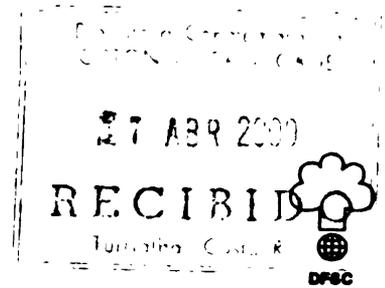


Serie Técnica  
Manual Técnico No. 36

**CATIE**



# Técnicas para la escarificación de semillas forestales

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE**

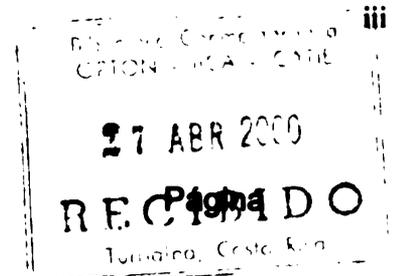
Programa de Investigación  
Proyecto de Semillas Forestales - PROSEFOR

**Danida Forest Seed Centre**

Turrialba, Costa Rica

2000

## CONTENIDO



<b>PREFACIO</b>	<b>v</b>
<b>ANALISIS DE SEMILLAS</b>	<b>1</b>
Karen M. Poulsen	
Muestreo	
Pureza	
Peso de la semilla	
Contenido de humedad	
Prueba de germinación	
Pruebas indirectas de viabilidad	
Prueba de sanidad de la semilla	
Registro, cálculo y uso de los resultados	
<b>TRES METODOS DE ESCARIFICACION MECANICA DE SEMILLAS DE TESTA DURA</b>	<b>35</b>
Karen M. Poulsen y Finn Stubsgaard	
Equipo y métodos de escarificación	
Resultados y experiencias	
Recomendaciones	
<b>LONGEVIDAD DE SEMILLAS DE TESTA DURA DESPUES DE LA ESCARIFICACION</b>	<b>53</b>
E.B. Lauridsen y Finn Stubsgaard	
Métodos	
Resultados	
<b>ESCARIFICADOR DE SEMILLAS CON ALAMBRE CALIENTE DE FABRICACION DOMESTICA</b>	<b>55</b>
A.M.J. Robbins	

## PREFACIO

El conocimiento adecuado de las técnicas para recolectar, procesar, valorar, almacenar y escarificar las semillas de las distintas especies forestales, es fundamental ya que permiten un mejor uso y se logran porcentajes de germinación más altos.

Desde 1992 El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ejecuta el Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR), en los seis países de América Central y República Dominicana, con el apoyo económico de la Agencia Danesa para el Desarrollo (Danida). Como parte de sus objetivos el Proyecto, ha venido fortaleciendo el sistema operativo de los Bancos de Semillas Forestales en los siete países, para que den un mejor servicio a los usuarios, lo cual significa un apoyo importante al desarrollo forestal.

Como parte de este apoyo y con el respaldo del Centro de Semillas Forestales del Danida, se procedió a traducir y publicar en un solo volumen, la Nota de clase C-8 "Seed Testing" (1994) y las Notas técnicas 27 "Three Methods for Mechanical Scarification of Hardcoated Seed" (1995), 29 "Home-made Hot-wire Seed Scarifier" (1986) y 32 "Longevity of Hardcoated Seed After Scarification" (1987).

La traducción y distribución de estos cuatro documentos, representa un aporte importante para poner a su disposición las técnicas para realizar el muestreo de semillas, los análisis y las técnicas para purificación, determinación de peso, contenido de humedad y capacidad germinativa de las semillas. Además, se describen procedimientos e instrumentos prácticos para la escarificación de semillas de testa dura. Las experiencias y herramientas que se destacan en esta publicación, son de gran utilidad práctica para el personal responsable del procesamiento de semillas forestales.



Rubén Guera Moncada  
Director General CATIE

# ANALISIS DE SEMILLAS<sup>1</sup>

*Karen M. Poulsen*

## 1. INTRODUCCION

El objetivo del análisis de semillas puede ser variado:

Antes de la recolección:

- evaluar la cosecha; estimar la cantidad de cosecha.
- prueba de madurez; establecer el tiempo óptimo para la recolección

Durante el procesamiento:

- determinar la necesidad de postmaduración
- determinar la necesidad de secado
- determinar la necesidad de limpieza

Después del procesamiento:

- determinar si la semilla es adecuada para producción de plántulas
- determinar el potencial para la producción de plantas viables de un lote de semillas
- determinar la necesidad de tratamiento para romper la latencia
- determinar la densidad de siembra adecuada (kg de semillas por m o m<sup>2</sup>)
- determinar si la semilla es apropiada para almacenamiento
- determinar el precio y comercialización de la semilla

La información confiable sobre la calidad de la semilla es de gran importancia para operaciones tales como: la planeación de la recolección, procedimientos para el procesamiento, monitoreo de la calidad del producto, comercialización, almacenamiento y siembra. Por lo tanto, se necesitan métodos de análisis confiables y estandarizados, para asegurar resultados uniformes y replicables.

Los métodos descritos aquí se basan en normas establecidas por Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA).<sup>2</sup> El ISTA se creó en 1921 con el objetivo de estandarizar los análisis de semillas y facilitar el mercadeo internacional. Inicialmente las reglas se elaboraron solamente para semillas agrícolas, pero progresivamente se incluyeron muchas especies forestales. Aún si no existen prescripciones para muchas

---

<sup>1</sup> Trad. "Seed Testing". Humlebaek, Denmark. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note C-8. 35p. 1994.

<sup>2</sup> El ISTA es un ente intergubernamental, cuyos miembros son trabajadores individuales en semillas y estaciones de análisis de semillas. Algunas de estas estaciones tienen la autorización ISTA, para expedir oficialmente sus certificados. Estas estaciones han sido inspeccionadas y revisados sus procedimientos de análisis. El comercio de semilla forestal es limitado y ocasionalmente una certificación oficial del ISTA se utiliza para respaldar la calidad de semilla.

especies forestales tropicales, la mayoría de las reglas del ISTA se pueden aplicar con pequeñas modificaciones.

En el análisis de semillas forestales, las pruebas mínimas incluyen contenido de humedad, pureza, peso de semilla y porcentaje de germinación, ya que esta información será requerida por el usuario. El análisis antes de la recolección y durante el procesamiento, no se describe en las reglas del ISTA, algunas directrices se encuentran en Willan (1985), Barner y Olesen (1984) y Stubsgaard y Baadsgaard (1989).

Las reglas del ISTA se modifican con nuevo conocimiento y solicitudes de nuevos estándares. Cada tres años se revisan las reglas, las cuales están disponibles en:

ISTA Secretariat  
Reckenholz, PO Box 412  
CH-8046 Zurich, Suiza  
Tel: 41 01 371 31 33  
Telfax: 41 01 377 72 01  
E-mail: istach@iprolink.ch

## 2. MUESTREO

### 2.1 Principios

Un requisito para análisis confiables de semillas es un procedimiento de muestreo que resulta de una muestra representativa. Si la muestra no representa bien al lote de semillas, los resultados del análisis no tienen valor y se vuelven innecesarios.

“El objetivo del muestreo es obtener una muestra de tamaño adecuado para los análisis, en el cual la probabilidad de un componente presente se determine sólo por su nivel de ocurrencia en el lote de semillas” (ISTA 1993).

Sin embargo, obtener una fracción del lote original que realmente represente todo el lote de semillas, no es fácil. Para obtener un verdadero panorama, es esencial que la muestra tomada sea representativa. Esto es posible únicamente utilizando métodos correctos y teniendo cuidado en todo el proceso. Por consiguiente, el muestreo es una operación de extrema importancia.

Si los componentes de un lote de semillas se distribuyeran uniformemente, sería suficiente tomar un puñado de semillas de un punto determinado del lote y utilizarlo como una muestra de análisis. Sin embargo, un lote de semillas en la práctica nunca es uniforme en su totalidad, y si se toman puñados de diferentes puntos, los componentes se presentan en diferentes proporciones. Las razones por las cuales los lotes nunca son uniformes según Thomson (1979), se pueden resumir así:

- ◆ La separación por gravedad de semillas livianas y pesadas dentro de un bulto o de una bolsa.

- ◆ Las diferencias dentro del cultivo del cual se han cosechado las semillas. Puede haber variación en madurez, peso de semilla o enfermedad entre diferentes lugares de un área o entre distintos árboles.
- ◆ Duración de las operaciones de cosecha. Si ésta se interrumpe por mal tiempo, la condición de la semilla no será la misma antes y después de la interrupción.
- ◆ Escasa uniformidad en la extracción y procesamiento consiguiente y almacenamiento de semilla del mismo cultivo. Ej: diferente maquinaria, diferencias en los ajustes de la misma máquina, diferentes condiciones de almacenaje.
- ◆ Colocar semilla de dos o más cultivos juntos para formar un lote.
- ◆ Fallas en la mezcla adecuada del lote antes de empacar.

Si existe alguna sospecha de mezcla inadecuada y por consiguiente una gran variación en la calidad de la semilla entre un número de recipientes de un lote, se debe mezclar de nuevo.

## 2.2 Métodos

"Una muestra se obtiene de un lote de semillas, tomando pequeñas porciones al azar de diferentes puntos del lote y mezclándolas. De esta muestra, se obtienen muestras más pequeñas para una o más etapas. En cada etapa, la mezcla completa es seguida por una subdivisión progresiva o por la extracción y combinación al azar de pequeñas porciones" (ISTA 1993). Las diferencias entre los dos métodos se ilustran en las Fig. 1 y 2.

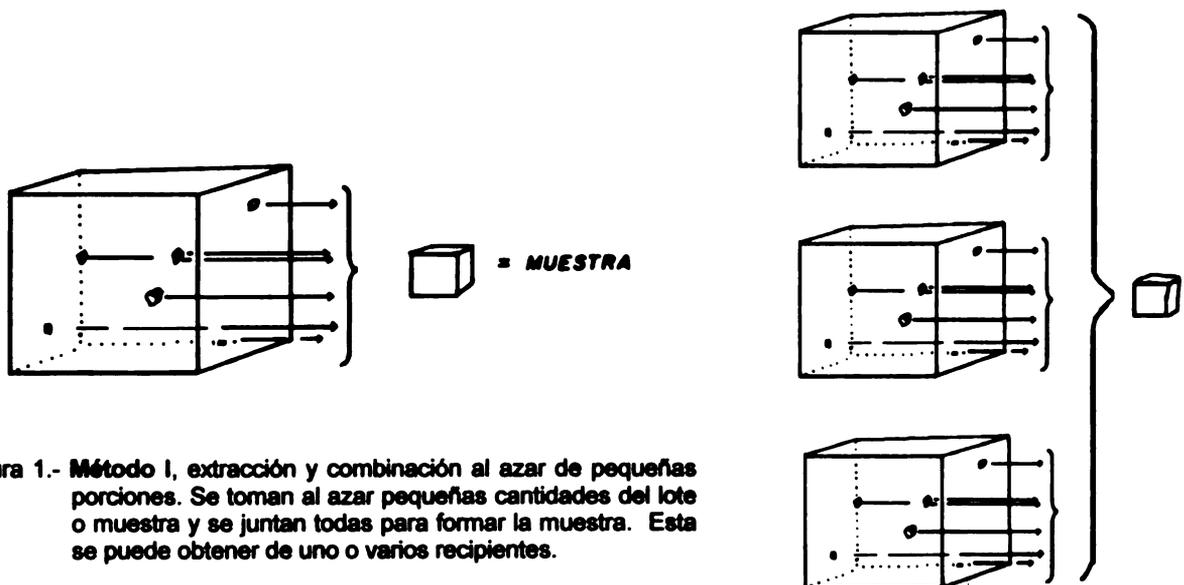


Figura 1.- Método I, extracción y combinación al azar de pequeñas porciones. Se toman al azar pequeñas cantidades del lote o muestra y se juntan todas para formar la muestra. Esta se puede obtener de uno o varios recipientes.

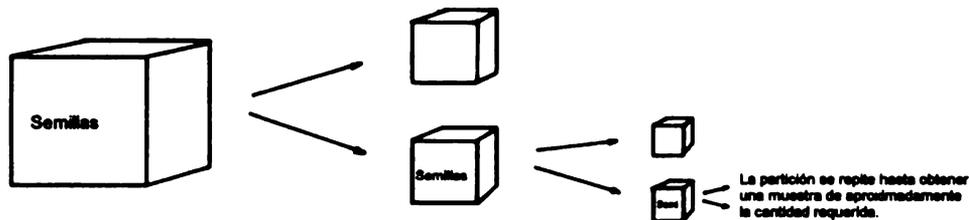


Figura 2.- Método II, subdivisión progresiva (también denominada partición sucesiva). La muestra o lote de semilla, se divide aproximadamente en dos porciones iguales sobre una mesa o en un separador de semillas. Una porción se saca y la otra se mezcla completamente y se divide otra vez. Este proceso de partición se repite hasta obtener una muestra del tamaño aproximado que se requiere.

Teóricamente no existe diferencia entre ambos métodos de muestreo; pues, la muestra obtenida es una fracción que representa los componentes del lote original. Generalmente el método I se usa antes de las operaciones de laboratorio y el método II durante las operaciones de laboratorio.

### 2.3 Tamaño e intensidad de muestreo

Si el lote de semillas a ser analizado se encuentra en más de un recipiente, la muestra se debe basar en muestras tomadas del mismo número de recipientes. Estas muestras se conocen como muestras primarias. Las muestras se deben tomar de diferentes puntos en los recipientes, pero no necesariamente de más de un punto en cualquier recipiente.

Los requerimientos mínimos establecidos por ISTA para la intensidad de muestreo de muestras primarias son:

Hasta 5 recipientes:	Muestrear cada envase. Siempre tome al menos 5 muestras primarias.
6 a 30 recipientes:	Muestrear 5 recipientes o al menos uno de cada tres, cualquiera que sea mayor.
31 a 400 recipientes:	Muestrear 10 recipientes o al menos uno de cada cinco recipientes, cualquiera que sea mayor.
401 o más recipientes:	Muestrear 80 recipientes o al menos uno de cada 7 recipientes, cualquiera que sea mayor.

Las muestras primarias se mezclan y la muestra resultante se reduce (por partición repetitiva o por extracción y combinación aleatoria de pequeñas porciones) al tamaño apropiado; esta muestra, llamada muestra de análisis, se presenta a la entidad que la analiza. Esta muestra se reducirá a los tamaños de las muestras de trabajo como se

especifica para cada tipo de análisis. Los tamaños apropiados de las muestras se especifican para algunas especies en las reglas del ISTA.

Cuadro 1.- Ejemplos de pesos de muestras para lotes de semillas de hasta de 1000 kg.

Especie	Peso mínimo de muestras para análisis (g)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	15
<i>Eucalyptus globulus</i>	60
<i>Pinus caribaea</i>	100
<i>Pinus patula</i>	40
<i>Tectona grandis</i>	2000

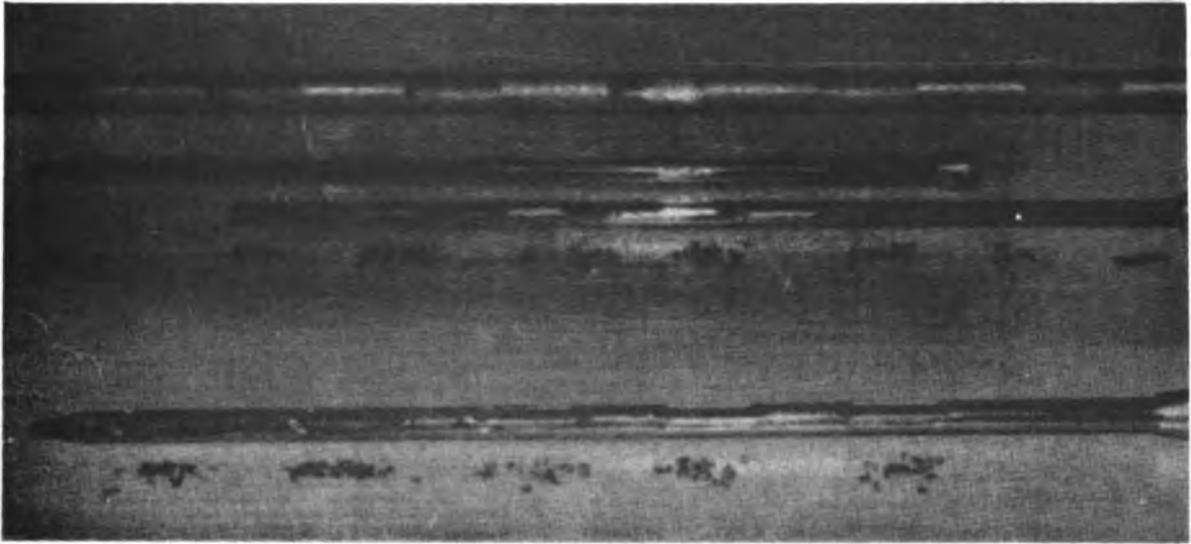
Como se ha encontrado mucha variación dentro de semillas forestales, es difícil una estandarización completa para la especie. El analista debe procurar muestrear una cantidad mayor a la requerida para los análisis que realice. Como regla general, la muestra de trabajo debe contener 2500 semillas.

## 2.4 Instrumentos para muestrear

Se utilizan muestreadores de semillas para obtener un bulto de muestra representativa de un lote grande de semilla, tomando un número de pequeñas muestras primarias de diferentes partes del lote (Fig. 3). La muestra compuesta se puede mezclar y dividir para proveer pequeñas muestras de análisis.

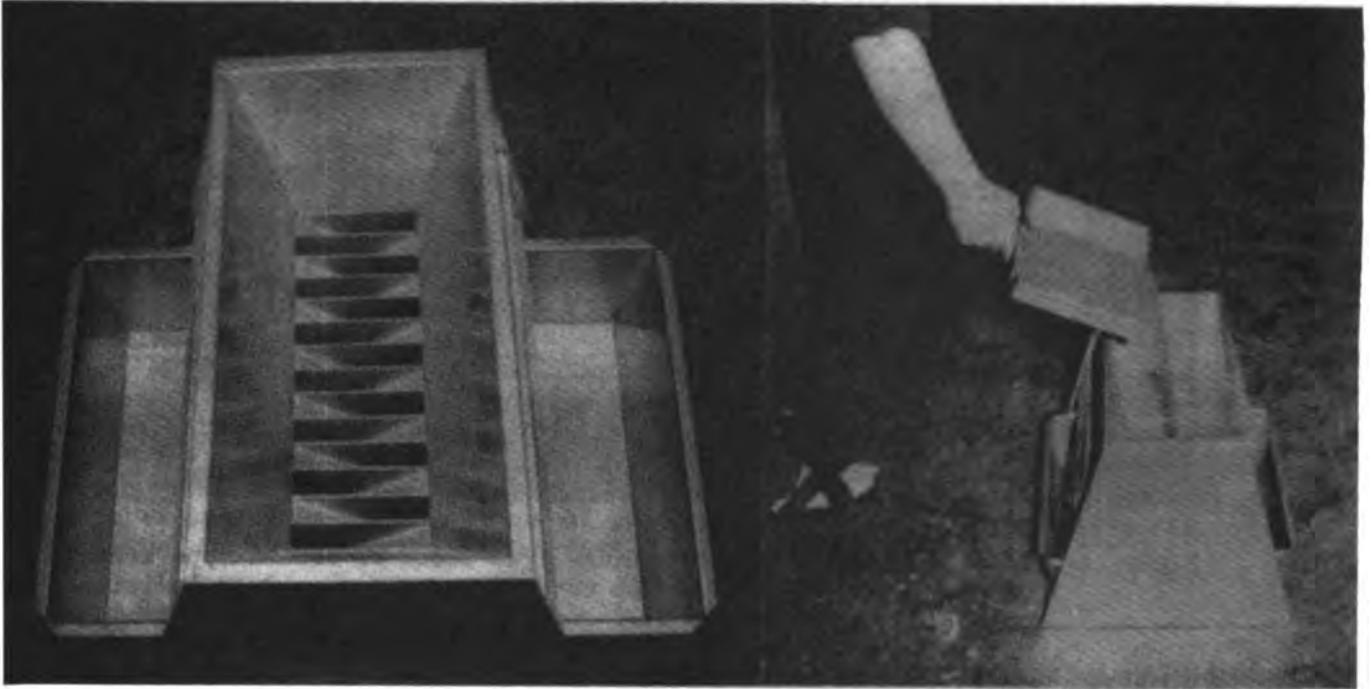
El muestreador de semilla es una sonda, lo suficientemente larga para alcanzar todas las áreas del recipiente y diseñada para extraer un volumen regular de semilla de cada área por donde se introduce. El más utilizado es el muestreador de tipo de forro (también llamado muestreador de tubo) el cual consiste de un tubo interior hueco de bronce que se ajusta a la medida dentro de un tubo exterior (Fig. 3).

El tubo interior puede girar dentro del tubo exterior. Ambos tubos tienen ranuras en sus paredes, de tal forma que cuando el tubo interior gira las ranuras coinciden y las semillas caen dentro del tubo. Cuando se le da media vuelta al tubo, las aberturas se cierran, y así el muestreador retiene la muestra de semillas a su retiro. Las ranuras se abren en una cavidad central o en compartimentos separados. En el último caso, el muestreador se puede usar en dirección vertical u horizontal. Los muestreadores de una cavidad deben utilizarse horizontalmente, ya que la semilla cae dentro del tubo en la parte inferior de la ranura. Si se sostiene verticalmente, la parte superior del recipiente tendrá mayor proporción de la muestra que del resto del lote de semilla; por ejemplo: la muestra será sesgada. Los muestreadores conocidos como "ladrones" tienen una sola ranura y deben también utilizarse horizontalmente. Existen muestreadores de diferentes diámetros y longitudes.



**Figura 3. Muestreadores de semillas o tubos de muestreo. Dos tamaños de los muestreadores de tubo camisa. El muestreador grande de bronce (arriba) tiene ranuras en compartimentos individuales, que se pueden sostener verticalmente durante el muestreo. El muestreador pequeño (abajo) tiene ranuras en un compartimento central y se debe sostener horizontalmente durante el muestreo. En la parte superior, el tubo interior pequeño del muestreador ha sido separado del tubo exterior. La ilustración inferior de la figura presenta el mismo muestreador: las dos partes están unidas de nuevo. Algunas semillas se han salido de varias ranuras.**

Las división en dos partes de un lote pequeño o muestra se puede hacer manualmente mezclando la muestra sobre una mesa hasta formar una pila simétrica; luego se divide la pila en cuatro partes con una regla o cartón. Los dos cuartos opuestos entre sí se separan y los otros dos se mezclan y esta muestra se puede reducir después por mezcla y división nuevamente hasta obtener la muestra del tamaño requerido. Cuando la semilla se vierte en los divisores de semillas (Fig. 4 y 5), esta mezcla y división se hace mecánicamente. Los divisores de suelo o de rifle presentan portillas rectangulares con un marco; estas se abren alternativamente hacia la derecha o izquierda. La semilla se vierte en forma pareja sobre el marco; la bandeja de semillas utilizada para vaciar la semilla en el divisor (Fig. 4) facilita una distribución pareja u homogénea de la semilla. Cayendo a través de las portillas, la semilla se divide en dos porciones iguales.



**Figura 4. Divisor de suelo o de rifle.**

**Figura 5. Divisor "Boerner". Una muestra de semillas se coloca en un embudo colocado sobre un cono invertido, el punto donde está directamente bajo el centro de la abertura. Alrededor de la base del cono existen 2 o 3 aberturas o platillos. La semilla cae por el borde del cono y se divide entre 38 canales separados, conduciendo hacia dos canales que se vierten en los platillos.**



### 3. PUREZA

#### 3.1 Propósito

El objetivo del análisis de pureza es determinar la composición por peso de la muestra de análisis. Las muestras de semillas forestales pueden contener impurezas tales como malezas, semillas de otras especies, estructuras desprendidas de la semilla, partículas de hojas y ramitas como también otros materiales diferentes a la semilla. El tipo y cantidad de impurezas ofrece información importante sobre la calidad de la semilla. Por ejemplo, material de hojas y ramitas juntas con partes de semillas y semillas quebradas, pueden ser el punto inicial para el ataque de hongos. El rendimiento de las sembradoras mecánicas o de precisión se puede reducir por las impurezas. Las malezas y otras semillas forestales pueden incrementar los costos de limpieza en el banco. Por último, la pureza influye en el número de semillas/kg y por lo tanto el rendimiento de las plantas y la densidad apropiada de siembra.

#### 3.2 Método

Para determinar la pureza se divide la muestra de trabajo entre semilla pura, otra semilla y materia inerte. Se calcula el porcentaje por peso de cada parte. La muestra de trabajo debe contar por lo menos con 2500 semillas. El análisis de pureza es el primero que se debe realizar. La definición de materia inerte, semilla pura y otra semilla se da para cada especie en las reglas del ISTA (ISTA 1993). La semilla pura se refiere a la de la especie en consideración. Adicionalmente a semilla madura y no dañadas incluye: semilla pequeña, marchita, inmadura y germinada, teniendo en cuenta que se puede identificar como semilla de la especie en consideración. Además, la fracción de semilla pura incluye pedazos de semillas resultantes de quebramiento y que deben tener más del 50% del tamaño original.

Otra semilla incluye semilla pura de otras especies (de acuerdo a la definición!!). Materia inerte comprende estructuras derivadas de semillas como alas de semilla, otras materias no definidas como semilla pura, Ej: piedras, hojas, ramitas, etc. La semilla de coníferas y de leguminosas sin la testa se considera materia inerte.

Las definiciones del ISTA contemplan todas las semillas de especies forestales tropicales, pero basados en experiencias se puede obtener una definición propia o se puede aplicar una definición a otra especie.

La muestra de semillas se puede esparcir sobre una mesa o mejor sobre una lámina de vidrio ajustable con luz por debajo, colocada sobre una mesa. Las fracciones son examinadas y separadas con un cuchillo plano de madera o un bisturí. El porcentaje de semilla pura se calcula así:

$$\text{Pureza \%} = \frac{\text{Peso de la fracción de semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra de trabajo}} \times 100.$$

## 4. PESO DE SEMILLA

### 4.1 Objetivo

Su objetivo es determinar el peso de 1000 semillas. Esto permite el cálculo del número de semillas por kg, lo cual es una información muy importante en las operaciones del vivero y para determinar el rendimiento de las plantas. Además, el peso de la semilla está positivamente relacionado con calidad de semilla.

### 4.2 Método

ISTA (1993) recomienda el conteo de ocho repeticiones al azar de 100 semillas puras. Las ocho repeticiones se pesan individualmente. El peso de las 1000 semillas se calcula así:

Peso de 1000 semillas =  $\Sigma$  de los pesos de ocho repeticiones individuales x 1.25

Calcular el coeficiente de variación:

$$\text{Varianza} = \frac{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}{n(n-1)}$$

Donde:

x = peso de cada repetición en gramos

n = número de repeticiones

$\Sigma$  = sumatoria de

Desviación estandar (s) =  $\sqrt{\text{varianza}}$

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{S \times 100}{\bar{X}}$$

Donde

$\bar{X}$  es el promedio del peso de 100 semillas.

Si el coeficiente de variación excede 4, la prueba se debe repetir y determinar la desviación estándar para las 16 repeticiones. Para calcular el peso final de 1000 semillas, se descartan las repeticiones desviadas del promedio por mas de dos veces la desviación estándar.

El resultado depende del contenido de humedad de la semilla. Si éste es inusualmente alto, el peso es sobrestimado. Por lo tanto el análisis se debe realizar con semilla a un contenido de humedad normal para almacenamiento y distribución.

## 5. CONTENIDO DE HUMEDAD

### 5.1 Introducción

El contenido de humedad y la temperatura son factores cruciales durante el almacenamiento y manejo de la semilla. El contenido de humedad determina la actividad fisiológica y bioquímica de la semilla. Por lo tanto, la determinación del contenido de humedad de la semilla es de vital importancia para las operaciones de manejo (Stubsgaard 1990).

### 5.2 Principios

Existen dos métodos principales para medir la humedad de las semillas: los métodos directos, en donde se elimina el agua y se cuantifica la cantidad; y el método indirecto, que utiliza parámetros eléctricos (Grabe 1989). Los métodos directos incluyen secado al horno, destilación, extracción. Los métodos indirectos incluyen por ejemplo, medidas de conductividad y capacitancia e higrometría. Los métodos indirectos son siempre calibrados contra un método directo, generalmente el método de secado al horno.

Para evitar cambios en el contenido de humedad, la muestra se debe mantener en un recipiente a prueba de humedad y la exposición al aire del laboratorio se debe reducir al mínimo. Un recipiente frío, tomado de un cuarto frío, debe dejarse equiparar a la temperatura del laboratorio antes de abrirse. Si se abre frío, una película de humedad puede condensarse sobre la semilla.

La determinación se debe realizar en duplicado en dos muestras de trabajo obtenidas independientemente de la muestra de análisis. El tamaño de la muestra de trabajo es de 4-10 g. Para semilla grande una norma es utilizar no menos de 30 semillas en total (Krishnapillay y Marzalina 1993). La experiencia del DFSC señala que se requieren 2 x 30 semillas de *Azadirachta indica* (neem).

### 5.3 Método de secado al horno

Este método es recomendado por ISTA (1993) para determinar el contenido de humedad de semilla. El método recomendado para semilla forestal es llamado el "método del horno a temperatura baja constante". Los dos duplicados son secados en dos recipientes durante  $17 \pm 1$  horas a  $103 \pm 1$  °C. El horno debe tener una precisión dentro de  $\pm 1$ °C y no se debe sobrecargar con muestras que puedan interferir con la circulación del aire y por tanto obstaculizar la evaporación. Los recipientes se llevan inmediatamente después del secado a un desecador donde se les deja enfriar. Los duplicados se pesan en una balanza con aproximación al 0.001 g. El contenido de humedad se calcula con base en peso fresco de la semilla:

$$(M_2 - M_3) \times \frac{100}{(M_2 - M_1)}$$

$M_1$  = peso del recipiente en g.

$M_2$  = peso del recipiente y su contenido en g antes del secado

$M_3$  = peso del recipiente y su contenido en g después del secado

El resultado se establece como el promedio de las dos repeticiones, expresado en un decimal.

Si el resultado no está dentro de los límites de tolerancia entre las dos repeticiones, como se muestra a continuación, la prueba se debe repetir.

Semillas/kg (No)	Contenido de humedad inicial (%)		
	< 12	12-25	>25
>5000	0.3	0.5	0.5
< 5000	0.4	0.8	2.5

Antes del secado se recomienda cortar las semillas de más de 10 mm de diámetro en 4-5 pedazos para facilitar un secado completo (Bonner 1991). Esta operación se debe realizar rápidamente para evitar pérdida de humedad. Se recomienda también cortar o moler semillas más pequeñas, al menos las semillas duras. Molerlas puede causar problemas si son grasosas y se adhieren a la máquina, o si la rotación de la trituradora calienta la semilla en exceso causando una evaporación rápida. Cortarlas es un método apropiado. Molido o cortado se debe hacer siempre en dos sub-muestras seleccionadas independientemente y las muestras se deben escoger del lote original.

Si el contenido de humedad es muy alto, por ejemplo, superior a un 20%, la semilla se puede pre-secar y dejarla de un día para otro en un lugar seco y caliente, tal como encima de un horno. Las semillas grandes se deben cortar antes de secar. Al día siguiente se pesa la semilla y luego se seca al horno como de costumbre. En esta forma se determinan dos contenidos de humedad ( $CH_1$  Y  $CH_2$ ), por ejemplo, el contenido de humedad después del pre-secado y después del secado al horno. El contenido de humedad total se calcula así:

$$CH_1 + CH_2 - \frac{CH_1 \times CH_2}{100} = CH \text{ total}$$

Los contenidos de humedad se calculan con base en pesos frescos, por lo tanto los dos CH ( $CH_1$  y  $CH_2$ ) no se pueden sumar, sus bases son diferentes.

El método de secado al horno supone que sólo que se evapora agua durante el secado. Sin embargo, también se evaporan compuestos volátiles, lo cual resulta en una sobreestimación del CH. La evaporación de resinas de algunas semillas de *Abies* es más alta cuando se corta la semilla, resultando en un CH artificialmente alto después de

cortada. En otros casos pueden ocurrir oxidaciones durante el secado, resultando en un aumento de peso y subestimación del CH (Bonrier 1991). La conclusión es que se debe considerar que el CH determinado por el método del horno puede no representar el CH real. Sin embargo, este método se utiliza como estandar frente al cual se calibran otros métodos.

#### 5.4 Otros métodos

Varios métodos ofrecen posibilidades de pruebas rápidas, pruebas en el campo y evitan la destrucción de la muestra. Una publicación que se puede consultar sobre varios tipos comerciales de equipo es la siguiente: Survey of equipment and suppliers for seed testing" (Disponible en el ISTA).

Un ejemplo de un método eléctrico para uso en el campo es el "Dickey John moisture meter" (Fig. 6). Este medidor mide la capacitancia, la cual se incrementa a medida que la humedad de la semilla aumenta. Comparado con el equipo medidor de la conductividad, este principio de medición podría estar menos influido por una distribución no uniforme de la humedad dentro de la semilla (Grabe 1991). La prueba no es destructiva.

Una prueba rápida se obtiene mediante el secado de la semilla bajo un bombillo infrarrojo durante unos 35 minutos. Comparado con el secado al horno las temperaturas son más altas y la pérdida de humedad es más rápida (Fig.7).



Figura 6. Medidor de humedad para el campo Dickey John.



**Figura 7 . La semilla se seca mediante un elemento infrarrojo caliente. La balanza mide la pérdida de peso.**

**Los métodos higrométricos se basan en el principio de que la semilla es higroscópica y alcanzarán un equilibrio con la humedad del aire que las rodea. Una vez que esta curva de equilibrio se establece, se conoce la relación entre el contenido de humedad de la semilla y la humedad relativa del aire.**

**Por tanto se puede usar un higrómetro para determinar el equilibrio de la humedad relativa del aire en una cámara pequeña donde la semilla se puede equilibrar. La ventaja de este método es que hay una relación simple entre la humedad relativa y el potencial de agua, la última expresión es una medida más**

**absoluta de la disponibilidad de agua para reacciones químicas. El método no es preciso a bajos y altos contenidos de humedad (Grabe 1991). Especialmente el equilibrio de semilla grande tomará semanas cuando la testa y la semilla no están dañadas, y para semilla dura no se equilibrará en absoluto si la semilla no se escarifica. Por lo tanto para semilla dura, y probablemente también muchas otras semillas, será necesario cortar o moler la semilla para lograr un equilibrio en corto tiempo. Ej. 30-60 minutos. El método no está todavía en uso para pruebas prácticas de semillas forestales.**

**Todos los métodos se deben calibrar contra el método de secado al horno. En Scholer y Lauridsen (1998) se describen los procedimientos y las curvas de calibración para varias semillas forestales del trópico.**

## 6. PRUEBA DE GERMINACION

### 6.1 Introducción

El objetivo principal de la prueba de germinación es establecer el número máximo de semillas que puedan germinar bajo condiciones óptimas de luz, humedad y temperatura. El uso de condiciones ideales estandarizadas en el laboratorio tal como lo prescribe el ISTA asegura que:

- 1- Las diferencias entre los resultados se pueden adscribir a diferencias reales entre muestras de semillas y no a diferentes métodos de análisis.
- 2- Los resultados obtenidos para un determinado lote de semillas en un laboratorio deben ser idénticos a los obtenidos en cualquier otro. Esto es, que los resultados deben ser reproducibles.

La capacidad de germinación determinada así no es igual a la germinación en el vivero o el campo, pero en la mayoría de los casos las dos cifras están estrechamente relacionadas. En esta forma el viverista gradualmente estará en capacidad de pronosticar el desempeño del vivero basado en la germinación de laboratorio.

Una serie de pruebas de calidad están disponibles para determinar la habilidad de la semillas para resistir los diversos factores de estrés en el vivero (Poulsen 1993).

### 6.2 General

De acuerdo a las normas del ISTA (1993) la germinación se prueba sobre la fracción de semilla pura. Normalmente una prueba consiste de cuatro réplicas de 100 semillas al azar de semilla pura. La semilla se extiende uniformemente sobre el sustrato humedo. Para evitar difusión de hongos, las semillas deben espaciarse a 1.5 – 5 veces el ancho de las semillas (Willan 1985). Puede ser necesario subdividir la prueba en ocho réplicas de 25 semillas dependiendo del tamaño de las semillas, etc. Unidades de multigerminación, (Ej. *Tectona grandis*) no se dividen sino que se toman como una sola semilla.

Semillas muy pequeñas como las de *Eucalyptus* se prueban por peso, cuatro réplicas de 0.1 – 1.0 gramos dependiendo de la especie (ISTA 1993). Luego de la germinación se calcula el número de semillas que germinan por gramo en lugar del porcentaje de germinación.

Para cada especie las reglas del ISTA prescriben periodos de luz, temperatura para el día y la noche, duración de la prueba. Ej: día del primer y último conteo, tipo de sustrato, y en caso de latencia, también el método de pretratamiento.

La semilla bajo prueba no debe estar en latencia y las reglas del ISTA recomiendan tratamientos de rompimiento de la latencia. Para un número grande de

semillas tropicales de testa dura existe un tratamiento simple de cortar un pedazo de la testa o quemar un pequeño agujero con un cautín o pirógrafo. Si se utilizan métodos con agua caliente o ácidos deben ser completamente estandarizados (Willan 1990, pretratamiento de la semilla).

La germinación se define como la emergencia y desarrollo de las plántulas en una fase donde sus estructuras esenciales señala si es capaz de desarrollarse en una planta satisfactoria bajo condiciones favorables del suelo (ISTA 1993).

La prueba (quizás usando un método alternativo) se puede repetir si la desviación entre réplicas de 100 semillas excede el rango máximo tolerado (Anexo 1).

### 6.3 Plántulas normales, anormales y su registro

Dos ejemplos de un formato de registro de semillas germinadas y otros factores durante prueba de germinación se presentan como Anexo 2a y 2b. Se registran las siguientes categorías de semillas:

- Germinadas normales
- Germinadas anormales
- Semillas duras ej: no embebidas
- Semillas frescas, diferentes a semillas duras que no germinan pero permanecen limpias y firmes, las cuales al final de la prueba no germinan, ni son duras ni frescas.
- Semillas vacías
- Otras categorías. En caso de que prevalezca el daño por insectos, este factor se registra en forma separada.

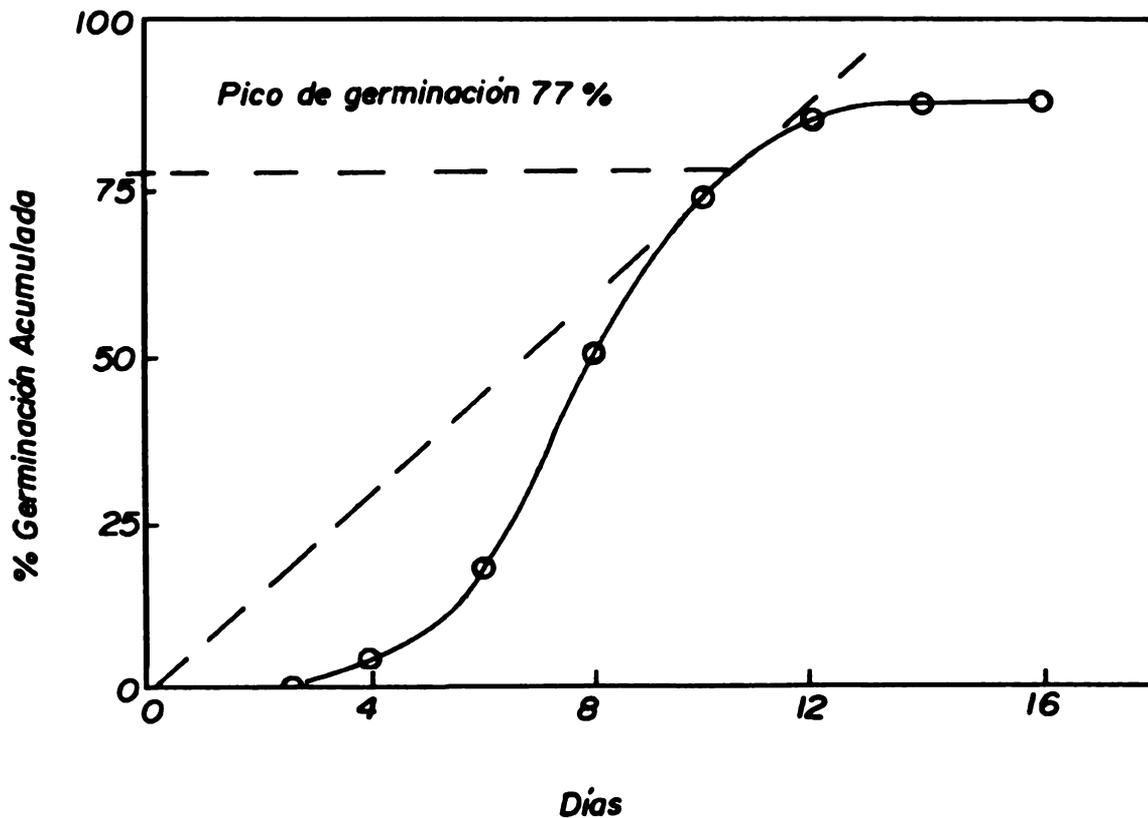
El conteo ocurre usualmente una vez por semana, pero para semillas de rápida germinación, se puede hacer dos veces por semana. La duración de la prueba depende de la especie, pero usualmente es de 3-4 semanas. Las diversas categorías de semillas contadas se sacan durante la prueba. Esto puede evitar la propagación de hongos a causa de semillas muertas. La categoría de "semilla fresca" no se puede contar hasta el fin de la prueba. Ej. en el último conteo. La categoría de "germinadas normales" se define como plántulas intactas con todas sus estructuras esenciales (Ej. Raíz, brotes axilares, cotiledones, cogollos) completas, sanas y bien desarrolladas. También se incluyen plántulas con defectos menores pero en capacidad de desarrollarse como plantas satisfactorias, y plántulas que han sido infectadas en forma secundaria. Esto es donde la infección no se origina de la semilla madre.

Se pueden definir varias anomalías y se puede conducir a la determinación de sus causas, si el tipo de anomalía está registrado. Esto es, decolorada, pasmada, doblada, quebrada, enana, retorcida, defectuosa, incompleta, etc.

Sin embargo, en muchos casos, semillas que muestran una proyección normal de la raíz a una determinada longitud (5-10 mm o 1-3 veces el tamaño de la semilla) se cuentan como germinadas normales. Esto es para reducir el consumo de tiempo y espacio, pero es más correcto y seguro contar las plántulas.

Si prevalece la categoría de semilla fresca, esto indica que la latencia está presente. Consecuentemente se deberá repetir la prueba una vez hecho el tratamiento para romper la latencia.

Es evidente que una prueba de germinación que registra todas las categorías anteriores suministra mayor información que el sólo conteo de las germinadas. La función del laboratorio de un centro de semillas no sólo implica el reporte de la capacidad de germinación de un lote de semillas. En el caso de una baja calidad de las semillas el laboratorio es responsable de suministrar información sobre las secciones de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas, sugiriendo las posibles causas de esta baja calidad. Por tanto el laboratorio debe registrar todas las categorías relevantes descritas anteriormente.



Cuadro 2. Porcentaje de semillas germinadas hasta el momento de germinación pico.

El resultado de la prueba de germinación se estima con base en la categoría "germinadas normales". El porcentaje promedio de germinación es la mediana de las cuatro réplicas redondeadas al número entero más cercano. El formulario de análisis (anexo 2a y b) también debe incluir información sobre las demás categorías de semillas, el sustrato, la temperatura, la duración y el pretratamiento utilizado. Para unidades de multigerminación debería quedar claro cómo se calcula el porcentaje de germinación. Un certificado oficial del ISTA se presenta en anexo 2c.

Se puede extraer información adicional sobre calidad de semillas de la prueba de germinación, por ejemplo la "energía de germinación". Esta es una medida de qué tan rápida, uniforme y enérgica es la germinación. Existen varias definiciones (Czabator 1962): 1) el porcentaje de semillas que ha germinado dentro de un período dado, por ejemplo al séptimo día, o el día diez de haber iniciado la prueba. 2) El porcentaje de semillas que ha germinado hasta el momento de la germinación pico. Esto es el momento cuando el mayor número de semillas por unidad de tiempo ha germinado. Este punto se puede determinar sobre un diagrama (X,Y) mostrando la relación entre días de iniciación de la prueba y el porcentaje de germinación acumulado (Cuadro 2). El punto se encuentra donde la tangente más pendiente partiendo de (0,0) se encuentra con la curva.

#### 6.4 Luz, temperatura, sustrato

Muchas clases de semillas forestales requieren luz para germinar normalmente o para germinar de todos modos. Se requiere una buena distribución de luz en la cámara de germinación, se recomiendan lámparas de tubos fluorescentes blancos. Si la germinadas se cuentan por la proyección de la radícula, el factor de iluminación podría no ser demasiado crítico. Pero si solo se cuentan plántulas con sus primeras hojas, el nivel de iluminación es crítico para la producción de plántulas normales. En caso de poca iluminación las plántulas se vuelven etioladas, esto es alargadas y de color verde pálido. Una selección natural para el ciclo de iluminación sería seguir el ciclo diurno experimentado por la especie en su área de distribución. Para especies de clima templado se recomendaría un ciclo de 16 horas de luz seguido por ocho horas de oscuridad.

La temperatura es un factor crítico durante la germinación. Especialmente afecta la velocidad de germinación. Pero además la capacidad de germinación puede sufrir gravemente a causa de condiciones inapropiadas de temperatura. Es común usar un ciclo de temperatura correspondiente al de la luz. Temperatura de 5-10°C bajo oscuridad inferior a la temperatura bajo luz. Si no se conocen las condiciones óptimas, una selección natural sería seguir el ciclo diurno experimentado por la especie en su área de distribución.

Durante las fases iniciales de germinación la semilla se nutre solamente de sus reservas. Por tanto el sustrato de germinación no requiere nutrientes. Debe ser estéril, inerte, capaz de mantener y distribuir bien la humedad, facilitar buena aireación y tener un pH neutral (6.0 – 7.5). Arena es el sustrato más barato y fácil de conseguir. Se puede esterilizar al horno a 130°C durante unas pocas horas. Para obtener partículas de tamaño uniforme la arena se debe cernir. ISTA (1993) recomienda que la mayor parte de partículas debe pasar a través de una zaranda de 0.8 mm y retenida en un cedazo con huecos de 0.05 mm. También se utiliza papel filtro de buena calidad, poniendo la semilla a germinar en rollos de papel (anexo 3) o colocar la semilla sobre el papel (Fig.8).

Las ventajas de los métodos con papel son su rapidez y facilidad de observar las semillas ya que no están cubiertas por el sustrato. Esto facilita el registro final de los tipos de semillas que no germinaron. Las desventajas son que los ataques de hongos se propagan con facilidad, y que la semilla de muchas especies no podrán desarrollarse en plántulas normales sin un medio propio de enraizamiento. Por tanto durante la prueba de

germinación solamente se registra la proyección de la radícula. Sin embargo, el uso de papel doblado tipo acordeón (Fig.9) reducirá la velocidad de propagación de hongos puesto que cada semilla está separada de las demás. El desarrollo de plántulas también es apropiado.

Un tipo especial de múltiples capas de papel llamado "kimpak" presenta una excelente capacidad de retención de agua. Agar es otra posibilidad, con la ventaja de que la semilla puede desarrollar en plántulas y que es posible distinguir cada semilla en su medio, por no estar cubiertas como en la germinación en arena. El sustrato de agar se prepara mediante calentamiento de un 1% de solución de agar a 90°C; enfriamiento hasta unos 50°C y vaciado en un plato petri. Vermiculita (Fig. 10) es un material de fibra de vidrio esponjoso en su mayor parte consistente de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{MgO}$ ; es estéril, con gran capacidad de retención de agua y se presta para una buena distribución de la humedad. Se considera que es un medio más uniforme que la arena. Sin embargo, puede ser difícil distinguir la proporción de semilla no germinada en la vermiculita al final de la prueba.

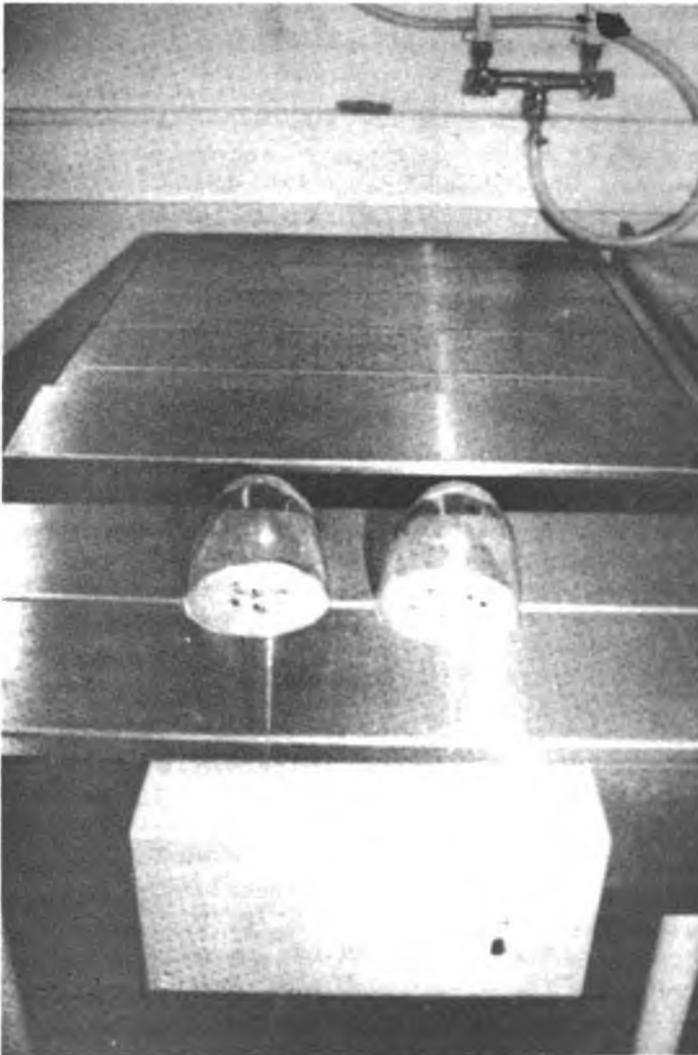


Figura 8. Germinador Jacobsen. La mesa mantiene agua caliente por dos elementos caloríferos controlados por termostatos y cubierto por dos láminas removibles (en la fig. una lámina ha sido quitada). Al frente: germinación bajo cubiertas plásticas en forma de campana sobre papel filtro. Un cordón de mecha descende desde el papel filtro entre las dos láminas, hasta el agua. La mecha mantiene húmedo el sustrato.

La semilla cubierta con plaguicidas será germinada en un sustrato que no permita a los plaguicidas concentrarse alrededor de la semilla, por ejemplo, arena, o vermiculita (papel no es apropiado). No se recomienda como sustrato el suelo ni el compost (ISTA 1993). Estos sustratos no son estériles, no son estandarizados en relación con la composición y son complicados de manejar en el laboratorio.

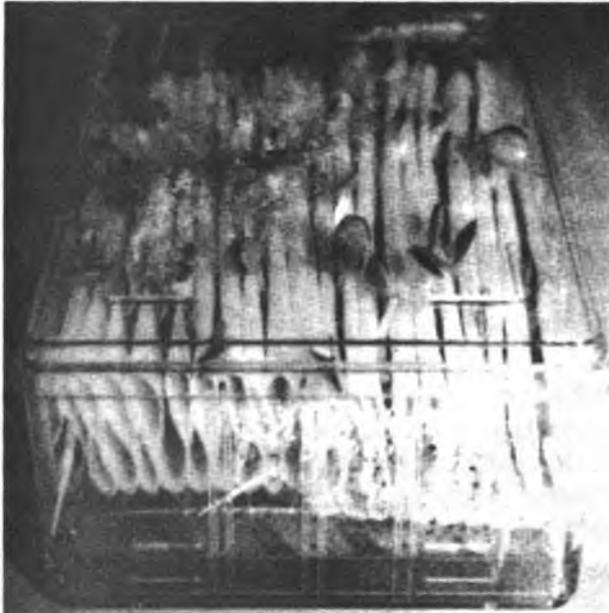


Figura 9. Germinación de la semilla en papel tipo acordeón. Una pieza rectangular de papel filtro se coloca sobre una malla de alambre con una mecha entre el recipiente de agua al fondo de la caja. El papel plisado se coloca encima con cinco semillas en cada pliegue, para un total de 100.

Figura 10. Germinación en vermiculita. Se quita la tapa de la caja de germinación.



Cualquier sustrato se debe remojar hasta su nivel de capacidad de retención, no se debe dejar agua corriente porque la semilla se daña debido a la reducida disponibilidad de oxígeno, pero la semilla tampoco debe sufrir por estrés de agua. Por experiencia, el nivel correcto de humedad del medio se puede percibir a mano, y la cantidad de agua añadida por volumen o peso de arena o vermiculita debe ser estandarizada. Las condiciones más uniformes se alcanzan al contar con la humedad correcta inicialmente, reduciendo la evaporación al cubrir el recipiente de germinación y sin añadir agua durante la prueba. Si

se agrega agua después de la siembra, parte del medio se puede humedecer más que el resto.

Una recomendación general es que la semilla se debe cubrir con una capa de arena/vermiculita no más gruesa que el tamaño de la semilla.

Se recomienda germinar *Euclayptus* sobre papel, donde la plántula se desarrolla bien y se puede contar con facilidad. Muchas especies de acacia emiten gases de olor extremadamente fuerte. Se sospecha que grandes concentraciones de estos gases pueden impedir la germinación. Por tanto no se recomienda germinar semillas de *Acacia* en rollos de papel, un sustrato de arena/vermiculita puede permitir la eliminación de estos gases.

## 6.5 Germinadores

El mercado ofrece varios tipos de germinadores, los más corrientes son:

- **Aparatos Jacobsen/tanque Copenhagen.** Este consiste de un tanque contenedor de agua con un termostato que controla la temperatura del agua (Fig.8). La parte superior del tanque está cubierta con tapas de metal o vidrio con ranuras en medio o perforadas. Las semillas se colocan sobre el papel filtro con una mecha que descende al tanque de agua y mantiene el papel filtro con la humedad apropiada. La semilla y el papel filtro se cubren con una tapa de vidrio o plástico en forma de campana para reducir la contaminación y la evaporación. El tanque también se puede usar para germinar semillas en rollos de papel filtro, cubiertas con una lámina plástica.
- **Camara de germinación.** Esta es una cámara cerrada, a menudo con el tamaño y apariencia de un refrigerador grande (Fig.11). La temperatura se cambia automáticamente entre dos niveles, y la luz se prende o apaga en forma automática simulando el día y la noche. Los modelos costosos permiten controlar la humedad del aire. Para evaluar una cámara de germinación se debe enfatizar siempre que es necesario alguna circulación de aire para reducir la diferencia de temperatura entre superior e inferior. En las cámaras las temperaturas pueden ser 4-5°C más bajo en la parte inferior puesto que el aire frío es más denso y tiende a estabilizarse. Esto no es aceptable!. Un lleno completo de la cámara puede entorpecer el movimiento del aire, de tal forma que la caja de germinación/platos/rollos siempre se deben separar unos cuantos centímetros para facilitar la circulación del aire. Más comúnmente un ventilador se coloca en la parte superior de la cámara. También se debe verificar que se cuente con luz apropiada y que todas las bandejas reciban una iluminación suficiente y uniforme.

Las muestras de semillas se colocan en bandejas dentro de la cámara. Para evitar la desecación de las muestras se pueden tapar, por ejemplo en platos petri o en cajas de germinación tapadas (Fig.11) o rollos de papel filtro dentro de bolsas de polietileno cerradas. El balance es evitar desecación pero aún así, permitir cierto intercambio de aire para un suministro continuó de oxígeno y el escape de gases potencialmente tóxicos liberados de las semillas durante la germinación.



Figura 11. Cámara de germinación (refrigerador reconstruido) con cajas de germinación.

- **Cuartos de germinación o walk - in.** Estos germinadores funcionan como las cámaras de germinación pero son grandes, del tamaño de un cuarto y por tanto permite un mayor número de muestras para germinar.

Bajo algunas condiciones tropicales la temperatura promedio diaria no varía mucho durante el año. Si se van a probar grandes cantidades de semilla local, una solución práctica y barata es construir un cuarto de germinación bien aislado sin control de temperatura. Un número grande de anaqueles se construyen en el cuarto con tubos fluorescentes sobre cada estante. Si no se utilizan cajas de germinación cerradas, baldes de agua sobre el suelo mantendrán una alta humedad y reducirá la evaporación en las pruebas.

- **Cajas de germinación portátiles.** Un germinador simple consiste de un número de cajas plásticas apilables transparentes con tapas. La caja debe tener el tamaño suficiente para almacenar al menos una réplica, debe tolerar la esterilización ya sea a base de calor o por químicos, contar con una tapa bien ajustada para mantener aire con alta humedad, y transparente para satisfacer el requisito de iluminación. La caja puede tener un reservorio de agua y se puede utilizar cualquier sustrato. La caja se puede colocar tanto en un cuarto como en una cámara de germinación.

## 6.6 Control de hongos en pruebas de germinación

La mayor parte de la semilla forestal es portadora de un gran número de hongos y bacterias. Pero si la calidad de la semilla es alta, podrá resistir el ataque. Entre más baja sea la calidad de la semilla, mayor será el problema de hongos durante la prueba.

Se debe tener presente que las reglas del ISTA para las pruebas recomiendan evitar la aplicación de fungicidas durante las pruebas de germinación. En lugar de esto se debe asegurar que la propagación de los hongos sea minimizada, por ejemplo utilizando papel plisado, vermiculita o medio de arena con buena separación entre semillas, eliminación frecuente de semilla deteriorada, aireación apropiada y mantenimiento del sustrato con la humedad suficiente para permitir la germinación. Al menos una esterilización mensual del equipo del laboratorio y una desinfección mensual de las cámaras de germinación y mesas de laboratorio también ayudará (Willan 1988).

Pero, si por alguna razón es necesario un tratamiento contra los hongos, una solución fungicida en agua se puede agregar al medio al iniciar la prueba y durante la misma. Fungicidas en polvo también se pueden mezclar con el medio. Protectores de semillas o esterilización en hipoclorito (Na OCL) o una solución fuerte de etanol (seguida de un lavado completo en agua) son otras posibilidades. En todos los casos se debe recordar que tales tratamientos pueden herir la semilla y causar plántulas anormales o moribundas. Por lo tanto se deben establecer procedimientos apropiados en relación con concentraciones y duración de los tratamientos de semillas. Los riesgos a la salud de los técnicos que obligan a usar máscaras contra el polvo y guantes, es también un factor importante a considerar.

## 6.7 Pruebas de calidad de las semillas

En la prueba de germinación se determina la capacidad de germinación del lote de semillas bajo condiciones óptimas para la germinación.

Las semillas que muestran un buen desempeño en la prueba de germinación pueden sin embargo desarrollarse pobremente en un ambiente estresante, indicando que la calidad o el vigor de la semilla es baja. Existen diversas pruebas para determinar estas diferencias de calidad o vigor (Poulsen 1993). Estas pruebas cubren desde la exposición de las semillas a condiciones de envejecimiento (Ej: alta temperatura y humedad), temperaturas no óptimas para germinación, prueba de agotamiento (sin iluminación durante la germinación) prueba de Hiltner (se cubren las semillas con una capa de 3-4 cm de grava), conductividad de (eluates) (la semilla se remoja en agua con iones, azúcares, etc, se deja escurrir dentro del agua, esto se mide como un incremento en conductividad; a más baja calidad de la semilla, mayor escape o fuga) (ISTA 1987, Poulsen 1993) Muchas de estas pruebas simulan algunos factores de estrés a los cuales la semilla estará expuesta una vez sembrada en el campo o vivero. En comparación con la prueba de germinación bajo condiciones óptimas, las pruebas de calidad tienden a dar una estimación más realista del desempeño en el campo.

## 7. PRUEBAS INDIRECTAS DE VIABILIDAD

Una prueba de germinación dura de tres a cuatro semanas, y si se requiere un tratamiento para romper la latencia, la prueba puede tomar varias semanas más. En algunos casos se necesita una estimación rápida y una prueba indirecta de viabilidad puede ser realizada. El objetivo de estas pruebas es:

- Hacer un estimado rápido de la viabilidad de las muestras de semillas en general y las que muestran latencia en particular.
- Para muestras que al final de la prueba de germinación revelan un alto porcentaje de semillas con latencia, para determinar la viabilidad individual de las semillas con latencia o la viabilidad de una muestra de trabajo (ISTA 1993).

### 7.1 Prueba de corte

La prueba de viabilidad más simple y rápida es la inspección ocular de las semillas que se han abierto con un cuchillo o bisturí. Si el endospermo es de color normal y la textura con un embrión bien desarrollado, se espera que tenga buena probabilidad de germinar. La prueba siempre se debe realizar pues ofrece información valiosa y una primera impresión sobre la calidad, pero la prueba tiende a sobreestimar la viabilidad.

### 7.2 Prueba topográfica tetrazolium

El método de TZ indica áreas vivas y muertas del embrión y el endospermo mediante tinción o coloración. El producto químico 2,3,5 – trifenil tetrazolium cloride (o alternativamente bromide) reacciona al ion de hidrógeno para formar trifenil formazan rojo. Los iones de hidrógeno se producen solamente en áreas de la semilla donde las enzimas de hidrogenasa están activas, consecuentemente sólo estas áreas se ponen rojas. En algunos casos una gama de colores desde el rojo profundo hasta el rojo pálido, así como una gama de patrones de tinción se podrán encontrar y la interpretación correcta requiere experiencia. En términos generales el método de TZ sobrestima la viabilidad.

La semilla se imbebe para activar las enzimas (semillas de testa dura pueden requerir escarificación) y luego sumergirlas a 25 –30°C en una solución del químico por 6-24 horas dependiendo de la especie. La testa en la mayoría de los casos se debe quitar antes del remojo, y podría ser necesario un corte adicional en el embrión para permitir que la solución penetre (Gordon *et al* 1991, ISTA 1993). No se debe permitir que la luz llegue a la prueba puesto que la solución no es estable ante la iluminación. La semilla se lava completamente después de la tinción y se evalúa el patrón de la tinción.

### 7.3 Método de peróxido de hidrógeno

La principal ventaja de este método es su simplicidad. El procedimiento se muestra en la fig. 10. Al final de la prueba se cuentan las semillas con radículas mayores de 1mm.

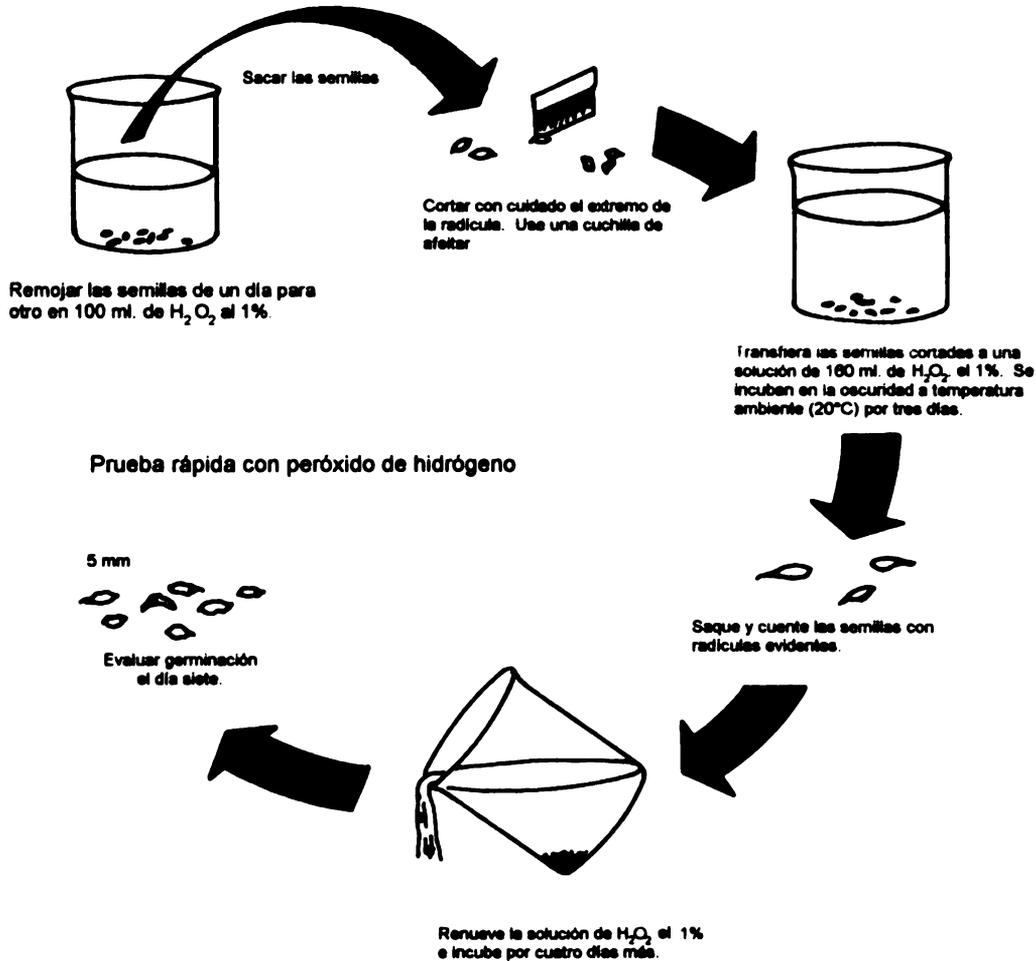


Figura 10. Procedimiento de la prueba de peróxido de hidrógeno (fuente: Leadem (1984))

La base bioquímica de la prueba de  $H_2O_2$  es aún incierta pero se cree que el  $H_2O_2$  amplía las fases tempranas de germinación incrementando el nivel de oxígeno en el ambiente y por tanto estimulando la respiración.

Una muestra de unas 300 semillas se sumerge de un día para otro en una solución al 1% de  $H_2O_2$ , se abre un pequeño hueco en el extremo radicular de la testa de la semilla, se colocan 50 semillas en cada uno de los cuatro beakers con 150 ml de la solución al 1% de  $H_2O_2$ , colocados a la oscuridad en temperaturas alternas 20/30°C. Se cuentan las semillas con mejor crecimiento (en grupos de longitud de la radícula de 0-5 mm y > 5mm) y la solución se enfría después de 3-4 días; la prueba concluye después de 7-8 días (Bonner 1974).

#### 7.4 Prueba de separación del embrión

El objetivo de esta prueba es acelerar la germinación de ciertas clases de semillas que germinan lentamente o muestran latencia en una prueba de germinación. Para semillas con una latencia muy profunda impuesta por las envolturas del embrión, esta prueba ofrece un rápido estimado sobre su viabilidad.

La prueba se realiza en 400 semillas, permitiendo semillas adicionales para reemplazar embriones dañados durante el proceso de separación. Se imbebe la semilla (se escarifica si es necesario) seguido por la separación del embrión. Las condiciones de trabajo se deben mantener moderadamente asépticas mediante la limpieza de los instrumentos y el área de trabajo con solución de alcohol al 70 %. El fruto o la semilla también se debe lavar en una solución 5% de Na OCl por 15 minutos y luego lavar completamente en agua antes de la separación.

Los embriones se colocan en platos petri sobre papel filtro y se incuban a una constante de 20-25°C hasta por 14 días con al menos 8 horas de luz por día y evaluación en forma regular.

#### 7.5 Prueba de rayos-x

El objetivo de la prueba de rayos-x es proveer un método rápido no destructivo entre semillas vacías y completas dañadas físicamente por insectos en sus características morfológicas evidentes en una radiografía de rayos-x. El método también se puede usar para estudiar el desarrollo y estructuras anormales internas.

El método se puede usar con o sin un agente contrastante por ejemplo Ba Cl o cloroformo. Cuando se usa un agente contrastante, la semilla imbebe el agente pero sólo en tejidos muertos permiten entrar al agente. Estas partes del tejido absorben la radiación de los rayos-x en forma más intensa y se presentan más claras en la película. La ventaja del método de contraste es una interpretación mejor, pero la semilla se destruye.

Los costos de una máquina de rayos-x, la película y el equipo de procesamiento son altos y esta inversión se debe hacer sólo si otros métodos de prueba de semillas son insuficientes o si el equipo se requiere para propósitos de investigación.

El personal que opera el equipo de rayos-x debe dominar las instrucciones y seguir las reglas de seguridad.

## **8. PRUEBA DE SANIDAD DE LA SEMILLA**

**El objetivo de esta prueba es determinar el estado de sanidad de un lote de semillas y por tanto lograr información que se pueda usar para comparar el valor de los diferentes lotes (ISTA 1993). La prueba de sanidad es importante por las siguientes razones:**

- 1. El inoculo de la semilla puede dar origen a un desarrollo progresivo de enfermedad en el vivero o en el campo y reducir el valor comercial del cultivo.**
- 2. Los lotes de semillas importadas pueden introducir enfermedades en nuevas regiones. Por tanto las pruebas son necesarias para cumplir con los requerimientos de cuarentena.**
- 3. Las pruebas de sanidad de semillas pueden explicar la evaluación de las plántulas y las causas de su pobre germinación o crecimiento en el campo y por tanto una prueba adicional de germinación (ISTA 1993).**

**La sanidad de la semilla se refiere principalmente a la presencia o ausencia de organismos causantes de enfermedades , tales como hongos, bacterias, virus y animales plagas tales como gusanos e insectos.**

**Se requiere un amplio conocimiento de patología y entomología para determinar los organismos causantes de enfermedades en un lote de semillas. Pocos laboratorios especializados en pruebas de semillas forestales se interesan por realizar pruebas para detectar la presencia de enfermedades que se desarrollan en las semillas. Esta falta de pruebas de sanidad en semillas forestales se debe al escaso número de organismos conocidos como dañinos y por los cuales se han establecido medidas cuarentenarias. Protección o fumigación de las semillas en estaciones de cuarentena se ofrece usualmente como medida de precaución y no basada en pruebas sanitarias.**

**En las reglas del ISTA se dan instrucciones generales sobre pruebas sanitarias de las semillas y procedimientos para especies particulares y sus patógenos se encuentran en Jorgensen. (s.f).**

## **9. REGISTRO, CALCULO Y USO DE LOS RESULTADOS**

**Para uso en el laboratorio de pruebas de semillas, así como documentación para cualquier otro propósito, un registro claro y preciso debe ser una norma para cualquier resultado. En anexos 2a y 2b se dan ejemplos de formatos. Laboratorios de prueba oficiales del ISTA pueden extender "certificados internacionales de análisis de semilla" a solicitud. Estos formatos especiales se obtienen a través del ISTA. Un ejemplo de éstos se encuentra en el apéndice 2c.**

Quando las semillas son para uso en vivero, se deben hacer cálculos sobre los resultados de laboratorio. En los siguientes ejemplos se presentan algunas ecuaciones estándares.

**Semillas vivas por gramo:**

$$\frac{1000}{1000 \text{ p.s.}} \times \frac{\% \text{ germinación}}{100} \times \frac{\% \text{ pureza}}{100} = \text{Semillas vivas por gramo}$$

**Ejemplo:**

<b>Peso de 1000 semillas:</b>	<b>12 g</b>
<b>Germinación:</b>	<b>90%</b>
<b>Pureza:</b>	<b>95%</b>

$$\frac{1000}{12\text{g}} \times \frac{90}{100} \times \frac{95}{100} = 71 \text{ Semillas vivas por gramo}$$

**Densidad de siembra en la cama de semilla:**

El número de metros cuadrados de una cama de semillas necesaria para un kg de semilla:

$$\frac{\text{Semillas vivas/kg}}{\text{plantas / m}_2} = \text{m}^2 \text{ cama de semilla}$$

El resultado de la prueba de germinación usado en el cálculo se basa en las condiciones óptimas de laboratorio. Por tanto se debe incluir una reducción en la ecuación. Este factor se conoce con frecuencia como "porcentaje de plantas" y se basa en la experiencia del vivero. Es realista esperar que solamente un 50-75% de las semillas vivas sembradas en una cama de semillas se convierta en plántulas.

**Ejemplo:**

<b>Semillas vivas/kg:</b>	<b>71000</b>
<b>Plantas / m<sup>2</sup>:</b>	<b>500</b>
<b>% plantas:</b>	<b>75</b>

$$\frac{71000}{500} \times 0.75 = 107 \text{ m}^2 \text{ cama de semilla/kg de semilla}$$

**Gramos de semilla necesarios para una plantación de 1 ha**

No todas las plantas establecidas en la cama de siembra sobreviven en una plantación. Pueden ocurrir pérdidas durante la realización de incisiones, en la cama de trasplante, al plantarlas en la plantación, y lo usual es 10-25% por reemplazo en la plantación. En total la magnitud de pérdidas en vivero y en la plantación se pueden tomar en consideración incluyendo un factor no menor de 2 en la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{No. de plantas/ha}}{\text{semillas vivas/g}} \times 2.2 = \text{g de semilla/ha de plantación}$$

**Ejemplo:**

No. de plantas/ha:	1111 (=espaciamiento 3 x 3m )
Semillas vivas/g:	71
Factor de reducción:	2.2

$$\frac{1111}{71} \times 2.2 = 34 \text{ g de semilla/ha de plantación}$$

## LITERATURA SELECCIONADA

- Barner, H.; Olesen, K. 1984. Seed Crop Evaluation. Danida Forest Seed Centre. Technical Note 19.
- Bonner, F.t. 1974. Seed testing. *In: Seeds of Woody Plants in the United States, Agriculture handbook No.450.* USDA For. Serv., Washington D.C.
- Czabator, F.J. 1962. Germination value: An Index Combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8: 386-396.
- Gordon, A.G., Gosling, P.; Wang, B.S.P. 1991. Tree and shrub seed handbook. ISTA, Switzerland.
- Grabe, D.F. 1989. Measurement of Seed Moisture. *In: Stanwood, P.C. & McDonald, M.B. (eds) Seed Moisture.* Madison, Wisconsin, USA. CSSA Special Publication No. 14:69-92.
- ISTA. 1987. ISTA Handbook of Vigour Test Methods. 2 nd ed. ISTA, Switzerland.
- ISTA. 1993. International Rules for Seed Testing Rules 1993. *Seed Science & Technology*, 21, Supplement.
- Jorgensen, J. (ed.). Continuously updated. Handbook on seed health testing, sect. 2. Working sheets. Each dealing with one pathogen on one host. ISTA, Switzerland.
- Krishnapillay, B. & Marzalina, M. 1993. A statistical approach to determine sample size for moisture content determination in recalcitrant forest tree seeds. *FAO, Forest Genetic Resources Information* 21:22-28.
- Leadem, C.L. 1984. Quick Tests for Tree Seed Viability. British Columbia, Ministry of Forests and Lands, Research Branch. Report no.18.
- Poulsen, K.M. 1993. Calidad de la semilla. CATIE. Danida Forest Seed Centre, Lecture Note C-14. 1999.
- Scholer, E.; Lauridsen, E.B. 1988. Moisture content – calibration of moisture meters. Danida Forest Seed Centre, Technical Note 37.
- Stanwood, P.C.; McDonald, M.B. (eds.) 1989. Seed Moisture. CSSA Special Publication Number 14.
- Stubsgaard, F. 1990. Humedad de semillas y principios de secado. Danida Forest Seed Centre, Lecture Note C-5. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico No.24: 1-37, 1997.
- Stubsgaard, F.; Baadsgaard, J. 1989. Planeación de recolección de semillas. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note C-3. CATIE. Material de Enseñanza No.38: 1-26, 1997
- Thomson, J.R. 1979. An introduction to seed technology. The Edinburgh School of Agriculture.
- Turnbull J.W. 1975. Forest Tree Seed Testing. Div. Of Forest Research, CSIRO, Canberra, Australia. *In: FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, Thailand.*
- Willan, R.L. 1985. A Guide to Forest Seed Handling. FAO. Forestry Paper 20/2.
- Willan, R.L. 1990. Seed Pretreatment. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note C-10.

## ANEXOS

### Anexo 1

**Rangos máximos tolerados entre cuatro réplicas de 100 semillas en una prueba de germinación (prueba de doble vía a un nivel de significancia de 2.5%).**

Esta tabla indica el nivel máximo (Ej: diferencia entre máximo y mínimo) en porcentaje de germinación tolerable entre réplicas, permitiendo variación de muestreo al azar sólo a una probabilidad de 0.025. Para encontrar el nivel máximo tolerado en cualquier caso calcule el porcentaje promedio, al número entero más cercano, de las cuatro réplicas: si fuera necesario, forme réplicas de 100 semillas combinando las sub-réplicas de 50 o 25 semillas que estuvieran más próximas en el germinador. Localice el promedio en la columna 1 o 2 de la tabla y lea el nivel máximo tolerado opuesto en la columna 3.

Las tolerancias son extraídas de la tabla G1, columna D. (Miles 1963).

Germinación (%promedio)		Nivel máximo	Germinación (% promedio)		Nivel máximo
1	2	3	1	2	3
99	2	5	87 a 88	13 a 14	13
98	3	6	84 a 88	15 a 17	14
97	4	7	81 a 83	18 a 20	15
96	5	8	78 a 80	21 a 23	16
95	6	9	73 a 77	24 a 28	17
93 a 94	7 a 8	10	67 a 72	29 a 34	18
91 a 92	9 a 10	11	56 a 66	35 a 45	19
89 a 90	11 a 12	12	51 a 55	46 a 50	20

Fuente: ISTA (Reglas internacionales para prueba de semillas) Reglas 1993.

**Anexo 2a**

<b>Centro de Semillas Forestales de Danida</b>	<b>Datos sobre Calidad de la Semilla</b>
--	--

<b>Especie:</b>	<b>No. de Acceso:</b>	/
	<b>* Germinación:</b>	%
<b>Fecha de inicio del tratamiento:</b>	<b>* Peso 1000 semillas:</b>	gr
<b>Pre-enfriamiento:</b> °C                      Días	<b>* Pureza:</b>	%
<b>Pre-tratamiento:</b>	<b>* Humedad:</b>	%
<b>Fecha de inicio de siembra:</b>	<b>* Insectos (rayos X):</b>	%
<b>Medio:</b>	<b>Gérmenes por gramo:</b>	
<b>Temperatura:</b> /                      °C	<b>* TZ rojo puro:</b>	%
<b>Luz/oscuridad:</b> /                      horas	<b>* Corte, fresco:</b>	%
<b>Días de germinación:</b> días	<b>* Rayos X, fresco:</b>	%
<b>Comentarios</b>		
<b>Fecha:</b>	<b>* Resultados copiados del reverso</b>	
<b>Firma:</b>	<b>Prueba No.</b>	/

**DFSC Agosto 1999**





**ISTA**  
**ORANGE INTERNATIONAL SEED LOT CERTIFICATE**  
**BULLETIN INTERNATIONAL ORANGE DE LOT DE SEMENCES**  
**INTERNATIONALER ORANGE-BERICHT ÜBER EINE SAATGUTPARTIE**

Stamp of Station  
 Cachet de la Station  
 Stempel der Station

(See back - Voir au verso - Rückseite beachten)

Anexo 2c

**STATED BY APPLICANT - INFORMATIONS DU REQUÉRANT - ANGABEN DES ANTRAGSTELLERS**

Without responsibility of the station - Sans responsabilité de la station - Ohne Verantwortung der Saatgutprüfstelle

Name of applicant  
 Nom du requérant :  
 Name des Antragstellers

Species, cultivar, category, weight of lot etc.  
 Espèce, cultivar, catégorie, poids du lot, etc.  
 Art, Sorte, Kategorie, Gewicht der Partie usw.

**OFFICIAL INFORMATION - INFORMATIONS OFFICIELLES - AMTLICHE ANGABEN**

Issuing station  
 Station qui délivre le bulletin ..... :  
 Ausstellende Saatgutprüfstelle  
 Sampling and sealing agency  
 Organisme d'échantillonnage et de plombage :  
 Probenahme- und Plombierungsstelle  
 Official marks of lot  
 Marques officielles du lot ..... :  
 Amtliche Kennzeichnung der Partie  
 Official seal of lot  
 Plomb officiel du lot ..... :  
 Amtliche Versiegelung der Partie

Status of Certificate  
 Nature du Bulletin  
 Status des Berichts

Number of containers Nombre de contenants Anzahl der Behälter	Date of sampling Echantillonnage effectué le Datum der Probeziehung	Date sample received Echantillon reçu le Empfangsdatum der Probe	Date test concluded Analyse terminée le Datum des Prüfungsabschlusses	Test number No de l'analyse Untersuchungs-Nr.
---	---	--	---	---

**ANALYSIS RESULTS - RESULTATS DE L'ANALYSE - UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE**

SPECIES - ESPÈCE - ART (Latin name - Nom latin - Lat. Name):

PURITY - PURETÉ - REINHEIT			Number of days Nombre de jours Anzahl Tage	GERMINATION - KEIMFÄHIGKEIT					MOISTURE CONTENT (wet basis) TENEUR EN EAU (poids humide) FEUCHTIGKEITSGEHALT (Frischeinwaage) %
% Weight - % en poids - % Gewicht				% Number - % en nombre - % Anzahl					
Pure seeds Semences pures Reine Samen	Inert matter Matières inertes Unschädliche Verunreinigungen	Other seeds Semences d'autres plantes Andere Samen		Normal seedlings Germes normaux Normale Keimlinge	Hard seeds Graines dures Harte Samen	Fresh seeds Graines fraîches Frische Samen	Abnormal seedlings Germes anormaux Anormale Keimlinge	Dead seeds Semences mortes Tote Samen	

Kind of inert matter - Nature des matières inertes - Art der unschädlichen Verunreinigungen

Other seeds - Semences d'autres plantes - Andere Samen / Species Latin names - Espèces Nom latins - Arten Lat. Namen

**OTHER / AUTRES DÉTERMINATIONS - WEITERE UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE**

(See also additional observations on back - Voir aussi observations complémentaires au verso - Siehe zusätzliche Bemerkungen auf Rückseite)

Place and country - Localité et pays - Ort und Staat	Date - Datum	Signature - Unterschrift
--	--------------	--------------------------

See declaration on back - Voir déclaration au verso - Siehe Erklärung auf der Rückseite



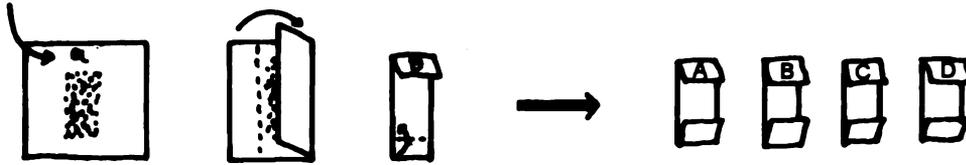
Reg. No.  
Reg.-Nr.

**ISTA**

**Geminación en paquetes de papel enrollado**

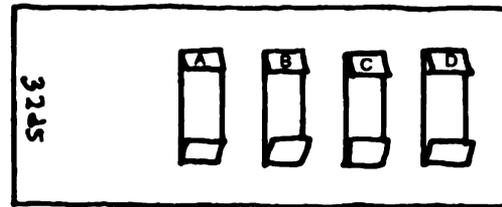
100 semillas + agua

doble como se muestra



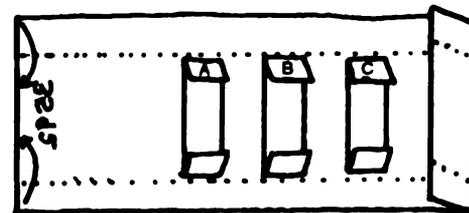
Papel secante de 24 x 24 cm

Ponga cuatro réplicas en un pedazo de papel secante.

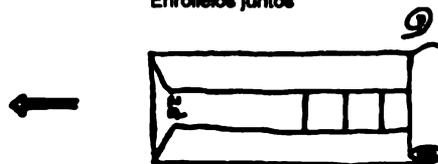


Papel secante de 35 x 70 cm.

Agregue agua otra vez y doble según este ejemplo

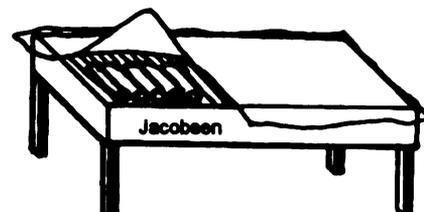
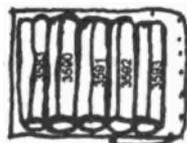


Enrolletos juntos



Ponga los rollos en una bolsa plástica dentro de una cámara de germinación.

o en un tanque Copenhaguen bajo un pliego de plástico



# TRES METODOS DE ESCARIFICACION MECANICA DE SEMILLAS DE TESTA DURA<sup>1</sup>

Karen M. Poulsen  
Finn Stubsgaard

## 1. INTRODUCCION

Un gran número de semillas de especies forestales no germinan debido a que la testa dura impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que la testa sea escarificada. En muchas de estas especies, la capa exterior consiste de una cubierta impermeable de células enmalladas (Fig. 1).

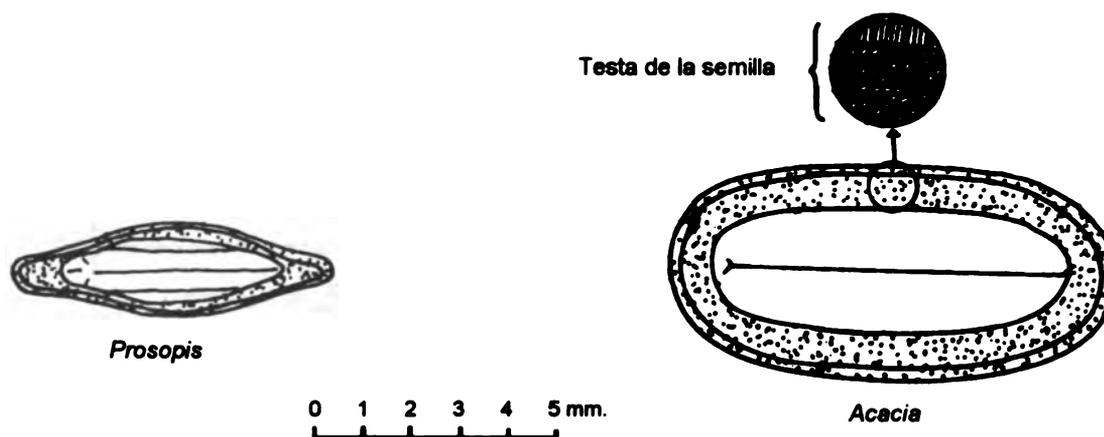


Figura 1.- Corte longitudinal de una semilla de testa dura.

Los métodos comunes utilizados en los viveros para escarificar la semilla y mejorar la germinación consisten en sumergirlas en agua caliente o hervirlas o ponerlas en ácido. Sin embargo, estos métodos no siempre son satisfactorios.

Un tratamiento eficaz en agua caliente o hirviendo requiere de un control estricto; los parámetros críticos son el tiempo y la temperatura durante la inmersión, la cual depende parcialmente del volumen de agua por semilla. Además, puede ser difícil controlar la temperatura

<sup>1</sup> Trad. "Three methods for mechanical scarification of hardcoated seed". Humlebaek, Denmark. Danida Forest Seed Centre. Technical Note No.27. 15p. 1995.

de grandes cantidades de semillas durante el tratamiento. Los principales problemas con este método son la eliminación de grandes cantidades de ácido y los riesgos para la salud que implica el trabajo con ácido.

Debido a estos problemas el Centro de Semillas Forestales del Danida (CSFD), desarrolló tres métodos alternativos utilizando escarificación mecánica: el caudín o quemador incandescente, la pistola de semillas y el quemador mecánico. El equipo fue probado en una amplia gama de especies en el CSFD y en otras instituciones. Los objetivos de esta Nota Técnica son:

- 1.- Describir tres alternativas de escarificación mecánica.
- 2.- Presentar resultados de la utilización del equipo en varias especies.
- 3.- Hacer recomendaciones generales con relación al empleo de la pistola de semillas y su manual de uso, con varias especies.
- 4.- Describir cómo fabricar o adquirir una pistola de semillas.

## 2. EQUIPO Y METODOS DE ESCARIFICACION

### 2.1 La pistola de semillas

Esta trabaja lanzando las semillas contra la pared de un cilindro metálico (Fig. 2). La pared es hueca con el fin de reducir el peso de la pistola, pero debe estar completamente llena de arena seca antes de utilizarla. La semilla se tira contra la pared a una velocidad de alrededor de 30 m/segundo.

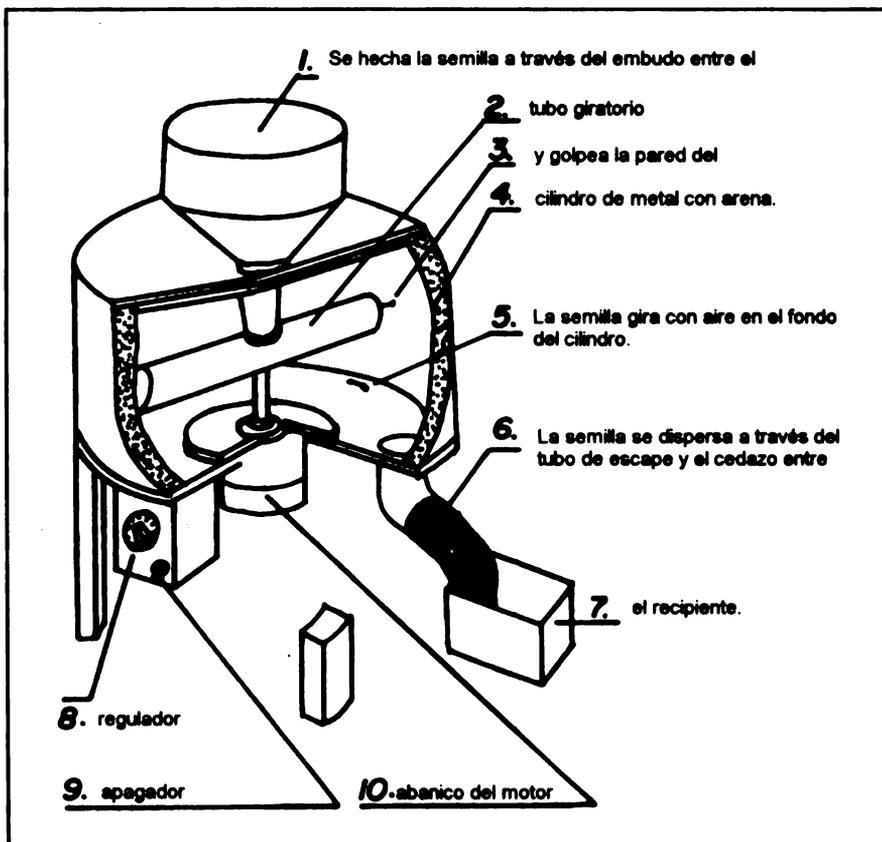


Figura 2.- Vista de un corte transversal para la construcción de una pistola de semillas.

Este impacto mecánico ocasiona pequeñas fisuras invisibles en las capas exteriores de la testa de la semilla. La semilla se vierte uniformemente sobre un embudo en la parte superior y cae al tubo giratorio, el cual la tira y golpea contra el cilindro metálico. La semilla cae al fondo del cilindro donde gira con el aire hasta que se dispersa a través del tubo de salida que está en la base del cilindro.

El efecto del tratamiento en la pistola de semillas en términos del porcentaje de germinación se incrementa cuando se aumenta la velocidad, hasta un nivel en que el número de semillas dañadas supera el número de semillas adecuadamente escarificadas (Fig. 3). Para algunas especies no habrá mucha diferencia entre la velocidad requerida para ocasionar las fisuras en la testa de la semilla y la velocidad que puede causar daño. Para estas especies, la pistola no es recomendable.

El efecto de la pistola depende:

- de la velocidad de rotación del tubo;
- de qué tan libre circula el aire a través de la pistola<sup>2</sup>, dentro de la especie;
- de la procedencia y el año de recolección.

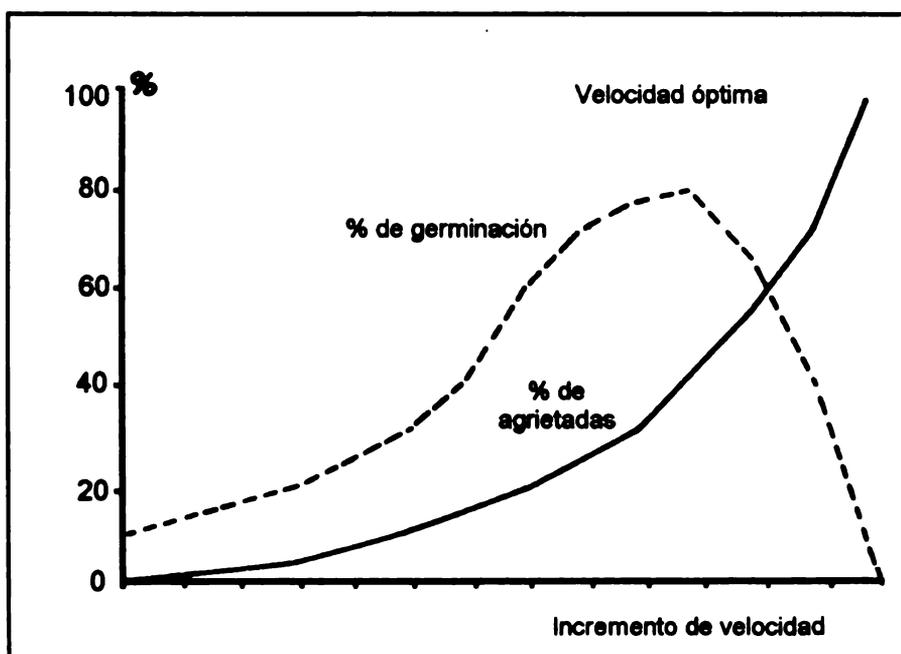


Figura 3.- Relación idealizada entre la velocidad de la pistola, porcentaje de germinación y porcentaje de testas de semillas quebradas en donde se observan los cotidellones.

<sup>2</sup> El tubo rotatorio actúa como un abanico centrífugo que lanza el aire y las semillas contra el cilindro metálico. Al incrementar la velocidad del aire se incrementa la fuerza con que la semilla golpea la pared, multiplicando así el efecto del tratamiento. De esta manera, la corriente de aire a través de la pistola debe restringirse lo menos posible a la entrada y a la salida, para no vaciar mucha semilla a la vez y mantener la salida libre de semilla.

Como la velocidad no es el único indicador de este efecto, su mejor medida es probablemente el porcentaje de testas de semillas quebradas hasta el punto en que se vean los cotiledones, Ej: % de quebraduras.

La ventaja de la pistola es su alta capacidad: un kg de semilla se puede procesar en menos de cinco minutos (Anexos A y B).

## 2.2 El cautín o quemador incandescente

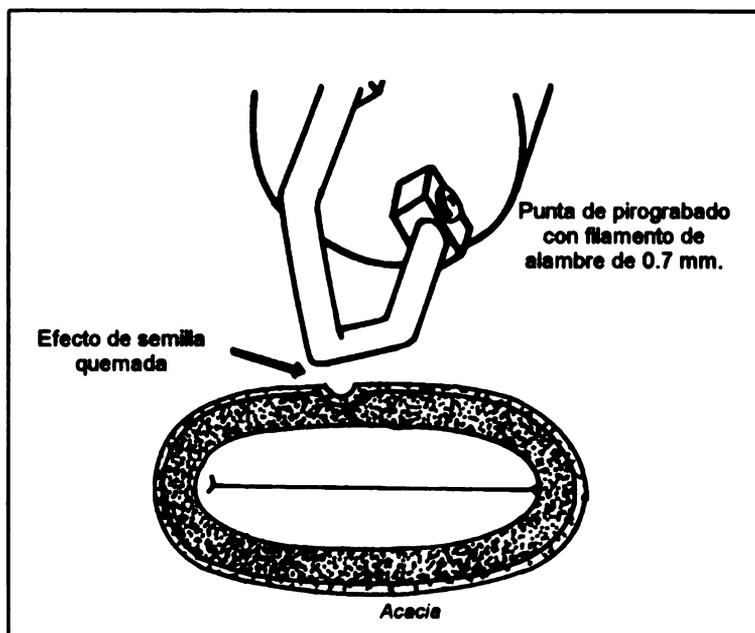
La escarificación con un cautín es un método manual y por consiguiente limitado a cantidades menores de semillas. Pero el método se utiliza ampliamente en pruebas de germinación en el laboratorio, y es muy eficaz; cien semillas se pueden procesar en dos o tres minutos.

Cuando la punta del cautín (o cualquier punta de una varilla de hierro al rojo incandescente) toca la testa por medio segundo (Fig. 4) se oye un sonido leve "pfft", y un pequeño agujero marrón y algunas pequeñas rajaduras se hacen en la capa exterior impermeable de la testa de la semilla.

La mayoría de las semillas de *Acacia* y *Prosopis* son planas y descansan sobre una areola con la otra parte hacia arriba. Pequeñas quemaduras pueden aparecer sobre los cotiledones, pero el crecimiento aparentemente no se afecta. Quemar dentro del área de la areola evita el daño a la radícula.

Con el fin de reducir la duración del tratamiento (para evitar daño por calentamiento e incrementar la velocidad de trabajo), el cautín debe trabajar a la temperatura más alta posible; tener la punta de contacto lo más pequeña posible; y tocar la testa durante el menor tiempo posible.

Figura 4.- El cautín.



El quemado de la semilla produce casi los mismos resultados en la germinación que con las perforaciones o huecos hechos en forma manual en la testa (taladrando, astillando, limando, etc) y por consiguiente el porcentaje de germinación se acerca al más alto posible. El cautín se obtiene en el comercio (Anexo D).

### 2.3 El quemador mecánico

El quemado manual da buenos resultados pero es más bien laborioso. La escarificación mecánica con la pistola es rápida pero los resultados, para un grupo de especies, no son tan buenos. Por estas razones el CSFD ha desarrollado el quemador mecánico(Fig. 5).

Un cilindro con una ranura longitudinal gira a 20 revoluciones por minuto. La profundidad de la ranura es ajustable al diámetro de las semillas bajo tratamiento. Cuando la ranura pasa el embudo que contiene las semillas sin tratar, recoge una hilera de semillas. Después de 3/4 de una revolución, la ranura con las semillas se encuentra sobre un plano inclinado en el otro lado del cilindro. Aquí las semillas se salen de la ranura y se deslizan por el plano inclinado hasta que las detiene una barra que atraviesa el plano. Justo al frente de la barra hay una hendidura en el plano, en donde se coloca un alambre al rojo incandescente de 0.65 mm de diámetro y 32 cm de largo.

La distancia del hilo hasta la barra es ajustable, de tal forma que la barra retiene las semillas cuando el hilo está por debajo del centro de las semillas. Las semillas se queman por el lado plano ya que tienden a asentarse sobre este costado. Después de un periodo ajustable, un expulsor levanta la barra del plano inclinado y suelta las semillas que caen en un recipiente. El periodo es ajustable por la posición del expulsor en relación con el cilindro; el tiempo de quemado varía entre medio y dos segundos. Cuando la barra cae de nuevo al plano, la siguiente hilera de semillas se sale de la ranura del cilindro y prosigue nuevamente.

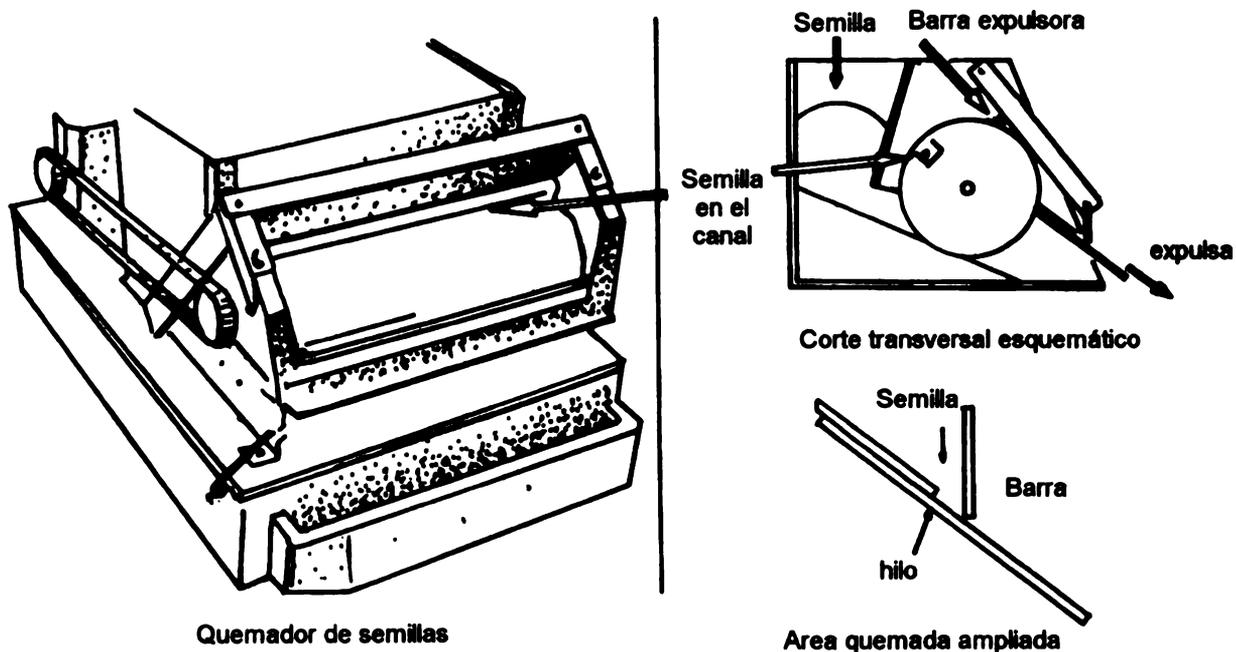


Figura 5.- El quemador mecánico.

El cilindro rotatorio es conducido por un motor a 220 V. El alambre recibe la corriente de un cargador de batería. El efecto eléctrico enviado a través del alambre incandescente, se puede ajustar a dos niveles de temperatura.

El quemador debe ser ajustado para cada lote de semillas, en la siguiente forma:

- Vaciar la semilla dentro del embudo y poner en marcha la máquina (no encender el alambre incandescente en este momento). La ranura toma ahora una hilera de semillas en cada vuelta, se ajusta la profundidad de la ranura hasta que solamente recoja una sola hilera de semillas.
- Ajustar la distancia entre la barra que libera y el alambre, de tal forma que éste quede debajo del centro de la semilla.
- Encender ahora el alambre incandescente en el primer nivel y dejarlo calentar por dos o tres minutos. Dejar 3 o 4 hileras de semillas que pasen por la máquina y visualmente determinar si todas las semillas han sido quemadas y tienen manchas marrón.
- Si la semilla no se quemó lo suficiente, ajustar el efecto eléctrico del alambre al nivel 2 y/o ajustar la posición del expulsor en relación con el cilindro para incrementar el tiempo de quemado. Repetir el paso anterior y graduar el ajuste final.
- Limpiar el recipiente de la semilla e iniciar el tratamiento bajo los ajustes escogidos.
- Puede existir peligro de incendio si la semilla se pega al alambre, por lo tanto la máquina se debe vigilar permanentemente.

### 3. RESULTADOS Y EXPERIENCIAS

#### 3.1 La pistola

El Cuadro 1 muestra los principales resultados para varias especies tratadas con la pistola por el CSFD y por el Proyecto Nacional de Semillas Forestales en Morogoro, Tanzania, respectivamente (Msanga 1993). La Fig. 6 muestra los resultados de un ensayo diseñado para determinar el ajuste óptimo de la pistola para *Acacia nilotica indica*; los resultados del Cuadro 1 se basan en pruebas similares para cada especie.

Cuadro 1.- Porcentajes de germinación después de escarificación mecánica de especies de testa dura, utilizando el cautín y la pistola.

Especie	%Germ. Sin tratamiento, testigo	%Germ. Con cautín 1/	%Germ. Con pistola	%Rajaduras pist.opt. 2/
<i>Acacia drepanolobium</i>	88	98	94	53
<i>A. meamsii</i> L 1	5	83	53	32
<i>A. meamsii</i> L 2	10	--	73	7
<i>A. nilotica</i>	21	90	60	14
<i>A. nilotica indica</i>	49	87	70	11
<i>A. nilotica nilotica</i>	9	92	53	23
<i>A. senegal</i> Lote 1	81	92	78	21
<i>A. senegal</i> Lote 2	92	91	98	86
<i>A. tortilis</i> Lote 1	10	67	18	4
<i>A. tortilis</i> Lote 2	14	83	71	50
<i>Adenanthera pavonina</i>	16	86	53	82
<i>Albizzia lebbeck</i>	42	82	75	12
<i>A. procera</i>	45	95	55	28
<i>Bahuhinia purpurea</i>	81	94	95	9
<i>Cassia spectabilis</i>	3	87	39	11
<i>Delonix elata</i>	53	63	51	12
<i>Delonix regia</i>	47	67	44	10
<i>Faidherbia albida</i> L 1	20	84	36	3
<i>F. albida</i> L 2	38	93	81	38
<i>Gerdenia temifolia</i>	92	89	88	6
<i>Leucaena leucocephala</i>	7	91	26 3/	37
<i>L. leucocephala</i> L 2	29	90	88	45
<i>Parkinsonia aculeata</i>	49	74	46	6
<i>Peltophorum pterocarpum</i>	11	80	74	50
<i>Prosopis chilensis</i>	78	97	91	0
<i>P. cineraria</i>	49	93	74	0-8
<i>P. tamarugo</i>	66	87	42	7
<i>Tamarindus indica</i>	29	90	86	42
<i>Senna grandis</i>	5	74	64	22
<i>S. spectabilis</i>	0	74	61	10
<i>Sesbania sesban</i>	52	-	85	10
<i>Xerodermis stuhlmanii</i>	68	84	85	50

1/ Alambre caliente a mano.

2/ El % Rajadura es el porcentaje de semilla con embrión visible o más severamente dañada después de la escarificación con pistola.

3/ Las velocidades más bajas pueden mejorar la germinación, pero no fueron probadas.

El Cuadro 1 indica que la pistola fue eficaz para *Acacia meamsii* (lote 2), *A. nilotica*, *A. nilotica indica*, *Adenanthera pavonina*, *Albizzia lebbeck*, *Faidherbia albida*, *Leucaena leucocephala*, *Peltophorum pterocarpum*, *Prosopis cineraria*, *Tamarindus indica*, *Senna grandis*, *S. spectabilis*, *Sesbania sesban* y *Xerodermis stuhlmanii*. Pero para *A. tortilis*, *Faidherbia albida* y *Leucaena leucocephala*, se probaron dos lotes de cada especie, y la pistola solamente dio buenos resultados en uno. La germinación para *Cassia spectabilis* también se incrementó, pero

aún muy lejos de la potencial. Solamente un pequeño porcentaje de semillas de *Acacia drepanolobium*, *A. senegal*, *Bauhinia purpurea*, *Gardenia ternifolia* y *Prosopis chilensis* mostraron latencia y la escarificación no es necesaria (al menos para los lotes de este ensayo); sin embargo, la semilla no fue dañada por el tratamiento con pistola. Para semilla de *Albizzia procera*, *Delonix regia*, *Parkinsonia aculeata* y *Prosopis tamarugo*, el tratamiento con pistola no fue eficaz.

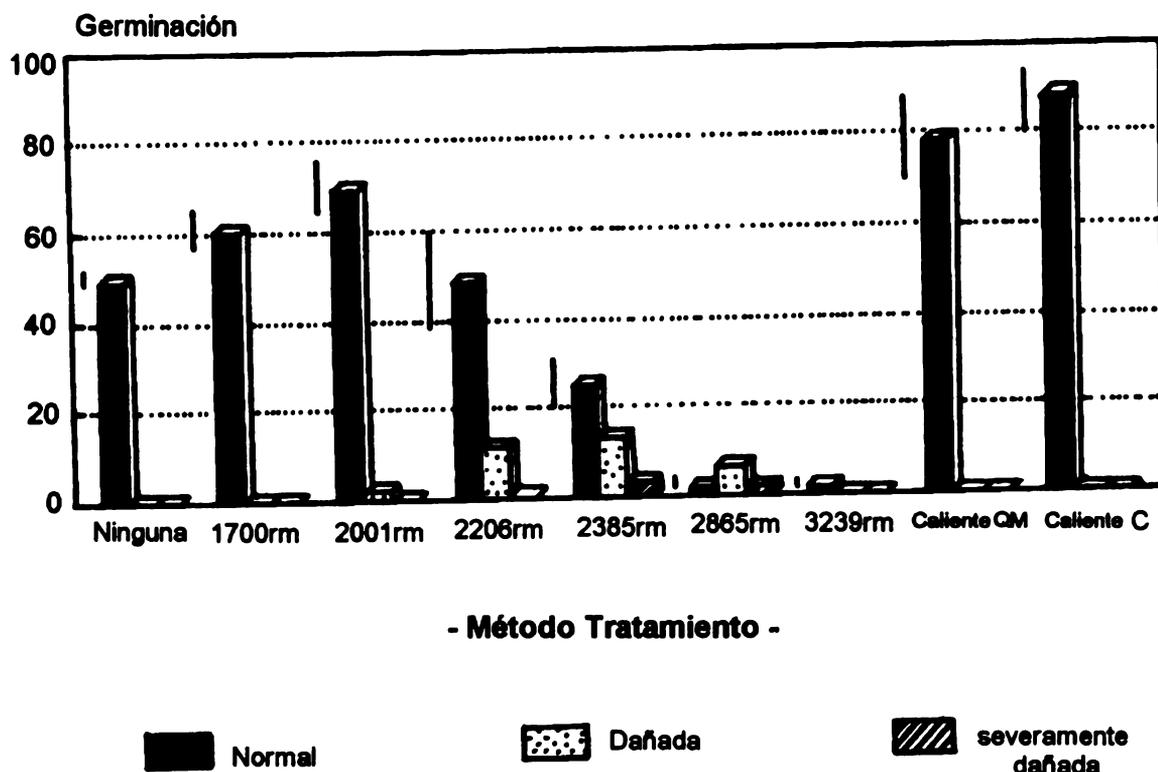


Figura 6.- Efecto de la escarificación con pistola en semilla de *Acacia nilotica indica*. C: escarificación con cautín; QM: escarificación con quemador mecánico. Las barras indican dos veces el error estándar de la media (4 repeticiones). (rm: revoluciones por minuto).

El % de quebraduras a la velocidad óptima de la pistola, fue muy variable entre las especies en un rango de 0 a 86 %.

Otro estudio utilizando semilla de Sudán (Mahjoub 1992), mostró porcentajes de germinación de 46 a 67% para *Acacia tortilis*, *A. seyal* y *Faidherbia albida* después del tratamiento con pistola. La pistola no fue eficaz para semilla de *A. nilotica* y *A. sieberana*; estas semillas pueden tener una testa muy gruesa de 0.6 - 0.7 mm (Mahjoub 1992). La pistola incrementa la germinación de *A. nubica* de 1 al 34%, de la germinación potencial no se conoce (Unkovsky 1993).

#### **Ventajas del tratamiento con pistola:**

- El pretratamiento es ajustable para cada lote de semilla.
- El método es rápido (1 kg de semilla entre 3 a 5 minutos).
- En comparación con métodos con agua caliente o hirviendo, la semilla permanece seca y por consiguiente lista para almacenar o para despachar antes de la siembra. (El método puede ser apropiado para que el centro de semillas suministre semilla escarificada al usuario.)
- Comparado con el tratamiento con ácido, no existen problemas de desecho de químicos.
- Puesto que la fuente de energía es una batería de automóvil, la semilla puede ser tratada en el campo.
- La pistola es de tecnología sencilla y se puede construir localmente.
- Una ventaja adicional es que el impacto mecánico puede tener un efecto sobre los insectos. Esto se observó en la mosca *Bruchidius sahlbergi* en semilla de *Acacia nilotica*; la emergencia de los adultos se redujo entre 63 y 79% (Mourier 1993).

### **3.2 El quemador mecánico**

En comparación con la pistola, el quemador mecánico produce una escarificación más suave, ya que no expone la semilla a impacto mecánico. Con este aparato se puede tratar eficazmente semilla de *Albizzia procera*, *Cassia siamea*, *Faidherbia albida* y *Leucaena leucocephala* (Cuadro 2). Los porcentajes de germinación obtenidos con el quemador mecánico estuvieron cerca al óptimo, por ejemplo, los porcentajes de germinación después de escarificar con el cautín. Para dos de los tres lotes de *A. tortilis* y *A. nilotica*, la germinación se incrementó en relación con el testigo; sin embargo, el cautín resultó con mejor germinación. El resultado para el primer prototipo de quemador mecánico con *A. tortilis* indica sin embargo, que es posible ajustar el quemador para escarificar esta especie eficazmente. El gran número de semilla dura de *A. nilotica* indica que el quemado no fue lo suficientemente fuerte para romper la latencia física. Sin embargo, al usar otro prototipo de quemador se observó un mejor rompimiento de la latencia física, donde el 77% de la semilla del lote 01157/83 imbibió. Inicialmente, el quemador fue probado también para semilla de *Acacia mearnsii* y *Prosopis tamarugo*, sin embargo estas semillas por ser tan pequeñas tendían a pegarse en el alambre caliente.

Cuadro 2.- Germinación (hasta el estado de plántulas) después del tratamiento con quemador mecánico.

Especie y no. de lote	Tipo de quemador*	% semilla dura **	% Germinación		
			Quemador mecánico	cautín	Sin pretratamiento, testigo
<i>Acacia nilotica</i> (01157/83)	2	56	33	83	6
<i>Acacia nilotica</i> (01075/82)	1	N.D.	53	91	47
<i>Acacia tortilis</i>	2	19	57	92	17
<i>Acacia tortilis</i>	1	N.D.	73	92	17
<i>Albizia procera</i>	1	N.D.	89	90	36
<i>Cassia siamea</i>	2	3	67	61	8
<i>Faidherbia albida</i> (01193/83)	2	2	52	43	N.D.
<i>Faidherbia albida</i> (01865 y 01891)	1	N.D.	77	92	14
<i>Leucaena leucocephala</i> 2	2	0.0	74	77	48

\* Tipo 1 es el primer prototipo; tipo 2 es el quemador final.

\*\* La semilla dura no fue escarificada eficazmente ya que no imbibió. N.D.: no determinado.

La capacidad o productividad del quemador mecánico es menor que la de la pistola (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Capacidad del quemador mecánico.

Especie	No.semilla/min	Promedio No./min	No./h	kg/h
<i>Acacia nilotica</i>	225	233	13.980	1.3
	215			
	258			
<i>Cassia siamea</i>	354	361	21.660	0.5 - 0.7
	367			
	362			

Como conclusión, el quemador mecánico funciona con diferentes tipos de semillas, pero hasta la fecha solamente ha sido probado con unas pocas especies. La relativamente baja capacidad significa sin embargo, que esta máquina no es una alternativa competitiva para la pistola cuando se trata de escarificación de grandes cantidades de semillas. Pero para algunas especies que no pueden ser manejadas con la pistola, y para pequeños lotes o semilla muy valiosa, el quemador puede ser un equipo práctico.

## 4. RECOMENDACIONES

### 4.1 La pistola

De las experiencias discutidas anteriormente, se concluye que el tratamiento con la pistola no se puede estandarizar para una especie y puede trabajar para unas procedencias/lotés y para otras no. Todo lote de semilla tendrá diferencias en la dureza de la testa debido al factor genético (procedencia), período de almacenamiento (edad), contenido de humedad y posiblemente otros. La pistola parece ser eficaz para un rango de especies de diferentes formas y tamaños; las semillas muy oblongas se espera que se rajen por la mitad (Msanga 1993). Las semillas con testa muy dura necesitaría un impacto mecánico más fuerte, lo cual dañará el embrión y la pistola no será adecuada para este tipo de especies.

La recomendación general es que la pistola debe ser calibrada para cada lote de semilla individualmente. El Cuadro 4 muestra porcentajes de rajaduras recomendados. Los porcentajes mostrados son preliminares, por consiguiente 2 o 3 muestras deben tratarse con la pistola para obtener porcentajes de rajaduras cercanos a los valores recomendados. Estas muestras serán germinadas y así se determinará la velocidad óptima. Esta velocidad se aplicará a todo el lote de semillas en cuestión (Anexo C).

Cuadro 4.- Recomendaciones preliminares para obtener porcentaje óptimo de rajaduras para el tratamiento con pistola.

Especies	% óptimo de rajadura en la semilla
<i>Acacia meamsii</i>	7
<i>Acacia nilotica</i>	11 – 14
<i>Acacia tortilis</i> *	50
<i>Albizzia lebbek</i>	12
<i>Faidherbia albida</i> *	38
<i>Leucaena leucocephala</i> *	45
<i>Pelthophorum pterocarpum</i>	50
<i>Prosopis cineraria</i>	0 – 6
<i>Tamarindus indica</i>	42
<i>Senna grandis</i>	22
<i>Senna spectabilis</i>	10
<i>Sesbania sesban</i>	10
<i>Xeroderma stuhlmanii</i>	70

\* La pistola no fue adecuada para todos los lotes de semillas de la especie.

### 4.2 El caudín

Es particularmente adecuado para pruebas de semillas. Este método preciso y fácil se puede replicar y alcanza el 100% de escarificación, y se puede determinar el máximo potencial de capacidad germinativa. Comparativamente con otros equipos, es un aparato muy económico y sólido. Una persona puede escarificar entre 60 y 70 semillas/minuto, por ej: su capacidad es

aproximadamente una quinta parte de la del esscarificador mecánico. Pero cuando hay limitación de recursos, es probable que se tenga que esscarificar en forma manual con cautín grandes cantidades de semilla.

### 4.3 El quemador mecánico

Se recomienda para cierto tipo de semillas, como un esscarificador liviano para algunas especies, pero la cantidad de pruebas es aún limitado y es posible que semillas con testa muy gruesa no quede suficientemente esscarificada. La capacidad del quemador es mucho menor que la de la pistola, pero para especies que no se pueden tratar con pistola o para lotes de semillas valiosos o pequeños, este quemador puede ser una alternativa práctica.

## RECONOCIMIENTOS

Al Centro de Semillas Forestales de Kenia y a la FAO por suministrar semillas. Al Sr. H.P. Msanga, Proyecto Nacional de Semillas Forestales de Tanzania. Al Sr. S. Mahjoub, Proyecto Nacional de Semillas Forestales de Sudán. Al Sr. S. Unkovsky, Centro de Semillas Forestales de Kenia por las pruebas con la pistola. A la Sra. J. Christensen por su valiosa asistencia técnica.

## LITERATURA SELECCIONADA

- Lauridsen, E.B.; Stubsgaard, F. 1987. Longevidad de la semilla de testa dura después de la esscarificación. DFSC. Technical note no. 32. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico No.36:53-54, 1999.
- Mahjoub, s. 1992. Effects of the seedgun impaction mechanical scarifier on hard coated seeds of six tropical species. Tree Seed Project Sudan. Paper presented at workshop in Burkina Faso, Nov. 1992.
- Mourier, H. 1993. The effect of treatment in "impaction scarifier" on bruchids in Acacia seed. Danish Pest Infestation Laboratory (Internal report).
- Msanga, H.P. 1993. Pretreatment by seed gun to improve germination of hard-coated seeds of twenty tropical tree species. Paper presented at a workshop on Co-operation of African Tree Seed Centres. Malindi, Kenya, 24<sup>th</sup> July-8<sup>th</sup> August 1993.
- Msanga, H.P.; Shirima, D.U.; Nyegeji, J. 1993. Pretreatment by seedgun to improve germination of hard-coated seeds of twenty tropical tree species. Morongo, Tanzania. National Seed Project Technical Note No.2.
- Pedersen, A.P.; Stubsgaard, F. 1993. Test of alternative bulk scarification methods on seed of 12 tree species. Paper presented at a Workshop on Co-operation of African Tree Seed Centres. Malindi, Kenya, 24<sup>th</sup> July-8<sup>th</sup> August 1993.
- Unkovsky, S. 1993. The "Seed Gun" – difficulties and possibilities. Kenya Forestry Seed Centre, June 1993. Paper presented at a Workshop on Co-operation of African Tree Seed Centres. Malindi, Kenya 24<sup>th</sup> July-8<sup>th</sup> August 1993.

## ANEXO A

### Manual de la pistola de semillas

- 1.- Coloque el aparato sobre una superficie nivelada (mesa) cerca de la batería de un vehículo.
- 2.- Coloque un recipiente debajo del tubo de salida y coloque el tubo de cedazo en el conducto de salida desde el recipiente dejando por lo menos 10 cm del cedazo fuera de él. Deje salir libremente el aire del tubo de escape, ya que si se restringe la corriente de aire a través de la pistola, se reduce considerablemente el efecto de la escarificación.
- 3.- Abra la tapa superior y verifique que el cilindro esté vacío. Retire la tapa y monte el embudo en el hueco de tal forma que quede ajustado sobre la boca del tubo giratorio.
- 4.- Conecte las terminales del cable a una batería de automóvil de 12 v. El cable rojo al polo positivo. Asegúrese de no conectar los cables a fuentes de 24 o 220 V.
- 5.- Encienda el motor y verifique que la pistola opera libremente. Revise la conexión a la batería del automóvil, si hay una mala conexión o si ésta no tiene suficiente carga, la velocidad será menor y los ajustes en el reostato no serán apropiados.
- 6.- Ajuste la velocidad requerida para cada lote de semilla así:
  - Tenga en cuenta el % de rajaduras preliminares recomendadas en el Caudro 4. Vierta lentamente una muestra de semilla a la pistola a la vez que incrementa la velocidad y observe el estado de las semillas que van saliendo del tubo de escape.
  - No aumente la velocidad si considera que el porcentaje de rajaduras se aproxima al recomendado y observe el ajuste del regulador.
  - Apague el motor y verifique que el cilindro esté vacío y desocupe el recipiente que está debajo del tubo de salida.
  - Procese 3 o 4 muestras de semillas con ajustes cercanos al establecido y verifique el porcentaje de rajaduras. Germine estas muestras para determinar el porcentaje óptimo de rajaduras y el ajuste del regulador.
- 7.- Al determinar el ajuste óptimo, vierta uniformemente el lote de semilla a través de la pistola, mientras observa que la velocidad de rotación se mantiene en el valor fijado (se puede oír si la velocidad disminuye). Si esto sucede cuando se vierte una gran cantidad de semilla dentro del tubo, la compensación se puede hacer en el regulador o vierta la semilla mas lentamente.
- 8.- Al terminar el lote de semilla, verifique que el cilindro esté vacío y que el porcentaje de rajaduras está correcto.

- 9.- Si el impacto es muy fuerte aún con el ajuste más bajo de la pistola, es posible reducir el impacto restringiendo el flujo de aire, cubriendo parcialmente el escape o montando un reóstato suplementario en el circuito eléctrico.
- 10.- Generalmente no es aconsejable procesar más de una vez las mismas semillas con la pistola. Esto, por cuanto la testa dura actúa como un casco protector durante el impacto. Una vez que la semilla ha recibido un impacto y ha sido dañada, no la protegerá en un segundo impacto. Solamente lo hará con semillas de testa muy dura.
- 11.- Nunca opere la pistola sin haber fijado correctamente la cubierta.

### Comentarios

Experiencias previas con la pistola han sido reportadas por Stubsgaard (1986) y por Lauridsen y Stubsgaard (1987). Los modelos anteriores de la pistola fueron limitados a 1100 rotaciones por minuto, lo cual no es suficiente para algunas especies de *Acacia*.

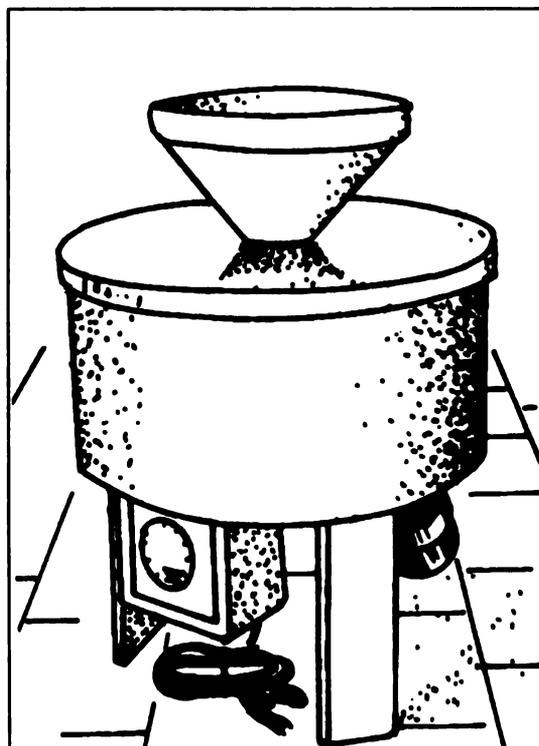
La pistola de semillas se obtiene comercialmente en:

CMC Installation  
Rimsovej 15  
DK - 8585 Glesborg  
Dinamarca  
Tel. 45 86 38 13 59  
Fax: 45 86 38 19 59

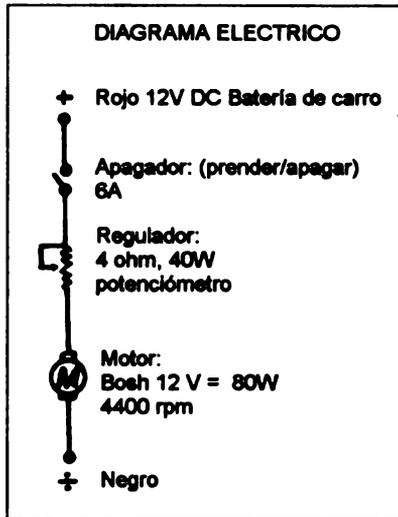
### Construcción de la pistola

El anillo superior y la base del cilindro son hechos de madera contrachapada de 12 mm. El cilindro metálico tiene un anillo superior hecho de plywood. El cilindro metálico se entrega vacío. Existe un hueco en el anillo superior a través del cual el cilindro ahuecado se llena completamente con arena seca antes de usarse. Como sustituto de la arena, se puede utilizar una sección de un tubo de concreto para drenajes, con diámetro interior de 30 cm, el cual se puede cortar con un afilador angular (Fig. 2 y 7).

Figura 7.- La pistola de semillas.



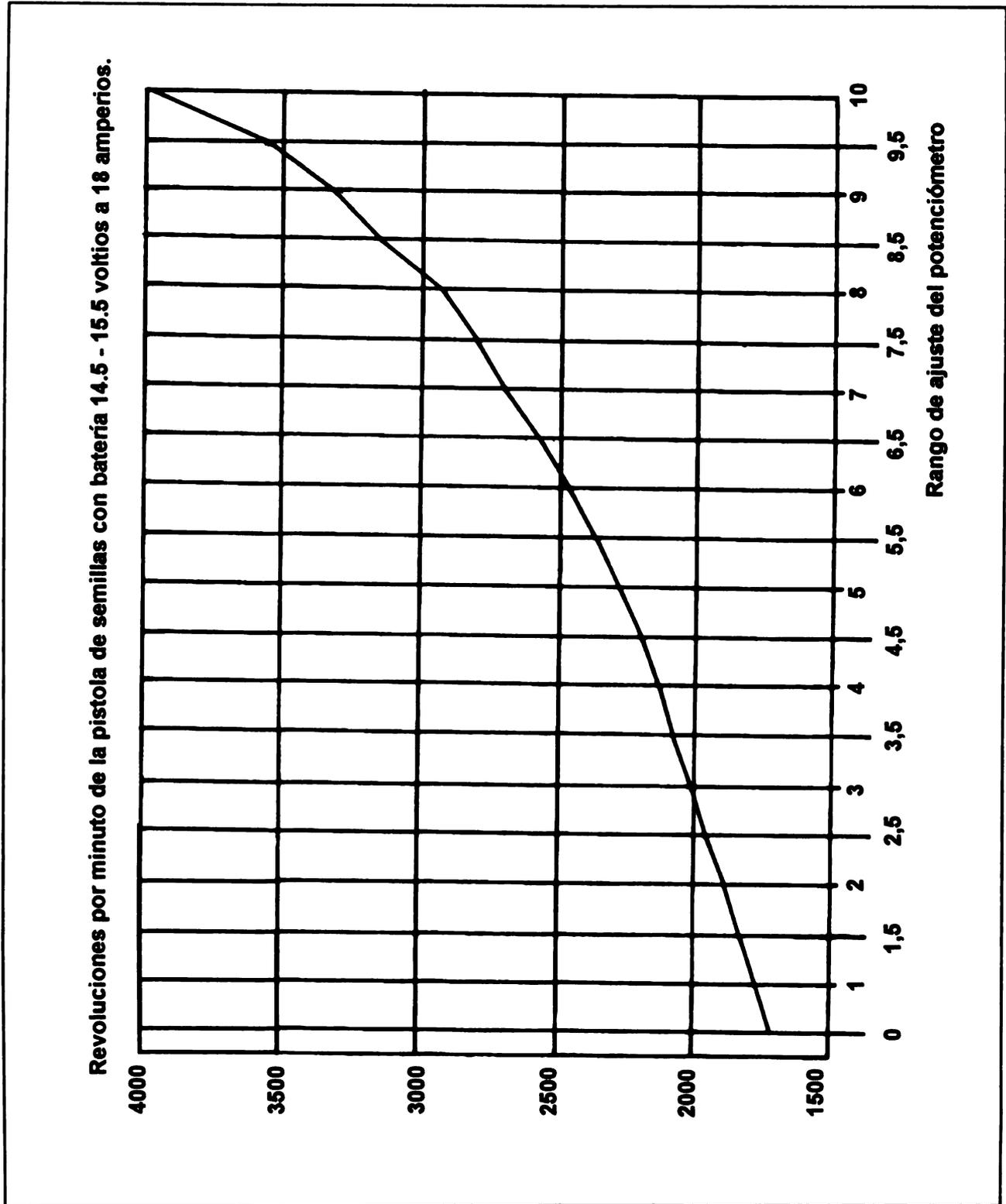
El tubo rotatorio debe ser 6 cm más corto que el diámetro interno del cilindro (en este caso 24 cm). Debe ser hecho de un tubo de aluminio de 40 mm aproximadamente, como el de una aspiradora. El tubo puede ser operado con un motor de un ventilador de 12 V para automóvil. La velocidad del tubo se controla por el regulador del reóstato ajustable en la parte frontal de la pistola.



El tubo de salida en la base es de plástico. Se ajusta con una media hecha de cedazo que permite al aire salir libremente sin que se salgan las semillas del recipiente que está debajo de la pistola.

Figura 8.- Diagrama de conexión para la pistola de semillas.

## ANEXO B



Revoluciones por minuto correspondientes al ajuste del regulador de potencia de una pistola con una batería de 14.5 a 15.5 V , con 18 Amperios.

## ANEXO C

### Diseño para pruebas de ajuste de la pistola

#### Escarificación

Una muestra de cada lote de semillas se debe procesar con la pistola, para establecer un rango razonable de velocidades de prueba (entre semillas sin daño y muy dañadas). Las graduaciones del regulador son escogidas con ajustes más estrechos para las velocidades más altas (la velocidad se incrementa exponencialmente con el ajuste - Anexo B). Para cada lote de semilla, muestras con cuatro repeticiones de 100 semillas cada una son tratadas con los ajustes de la pistola de 4-6 según lo requerido; entre cada repetición, la pistola debe apagarse y limpiarse y el potenciómetro apagarse y reajustarse. Este procedimiento es importante para obtener la variación estadística del tratamiento representado en la prueba.

#### Porcentaje de rajaduras

Después del tratamiento, se debe determinar el porcentaje de rajaduras de las semillas. Para facilitar el conteo, las semillas se colocan sobre una bandeja de cristal para observarlas desde arriba y luego alzar la bandeja para mirarlas desde debajo. Se hace el conteo aproximado de las semillas dañadas o destruidas junto con aquellas en donde parte de la testa ha sido despedazada, haciendo visibles los cotidellones.

#### Germinación

Cada repetición se debe germinar en arena bajo condiciones controladas y evaluar el desarrollo de las plántulas; se deben registrar tanto las plantas normales como las anormales.

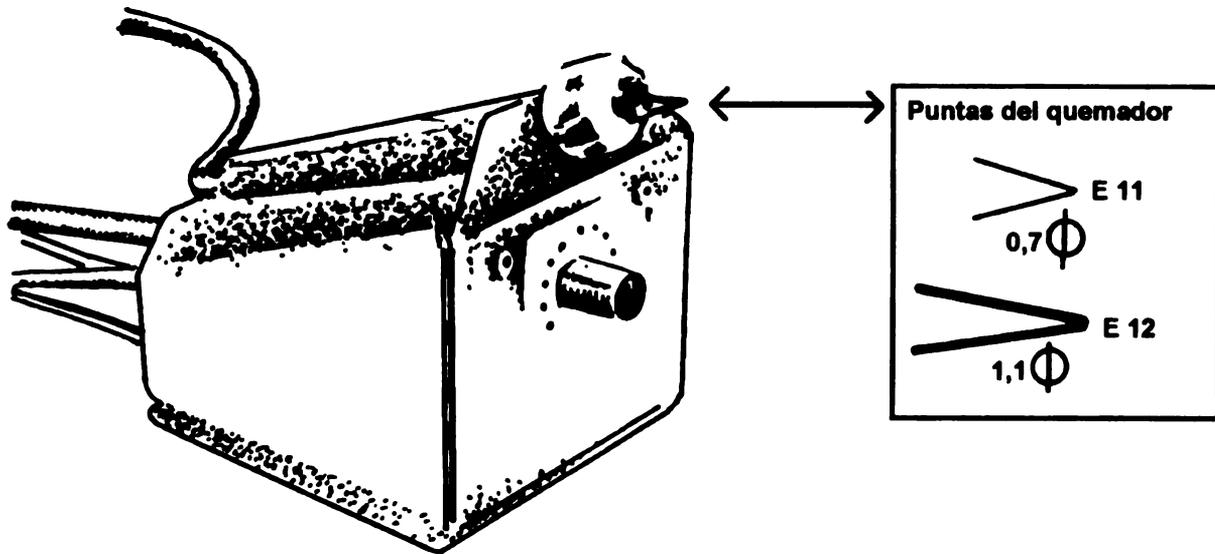
#### Diseño del ensayo

Cada muestra consiste de cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. La muestra 1 es el testigo, es decir, sin ningún pretratamiento. La muestra 2 se pretrata óptimamente, es decir, con escarificación manual y representa el máximo potencial de germinación del lote. La germinación obtenida después del tratamiento óptimo con pistola debe evaluarse contra las muestras 1 y 2.

## ANEXO D

### El Cautín o pirógrafo

#### GS 1-E



El cautín o herramienta de pirograbado (GS 1-E, ver fotografía) se fabrica originalmente para grabados y decoración en madera, cueros y otros materiales. Existen dos tipos de puntas de quemado (0.7 y 1.1 mm de calibre del alambre). Para quemado de semillas se utiliza el calibre de 0.7 mm. Debe mantener unos 100 repuestos de 0.7 mm. La forma de las puntas de quemado de los alambres se puede cambiar con un par de alicates y una lima. La temperatura deseada puede ser regulada con el botón de control.

Colocar las semillas sobre una tabla de madera o sobre un pedazo de cinta adhesiva ancha. No se debe presionar; dejar que el calor trabaje por su cuenta.

Información técnica: el transformador tiene doble aislamiento y está protegido contra cortos circuitos. Fuente de energía: 220V; corriente secundaria/voltaje 12A/1V.

Fabricado por:  
TELECTRO  
Carl Jacobsens Vej 19  
DK - 2500 Valby  
Dinamarca

Se puede adquirir comercialmente en:  
CMC Instalation  
Rimsoevej 15  
DK - 8585 Glesborg  
Dinamarca  
Tel. 45 86 38 13 59  
Fax: 45 86 38 19 59

# LONGEVIDAD DE SEMILLAS DE TESTA DURA DESPUES DE LA ESCARIFICACION<sup>1</sup>

*E.B. Lauridsen  
Finn Stubsgaard*

## INTRODUCCION

Esta investigación se realizó para determinar si la semilla escarificada debe ser sembrada inmediatamente después de la escarificación o si podría ser transportada o almacenada en forma segura. Debido a que el transporte internacional de semilla, desde su despacho hasta su recepción, toma generalmente hasta dos meses, el período de almacenamiento en esta investigación se fijó también en dos meses.

## METODOS

Se escarificaron semillas de dos especies *Acacia farnesiana* y *Prosopis cineraria* utilizando la "Pistola de Semillas" (Seed Gun) o el "quemador de semillas" (Seed Burner) como se describe en la Nota Técnica No. 27, 1995.

Tanto las semillas escarificadas como las no escarificadas permanecieron en almacenamiento durante dos meses bajo las siguientes condiciones:

- Abierto a 30°C y humedad relativa de 80%
- Impermeable al aire: de 0°C a 4°C

El almacenamiento abierto bajo las condiciones mencionadas debe simular las condiciones de transporte.

Después del almacenamiento, se escarificaron las semillas no escarificadas con quemado o con la Pistola para Semillas. Luego se evaluó la germinación de todos los lotes de semilla.

---

<sup>1</sup> Trad. "Longevity of hardcoated seed after scarification". Humlebaek, Denmark. Danida Forest Seed Centre. Technical Note No.32. 3p. 1987.

## RESULTADOS

El cuadro 1 muestra las cifras más importantes: **escarificación después del almacenamiento en la cámara fría comparada con la escarificación antes del almacenamiento abierto a temperatura y humedad altas.**

Cuadro 1. La germinación de semilla escarificada en almacenamiento abierto durante dos meses a 30°C y una H.R. de un 80% es comparada con la de semilla no escarificada almacenada impermeable al aire de 0-4°C (Testigo).

Especie	Estado de la semilla en almacenamiento	Método de escarificación	
		Pistola de Semillas	Quemador de semilla
<i>Acacia farnesiana</i>	no escarificada 0-4°C	51% (± 11%)	98% (± 2%)
	escarificada 30°C y 80% H.R.	47% (± 11%)	97% (± 3%)
<i>Prosopis cineraria</i>	no escarificada 0-4°C	75% (± 3%)	94% (± 5%)
	escarificada 30°C y 80% H.R.	78% (± 5%)	90% (± 5%)

La germinación de semilla escarificada antes del almacenamiento equivale a la germinación de la semilla tratada inmediatamente antes de la siembra.

Entonces se concluye que la semilla de *Prosopis cineraria* y *Acacia farnesiana* puede ser escarificada en forma segura de manera centralizada, en un centro de semillas antes de ser empacada y enviada al vivero, sin ninguna precaución especial.

En esta etapa, se recomienda un período no mayor a dos meses entre la escarificación y la siembra.

Los resultados coinciden con los obtenidos en otras partes del mundo. Por ejemplo:

- ◆ En Malasia, la semilla de *Acacia mangium* es pre-tratada con agua caliente y se puede mantener hasta por un año en la cámara fría (comunicación personal con el especialista en mejoramiento forestal de Sabah Softwoods, Tawau, Sabah, Malasia).
- ◆ En Francia, la semilla de *Acacia albida* es tratada con ácido sulfúrico y puede mantenerse en condiciones frías y secas por algunos meses (Oficial a cargo, División de Material Vegetal, Centro Técnico Forestal Tropical, París, Francia).

# ESCARIFICADOR DE SEMILLAS CON ALAMBRE CALIENTE DE FABRICACION DOMESTICA<sup>1</sup>

*A.M.J. Robbins*

La técnica que emplea un dispositivo comercial de alambre caliente para escarificar semilla de testa dura se explicó en la Nota Técnica No. 27, del Centro de Semillas Forestales de DANIDA. En esta nota se describe un dispositivo casero que fue desarrollado como parte del trabajo del Proyecto Nacional de Semillas Forestales en Nepal.

Hasta ahora, doce especies han sido tratadas y el método parece funcionar para todas ellas. Ha sido una gran ventaja en trabajos de investigación donde previamente se han hecho ranuras o cortado lotes de semilla en forma laboriosa. Actualmente, el trabajo se realiza de 5 a 10 veces más rápido, en forma más consistente y con menos daño a la semilla.

El dispositivo consiste de un soporte de madera sólida, al cual se atornillan tres barras de metal paralelas, que sobresalen a un lado del soporte. A estas tres barras se conectan cuatro terminales (utilizando enchufes de desecho de 2 ó 3 pernos) como se muestra en el dibujo. Las dos terminales externas se ajustan con los pernos originales a una distancia igual a un enchufe de dos pernos.

La resistencia de alambre se hace utilizando la bobina que se encuentra en calentadores de 240 voltios. Este elemento debe ser estirado y se cortan dos pedazos (50 y 250 mm), dándoles la forma y conectándolas a las terminales como se muestra en la figura.

El alambre más corto se dobla en forma de una "v" alargada, cuya punta se utiliza para escarificar la semilla. El alambre más largo actúa como resistencia ajustable, de modo que el grado de calentamiento en todo el alambre se pueda ajustar desde amarillo brillante hasta rojo opaco (moviendo el extremo recto hacia dentro y afuera de la terminal superior). Asegúrese de que los tornillos estén firmemente ajustados a los alambres cuando se utiliza este dispositivo.

La fuente eléctrica es una batería de carro de 12 voltios, conectada al dispositivo por medio de alambre de cobre grueso aislado, sujetadores y un enchufe convencional de dos pernos. Para aplicar la corriente, el enchufe es simplemente presionado sobre los dos pernos que sobresalen del dispositivo.

Cuando se está utilizando, todo el alambre se calienta, por lo que se debe tener cuidado de no tocarlo accidentalmente. Para tratar la semilla, el extremo en forma de "v" debe colocarse suavemente contra la testa de la semilla. Se quema un hueco casi en

---

<sup>1</sup> Trad. "Home-made hot-wire seed scarifier". Humlebaek, Denmark. Danida Forest Seed Centre. Technical Note No.29. 2p. 1986.

forma instantánea, acompañado por un siseo y pequeña emisión de humo. Para evitar sobrecalentar las semillas muy pequeñas, el alambre debe ajustarse a calentamiento rojo opaco, mientras que para semillas más grandes el amarillo brillante es mejor. El alambre no debe presionarse fuertemente ya que este se ablanda con el calor. Si éste se dobla, puede volver fácilmente a su forma original una vez que se enfríe.

Las semillas tienden a adherirse al alambre lo cual puede resultar en sobrecalentamiento de la semilla. Para evitar esto y acelerar el trabajo, coloque cinta adhesiva ("masking tape") sobre el banco de trabajo con el lado adhesivo hacia arriba. Riegue las semillas a lo largo de la cinta, de modo que la superficie pegajosa las mantenga en su lugar. Las semillas pueden entonces ser tratadas rápidamente sin adherirse al alambre caliente, y es fácil ver cuáles semillas han sido tratadas y cuáles no. Para quitar las semillas, sostenga un extremo de la cinta y raspe/quite las semillas con el borde de una regla.

Este dispositivo parece ser muy versátil. Debido a que se utiliza una batería de carro, se puede emplear en algunas situaciones de campo, y no existe peligro de choque eléctrico causado por el alambre. También es igualmente adecuado para semillas muy pequeñas (diminutas) (hasta 500.000 por kg) y semillas más grandes. Se ha notado destrucción de tejidos bajo el área quemada, pero no parece afectar el crecimiento. Como se menciona en la Nota Técnica No. 27, es importante aplicar el alambre dentro del área de la areola (para evitar posible daño a la radícula) y para reducir el tiempo que el alambre permanece en contacto con la semilla.

El autor agradece a los señores B.P. Kayastha y N.B. Shrestha de la División de Reforestación y Forestería Comunitaria de Nepal, por permitir el uso de las instalaciones en su Unidad de Semillas Forestales, durante el desarrollo del dispositivo y por permitir que el Centro de Semillas Forestales de Danida publicara los resultados.

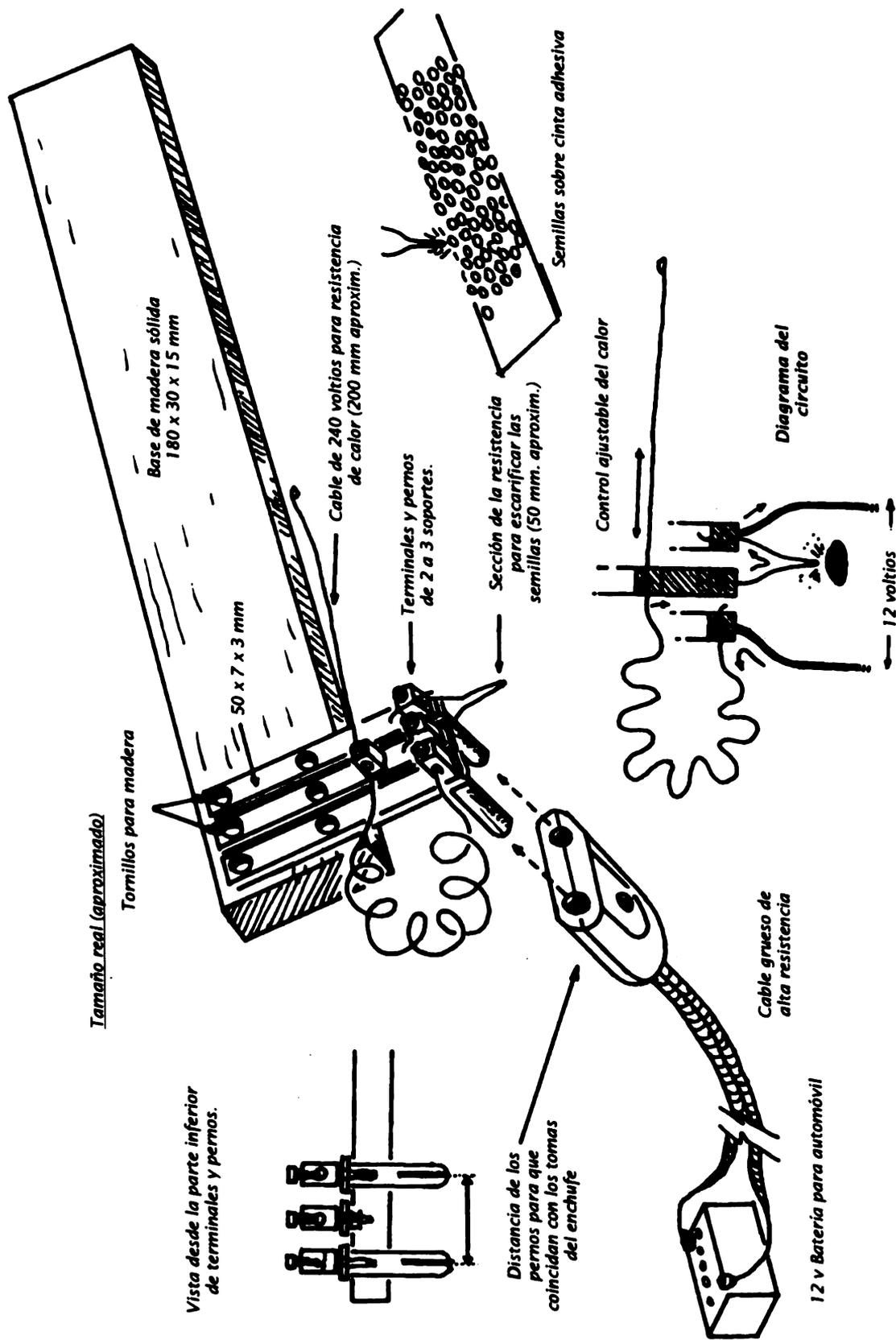


Figura 1: Escarificador de semillas con alambre caliente de fabricación doméstica