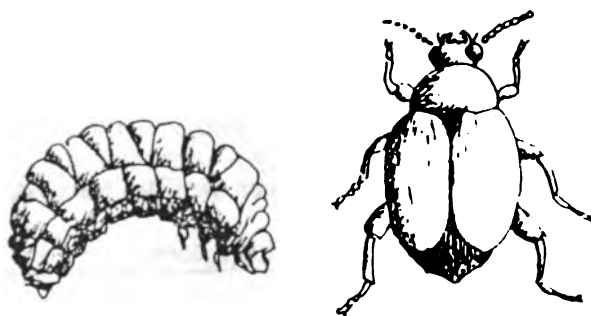
La sanidad de las plantaciones forestales debe garantizarse desde el proceso de producción de plántulas, incluyendo la calidad de las semillas a utilizar. El uso de semillas con problemas fitosanitarios puede diseminar plagas y enfermedades a diferentes regiones del país y producir pérdidas económicas por la disminución de los porcentajes de germinación o muerte de las plántulas jóvenes.

### Agentes causales

#### *Insectos*

En Centroamérica la mayor parte de los insectos que depredan las semillas forestales pertenecen al orden Coleoptera (abejones) y a las familias Bruchidae (gorgojos) y Curculionidae (abejones picudos). Tanto las larvas como los adultos se alimentan de los tejidos internos de los frutos y las semillas.

Las larvas de los gorgojos son pequeñas y rechonchas, presentan tres pares de patas torácicas. Los adultos son de cuerpo compacto, con las alas anteriores engrosadas y cortas y la cabeza prolongada hacia adelante formando una especie de trompa ancha.



*Amblycerus ca. scutellaris* en laurel

FUENTE: Arguedas y Torres, 1994

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica., Depto. de Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica

**Cuadro 1.** Especies de la familia Bruchidae (COL.) en semillas forestales tropicales.

Espece	Hospedero
<i>Merobruchus insolitus</i>	<i>Albizzia adinocephala</i>
<i>Corydon serratus</i>	<i>Cassia fistula</i>
<i>Amblycerus</i> spp.	<i>Cordia alliodora</i>
	<i>C. gerascanthus</i>
<i>Stator generalis</i>	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
<i>Amblycerus cistelinus</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>
<i>Merobruchus columbinus</i>	<i>Pithecelobium saman</i>

Las larvas de los picudos son en general un poco más alargadas que las de los gorgojos y no tienen patas. Los adultos presentan también una especie de trompa larga, en la cual las antenas se sitúan a la mitad.

*Rhinocherus* sp en guapinol

FUENTE: Arguedas y Torres, 1994

**Cuadro 2:** Especies de la familia Curculionidae (COL.) en semillas forestales tropicales.

Espece	Hospedero
<i>Apion samson</i>	<i>Andira inermis</i>
<i>Cleogonus</i> spp.	<i>Andira inermis</i>
<i>Apion glyphicum</i>	<i>Diphysa robiniodes</i>
<i>Rhinocherus</i> spp.	<i>Hymenaea courbaril</i>
<i>Zigopine</i> sp.	<i>Manilkara zapota</i>
<i>Conotrachelus</i> sp.	<i>Pinus</i> sp.

Las larvas de mariposas (Orden Lepidoptera) que depredan semillas, pertenecen en su mayoría a la familia Pyralidae. Las larvas son suaves y presentan patas torácicas y cuatro pares de pseudopatas. Los adultos son palomillas pequeñas con alas delicadas y triangulares.



*Hypsipyla ferrealis*, en cedro macho

FUENTE: Arguedas y Torres, 1994

Cuadro 3: Especies de la familia Pyralidae (LEP.) en semillas forestales tropicales.

Especie	Hospedero
<i>Hypsipyla ferrealis</i>	<i>Carapa guianensis</i>
<i>Trachylepidia fructicassiella</i>	<i>Cassia fistula</i>
<i>Sematoneura atrovenosella</i>	<i>Cedrela tonduzii</i>
<i>Ectomyelois muriscis</i>	<i>Hymenaea courbaril</i>
<i>Dioryctria erythroa</i>	<i>Pinus caribaea</i>
<i>Dichocrocis punctiferalis</i>	<i>Tectona grandis</i>

Las larvas de algunas avispas, como las de *Megastimus* sp., afectan los frutos y las semillas de especies de coníferas en Centroamérica. Algunas chinches pueden también producir daños al succionar sustancias nutritivas de las semillas.

En el Anexo 1 se presenta información sobre plagas semillíviras comunes en Centroamérica.

### **Microorganismos**

Los principales microorganismos que afectan las semillas forestales son los hongos, las bacterias y los virus.

Los virus causan diferentes tipos de daños en las semillas que abarcan, aborto, esterilidad en las flores, rugosidad en la testa, contracción del fruto, resecaimiento del endospermo, decoloración y necrosis del fruto.

Los ataques por bacteria son menos comunes, pueden producir los siguientes tipos de daños en las semillas forestales:

- Aborto de semillas, reducción del tamaño o interrupción en su proceso de formación las causantes generalmente son las *Xanthomonas*.
- Pudrición de la semilla debido a lesiones en la testa, causado también por *Xanthomonas*, y algunas veces se encuentra el hongo *Colletotrichum*.
- Decoloración de la semilla, donde la bacteria penetra por lesiones en la testa, producido por *Xanthomonas* o *Pseudomonas*.
- Otro daño que producen las bacterias es cubrir las semillas de un material viscoso, inicialmente la semilla tiende a podrirse, y como resultado hay aborto de la semilla. Este daño es causado por diferentes especies de *Corynebacterium*.

Los hongos son los que causan mayores problemas en las semillas debido al gran número de especies catalogadas como patógenos de semillas. Además de producir infecciones serias, algunos hongos reducen drásticamente la calidad de las semillas, a pesar de que no siempre éstas mueren.

Las especies de hongos que se encuentran comúnmente sobre el tegumento (testa) de las semillas o en los tejidos internos son *Aspergillus*, *Botryodiplodia*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Nectria*, *Pestalotia*, *Phoma*, *Theobromae* y *Verticillium*.

### **Vertebrados**

Algunas ratas y ratones pueden consumir semillas almacenadas o recién sembradas para llevarlas a sus madrigueras.

Igualmente, algunas aves buscan semillas de tamaño mediano recién sembradas para alimentarse.

### **DIAGNOSTICO**

Los microorganismos, los insectos y los vertebrados pueden atacar los frutos y las semillas durante su formación, en el proceso de maduración en el árbol, así como en las etapas de recolección, transporte, secado y almacenamiento.

La presencia de insectos dentro de frutos y semillas forestales puede ser detectada por la presencia de orificios circulares en el exocarpo, exudaciones, acumulaciones de virutas y excrementos, hilos de seda, deformaciones, decoloraciones, etc. Si durante la recolección se sospecha que los frutos o semillas se encuentran depredados, éstos deben abrirse para analizar el interior, y así determinar con anticipación la calidad del lote a procesar.



Daños en frutos y semillas de *Cedrella* sp.

FUENTE: Arguedas y Torres 1994

Los hongos de las semillas pueden presentarse sobre o dentro de la testa, en el endospermo y el embrión. Inicialmente pueden observarse decoloraciones o manchas sobre la testa. Si las semillas son puestas en condiciones de alta humedad, el micelio de hongo, similar a pequeñas motas de algodón, y los cuerpos fructíferos de éste aparecen rápidamente sobre la superficie.

Para determinar la presencia de hongos en un lote de semillas es necesario llevar una muestra de las semillas a laboratorios especializados para determinar su identificación.

## MANEJO

### FUENTES SEMILLERAS

Los rodales o huertos semilleros son fuentes para la producción de semilla de alta calidad. Si se detecta la presencia de microorganismos o plagas en las estructuras reproductivas, debe realizarse los estudios y ensayos respectivos para aplicar en forma integral el manejo de la plaga o enfermedad.

Es importante señalar que el mejor método de control es la prevención, y en nuestro caso debemos evitar que el organismo atacante alcance las semillas. En algunos lugares se protegen las ramas que se encuentran en floración poniéndoles como una especie de mangas (como se hace con los racimos de

banano) para evitar el ataque de insectos. Por ser esta una medida que requiere mucho dinero se hace solamente en las fuentes semilleras muy valiosas.

En este tipo de plantaciones se ha utilizado aplicaciones de insecticidas. Este tipo de tratamiento debe ser aplicado cuando el insecto está en el punto mas vulnerable de su ciclo de vida. Por ejemplo si el insecto pasa la mayor parte de su ciclo dentro de la semilla, protegido por los tejidos de ésta, las aspersiones químicas no serán efectivas durante este período. Se mencionan a continuación algunos ejemplos.

- **Aplicaciones foliares:** aplicaciones con nuvacrón y endosulfan han controlado daños causados por insectos en semillas de teca.
- **Agentes sistémicos:** la aplicación de Carbofuran granulado en el suelo controla eficazmente las larvas depredadoras de conos, barrenadores, e insectos depredadores de semillas, pero no es tan efectivo controlando a miembros del orden Chalcidoidea.
- **Las trampas de luz** pueden ser utilizadas en rodales semilleros con el fin de reducir la población de adultos.

## **RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ALMACENAJE**

### ***Prevención***

Estableciendo buenas normas de sanidad en las fuentes semilleras y destruyendo árboles infectados, frutos y conos viejos, etc

Una recolección adecuada es el primer paso para minimizar las pérdidas causadas por el ataque de insectos en la etapa de almacenamiento.

Todo lote de semilla que se recolecte o se adquiera debe ser inmediatamente revisado, para detectar cualquier tipo de ataque. Aquellos lotes que presentan infestaciones deben ser eliminados.

Es muy importante eliminar las semillas infectadas durante el procesamiento de las mismas. Un método muy efectivo para detectar semilla depredada es poner estas en un recipiente con agua, aquellas que floten son las que están infectadas y vanas por lo que deben ser eliminadas

Las técnicas de almacenamiento son fundamentales para evitar ataques de microorganismos patógenos, insectos y roedores. Se recomienda almacenar las semillas en recipientes impermeables y herméticos a temperaturas bajas (de 2 a 7 °C) y contenidos de humedad de la semilla que varían de 8 a 10%, dependiendo de las características de cada especie.



El recinto donde se almacenan las semillas debe permanecer totalmente limpio para evitar el desarrollo de plagas, como los roedores.

La compra de semilla certificada garantiza la sanidad del producto.

### *COMBATE MECANICO*

Las camas de germinación o los bancales atacados por roedores, aves o grillos, deben ser cubiertos con mallas finas.

### *TRATAMIENTOS DE SEMILLAS*

Ciertas semillas pueden ser tratadas antes de ser almacenadas o sembradas.

Por ejemplo, las semillas de coníferas pueden ser puestas en agua corriendo por varias horas para eliminar hongos y bacterias superficiales. Si las semillas son tratadas con soluciones líquidas y se desea posteriormente almacenarlas, éstas deben ser secadas nuevamente.

Para evitar el ataque de hongos externos se recomienda la esterilización de la superficie de las semillas con peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) (al 30% por 20 minutos), hipoclorito de sodio (NaOCl) (10% de solución del cloro que se encuentra en el comercio), esta práctica se recomienda para semillas con cubierta gruesa ya que de otra forma la semilla se puede dañar totalmente. Se realizan también aplicaciones de ethanol ( $C_2H_5OH$ ) (75% parece ser el más efectivo).

Los plaguicidas más comunes para el tratamiento de insectos en las semillas son esfenvalerate, azinfos-metil, permetrina, acefato y carbofuran preferiblemente en polvo.

Para el tratamiento de hongos se ha utilizado una amplia gama de fungicidas como thiran, captan, benomyl, carboxin, maneb, cloranil, etc. Los tratamientos con fungicidas generalmente son selectivos ya que afectan solamente uno o dos hongos con el inconveniente que pueden reducir la germinación de la semilla tratada

Se recomienda, hasta donde sea posible, evitar el uso de plaguicidas para el almacenamiento de semillas, ya que estos productos pueden intoxicar los lotes de semillas si no se conocen las dosis y proporciones adecuadas para cada especie forestal.

**Literatura citada:**

- ARGUEDAS, M., G.TORRES. 1994. Problemas fitosanitarios en semillas forestales. N° 11. ITCR-CIT. Cartago. 8 p.
- BECKER, V.O. 1976. Microlepidópteros asociados con *Carapa*, *Cedrela* y *Swietenia* en Costa Rica. In: Studies on the shootborer *Hypsipyla Grandella* (Zeller). Lep., Pyralidae. De. J.L. Whitmore. IICA Misc. Publ. No. 101. V.Z., p. 75-101.
- BONNER, F.T.; VOZZO, J.A.; ELAM, W.W.; LAND, S.B. Jr. 1994. Tree Seed Technology Training Course. U.S. Department of Agriculture. General Technical Report SO-106, 160 p.
- CATIE. 1991a. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Manual de Consulta. Turrialba. 185 p.
- CORDELL, C.; ANDERSON, R.; HOFFARD, W.; LANDIS, T.; SMITH, R.; TOKO, H. 1989. Forest Nursery Pest. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook N° 680, 184 p.
- EUNGWIJARNPANYA, S.; HEDLIN A. F. 1984. Studies on seed insects of some forest trees. The embryo 1(1):49-56.
- HOCHMUT, R., MANSO, D.M. 1982. Protección contra las plagas forestales en Cuba. Cuba: Editorial Científico-Técnica. 290 p.
- JANZEN, D. 1978<sub>a</sub>. Intensity of predation on *Pithecellobium saman* (Leguminosae) seeds by *Merobrochus coumbinus* and *Stator limbalus* (Bruchidae) in Costa Rican deciduous forest. Trop. Ecol. 18: 167-76.
- JANZEN, D. 1978<sub>b</sub>. Cenfzaro tree (Leguminosae: *Pithecolobium saman*) delayed fruit development in Costa Rican deciduous forests. An. of. Bot. 69: 1269-76.
- JANZEN, D. 1980. Specificity of seed-atacking beetles in a Costa Rican deciduos forest. Journal of Ecology 68: 929-952.
- JANZEN, D.; MILLER, G.A.; HOCKFORTH-JONES, J.; POND, C.M.; HOOPER, K.; JANAS, D.P. 1976. Two Costa Rican bat generated seed shadows of *Andira inermis* (Leguminosae). Ecology 57: 1068-1075.

## ANEXO 1

## Algunas plagas semillíviras comunes en Centroamérica

*Amblycerus ca. scutellaris*

Pertenece a la familia Bruchidae (Coleoptera), conocidos comúnmente como los "gorgojos" de las semillas de *Cordia alliodora*. El adulto mide menos de 3 mm, color pardo rojizo, con el pronoto más oscuro, los elitros son estriados de manera longitudinal y están densamente cubiertos con pelos grisáceo-amarillentos. Los frutos y las semillas dañados se pueden identificar por una perforación redonda, por donde salen los adultos, que muchas veces alcanzan este estado cuando las semillas están almacenadas. Se desarrolla una larva por semilla.

En Cuba se informa de *A. pygidialis* Suff. en *Cordia gerascanthus* y *Luehea speciosa*.

*Merobrochus columbinus*

Este brúchido está asociado a las vainas y semillas de *Pithecelobium saman* (cañazo). El adulto es achaparrado, "beige" críptico, cerca de 5 mm de largo y con los fémures posteriores hinchados. Los adultos adhieren de diez a veinte huevos ovalados individuales en la superficie grabada de la vaina.

Una larva eclosiona en una o dos semanas y perfora la fruta verde hasta entrar en una semilla casi madura de tamaño completo. En una semilla solo hay suficientes recursos para que una larva madure; al parecer, todas las que entren más tarde son devoradas por la primera en entrar. En 2 o 3 semanas, la oruga se ha comido todo el contenido de la semilla y se transforma en pupa. Antes de pupar, corta una ranura circular en la testa de la semilla; luego el adulto recién emergido, después de pupar por 1 o 2 semanas, corta o saca este disco. Entonces un adulto corta un hueco del mismo diámetro en la pared de la fruta en maduración. Los gorgojos abandonan las vainas cuando están por caer del árbol.

Se distribuye desde México hasta el norte de Sur América.

*Hypsipyla ferrealis*

Esta especie es morfológicamente bastante parecida a *Hypsipyla grandella*, por lo que pueden ser confundidas fácilmente. Sin embargo, ella ataca solamente frutos y semillas del cedro macho o caobilla (*Carapa guianensis*), aunque se sospecha que tiene otros hospederos silvestres. La hembra puede producir hasta 570 huevos (en el laboratorio), los cuales son de forma elíptica, de color crema que luego vira a rojo. Al nacer, la larva es de color crema y tiene la cabeza y la placa torácica negras, pero luego su coloración varía, en diferentes momentos, hacia blanco hialino, blanco crema, crema, rosado claro, verde azulado y azul verduzco finalmente. La pupa, que mide 13-16 mm de longitud, es de color castaño claro en el vientre y castaño oscuro en el dorso. El adulto tiene una envergadura alar de 22-32 mm (macho) y 24-36 mm (hembra). Su tórax es de color castaño pálido, mezclado con escamas gris oscuro; sus alas anteriores son de color castaño grisáceo pálido, con un tenue brillo violáceo, y poseen una mancha pálida en el centro; las alas posteriores son semitransparentes, de color gris claro en el macho y castaño oscuro en la hembra, con un tenue brillo violáceo; su abdomen es de color castaño grisáceo dorsalmente y castaño pálido ventralmente. Las alas posteriores son más oscuras que las de *H. grandella*.

En cuanto a sus enemigos naturales, la larva es parasitada por el himenóptero *Hypomicrogaster hypsipylae*, que es gregario.

Además de los países centroamericanos, la especie se ha reportado en Colombia, Venezuela, Guayana Francesa, Brasil y Trinidad.

### ***Megastigmus* spp.**

Estas pequeñas avispas, que miden 3,4-5,7 mm, se caracterizan por tener una mancha (estigma) grande, oscura, en forma de perilla o de mazo, en el margen delantero de las alas anteriores. Las hembras - que son más grandes que los machos - presentan un ovipositor curvado, fuerte y casi tan largo como el cuerpo. Por lo general, son de color verde-amarillento, pardo o negro. Atacan varias especies de pinos, como *P. caribaea*, *P. oocarpa* y *P. maximoi* y otras coníferas de los géneros *Abies*, *Picea*, *Pseudotsuga* y *Cupressus*. Con su largo ovipositor, la hembra perfora las escamas de los conos jóvenes e inserta sus huevos en las semillas en formación; a veces deposita más de un huevo por semilla, pero siempre se desarrolla una sola larva. Esta consume el contenido de la semilla y empupa ahí, de modo que el adulto, para emerger, debe perforar una galería hasta el exterior del cono; la galería es circular, de aproximadamente 1 mm de diámetro y está libre de residuos. Antes de que aparezcan los agujeros de emergencia es imposible determinar si las semillas están atacadas, a menos que se utilicen radiografías, pues la larva no deja rastros de su presencia ni en los conos ni en las semillas; esto favorece la diseminación, a pesar de las medidas de cuarentena. El ciclo de vida dura aproximadamente un año. En algunas especies se ha documentado la existencia de partenogénesis.

**CURSO PARA PROFESORES SOBRE MEJORAMIENTO GENETICO,  
SELECCION Y MANEJO DE FUENTES SEMILLERAS Y MANEJO DE SEMILLAS  
FORESTALES**

**PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN SEMILLAS FORESTALES**

**Marcela Arguedas  
Gustavo Torres  
Corneya Miller**

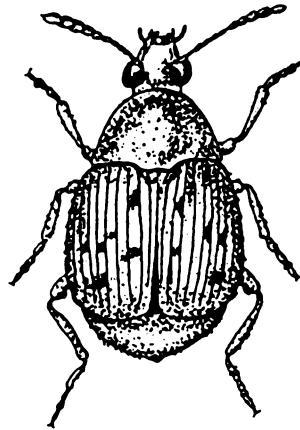
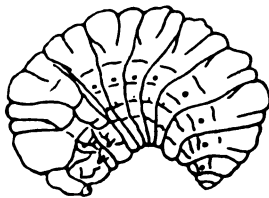
## INSECTOS

### FAMILIA BRUCHIDAE

Comúnmente llamados "gorgojos".

Larva: rechonchas, blancas, en forma de "C" y con tres pares de patas torácicas.

Adulto: menos de 5mm de largo, los elitros cubren el abdomen, trompa algo ensanchada.



Especies de la familia Bruchidae (COL.) en semillas forestales tropicales.

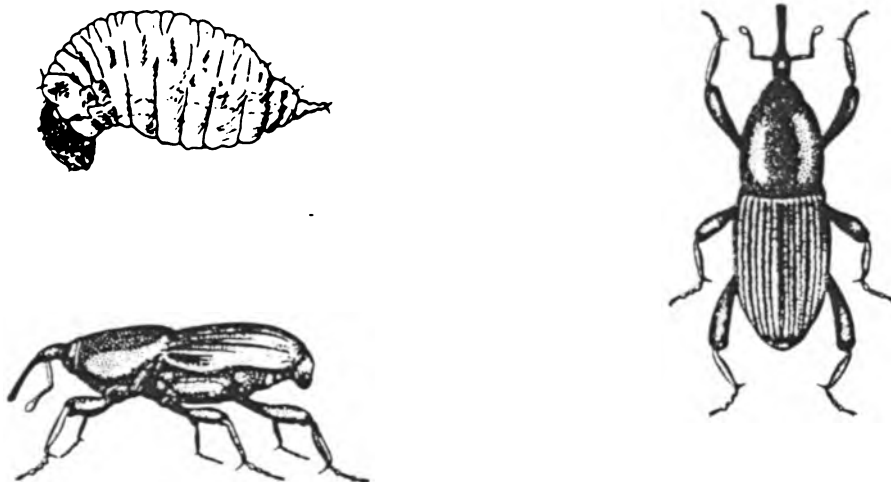
<u>Especie</u>	<u>Hospedero</u>
<i>Merobruchus insolitus</i>	<i>Albizzia adinocephala</i>
<i>Corydon serratus</i>	<i>Cassia fistula</i>
<i>Amblycerus</i> spp.	<i>Cordia alliodora</i>
	<i>C. gerascanthus</i>
<i>Stator generalis</i>	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
<i>Amblycerus cistelinus</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>
<i>Merobruchus columbinus</i>	<i>Pithecelobium saman</i>

## FAMILIA CURCULIONIDAE

Comúnmente llamados abejones "picudos".

Larvas: no poseen patas, cápsula cefálica oscura y cuerpos blandos en forma de C.

Adulto: La cabeza se prolonga mucho hacia adelante formando una especie de trompa.



Especies de la familia Curculionidae (COL.) en semillas forestales tropicales.

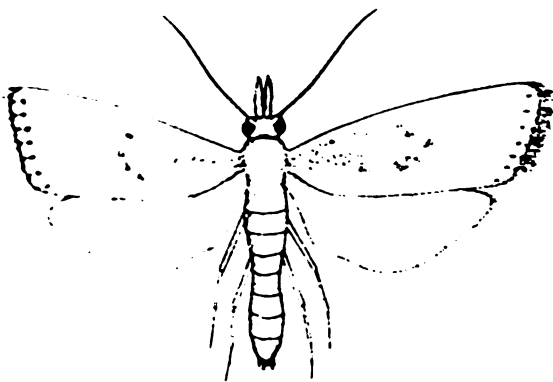
<u>Especie</u>	<u>Hospedero</u>
<i>Apion samson</i>	<i>Andira inermis</i>
<i>Cleogonus spp.</i>	<i>Andira inermis</i>
<i>Apion glypticum</i>	<i>Diphysa robiniodes</i>
<i>Rhinocherus spp.</i>	<i>Hymenaea courbaril</i>
<i>Zigopine sp.</i>	<i>Manilkara zapota</i>
<i>Conotrachelus sp.</i>	<i>Pinus sp.</i>

## FAMILIA PYRALIDAE

Conocidas como “polillas”

Larvas: presentan setas (pelos) sobre plaquetas o puntos color café sobre el dorso.

Adulto: palomillas pequeñas de envergadura alar hasta 40 mm. Alas delicadas, alargadas y triangulares.



Especies de la familia Pyralidae (LEP.) en semillas forestales tropicales.

<u>Especie</u>	<u>Hospedero</u>
<i>Hypsipyla ferrealis</i>	<i>Carapa guianensis</i>
<i>Trachylepidia fructicassiella</i>	<i>Cassia fistula</i>
<i>Sematoneura atrovenosella</i>	<i>Cedrela tonduzii</i>
<i>Ectomyelois muriscis</i>	<i>Hymenaea courbaril</i>
<i>Dioryctria erythroa</i>	<i>Pinus caribaea</i>
<i>Dichocrocis punctiferalis</i>	<i>Tectona grandis</i>

Otros

Larvas de avispas *Megastimus* sp  
Chinches



## **MICROORGANISMOS**

### **Daños causados por virus**

- Aborto
- Esterilidad en las flores
- Rugosidad en la testa
- Contracción del fruto
- Resecamiento del endospermo
- Decoloración
- Necrosis

### **Daños causados por bacterias**

- Aborto, reducción del tamaño o interrupción del proceso de formación de las semillas
- Pudrición
- Decoloración
- Cubierta viscosa

### **Daños causados por hongos**

- Infecciones
- Pudriciones
- Disminución de la germinación

## **VERTEBRADOS**

Ratas

Aves

## MANEJO

### FUENTES SEMILLERAS

Protección de ramas, insecticidas, aplicaciones foliares, agentes sistémicos, trampas de luz.

El mejor método es la prevención

### RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ALMACENAJE

#### Prevención:

- Destrucción de material infectado
- Eliminar semillas infectadas, prueba del agua
- Almacenar en recipientes herméticos e impermeables de 2 a 7°C y con un 8 a 10 % de humedad
- Recinto de almacenamiento limpio

#### Combate mecánico:

- Mallas finas

#### Tratamiento de semillas

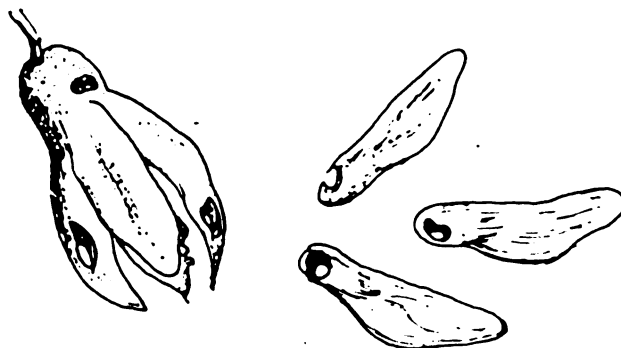
- Agua corriendo
- Esterilización de la superficie
- Tratamiento con insecticidas
- Tratamiento con fungicidas

\*

## DIAGNOSTICO

### **Insectos**

Presencia de orificios circulares, exudaciones, acumulación de virutas y excrementos, hilos de seda y deformaciones.



· Daños en frutos y semillas de *Cedreila sp*

### **Microorganismos**

Decoloración, manchas, motas similares al algodón y cuerpos fructíferos.

## Madurez y maduración de frutos y semillas

*Enrique Trujillo N.<sup>1</sup>*

### Introducción

La calidad final de la semilla depende en buena medida de las técnicas de recolección, procesamiento y manejo general que se le haya dado.

Uno de los principales aspectos que tienen decidida importancia en la viabilidad de la semilla es el estado de madurez con que se recogen los frutos; en muchos casos una colecta en época inapropiada puede dar como resultado la pérdida total del material genético obtenido.

En el campo forestal en general, la investigación es escasa; por lo tanto se dificulta encontrar información en cuanto al comportamiento fenológico y aspectos de madurez y maduración de frutos y semillas pese a su importancia en el efecto económico y de calidad que les es inherente.

La maduración del fruto es un proceso biológico que permite la liberación de la semilla en el momento propicio para encontrar las condiciones que posibiliten su establecimiento. El proceso de maduración de frutos está íntimamente relacionado con la dispersión de la semilla, conjunto de características propias del árbol-fruto-semilla que se han desarrollado evolutivamente para perpetuar las especies, como una estrategia que involucra componentes genéticos, morfológicos, químicos, fenológicos y medioambientales, dentro de los cuales la maduración aparece como un elemento esencial para la reproducción.

Conocer y manejar estos conceptos y aplicarlos a la cosecha, garantiza una operación económica rentable y buena calidad de la semilla.

### Maduración

La calidad de los frutos y semillas, no se puede mejorar después de la colecta, pero se puede conservar. En parte la buena calidad en la semilla se conserva cuando las jornadas de recolección se adelantan en el estado de madurez apropiado de los frutos. Los frutos cosechados inmaduros generalmente resultan de mala calidad y maduran en forma irregular.

En algunos casos, cuando los centros de procesamiento se encuentran distantes al sitio de recolección, se pueden presentar daños de calidad, irreversibles en el material cosechado, por la demora para iniciar el secado y/o aplicación de los mecanismos de extracción durante las diferentes

<sup>1</sup> Coordinador INSEFOR, CONIF, Colombia

etapas de la maduración. En algunas especies es difícil identificar el límite entre las etapas de premadurez y madurez pues no se evidencian cambios en la consistencia o el color de frutos y/o semillas; para estos casos, frecuentemente los índices de cosecha se vuelven subjetivos, por lo tanto un enfoque apropiado para apreciar la madurez se encuentra combinando varios métodos, entre ellos:

#### \* Características Fisiológicas

Al separar los frutos del árbol, sus tejidos experimentan una interrupción en el suministro normal del agua, minerales y, en algunas ocasiones de productos orgánicos simples del metabolismo, que hubiesen sido transferidos normalmente a ellos desde otras partes de la planta. Se interrumpe la síntesis de nuevos compuestos a partir del dióxido de carbono y del agua, con la posible excepción de una actividad fotosintética de corta duración en las hojas verdes. Sin embargo, los tejidos continúan siendo capaces de llevar a cabo una gran variedad de transformaciones metabólicas entre sus componentes orgánicos. Pierden agua al continuar con normalidad los procesos de transpiración en los órganos aéreos.

La actividad fisiológica que se desarrolla puede conducir en algunos casos a la disminución de su calidad, mientras que en otras resulta esencial para lograr el grado de maduración.

La maduración de los frutos, comprende todos aquellos procesos que tienen lugar desde que se inicia el cambio de color hasta que alcanza todas las características que lo hacen apto para la producción de semillas viables. La maduración es una etapa fundamental en la vida del fruto, no solo por lo que hace referencia a su calidad sino, especialmente a su capacidad de conservación.

#### \* Maduración

En el proceso de maduración las sustancias acumuladas durante el desarrollo, se transforman de manera lenta y progresiva hasta que el fruto y semillas alcanzan las condiciones que permiten calificarlos como maduros.

La maduración se caracteriza por una serie de transformaciones químicas que determinan cambios de sabor, consistencia, color y aromas. Las reacciones que predominan son las llamadas de hidrólisis, por ellas las moléculas grandes ó "polímeros" que se encuentran en los frutos verdes (almidón, celulosa, pectinas) y que están formadas por la unión de moléculas más pequeñas "monómeros", se rompen incorporando una molécula de agua y liberando estas unidades pequeñas. El almidón, por ejemplo, se hidroliza para dar azúcares que son los responsables del endulzamiento del fruto; la propectina, sustancia cementante de las células, se rompe para dar ácidos pécticos (moléculas pequeñas), provocando el reblandecimiento en los tejidos. Conjuntamente los pigmentos verdes las "clorofilas", se descomponen y dejan aparecer las coloraciones rojas y amarillas, características del fruto maduro, debido a la presencia de carotenos y xantofilas respectivamente.

## \* La Respiración

El desarrollo de todo el conjunto de reacciones que determinan la maduración, así como el mantenimiento de la actividad celular, necesitan el suministro de energía y la obtienen mediante la respiración. La respiración es un proceso de oxidación de los alimentos con liberación de energía necesario para una normal evolución de la maduración. De la energía que se libera en la respiración solo una parte es aprovechada por el fruto (que la acumula en moléculas ricas en energía de utilización posterior), el resto se elimina en forma de calor; el calor que se produce ha de tenerse en cuenta cuando se trata de la conservación, especialmente con el uso de cámaras frigoríficas.

Este proceso de oxidación puede tener lugar utilizando el oxígeno del aire, "respiración aeróbica" o sin él, "respiración anaeróbica". Este último proceso produce mucha menos cantidad de energía y, además conduce a la formación de productos finales como alcohol y ácidos orgánicos, cuya acumulación excesiva es tóxica para las células y llega a producir la muerte. La respiración aeróbica conduce a la formación de productos finales como anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y agua.

En ambos casos, durante el proceso se producen ácidos característicos como ácido málico en las manzanas, cítrico en las naranjas, etc.

De una manera general se puede resumir la respiración aeróbica, así:



## Frutos climatéricos y no climatéricos

Durante la maduración, la intensidad respiratoria conocida también como la velocidad con que se producen los intercambios gaseosos (consumo de O<sub>2</sub> y emisión de CO<sub>2</sub>) varía esto es, no sigue un ritmo regular.

En algunos frutos disminuye progresivamente durante todo el período hasta llegar a anularse con la muerte del fruto; en otros en cambio sigue un ciclo característico: la intensidad respiratoria disminuye hasta llegar a un valor mínimo, para subir rápidamente hasta un máximo y después volver a disminuir paulatinamente hasta anularse. Los frutos que se comportan de esta manera se les llama "Climatéricos", en ellos las reacciones de maduración son más complejas. Pertenecen a este grupo la mayoría de frutos que son objeto de una conservación delicada. En forestales algunas especies de ejemplo con frutos climatéricos son la *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Cedrela montana*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha*, para entender mejor el concepto algunos casos comunes corresponden al aguacate, banano, mango, feijoa, papaya (frutos que se cosechan verdes y adquieren su madurez posteriormente fuera del árbol). Las especies forestales con frutos no climatéricos corresponden a *Cordia alliodora*, *Alnus acuminata*, *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., etc., ejemplos comunes corresponden a la mora, fresa, limón.

### **Ciclo Climatérico**

El ciclo climatérico presenta tres etapas o fases a saber:

\* **Preclimaterico:** Es la etapa comprendida hasta la formación completa del fruto, con sus sólidos, división celular y alargamiento de las mismas. Al final de esta fase el fruto ha llegado prácticamente al máximo desarrollo de su tamaño.

**Climateria:** Ciclo comprendido por la aparición de los primeros síntomas de madurez, hasta el desarrollo completo de la misma.

\* **Posclimaterio:** Anuncia el comienzo del envejecimiento o sobremadurez hasta llegar a una completa alteración de los tejidos.

### **Factores que afectan la respiración**

#### **Factores internos**

- a. Estado de desarrollo
- b. Composición química del tejido
- c. Tamaño del producto
- d. Cubiertas naturales
- e. Tipo de Tejido

#### **Factores externos**

- a. Temperatura
- b. Acción y concentración de etileno
- c. Concentración de oxígeno disponible
- d. Concentración de anhídrido carbónico
- e. Reguladores del crecimiento
- f. Lesiones en los frutos

## Conceptos de madurez

El término de maduración se utiliza independientemente para designar el estado de un fruto apto para ser recolectado y para que cumpla con las características necesarias para originar semillas viables. Es condición fundamental, para poder llevar a cabo una buena conservación y transformación de productos de calidad, recolectar en un estado de madurez óptimo, surgen entonces, dos conceptos de madurez.

1. **Madurez de recolección:** llamada también premadurez, ó madurez comercial (Maturity).
2. **Madurez de consumo:** llamada también, madurez fisiológica ó sazón (Ripeness).

En los frutos climátricos, los puntos de iniciación y finalización del climaterio (punto mínimo y máximo de intensidad respiratoria), están íntimamente relacionados con la madurez comercial y la madurez fisiológica.

La tasa de respiración es un buen índice de longevidad del fruto después de cosechado. Entre mayor sea la tasa de respiración, menor será la vida en almacenamiento (deterioro).

## Madurez Fisiológica

La producción de semillas se inicia con la diferenciación de las yemas florales. El proceso se desarrolla cuando una yema vegetativa modifica su patrón de desarrollo y se transforma en una yema reproductiva como resultado de diversos factores internos y externos.

Los principales factores externos que ocasionan estas modificaciones son la temperatura, la luz, el suministro de agua y los elementos nutricionales. El proceso de formación de nuevos tejidos, implica la síntesis de nuevas proteínas y un aumento generalizado del metabolismo. A medida que evoluciona la maduración, ocurre un aumento en la actividad bioquímica como un reflejo de la actividad enzimática en las células individuales. Aproximadamente el 80% de la síntesis de proteínas ocurre a partir de los tejidos de reserva, con un reflejo final en el aumento de materia seca. En los últimos estadios de la maduración, ocurre un decrecimiento de esta actividad de los tejidos de reserva, usando entonces el embrión para participar en buena medida en la síntesis de proteínas.

A medida que se aproxima la madurez fisiológica se presenta un aumento de ácidos grasos, proteínas y carbohidratos, responsables del aumento de materia seca de la semilla.

Se indica que las principales modificaciones durante la maduración ocurren con el contenido de humedad, tamaño de la semilla, peso de la materia seca, poder germinativo y vigor de la semilla. La última etapa está marcada por un continuo decrecimiento de la humedad, por lo que se denomina fase de desecamiento.



La temperatura es uno de los factores citados como los más importantes como elemento acelerador o retardador de la maduración.

**Indices de madurez:** un buen índice debe ser ante todo sensible, es decir, capaz de poner de manifiesto diferencias aún sean pequeñas; práctico, rápido y si es posible que pueda expresar el grado de madurez mediante un parámetro que lo haga comparable con las medidas realizadas por otros observadores y en lugares distintos.

Existen numerosas variaciones entre los diferentes tipos de frutos y hortalizas, y a su vez, efectos de pre cosecha que pueden afectar directamente estos índices. Es por ello que para determinar la madurez resulta imprescindible utilizar por lo menos dos o tres frutos conjuntamente.

La madurez puede determinarse por medio de los siguientes índices:

**1. Por medios visuales:**

- a. Color (tablas y colorímetros)
- b. Presencia de hojas externas secas
- c. Secamiento del cuerpo de la planta
- d. Llenado del fruto
- e. Color de la pulpa

**2. Por medios físicos:**

- a. Facilidad de abscisión o separación
- b. Consistencia (dureza). Penetrometría
- c. Peso específico

**3. Por análisis químicos:**

- a. Determinación de sólidos solubles totales (SST)
- b. Determinación de ácidos

**4. Por medio de cálculos:**

- a. Días transcurridos a partir de la floración

b. Período vegetativo establecido

**5. Por métodos fisiológicos:**

a. Intensidad respiratoria (período climatérico)

**6. Otros índices:**

a. Relación pulpa/hueso (aceitunas)

b. Rendimiento con almendra (nueces, almendras)

c. Jugosidad de la pulpa

d. Contenido en ácido oléico (avellanedas)

e. Actividad enzimática, espesor, cutícula, etc.

En el campo forestal no hay suficiente investigación de soporte en cuanto a madurez de frutos. En general las actividades de recolección se fundamentan en parámetros como el tamaño y principalmente el color de los frutos. Usualmente las jornadas de recolecciones se apoyan en técnicas de evaluación por observaciones rápida mediante pruebas de corte en el campo. Se puede indicar que en forma muy general cuando los frutos están inmaduros son de color verde y cuando están maduros son de color marrón, sin embargo hay muchas excepciones y desconocimiento de acuerdo con las especies.

Así por ejemplo la *Tectona grandis* inmadura es de color verde y amarillando cuando madura, el *Eucalyptus globulus* cuando está inmaduro es de color rojo y café oscuro cuando está maduro, la especie *Cordia alliodora* es de color blanco o jaspeado, al cambiar a color marrón aún es inmadura, pero como no es una especie climatérica la madurez es casi que inmediata, esta especie es de especial cuidado porque por esta razón se pierde el material inmediatamente.

**Consecuencias de una recolección en época inadecuada**

Se han enumerado diversos procedimientos o índices para determinar el momento óptimo de recolección, a los que se debe añadir la experiencia del funcionario que va a adelantar la actividad.

¿Qué ocurre si se procede a la recolección de frutos y/o semillas sin ser el momento adecuado?. Muy posiblemente la cosecha del material va a resultar demasiado pronto o demasiado tarde; en cada uno de los casos se presentan anomalías, entre las cuales sobresalen las siguientes:

### 1. Recolección demasiado temprana

- a. La maduración en postcosecha es incompleta.
- b. La pérdida de peso es importante, pudiendo ser en muchas ocasiones entre el 10 y el 20%. Está comprobado que entre los 18 y 22 días antes de la debida maduración (comercial), el fruto aumenta un 15% en peso.
- c. Las frutas son propensas a fitiopatías.
- d. Dada la intensa transpiración que tiene lugar en la fruta verde, se presenta muy posiblemente el marchitamiento.

Una ventaja de la cosecha demasiado temprana es que los frutos son menos atacados por las diferentes podredumbres.

### 2. Recolección demasiado tardía

- a. El tiempo de conservación antes del procesamiento se disminuye y los frutos se toman más propensos a enfermedades.
- b. Se produce abundante pérdida de la cosecha.
- c. Los frutos que no se caen y que permanecen adheridos al árbol, presentan trastornos fisiológicos internos (corazón negro) y externos (escaldado).

## Control de la Maduración

En condiciones de laboratorio o invernadero, realizando un riguroso control de los factores ambientales, actualmente es posible favorecer la maduración de la fruta (condiciones artificiales) en el momento deseado, aunque esta tecnología aún no se aplique en el campo forestal.

**La maduración controlada:** se realiza cuando se puede llevar a cabo el proceso en un momento cualquiera de las etapas de conservación; ello permite como ventaja fundamental la llegada del fruto en el momento más oportuno para su procesamiento y en condiciones óptimas de calidad. Esta tecnología tiene ventajas importantes cuando hay dificultades de manejo o períodos de tiempo largos antes de iniciar el procesamiento.

El término de **maduración acelerada** se aplica cuando se ha cosechado un fruto precozmente, siempre que haya alcanzado el desarrollo necesario para adquirir de este modo la madurez fisiológica.

## Epoca adecuada de cosecha

El conocimiento de los patrones de desarrollo de la maduración en los frutos y semillas, es la base para obtener semillas viables después del procesamiento.

Una vez los frutos y semillas llegan a la madurez fisiológica, se inicia un proceso de deterioro, cuya velocidad está íntimamente relacionada con los factores medioambientales, especialmente las variaciones día-noche y clima, eventos que afectan su calidad.

En algunas especies forestales, solo es posible obtener sus semillas después de que han sido dispersas por diferentes causas; esto se debe a las dificultades de cosecha relacionadas con las características de los árboles tales como presencia de espinas, ramas finas, o excesiva altura de los árboles y carencia de equipos y sistemas de recolección; estas condiciones favorecen indiscutiblemente que los frutos sean atacados fácilmente por avifauna de diverso tipo, que afecta directamente la calidad de la semilla.

En el caso de especies con frutos dehiscentes tales como *Tabebuia* spp., *Cedrela* spp., *Alnus* spp. y muchas otras, es necesario proceder a la recolección antes de que se produzca la dispersión. Esta situación a veces coincide con la falta de maduración completa, por lo cual es indispensable un conocimiento previo del tipo de maduración y la época de fructificación, condiciones éstas que tienen implicaciones relacionadas con la maduración y aspectos relacionados con la calidad fisiológica y sanitaria de los frutos.

Varias de las especies forestales requieren de un amplio período de maduración; incluso algunas como las coníferas pueden llegar a necesitar de varios años. Esto implica que en el árbol existen simultáneamente varios estados de madurez, que incluso pueden variar desde flores abiertas hasta frutos maduros simultáneamente y en el mismo árbol. El éxito por tanto en los programas de recolección radica en determinar la época en la que se encuentra concentrada la mayor cantidad de frutos maduros.

## Literatura citada

- BONNER, F.T. 1972. Maturation of Sweetgum and American sycamore seeds. *Forest science*, Madison. 48(3) 223-231.
- CEPEDA, O. R. El fenómeno de la maduración. Ing. Agrónomo Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía Bogotá. (Conferencias de clase y base del trabajo)
- MÁRQUEZ, P.R. 1984. Maduracao fisiológica de sementes de especies florestais. *Anais do 1o Simpósio Brasileiro sobre tecnologia de sementes florestais*. Belo Horizonte.
- POPINIGIS, F. 1977. Fisiologia da semente. Brasilia Ministerio de Agricultura\Agiplan. 289p.

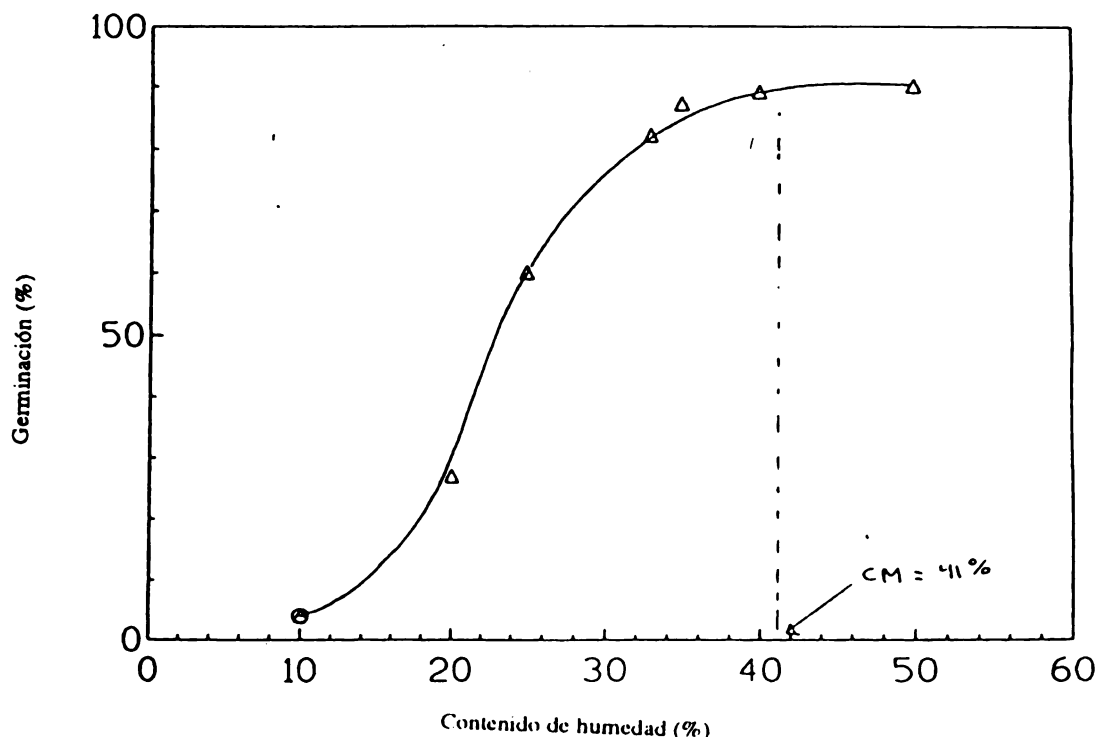
## PROCESAMIENTO Y MANEJO DE SEMILLAS RECALCITRANTES DE ESPECIES FORESTALES

Karen Poulsen<sup>1</sup>

### Introducción

La palabra “recalcitrante” es un adjetivo que significa difícil de manejar y obstinado. La palabra fue introducida por Roberts (1973) para describir un grupo de especies de semillas que son susceptibles a la desecación.

El efecto causado por la desecación de semillas recalcitrantes es perjudicial porque conlleva a la pérdida de la capacidad de germinación; la respuesta típica a la desecación es una curva sigmoidea (figura 1). El nivel del contenido de humedad en el cual se inicia el daño es calificado con el término contenido de humedad crítico. El contenido de humedad crítica de las semillas recalcitrantes varía normalmente entre 20% y 50%, basado en el peso de la semilla fresca. Además, la mayoría de las semillas recalcitrantes tropicales también son susceptibles a bajas temperaturas, es decir son susceptibles al frío, ya que sufren daño al ser expuestas a temperaturas por debajo de los 10-15°C.



**Figura 1.** Respuesta típica de las semillas recalcitrantes a la desecación. CM: Contenido de humedad crítica.

<sup>1</sup> DFSC, Dinamarca

En el otro extremo se tienen otra categoría conocida como semillas ortodoxas. Estas semillas toleran la desecación hasta contenidos de humedad muy bajos, es decir de 3% a 5%, y también la exposición a temperaturas bajo cero. En estos niveles de humedad tan reducidos y a estas temperaturas tan bajas, la actividad biológica de las semillas es casi nula y en consecuencia pueden ser almacenadas óptimamente. La mayoría de las semillas en las especies usadas para la agricultura muestran una conducta de almacenamiento ortodoxo, pueden ser almacenadas por largos períodos de tiempo (fácilmente por 10 años) a temperaturas bajo cero. Esto facilita grandemente su obtención y suministro, ya que la semilla puede ser recolectada en un año de buena cosecha, almacenada y suministrada, desde el almacén al vivero, en cualquier momento.

En contraste, las semillas recalcitrantes poseen un corto período de viabilidad. Debido a su susceptibilidad a la desecación y al enfriamiento, el elevado contenido de humedad debe combinarse con una temperatura relativamente alta durante el almacenamiento. Estas condiciones favorecen una actividad metabólica alta que conduce a la iniciación de la germinación y también a actividad fungosa y aparición de insectos. En consecuencia, las semillas deben ser suministradas a los viveros y plantadas pocas semanas después de su recolección.

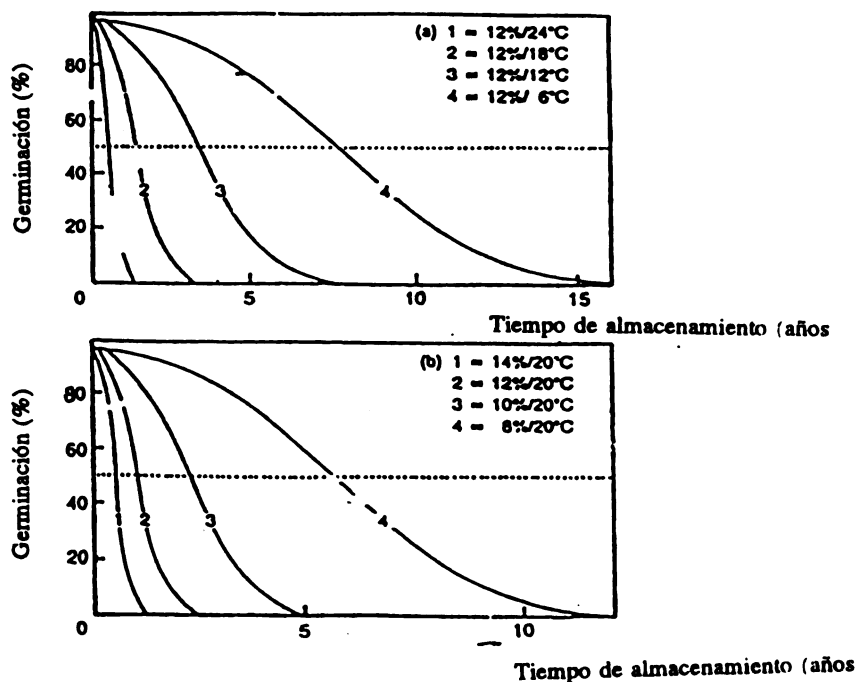
Es por esto, el manejo de semillas recalcitrantes para el suministro a gran escala a los viveros forestales causa problemas, los cuales deben ser tratados especialmente en los proyectos de obtención y suministro de semillas. Generalmente se debe llevar a cabo investigación aplicada, antes de que se pueda asegurar un suministro de semillas eficaz y continuo. Este documento describe las diferentes categorías de la fisiología del almacenamiento de semillas, haciendo especial énfasis en las semillas recalcitrantes, el estado de la investigación sobre las semillas recalcitrantes y los enfoques hechos para mejorar la obtención y suministro de éstas.

### **Fisiología de almacenamiento de semillas**

La investigación sobre el almacenamiento de semillas opera con tres tipos de fisiología o de conducta de almacenamiento: ortodoxo, intermedio y recalcitrante. Los tipos ortodoxo y recalcitrante fueron definidos por Roberts (Roberts, 1973) y representan de hecho, dos extremos. En 1990, una tercera categoría de conducta de almacenamiento fue sugerida, es decir, la categoría intermedia (Ellis et al. 1990). Se descubrió que la semilla de café (*Coffea arabica*) no coincidía en ninguno de estos dos patrones de conducta de almacenamiento, se comportaba de una forma que, se podría decir, estaba en el medio de las dos categorías, por eso el término "intermedio".

### **Conducta de almacenamiento de las semillas ortodoxas:**

La investigación sobre el almacenamiento de semillas, en combinaciones factoriales del contenido de humedad y temperatura, mostró que el almacenamiento podía predecirse matemáticamente. El patrón de la sobrevivencia de semillas ortodoxas se puede ver (idealizado) en la Figura 2. En cuanto más se reduce el contenido de humedad y la temperatura de almacenamiento, más se prolonga la sobrevivencia de la semilla.



Las curvas de deterioro fueron generadas por las medias de la ecuación y constantes calculadas por Ellis et al. (1982)

**Figura 2.** Curvas idealizadas de la sobrevivencia de semillas ortodoxas.

Las curvas representan distribuciones normales, la sobrevivencia de un lote de semillas (una población) está representada por la distribución normal. Así, una curva se define por la desviación media y estándar de la distribución normal. En realidad es difícil comparar las curvas, por lo tanto se las ha transformado en líneas rectas (transformación probit). La viabilidad en probits ( $v$ ) puede expresarse como sigue:

$$v = k_i - p(1/s).$$

“ $s$ ” es la desviación estándar de la distribución de la muerte de semillas en el tiempo, “ $p$ ” es el período de almacenamiento en días, “ $k_i$ ” es el porcentaje de germinación inicial del lote de semillas en probits. Es inherente a la transformación probit, que la recíproca de la inclinación corresponde a la distribución de la muerte de semillas. Finalmente “ $s$ ” se puede expresar como una función del contenido de humedad (basado en el peso de la semilla fresca) y de la temperatura durante el almacenamiento:

$$(K_E - C_W \log(m) - C_H T - C_Q t^2) \\ s = 10$$

“ $m$ ” es el porcentaje del contenido de humedad basado en el peso de la semilla fresca, “ $t$ ” es la temperatura en grados centígrados, “ $K_E$ ”, “ $C_W$ ”, “ $C_H$ ”, “ $C_Q$ ” son constantes específicas de la especie. Las dos ecuaciones combinadas forman la ecuación de viabilidad.

La ecuación se ha considerado aplicable para muchas especies. Ejecutando una serie de ensayos de almacenamiento con combinaciones factoriales de contenidos de humedad y temperaturas, se puede determinar la ecuación de viabilidad para cualquier semilla ortodoxa. Después de determinar el porcentaje de germinación inicial de cualquier lote de semillas de la especie, se puede predecir su capacidad de almacenamiento a un dado contenido de humedad y a una dada temperatura. Hay que subrayar, que la ecuación sólo se aplica a un cierto rango de contenidos de humedad que corresponden a un potencial de agua (capacidad de absorción de agua) de la semilla de entre -350MPa y -14MPa aproximadamente (es decir, humedades relativas de 10%-90%) . A potenciales de agua de aproximadamente -14MPa, la respiración de la semilla es medible y probablemente ocurre reparación de células invirtiendo, de esta forma, la relación entre la viabilidad y el contenido de humedad.

### Conducta de almacenamiento de las semillas intermedias.

Semillas de algunas especies mostraron no coincidir ni en el grupo recalcitrante ni en el ortodoxo, es decir, eran intermedias. El grupo intermedio no se encuentra aún bien definido, pero probablemente un cierto número de semillas de árboles forestales pertenecen a éste, y parece que el grupo intermedio aumentará cuando se hagan investigaciones en más especies forestales. Las especies que, hasta ahora, se han incluido en esta categoría son: *Coffea arabica* (Ellis et al. 1990), *Carica Papaya* (Ellis et al. 1991), *Azadirachta indica* (Poulsen 1996), algunas especies de *Araucaria* y de *Dipterocarpus* (Tompsett 1987). La especie tolera desecación, pero no hasta el mismo punto que las semillas ortodoxas. El daño se presenta cuando los contenidos de humedad se encuentran en el rango 5% a 12%. El almacenamiento de la especie es mejor a temperaturas sobre cero que a temperaturas bajo cero. Por ejemplo, la semilla del café tolera mejor el almacenamiento a 15°C que a -20°C o que a 0°C. Basándose en los ensayos que se han hecho con 9 cultivos de café provenientes de varias partes del mundo, se recomienda almacenar la semilla de café a un contenido de humedad de 10% y a 10°C.

La conducta de almacenamiento no es característica de un género, varias especies de *Dipterocarpus* presentaron conductas de almacenamiento diferentes (Tompsett 1987). Algunas eran altamente recalcitrantes, otras intermedias y quizás algunas ortodoxas. La conducta de almacenamiento puede variar hasta dentro de la misma especie. Este puede ser el caso de *Azadirachta indica* (Nim) (Poulsen 1996). La especie ha sido cultivada por siglos y fue introducida desde Asia en todos los continentes, y podría ser que la selección natural bajo condiciones climáticas variadas, ha llevado al desarrollo de razas aclimatadas localmente, que presentan diferente fisiología de almacenamiento. Sería interesante (pero aún no ha sido comprobado) si de hecho, las conductas recalcitrante y ortodoxas son rasgos graduales de adaptación que dependen del ecosistema del cual proviene la fuente semillera.

Existe todavía muy poco conocimiento disponible para hablar realmente sobre un grupo de especies con semillas intermedias, pero es posible describir algunas características preliminares de estas semillas:

- Se almacenan mejor a temperaturas sobre 0°C que a temperaturas bajo 0°C
- El contenido de humedad óptimo para el almacenamiento se encuentra en el rango de 8% a 12% (basado en el peso de la semilla fresca).
- Si el contenido de humedad es menor de 6%, pueden ocurrir daños inmediatos.
- Hasta ahora, sólo se ha encontrado semillas intermedias en especies leñosas.



### Características de las semillas recalcitrantes

Como ha sido explicado anteriormente, la característica distintiva de la semilla recalcitrante es su intolerancia a la desecación. Además de ésta, una serie de las características típicas de este grupo son enumeradas en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características de las semillas recalcitrantes vs. semillas ortodoxas

RECALCITRANTES	ORTODOXAS
Sensibles a la desecación	Toleran desecación
Las especies tropicales no toleran temperaturas menores de 4-15°C	Toleran temperaturas bajo cero
La semilla es voluminosa (generalmente de más de 3 a 5 g)	La semilla es pequeña
Contenido de humedad alto en el momento de su diseminación (> 20%)	Contenido de humedad bajo en el momento de su diseminación
Generalmente no presentan latencia	Existen tanto especies latentes como no latentes
Perennes y lechosas	Perennes y también anuales, lechosas y también herbáceas
Ecosistemas húmedos (bosque hidrofítico tropical, manglar, algunos bosques de clima templado)	Tanto ecosistemas secos como húmedos
<u>Ejemplos:</u> <i>Quercus, Araucaria, Shorea, Hopea, Dryabalanops, Podocarpus, Carapa</i>	<u>Ejemplos:</u> <i>Pinus, Abies, Picea, Fagus, Casuarina</i>
Caucho, coco, cacao, mango, <i>Artocarpus heterophyllus</i>	Arroz, granos, legumbres

En resumen, una semilla recalcitrante típica pertenece a una especie lechosa proveniente de un ecosistema de un bosque húmedo tropical, la semilla pesa más de 3-5 g, no es latente y es diseminada con un contenido de humedad de más de 40%. Sin embargo, hay que enfatizar que muchas especies se van a desviar de este patrón generalizado. El rasgo más seguro para basar la sospecha de conducta recalcitrante o intermedia es el elevado contenido de humedad presente en el momento de la diseminación. La semilla no pasa por el proceso de secado típico durante la maduración

de las semillas ortodoxas. Flores (1996) informa sobre la conducta de almacenamiento de una varias de especies arbóreas centroamericanas.

El almacenamiento de las semillas recalcitrantes tropicales requiere del mantenimiento de un contenido de humedad entre el momento de la diseminación y el contenido de humedad crítico. Puede ser provechoso mantener el contenido de humedad al nivel más bajo tolerado por la semilla, y de esta forma reducir la actividad biológica de ésta (la cual está estrechamente relacionada con el contenido de humedad) lo más posible. Pero, de cualquier forma, la humedad del aire en el almacén debe ser de más de 90% para mantener el contenido de humedad por encima del nivel crítico. De la misma forma, es probable que la temperatura más baja tolerada por la semilla prolongará su capacidad de almacenamiento y también el período antes de que se inicie la germinación. Como el contenido de humedad de la semilla es muy elevado, hay respiración, por lo tanto, para evitar sofocación (aumento de la concentración del dióxido de carbono y la reducción de la concentración de oxígeno en el aire) es necesario que exista ventilación. Es muy difícil mantener este medio ambiente, y durante el almacenamiento existe constantemente el riesgo de:

- Comienzo de la germinación
- Actividad fungosa y aparición de insectos
- Daño por desecación
- Daño por temperatura
- Daño por sofocación

Algunas especies recalcitrantes de zonas templadas toleran temperaturas alrededor de  $-1^{\circ}\text{C}$ , y pueden ser almacenadas sin peligro por 2 años (Poulsen 1992, Suszka & Tylkowski 1980), pero para muchas especies tropicales, por ejemplo: *Carapa guianensis*, *Araucaria angustifolia*, varias especies de *Shorea* y de *Dipterocarpus*, la mejor recomendación es la de plantar las semillas lo más pronto posible después de la recolección, es decir, evitar períodos de almacenamiento de más de 1-2 semanas. Probablemente existen diferentes tipos que comprenden semillas "altamente" recalcitrantes y semillas "ligeramente" recalcitrantes, tolerando estas últimas una pérdida de humedad relativamente alta, y para su almacenamiento son preferibles las temperaturas bajas .

### Investigación sobre el daño causado por la desecación en semillas recalcitrantes

Como fue sugerido por Farrant et al. (1998), las especies recalcitrantes representan un grupo muy diverso y probablemente el potencial de agua en el cual se inicia el daño varía. Se han hecho experimentos para tratar de definir el nivel en el cual se inicia el daño por desecación en algunas especies (Poulsen 1992, Pritchard 1991, Probert & Longley 1989). Los niveles de potencial de agua en los cuales se iniciaba el daño, se encontraban en el rango de  $-3\text{MPa}^*$  a  $-5\text{MPa}$  (es decir de  $-30$  a  $-50$  Atm). Compare esto al punto permanente de marchitamiento de las plantas verdes, es decir  $-1,5$

---

\* Mega pascal

MPa\*\*, y el potencial de agua de semillas ortodoxas secas, -300 MPa. Parece entonces que las semillas recalcitrantes se comportan más como plantas que como semillas; la semilla recalcitrante podría clasificarse como una plántula en reposo.

Muchos investigadores científicos han descrito los cambios fisiológicos como consecuencia a la desecación. Una de las observaciones más consistentes es el "goteo", es decir, cuando la semilla recalcitrante desecada es humidificada en aire húmedo y luego remojada en agua, la conductividad del agua aumenta abruptamente. Esto muestra, que iones y otras sustancias se están escapando de las células de la semilla, indicando que las membranas de las células se han dañado. Esta observación ha sido apoyada por estudios hechos con el microscopio (microscopía electrónica de transmisión), los cuales muestran que membranas celulares y otras membranas dentro de las células han sufrido daño (Rühl & Biehl 1989). Por lo tanto, se ha supuesto que la naturaleza de las membranas de las semillas recalcitrantes es diferente a la de las ortodoxas, y que la desecación conlleva sobre todo al daño de la membrana. Paralelamente, se ha sugerido que las semillas recalcitrantes no poseen los mismos azúcares que las semillas ortodoxas, es decir, aquellos que ayudan la estabilización de las membranas.

No se ha estudiado mucho la susceptibilidad al frío, sin embargo, sería interesante saber por qué una semilla de cacao (*Theobroma cacao*) no tolera ni una hora de exposición a 15°C (Rühl et al. 1989), se observa pérdida de membranas de liposomas en los cotiledones.

Parte de la investigación científica de las semillas recalcitrantes tiene que ver con el patrón de desarrollo de ésta, y estudia los cambios hormonales que ocurren durante su maduración. Una de las tesis establece que los procesos de desarrollo son continuos hasta el extremo que la semilla es comparable a una semilla ortodoxa, la cual después de su imbibición, ha entrado en el estado de germinación, donde el secado es irreversible. Esto significa que la semilla se muere después de un tiempo, si no se le permite más humidificación (Farrant et al. 1989). Esta hipótesis, probablemente, no tiene validez en el caso de semillas recalcitrantes en estado de latencia, por ejemplo *Quercus rubra* (roble rojo) o *Aesculus hippocastanea*, ya que éstas son latentes. Pero parece que el secado durante el proceso de maduración es muy limitado en todas las especies estudiadas, es decir tanto las zonas templadas como las tropicales.

Una de las líneas del estudio se ocupa de la preservación criogénica, es decir el almacenamiento en nitrógeno líquido a -198°C. A estas temperaturas tan bajas, la actividad biológica es casi nula, y se espera que la semilla tolere un período de almacenamiento muy prolongado. La técnica ha sido llevada a cabo con éxito en *Artocarpus heterophyllus* (Krishnapillay 1989). Consiste en la estirpación del eje del embrión pequeño en condiciones estériles, remojarlo en protectores criogénicos, desecarlo y sumergirlo en nitrógeno líquido después de haber controlado su congelamiento. Después de la preservación criogénica, el eje del embrión es cultivado, en condiciones estériles, en un sustrato de cultivo de tejidos. La técnica es difícil pero puede ser valiosa para individuos seleccionados amenazados de extinción. Sin embargo, no es (o todavía no es) operacional para el suministro comercial de semillas a viveros forestales.

Otra de las líneas de la investigación recomienda el almacenamiento de plántulas bajo condiciones de luz y de nutrición no completamente favorables (Krishnapillay 1996). La técnica consiste en la reducción de luz y de sustancias nutritivas para reducir de esta forma el crecimiento de la planta lo más posible, sin dejarla morir.

---

\*\* Atmósfera (1 Atm. = 1000 pascales)

### **Problemas de obtención y suministro de semillas recalcitrante a escala comercial**

Los problemas fisiológicos de las semillas recalcitrantes descritos anteriormente no comprenden todos los aspectos problemáticos de estas especies. El período de floración de varias especies recalcitrantes existentes en los bosques hidrofíticos tropicales, no es conocido, y la floración no se presenta cada año. Tampoco se conoce el período de maduración de la semilla, por lo tanto, es necesario registrar regularmente en qué grado de desarrollo se encuentra la semilla. La competencia con animales defoliadores (ej.: insectos, murciélagos, aves) puede ser significativa, y es imposible controlar los diseminadores. Para evitar esta gran competencia con defoliadores, puede ser necesario escalar el árbol para la recolección, lo cual aumentará el costo de la obtención de semillas. Puede haber sólo unos pocos individuos de la especie por hectárea y en consecuencia la operación de recolección requerirá de tiempo y será costosa. La semilla es voluminosa, debe mantenerse aireada (es decir, no debe ser transportada bajo ninguna circunstancia, almacenadas en bolsas plásticas herméticas y ni deben amontonarse), además se debe evitar el daño mecánico. En consecuencia, ocuparán mucho espacio durante su transporte del bosque al centro de semillas o al vivero. Si la infraestructura es pobre, el transporte podrá durar varios días, aumentando de esta forma, el riesgo de que la semilla se caliente y/o se desencadene el proceso de germinación. Juntos, todos estos factores conllevan a la carestía de la obtención y suministro de las semillas recalcitrantes, lo cual será más irregular y arriesgado en comparación con la obtención y suministro de semillas ortodoxas.

### **Prácticas actuales y planteamientos para la obtención y suministro de semillas recalcitrantes**

El problema de obtención y suministro de semillas recalcitrantes varía de especie a especie; las especies altamente recalcitrantes son las más complicadas. El mejor consejo a seguir para éstas es el de planificar cuidadosamente la logística de recolección, procesamiento y operación de envío de la semilla, para así reducir el período que pasa desde la recolección hasta que ésta es plantada en el vivero. Se aconseja: aplicación de un fungicida inmediatamente después de la recolección, asegurarse de buena aireación durante todos los pasos, evitar deshidratación después de la recolección y durante el transporte y reducir la temperatura a 15°C - 20°C durante el transporte y el almacenamiento provisional. Además, las semillas de las especies recalcitrante deben ser recogidas sólo cuando hay un orden y el vivero debe estar preparado para recibir las y plantarlas cuando lleguen. Por lo tanto la comunicación con el vivero debe ser intensa.

En Malasia, se ha implementado un proyecto innovativo sobre obtención y suministro de semillas de especies recalcitrantes de bosques hidrofíticos. Krishnapillay (1996) informa sobre la estrategia del proyecto; se ha tomado un enfoque descentralizado. Debido al conocimiento limitado sobre la floración y diseminación y todo el proceso de desarrollo de semillas, uno de los componentes del proyecto es la vigilancia extensiva de la floración llevada a cabo por oficinas forestales locales en los distritos. Estas oficinas también estarán encargadas de la recolección de semillas. Para evitar los largos períodos de transporte, otro componente importante es el establecimiento de viveros locales (o regionales), los cuales recibirán y plantarán la semillas inmediatamente. Será interesante observar como funcionará el sistema en el futuro.

## Conclusión

Una serie de especies tropicales aborígenes, de madera dura, especialmente provenientes del trópico húmedo, tienen semillas recalcitrantes. El uso de estas especies en los esquemas de reforestación es dificultado por el inadecuado suministro de semillas. El resultado podría ser que en vez de las especies aborígenes se planten especies exóticas como pinos y eucaliptos. Las causas de un suministro de semillas inadecuado son muchas:

- Falta de infraestructura, hay pobre acceso a fuentes semilleras
- Conocimiento limitado sobre procedimientos de manejo
- Poca viabilidad
- Floración irregular
- Ataque de insectos
- Pocos árboles por hectárea en fuentes semilleros naturales
- Información inadecuada sobre el período de maduración
- Información inadecuada sobre los hábitos de floración
- Poca demanda debida al conocimiento limitado sobre el desarrollo de las especies en plantaciones
- Es costoso obtener y suministrar semillas

En conclusión, para muchas especies recalcitrantes se puede decir que será necesario desarrollar completamente la tecnología a partir de cada paso en el manejo de éstas, desde las observaciones fenológicas hasta el almacenamiento a corto plazo y prueba de germinación. Además, será necesario planificar la logística de toda la operación de manejo, ya que el factor tiempo es de gran importancia.

## Bibliografía

- BECWAR, R.M., STANWOOD, P.C., ROOS, E.E. (1982). Dehydration effects on imbibitional leakage from desiccation sensitive seeds. *Plant Physiology* 69:1132-1135.
- BERJAK, P. DINI, M., PAMMENTER, N.W. (1984). Possible mechanisms underlying the differing dehydration responses in recalcitrant and orthodox seeds: desiccation associated sub-cellular changes in propagules of *Avicennia marina*. *Seed Science and Technology* 12:365-384.
- CHIN, H.F. (1988). Recalcitrant seeds a status report. International Board for Plant Genetic Resources. FAO, Rome.
- CHIN, H.F., ROBERTS, E.H. (1980). Recalcitrant crop seeds. Tropical Press SDN. BHD. Kuala Lumpur, Malaysia.
- CHIN, H.F., KRISHNAPILLAY, B., STANWOOD, P.C. (1989). Seed Moisture: Recalcitrant vs. Orthodox Seeds. In: Stanwood, P.C., McDonald, M.B. (eds.) *Seed Moisture*, pp. 15-22. CSSA Special Publication Number 14. USA.

- ELLIS,R., ROBERTS,E.H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology* 9:373-409.
- ELLIS,R., HONG,T.D., ROBERTS,E.H. (1990). An intermediate category of seed storage behaviour. *Journal of Experimental Botany* 41:1167-1174.
- ELLIS,R., HONG,T.D., ROBERTS,E.H. (1991). Effect of storage temperature and moisture on the germination of Papaya seed. *Seed Science Research* 1:69-72.
- FARRANT,J.M., PAMMENTER,N.W., BERJAK,P. (1988). Recalcitrance - a current assessment. *Seed Science and Technology* 16:155-166.
- FARRANT,J.M., PAMMENTER,N.W., BERJAK,P. (1989). Germination-associated events and the desiccation sensitivity of recalcitrant seeds - a study on three unrelated species. *Planta* 178:189-198.
- FLORES, E.M. (1993). *Arboles y Semillas del Neotropico*. Vol 2, No. 2. Museo Nacional de Costa Rica.
- FLORES, E.M. (1996). Recalcitrant tree seed species of socioeconomic importance in Costa Rica: State of knowledge of physiology. In: Ouédraogo,A., Poulsen, K., Stubsgård, F. (eds.) *Proceedings of ICGRI/DFSC Workshop on Intermediate/recalcitrant Tropical Forest Tree Seed in Humlebaek, Denmark 8-10th June 1995*. (In press).
- FU,J.R., ZHANG,B.Z., WANG,X.P., QIAO,Y.Z., HUANG,X.L. (1990). Physiological studies on desiccation, wet storage and cryopreservation of recalcitrant seeds of three fruit species and their excised embryonic axes. *Seed Science and Technology* 18:743-754.
- KRISHNAPILLAY,B. (1989). Towards the development of a protocol for cryopreservation of embryos of a recalcitrant seed *Artocarpus heterophyllus* (Lam.). PhD thesis, University Pertanian Malaysia.
- KRISHNAPILLAY, B., SHROEDER, C., MARZALINA, M. (1996). Towards the setting up of a Forest Tree Seed Centre in Malaysia: Possibilities and Constraints. P. 102-112. In: Olesen, K. (ed.) *Proceedings of the IUFRO Symposium of the project group P.2.04.00 'Seed Problems'*.
- LAURIDSEN,E.B., OLESEN,K., SCHØLER,E. (1992). Packaging materials for tropical tree fruits and seeds. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Denmark, Technical Note n. 41.
- LEOPOLD,C.A., VERTUCCI,C.W. (1986). Physical attributes of desiccated seeds, pp. 22-49. In: Leopold, A.C. (ed.) *Membranes, metabolism and dry organisms*. Ithaca, NY, Comstock Publishing Associates.
- NAUTIYAL,A.R., PUROHIT,A.N. (1985). Seed viability in Sal.III. Membrane disruption in ageing seed of *Shorea robusta*. *Seed Science and Technology* 13:77-82.
- PAMMENTER,N.W., VERTUCCI,C.W., BERJAK,P. (1991). Homeohydrous (recalcitrant) seeds: dehydration, the state of water and viability characteristics in *Landolphia kirkii*. *Plant Physiology* 96:1093-1098.