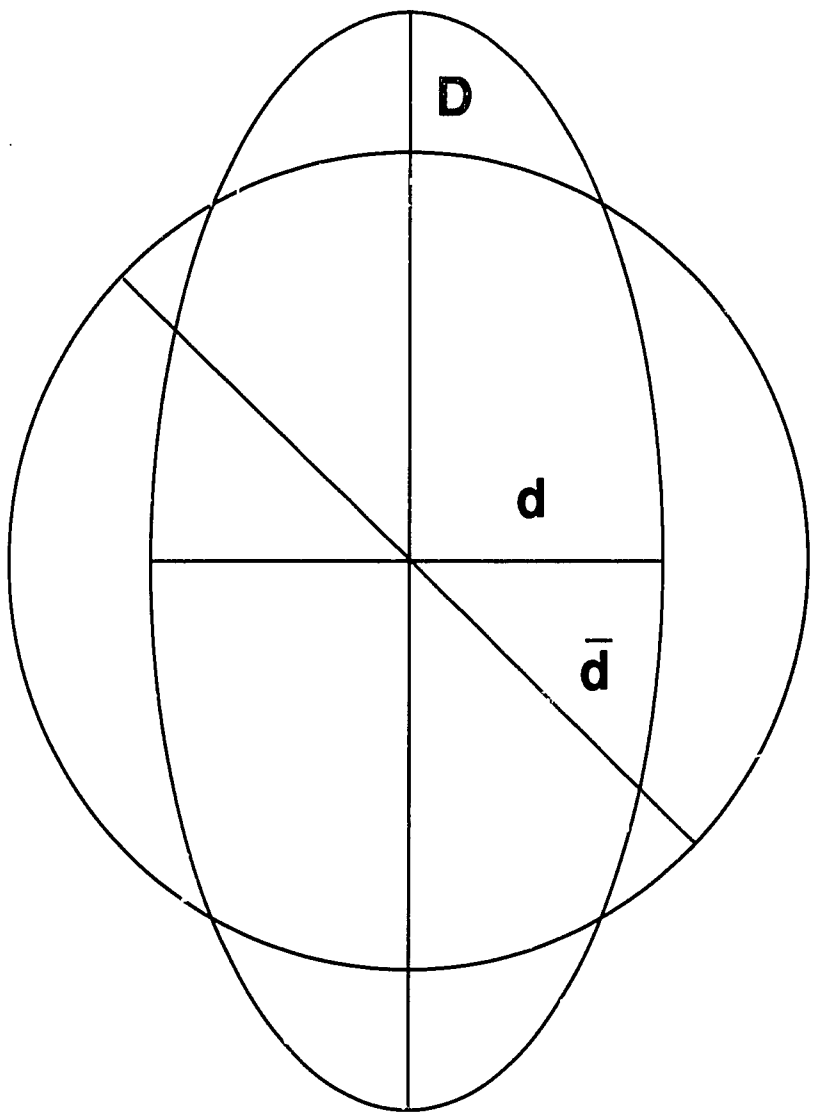
PN-ABM-582

Manual de Ensayos de Campo con Arboles de Usos Múltiples

Manual No. 3



C. Buford Briscoe

Serie de la Red de Investigación sobre Arboles de Usos Múltiples

Manual de Ensayos de Campo con Arboles de Usos Múltiples

Manual No. 3

C. Buford Briscoe

Edición en inglés: Norma Adams, Winrock International

Traducción al español: Martha S. Daza

Ilustraciones: Scott Farmer, Design Consultants, Inc.

Winrock International Institute for Agricultural Development

Financiada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

Serie de la red de investigación sobre árboles de usos múltiples

Esta serie incluye documentos, informes y manuales producidos o apoyados por el Proyecto de Investigaciones y Desarrollo de Dasonomía y Producción de Leña (conocido como Proyecto F/FRED por su sigla inglesa). Las publicaciones de esta serie se distribuyen a los miembros de la citada red y a otras personas e instituciones selectas.

La Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos ha catalogado la edición inglesa de esta publicación de la manera siguiente:

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Briscoe, C. Buford
Field trials manual for multipurpose tree species

(Multipurpose tree species network research series; manual no.3)
Includes biblograhpic references.
1. Multipurpose trees--Field experiments--Handbooks, manuals, etc. I. Adams, Norma, 1953-- . II. Title III. Series.
SB172.B75 i990 634.9 90-12196
ISBN 0-93359-30-1

Copyright © Winrock international Institiute for Agricultural Development, 1990

INDICE

1.0 Introducción 7

2.0 Diseño de los experimentos 11
- 2.1 Rango de condiciones que se someterán a prueba 12
- 2.2 Sencillez 14
- 2.3 Aleatorización 14
- 2.4 Repetición 17
- 2.5 Registros 19

3.0 Procedimientos en los viveros 21
- 3.1 Introducción 21
- 3.2 Tratamiento de semillas 23
- 3.3 Recipientes y semilleros 27
- 3.4 Cuidados 29
- 3.5 Protección 30
- 3.6 Clasificación de plantones 31
- 3.7 Preparación y transporte 32

4.0 Establecimiento 33
- 4.1 Tamaño de la parcela 33
- 4.2 Preparación del sitio 34
- 4.3 Espaciamiento 35
- 4.4 Siembra directa 40
- 4.5 Plantación 41

5.0 Cuidados en el campo 43
- 5.1 Limpieza y control de malezas 43
- 5.2 Poda y desrame 45
- 5.3 Poda de la copa y corte a matarrasa 49
- 5.4 Entresaca y mejora del rodal 53
- 5.5 Cosecha 60

6.0 Mediciones 63
- 6.1 Mediciones empleadas en la dasometría tradicional 64
  - 6.1.1 Altura 64
  - 6.1.2 Diámetro del tallo 66
  - 6.1.3 Ejes múltiples 71
  - 6.1.4 Peso específico 72
- 6.2 Mediciones no tradicionales 73
  - 6.2.1 Altura total 73
  - 6.2.2 Longitud del tallo 73
  - 6.2.3 Diámetro 73
  - 6.2.4 Volumen de madera 75
  - 6.2.5 Sustancias extractivas 78
  - 6.2.6 Forraje 78
  - 6.2.7 Rendimiento de los cultivos intercalados 79
  - 6.2.8 Producción animal 80

6.3 Medidas subsiguientes 81
6.4 Otras medidas 81
6.5 Modelos matemáticos 81

7.0 Establecimiento y manejo de registros 83
7.1 Medidas y observaciones en el campo 83
7.2 Informes sumarios 90

8.0 Códigos del IADSS 93
8.1 Códigos de los países 94
8.2 Códigos institucionales del Proyecto F/FRED 97
8.3 Códigos de las especies 100
8.4 Símbolos estandarizados 114
8.5 Tratamientos silvícolas 117

Apéndices 121
A Zona húmeda y subhúmeda 122
B Zona árida 127
C Zona semiárida 132
D Lecturas complementarias 137

Indice alfabético 139

Figuras

2.1 Definición de una línea recta y una curva simple 13
2.2 Definición de una curva sigmoidea 13
2.3 Ejemplos de arreglo de tratamientos en bloques completos al azar 15
2.4 Bloques establecidos siguiendo las curvas de nivel 16

3.1 Tipos de plántulas 23
3.2 Puntos de escarificación según la forma de la semilla 25
3.3 Poda aérea de plántulas 28

4.1 Microcuencas 35
4.2 Arreglo de espaciamiento en un diseño de Nelder 37
4.3 Rueda de Nelder con parcelas de varios radios 38
4.4 Rueda de Nelder con parcelas de un radio por parcela 39
4.5 Instalación de la rueda de Nelder en el campo 39

5.1 Instrucciones para limpieza del sitio de plantación 44
5.2 Capa vegetal alrededor de la plántula 45
5.3 Poda para obtener madera sin nudos 46
5.4 La poda reduce el peligro de daños causados por incendios 46
5.5 Poda en el cuello de la rama 48
5.6 Zona de medición del diámetro antes y después de la poda 48
5.7 Poda de ramas 50
5.8 Poda de una rama grande 50
5.9 Corte a matarrasa versus poda de la copa 51
5.10 Poda de la copa de árboles para obtener retoños muy por encima del suelo 51
5.11 La poda de la copa protege los retoños contra el ramoneo de la mayoría de animales 52
5.12 Relación curvilínea entre el rendimiento y la densidad del rodal 54
5.13 Forma de mantener el rendimiento para obtener diferentes productos 55
5.14 Clases de copas de los árboles 55
5.15 Entresaca de los árboles selectos 57
5.16 Control del peso de entresaca 57
5.17 Entresaca por el método de vara en el bosque natural 59
5.18 Selección de árboles para entresaca según el método de conteo angular 59

6.1 Determinación del nivel del suelo para medir la altura del árbol 65
6.2 Medición de la altura y longitud de un árbol inclinado 65
6.3 Altura y longitud de la copa 67
6.4 Medición del diámetro del tallo 67
6.5 Medición del diámetro con calibrador de corredera 68
6.6 Medidor de diámetro del cuello utilizado en los viveros 70
6.7 Zona para medir los efectos de la poda 70
6.8 Medición del diámetro de la copa 71
6.9 Medición de la altura y longitud de un árbol inclinado 74
6.10 Medición de la altura y longitud de los tallos principales viejos y nuevos 74
6.11 Medida del volumen de la leña apilada 76
6.12 Medida del volumen de pedazos pequeños de madera por desplazamiento 76
6.13 Medida del volumen de pedazos grandes de madera fresca por desplazamiento 77
6.14 Selección de muestras de forraje de un árbol grande 79
6.15 Toma de muestras del rendimiento de los cultivos intercalados 80

7.1 Información sobre el sitio del ensayo (formulario C) 84
7.2 Medidas de altura y diámetro de los árboles (formulario N-1) 87

A.1 Ejemplo del trazado de bloques 123
A.2 Alineamiento de los árboles en las parcelas 124
A.3 Ejemplo de la toma de muestras para determinación de biomasa 124

B.1 Ejemplo del trazado de bloques 128
B.2 Alineamiento de los árboles en las parcelas 129

C.1 Ejemplo del trazado de bloques 133
C.2 Alineamiento de los árboles en las parcelas 134

Cuadros

2.1 Relación de costos y confiabilidad con respecto al valor t 18
7.1 Información descriptiva para los registros de los experimentos 85
7.2 Mediciones del estudio 89
7.3 Conjunto mínimo absoluto de datos 91
7.4 Conjunto mínimo preferido de datos 92

A.1 Especies, genotipos y tratamientos en los ensayos de la red de investigación en 1987 123
B.1 Tratamientos empleados en los ensayos de la red de investigación en las zonas áridas 128
C.1 Tratamientos empleados en los ensayos de la red de investigación en las zonas semiáridas 133

1.0 Introducción

Todos los planes de investigación deben tener en común los siguientes elementos esenciales:[1]

- o Título. Explica brevemente la naturaleza de la investigación que se pretende realizar.

- o Autor y fecha. Permite la comunicación relacionada con el plan e identifica la versión preliminar específica cuando hay más de una.

- o Resumen. Cuando se trata de planes más largos, resume las razones por las cuales se debe hacer la investigación, la hipótesis que se debe someter a prueba, y el personal, el tiempo y los fondos cuyo uso se prevé.

- o Descripción del problema. Identifica a los posibles usuarios de la información que se pretende obtener, su problema e importancia, los datos necesarios y faltantes y las obras destacadas de la literatura pertinente.

- o Explicación de los objetivos. Describe en forma clara y concisa los logros planeados, con prioridades relativas. Define la población objeto de estudio. Se expresa en forma de hipótesis verificable.

- o Especificaciones para el tratamiento. Indican por qué se escogieron las variables dependientes e independientes y cómo se controlan y se miden. Explican en forma clara y detallada los procedimientos o materiales cuyos efectos deben medirse. Es preciso entender su relación con los objetivos. Los tratamientos preferidos son aquellos que indican una relación básica, por ejemplo, especies fijadoras de nitrógeno frente a no fijadoras, tolerantes frente a intolerantes.

  Cualquier serie de tratamientos puede incluir un testigo (ya sea un tratamiento que, según se ha comprobado, da buenos resultados de ordinario, o ninguno). El tratamiento testigo se debe aleatorizar, repetir y manejar como cualquiera otro. Se usa un testigo al que no se aplica ningún tratamiento, en particular cuando en otros tratamientos se han empleado fertilizantes o herbicidas.

  Otras especificaciones incluyen comúnmente el número de repeticiones, el tamaño de la parcela, la estación de tratamiento, las prácticas generales de manejo aplicadas a todos los tratamientos y los detalles sobre el equipo y los materiales necesarios.

  También deben especificarse los miembros del personal y sus responsabilidades particulares.

- o Método de análisis propuesto. Se incluye como guía importante para el diseño experimental. Por lo común, contiene un formulario de muestra para resumir los resultados, un modelo de análisis de varianza o de covarianza y la forma primaria de la ecuación que se debe emplear para el análisis de regresión.

---

1 La obra titulada *Experimental designs*, 2a ed. de W.G. Cochran y G.M. Cox (Nueva York: John Wiley & Sons, Inc., 1957) es un libro de texto clásico sobre diseño y análisis.

Véase una descripción concisa y clara del diseño de ensayos de campo con un modelo de un plan de estudio en *Simple experimental design for forestry field trials*, edición revisada, Boletín 71 del Instituto de Investigaciones Forestales, de Ian Andrew (Rotorua, Nueva Zelandia: Instituto de Investigaciones Forestales, 1986).

- o Métodos. Estos deben describirse con suficientes detalles para permitir que cualquier profesional conocedor de la materia realice el plan.

- o Presupuesto. Especifica el orden cronológico y el costo de las actividades, inclusive el del personal, los fondos y los materiales necesarios.

- o Literatura citada. Debe ser la mínima necesaria para entender el problema, el objetivo y los métodos.

Un plan bien redactado es la estructura básica del informe final. Todo lo que se necesita entonces es proporcionar las mediciones reales y los análisis.

Experimentos de la red de investigación

Los ensayos de campo de la red de investigación del Proyecto de Investigaciones y Desarrollo de Dasonomía y Producción de Leña (F/FRED) tienen las siguientes metas:

- o ofrecer un punto de enfoque para el desarrollo de la red

- o ampliar los conocimientos sobre el crecimiento, los requisitos en cuanto a sitios y las prácticas de manejo de árboles prioritarios de usos múltiples (AUM)

- o mejorar la metodología de las investigaciones sobre dasonomía

Las investigaciones cooperativas abarcan muchos países, cada uno de los cuales tiene varias organizaciones de investigación y científicos que trabajan individualmente por una meta común: llegar a conocer árboles o problemas específicos empleando métodos comunes y compartiendo los resultados bajo las condiciones biológicas, físicas, culturales y económicas de toda la región.

Un experimento cooperativo consta de los siguientes elementos críticos:

- o objetivos fijados por consenso

- o diseño común y métodos uniformes (modificados solo por acuerdo general)

- o materiales comunes de experimentación

- o realización del mismo experimento en varios sitios representativos de una amplia gama de condiciones

- o documentación a fondo sobre las condiciones biológicas, físicas y socioeconómicas de cada sitio de investigación

- o intercambio de datos e interacciones profesionales y relaciones personales entre los participantes

- o análisis de datos conjunto de los diversos sitios

- o examen y revisión de los métodos, materiales y prioridades efectuados por los participantes para mejorar las futuras investigaciones

De qué trata este manual

El *Manual de ensayos de campo con árboles de usos múltiples* tiene por fin ayudar a guiar a los investigadores que trabajan en el campo con árboles de usos múltiples (AUM) para que puedan lograr objetivos relacionados con la dasonomía o la agrosilvicultura. En este contexto, *dasonomía* se refiere al manejo de árboles en grupos para producir bienes y servicios y *agrosilvicultura* se refiere a sistemas de producción en que las especies leñosas perennes interactúan con los cultivos agrícolas y/o los animales en la producción de bienes y servicios. Este manual no es un tratado global sobre procedimientos para ensayos de campo. Su objetivo es describir un sistema de gran confiabilidad en el campo, basado en métodos uniformes y diseños sencillos.

En la sección 2.0 se examinan las consideraciones básicas para el diseño de un ensayo estadísticamente válido. Se incluyen algunos ejemplos y sus posibles formas de alineamiento en el campo. En la sección 3.0 se tratan las prácticas seguidas en los viveros, incluso germinación de semillas, cuidado de plántulas, preparación y transporte. No se discute la localización, el establecimiento ni el manejo de viveros. Al referirse al establecimiento y a los cuidados en el campo (secciones 4.0 y 5.0, respectivamente) se explica lo que se debe hacer pero sin indicar cómo. El "cómo" depende mucho de las herramientas y prácticas locales, la mayoría de las cuales son satisfactorias si se emplean con cuidado.

Las mediciones (sección 6 0) se consideran en detalle porque deben normalizarse para garantizar comparaciones significativas entre experimentos, aun los realizados por el mismo científico.

Los detalles dados para registro de datos en la sección 7.0 pueden aplicarse directamente solo al Sistema de Información y Apoyo de Decisiones (IADSS) preparado por la Unidad Mundial de Investigaciones del Proyecto F/FRED. El tipo de información es casi universal para fines de los estudios de AUM.

Los formularios explicados en la sección 7.0 forman parte del programa lógico del IADSS (versión 2.0). Los cuadros 7.3 y 7.4 contienen el conjunto mínimo de datos recomendado para los formularios de resumen. Tanto el programa de computación como la documentación estarán a disposición de las organizaciones de investigación de los países en desarrollo.

Los códigos incluidos en la sección 8.0 se ofrecen con el fin de reducir el aburrido y detallado trabajo de ingreso de datos, ahorrar memoria en el computador y acelerar el análisis.

Los apéndices incluyen procedimientos para ensayos de campo ya en uso por parte de la red de investigación en zonas húmedas y subhúmedas patrocinada por el Proyecto F/FRED y para los planeados en las zonas áridas y semiáridas. Puesto que los procedimientos diferirán lógicamente de una red a otra, los incluidos aquí deben considerarse como ejemplos, pero no necesariamente como modelos.

En este manual se hace hincapié en la necesidad de disponer de una metodología estandarizada. Ello no implica que los científicos deban realizar experimentos idénticos. Significa que deben determinar y expresar las características de los sitios y los árboles de la misma forma para que las variaciones representen diferencias experimentales, no metodológicas.

Quién debe usar este manual

Este manual se ha preparado para los cooperadores de la red de investigación sobre AUM patrocinada por el Proyecto F/FRED. Sin embargo, esperamos que pueda ayudar a cualquier científico interesado en establecer y medir los experimentos de campo hechos con AUM y que

la propagación de su uso contribuya a la creación de un sistema efectivo, plenamente integrado y comprobado de establecimiento, cuidado, medición y análisis de ensayos de campo. Después, los científicos y organizaciones de investigación podrán intercambiar información con confianza y compararla a partir de los formularios de resumen.

Agradecimientos

Este manual representa una ampliación de la obra titulada *Manual for Multipurpose Tree Species Research Cooperators for the F/FRED 1987 Humid and Sub-humid Network Trials* (manual no. 2 de la serie de estudios efectuados por la red de investigación sobre árboles de usos múltiples, publicado en inglés solamente). Al igual que dicha obra, este trabajo fue posible por el aporte de muchas personas, particularmente de los cooperadores de la red de investigación citada en Asia. Celso B. Lantican (F/FRED), Héctor Martínez (CATIE), Len Reynolds (ILCA), Janet Stewart (OFI) y Foster Cady y David A. Taylor (F/FRED) hicieron sugerencias detalladas sobre las versiones preliminares.

El presente texto es la traducción correspondiente a la segunda edición de la publicación titulada *Field Trials Manual for Multipurpose Tree Species* e incorpora varias adiciones y modificaciones basadas sobre todo en comentarios de los lectores del original. El autor tiene una profunda deuda de gratitud con todos ellos.

2.0 Diseño de los experimentos

En todo buen diseño de investigación hay que recordar los cinco puntos indicados a continuación:[2]

- o **DEFINIR** el rango de condiciones que se someterán a prueba.
- o **RESTRINGIR** cada estudio a solo algunos tratamientos sencillos.
- o **ALEATORIZAR** los tratamientos en cada bloque y localizar los bloques de forma de minimizar la variación de los sitios dentro de cada uno.
- o **REPETIR** cada tratamiento, de preferencia cuatro veces.
- o **REGISTRAR** todo lo que se ha planeado y hecho.

Si cada planta de una especie dada que recibió el mismo tratamiento en el mismo sitio creciera y produjera en la misma proporción y con la misma calidad, el diseño experimental sería sencillo y barato. Lamentablemente, no es ese el caso. Cada experimento debe diseñarse con cuidado para poder contestar preguntas específicas en forma concluyente, con validez estadística.

Sin embargo, el análisis estadístico no siempre es necesario. Si la pregunta es si la teca (*Tectona grandis*) y el pino de corteza blanca (*Pinus albicaulis*) crecerán en la misma proporción si ambos se siembran en un suelo profundo, bien drenado y fértil en los trópicos húmedos, cada árbol de teca probablemente será más alto y grueso que cualquier pino sobreviviente. Por el contrario, si ambos se siembran en la zona subalpina en una montaña de una región templada, los pinos quizá crecerán a paso lento, pero la teca morirá a comienzos del primer otoño. Sin embargo, raras veces se encuentra una respuesta tan clara a nuestras preguntas y, de existir, señalaría que se ha hecho un estudio exploratorio con pocos conocimientos de fondo.

Si se compararan la teca y la melina (*Gmelina arborea*) en los trópicos húmedos o el pino de corteza blanca y el pino contorta (*Pinus contorta*) en la pendiente superior de una montaña, podríamos esperar casi siempre encontrar alguna diferencia entre las medias. Sin embargo, habría cierta superposición de la magnitud de cada medida, de modo que solo con observación no podríamos determinar si en realidad son diferentes. Sin análisis estadístico y, por tanto, sin un diseño experimental que lo permita, no podríamos calcular la probabilidad de las diferencias causadas por varios tratamientos ni otros factores "aleatorios."

Diseñe e instale cada experimento de forma que permita hacer análisis estadísticos. Si los resultados son absolutamente claros al hacer una inspección y confirman o refutan la hipótesis objeto de prueba, quizá no se tenga que hacer ningún análisis. No obstante, si se necesita, el diseño debe permitirlo. De otro modo no es posible hacer una interpretación válida.

---

[2] Véase una discusión detallada sobre diseño y ejecución de investigaciones sobre ensayos de campo en *A manual on species and provenance research with particular reference to the tropics.* Documento sobre dasonomía tropical, No. 10, de J. Burley y P.J. Wood (Londres: Commonwealth Forestry Institute, 1976).

2.1 Rango de condiciones que se someterán a prueba

La primera consideración al diseñar un ensayo es definir en toda su amplitud las condiciones que se someterán a prueba, lo que se conoce como *el rango de inferencia.* Si nos interesan solo los árboles de nuestro jardín del frente, podemos medir y determinar las diferencias con facilidad. Sin embargo, si nos interesan todos los árboles del país X, no es posible medirlos todos. Es muy poco probable que los árboles del jardín del frente pudieran representar con exactitud a todos los del país X. Si medimos todos los árboles del poblado en que vivimos, tal vez los resultados no sean representativos. Aun todos los árboles de una provincia o de una isla no son representativos de todo el país. Para obtener la mejor muestra representativa del país X tiene que existir una posibilidad igual de seleccionar árboles de cualquier lugar de su territorio. Esa muestra debe incluir una variedad completa de condiciones relevantes que ocurren dentro de las fronteras nacionales. Si no, la muestra no se puede emplear en las regiones donde se encuentran las condiciones excluidas.

¿Le parece obvio? Por supuesto. Sin embargo, son muy frecuentes los casos en que una pequeña muestra de un lote de semilla de una especie encontrada en algunos sitios se interpreta como si fuera representativa de toda la especie en la totalidad de una provincia, isla o región. Se puede hacer un estudio de una familia de plantas medias hermanas, una procedencia o una especie o también de un poblado, distrito o país. Sin embargo, si se necesita información para toda una nación, es preciso tomar la muestra de todo su territorio.

La misma consideración rige en lo relativo a otros aspectos. Si se pretende estudiar el peso de entresaca, incluya los mayores y menores índices de peso previstos. Para estudiar una gama de sitios, incluya los más altos y los más bajos, los mejores y los peores, los más húmedos y los más secos. La omisión de los extremos exige extrapolación de datos, proceso siempre rodeado de peligro.

En general, los valores extremos sometidos a ensayo en cualquier variable deben estar fuera del rango que se considere práctico. Esto a) confirma los límites esperados al demostrar valores reducidos o b) los amplía. Cualquiera de esos resultados es útil.

La selección de lugares específicos para un estudio cooperativo regional debe incluir una selección y revisión de carácter preliminar para asegurarse de incluir todas las combinaciones críticas de las condiciones de cada sitio (especialmente los suelos y el clima). Si cada cooperador sencillamente escoge el sitio de mayor importancia local, es muy probable que muchos de los lugares seleccionados tengan las mismas condiciones y que se dejen por fuera otras condiciones menos deseables. La mayoría de los investigadores prefieren trabajar en pendientes suaves con suelos profundos (y suelen seleccionar esas condiciones para estudio). Sin embargo, un estudio regional de pendientes suaves y suelos profundos no ofrece ninguna guía para emplear pendientes empinadas y suelos poco profundos que, con seguridad, existen y necesitan atención en millones de hectáreas.

Cuando se planea representar un factor que ocurre continuamente a lo largo de un gradiente, como latitud, altura o profundidad del suelo, hay que incluir al menos cuatro puntos bien distribuidos. La razón crítica para fijar este requisito es que la mayoría de las relaciones biológicas son curvilíneas; en realidad, muchas son sigmoideas. Una relación lineal se puede definir y verificar con tres puntos bien colocados, pero una curvilínea requiere un mínimo absoluto de cuatro puntos (figura 2.1). Cuando se sabe que la curva es sigmoidea, la definición ideal comienza a partir de dos puntos por debajo del punto mínimo de inflexión, tres a lo largo de la porción lineal de la curva (si existe) y dos por encima del punto máximo de inflexión (figura 2.2). A partir de esos tratamientos tan bien arreglados, se puede calcular un modelo matemático definitivo de la relación.

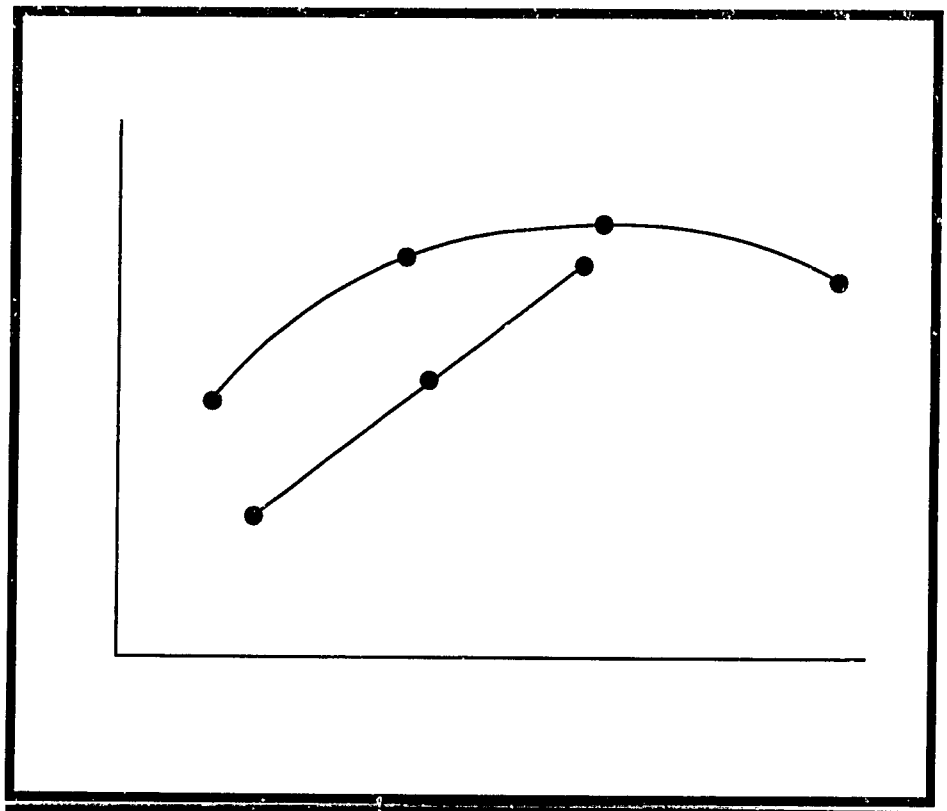


Figura 2.1. Definición de una línea recta y una curva simple.

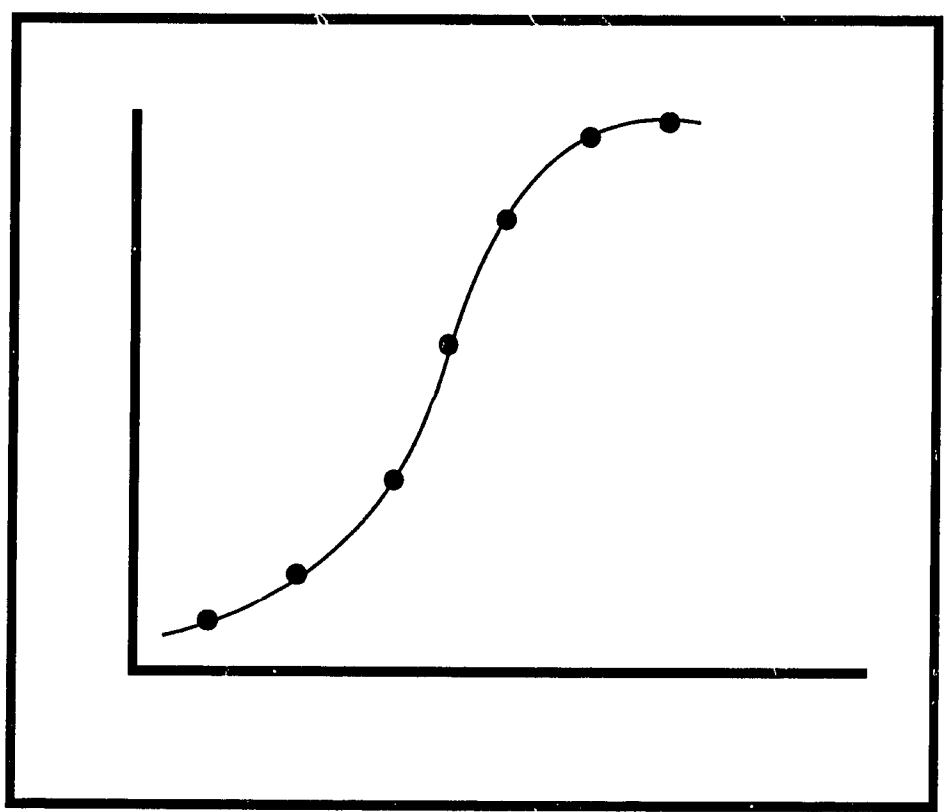


Figura 2.2. Definición de una curva sigmoidea.

Defina el grado de interés, luego deje a cada unidad de muestreo de la población respectiva iguales posibilidades de medición. Cuando esto no se hace, se corre un riesgo desconocido e incalculable de equivocarse.

2.2 Sencillez

Durante la realización de los experimentos con árboles surgen muchos factores imprevistos que pueden afectar los resultados. Si bien esos factores son inevitables, sus efectos se pueden minimizar si el estudio se mantiene sencillo. Si se comparan cuatro especies o cuatro tratamientos de cultivo de una especie (y no se aplica otro tipo de tratamiento en ninguno de los casos), el establecimiento y el análisis son directos y sólidos. Aun si algunas de las parcelas se ven afectadas por pastoreo, un incendio o cualquier accidente, por lo general se pueden comparar los tratamientos sobrevivientes, con pérdida de solo un grado proporcional de precisión.

Los diseños más complejos que incluyen interacciones de los diferentes factores de tratamiento a menudo incrementan la eficiencia. En los campos arados y cultivados donde se suministran insumos químicos y humedad según sea necesario durante el año o por un período breve, esos diseños son útiles. Para los estudios a largo plazo en suelos y sitios cuyas condiciones son heterogéneas y donde hay poco control de los factores que causan impacto, la solidez de los experimentos sencillos es a menudo más importante que la eficiencia potencial de los complejos.

Eso no significa que el número de niveles deba restringirse; si la tierra, los materiales y los fondos son suficientes, por ejemplo, se pueden comparar 20 especies o más en un solo experimento sólido. Sin embargo, un estudio prolongado en el campo con niveles múltiples aun de cinco factores (por ejemplo, especie, fecha de plantación, riego, fertilizante y limpieza) terminaría casi inevitablemente por convertirse en un grave problema de interacciones confusas.

Limite un experimento a solo unos pocos tratamientos.

2.3 Aleatorización

Los factores no relacionados con el tratamiento pueden influir o aun controlar los resultados de su experimento. Un substrato laterítico sólido o una capa de sal cerca de la superficie influye en la supervivencia y el crecimiento de los árboles más que la especie o el espaciamiento. Usted puede manejar esos factores indeseables de las formas indicadas a continuación:

- o redefinición de la población objeto de estudio (el rango de inferencia, sección 2.1)
- o mantenimiento del factor externo a un nivel constante
- o división del factor no experimental
- o aleatorización

La limitación del rango de inferencia es una práctica universal. Los árboles casi nunca se siembran en roca sólida, en una masa de agua abierta ni en una capa de sal superficial. Este es un principio tan invariable que los cultivadores de árboles raras veces indican que omiten de sus zonas de plantación los lagos, ríos, saladares y salientes rocosas. Tanto los cultivadores como el público interesado suponen que existen esas omisiones.

Cuando se siembran especies como *Prosopis tamarugo* en saladares o *Rhizophora* en marismas, hay que indicar las prácticas usadas pues, de lo contrario, el público interesado supondrá que se omiten esos sitios. Si los planes que usted tiene o propone comprenden plantación en esos sitios, hay que incluirlos en las investigaciones afines.

El mantenimiento del factor externo en un nivel constante es también universal. En el vivero, se riegan todas las especies y los tipos de plantas que crecen en recipientes según sea necesario. En el campo, se limpian todas las especies y los espaciamientos o se omite la limpieza por completo. Es preciso definir esas prácticas, mantenerlas en niveles uniformes en todos los tratamientos experimentales y registrarlas a medida que se realicen.

No es factible eludir algunas variaciones. Si las zonas que se pretende sembrar comprenden las faldas de las colinas, por ejemplo, se necesita incluirlas también en las investigaciones complementarias.

En las investigaciones de campo en parcelas, la división de esos factores no experimentales se hace con frecuencia mediante selección de una zona aparentemente uniforme llamada bloque e instalación de una parcela de cada tratamiento dentro del mismo. Si se incluye un tratamiento en cada bloque y se asigna la posición de cada uno al azar, se obtendrá lo que se llama arreglo de tratamientos en bloques completos al azar (BCA) (figura 2.3). Este no es ni el único diseño posible ni siempre el más barato ni eficiente. Sin embargo, es de costo módico y sencillo y, por lo general, seguro para estudios prolongados. La confiabilidad es de suma importancia en las investigaciones que duran varios años.

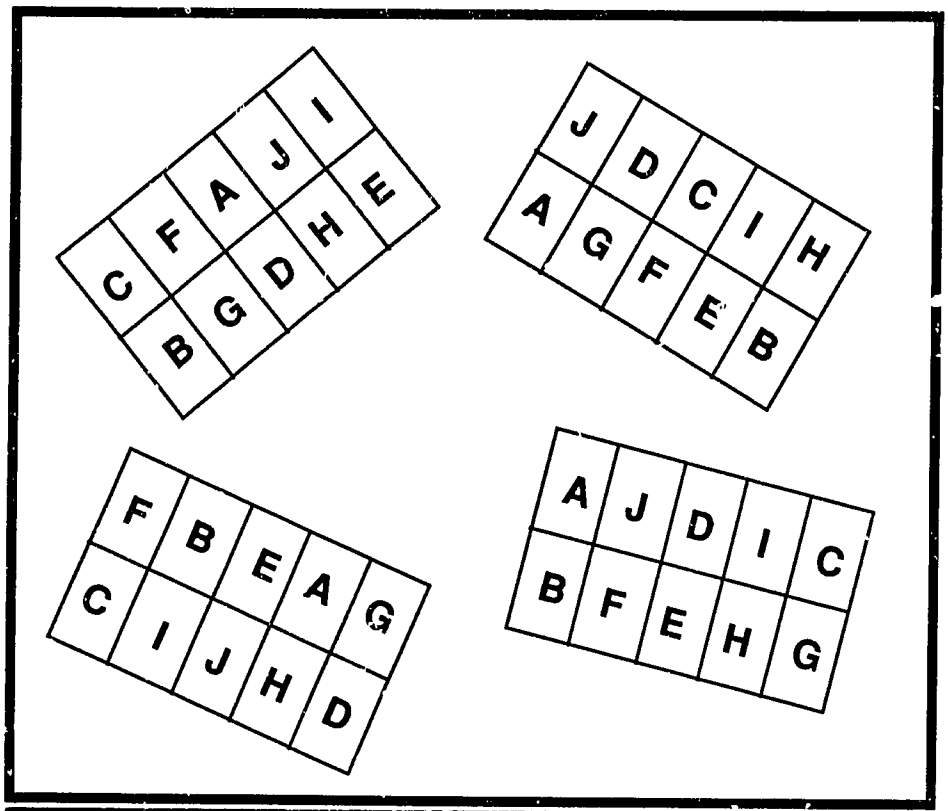


Figura 2.3. Ejemplos de arreglo de tratamientos en bloques completos al azar

Hay tres consideraciones importantes al emplear BCA:

1) Las condiciones dentro del bloque deben ser tan uniformes como sea posible. En la falda de una colina, las condiciones varían comúnmente con la posición en la pendiente, de modo que el bloque es generalmente rectangular, con el eje a lo largo de una curva de nivel (figura 2.4). En la mayor parte de los terrenos nivelados y aparentemente homogéneos, las condiciones varían, por lo general, con la distancia en cualquier dirección, de modo que el bloque es cuadrado. Usted debe examinar el sitio del estudio y establecer bloques para minimizar la variación dentro de estos.

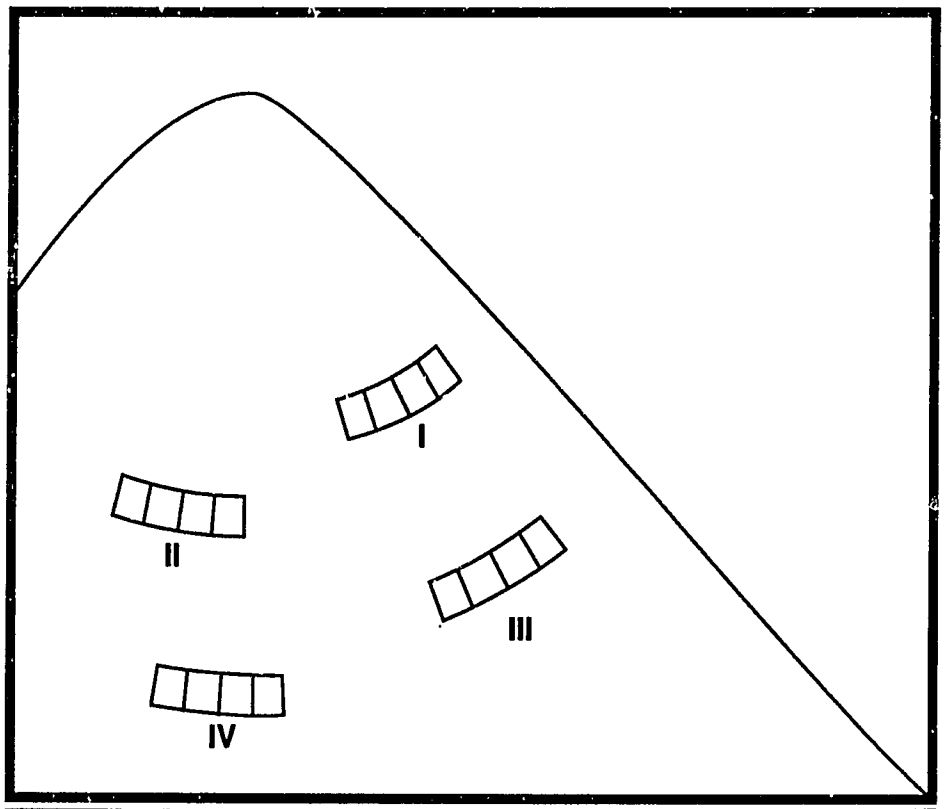


Figura 2.4. Bloques establecidos siguiendo las curvas de nivel.

Las parcelas se deben alinear de forma que se pueda incluir tanta variación inevitable como sea posible en cada parcela del bloque. En la falda de una colina, deben estar situadas a lo largo de toda la extensión de la pendiente; en terreno nivelado, se prefieren las rectangulares a las cuadradas.

2) La asignación de tratamientos dentro de cada bloque debe hacerse al azar. En el cálculo del error se supone que hay completa aleatorización. La selección de un solo patrón al azar y su repetición anularía esa suposición puesto que cada bloque tendría el mismo patrón.

3) Se debe evitar la interacción de los bloques con los tratamientos. Si en un ensayo de especies se siembran *Casuarina equisetifolia* y *Eucalyptus camaldulensis* y los bloques adyacentes se encuentran uno en arena sumamente bien drenada y el otro en sitios de

arcilla pesada que se inundan en forma intermitente, es de esperar que la *Casuarina* se dé mejor que el *Eucalyptus* en la arena y que este último se dé mejor en la arcilla. Por tanto, los bloques representarían niveles del factor suelo más bien que repetición de especies y la interacción de las especies con el suelo se confundiría con los bloques y no se atribuiría a ninguno en particular, a menos que el experimento se diseñara y repitiera en la debida forma para incluir la textura del suelo como factor experimental. Eso tiende a introducir un costo sumamente elevado, una gran complejidad y la falta de solidez citada en la sección 2.2.

Aplique los tratamientos al azar dentro de cada bloque.

2.4 Repetición

Para medir el error aleatorio encontrado dentro de un tratamiento, se necesitan dos o más medidas (repeticiones). Si cada bloque de un punto de localización general contiene una parcela de cada tratamiento, el bloque constituye una repetición y los términos se usan a menudo como si fueran intercambiables. Sin embargo, si un bloque carece de algunos de los tratamientos o contiene dos o más parcelas de unos de ellos o de todos, obviamente no es igual a una repetición. Si un estudio no se basa en bloques completos o si se repite uno o más tratamientos dentro de un bloque, hay que tener cuidado de hacer la distinción entre bloque y repetición.

Como se indicó antes, se necesita un cierto grado de repetición, pero como ésta exige más materiales, mano de obra, tiempo, tierra y dinero, es preciso determinar el mínimo número necesario. Los dos criterios de uso más común para ello son la *precisión de la estimación* y *la probabilidad de tener razón.*

La precisión de una muestra se expresa de ordinario por la amplitud de los límites de confianza alrededor de la media. Decir que la altura media es igual a 10 $\pm$ 1 m es más preciso que decir que la altura media es igual a 10 $\pm$ 2 m. La precisión de la estimación es de 10% en el primer ejemplo, pero solo de 20% en el segundo.

En una población distribuida al azar, la precisión de una muestra varía en forma inversamente proporcional al cuadrado del número de mediciones de muestra. Para reducir la amplitud de los límites de confianza por mitad se necesita cuadruplicar el número de mediciones. El aumento del costo es formidable.

La otra forma común de mejorar la precisión es mediante incremento de la probabilidad de tener razón. En el primer ejemplo dado, la declaración completa sería que hay 95% (o cualquier porcentaje apropiado) de probabilidad de que la media verdadera sea de 10 m $\pm$ 1 m. En muchos casos, resulta más económico mejorar la probabilidad de tener razón que mejorar la precisión.

En el cuadro 2.1 se muestra la t de Student, que describe la distribución del error aleatorio en la media de una población normalmente distribuida. El producto de un valor t multiplicado por el error estándar de una media de muestreo indica una faja de valores en ambos lados de la media de muestreo que se puede esperar que incluya la media verdadera de población. La probabilidad de comprobar que la media verdadera no esté fuera de esa faja (en la muestra, 95%) como resultado de la casualidad es seleccionada por los investigadores, a criterio propio.

Para fines estadísticos, una parcela tiene un valor nulo de grados de libertad y un valor t de infinidad, y es inútil. En dos parcelas, la diferencia entre tratamientos debe ser casi de 1.300% del error estándar para que sea significativa mientras que el costo (número de parcelas) solo se

duplica. En tres parcelas, el costo aumenta 50% y la diferencia significativa se reduce a menos de 200% del error estándar. En cuatro parcelas, el aumento de costos de 33% es todavía un poco menos que la reducción de 35% del error significativo. En cinco parcelas, la mejora de 14% de la probabilidad de la exactitud es mucho menor que el aumento de 25% del costo y la razón costo-beneficio sigue reduciéndose con mediciones adicionales.

Cuadro 2.1 Relación de costos y confiabilidad con respecto al valor t. [a]

No. de parcelas	DI[b]	t.95[c]	Costa total aproximado de las parcelas (%)	Mayor confiabilidad (%)
1	0	infinito	-	0
2	1	12,71	100	infinito
3	2	4,30	50	196
4	3	3,18	33	35
5	4	2,78	25	14
6	5	2,57	20	8
7	6	2,45	17	5

[a] El valor t se ha resumido a partir del trabajo de R.A. Fisher y F. Yates, *Statistical tables for biological agricultural and medical research* (Edimburgo: Oliver and Boyd, Ltd., 1943).

[b] DI = grados de libertad (aproximadamente iguales al número de medidas o parcelas menos 1).

[c] t.95 = distribución del valor t de Student con una probabilidad de 95% de que los resultados no se obtienen al azar. En cualquier nivel de probabilidad se encuentra un patrón similar.

Por ende, en cualquier grado de precisión y de confianza aceptable, la probabilidad de tener razón aumenta más rápido que el costo hasta con cuatro repeticiones (con una probabilidad de 95 a 99, que es la más usada). Con cinco repeticiones o más, los aumentos de costo se aceleran en comparación con la probabilidad de la precisión. Sería más barato hacer dos o tres repeticiones, pero la variación es a menudo tan considerable que la precisión perdida es superior a la economía de la ejecución.

Repita siempre. Haga cuatro repeticiones a menos que haya circunstancias especiales conducentes a la modificación.

2.5 Registros

Para mantener la continuidad del trabajo, entenderlo y poder comunicar los resultados de una manera segura y comprensible, se deben mantener registros escritos de todos los procedimientos y circunstancias. La experiencia de los investigadores en todo el mundo ha demostrado en repetidas ocasiones que solo se mantienen registros adecuados cuando ello es parte integrante del diseño del estudio.

Los registros deben incluir:

- o condiciones reales del sitio
- o tratamientos planeados
- o localización exacta de los lugares del estudio
- o tratamientos efectivamente aplicados
- o razones para desviarse del plan original
- o observaciones fenológicas
- o recomendaciones para emplear el mismo tipo de estudio en otra parte

Véase una discusión más detallada de los registros en la sección 7.0.

Registre todo lo que ha planeado y hecho.

3.0 Procedimientos en los viveros

Puntos generales que se deben recordar:

- o Mantenga limpio el vivero; desinfecte los materiales y suministros.
- o Realice ensayos de germinación en pequeña escala, incluso escarificación mecánica o con agua caliente, antes de sembrar la colección de semillas.
- o Siembre nuevas especies en recipientes, pero ensaye otros métodos para mejorar la supervivencia, el vigor y el costo-eficacia de las especies cultivadas con frecuencia.
- o Cuando se trate de especies habituales, use las técnicas de cultivo en vivero que sean mejores para cada una.
- o Evite que las raíces se salgan del recipiente y penetren en el suelo.
- o Use la cantidad mínima de pesticidas, fertilizante y sombra que sea imprescindible.
- o Riegue las plántulas recién germinadas a diario y disminuya gradualmente la frecuencia a medida que aumenta la cantidad.
- o Desmalece con frecuencia y bien.
- o Haga repeticiones de los lotes de semilla en el vivero.
- o Clasifique las plántulas, de preferencia según el diámetro en el cuello de la raíz, y mantenga juntos los lotes uniformes.
- o Evite el calor, la deshidratación y el daño físico mientras transporta y transplanta los arbolitos.

3.1 Introducción

La producción de plántulas en viveros es un paso previo indispensable para la mayoría de ensayos de campo en dasonomía. En muchos manuales e informes se describen a cabalidad las operaciones que se deben seguir en el vivero.[3] La mayoría se resume aquí brevemente; sin embargo, se discuten en detalle algunos aspectos que a veces se han desatendido o no se han clasificado en la debida forma.

La base de las buenas prácticas de cultivo en el vivero está en reconocer que las plántulas son árboles nacientes. Como todos los recién nacidos, son delicadas y sensibles y exigen que se les cuide con cariño.

---

[3] Véanse dos buenos ejemplos orientados hacia las regiones tropicales en *From seed to trial establishment*, Serie DFR para usuarios No. 2, de E.J. Carter (Australia: CSIRO, 1987) y en *A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America*, Informe técnico general SO-67, de L.H. Liegel y C.R. Venator (Nueva Orleans, Louisiana: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 1987). Pese a la restricción geográfica que implica este último título, la guía contiene mucha información valiosa utilizable en las regiones tropicales y subtropicales en general.

 Previous Page Blank

El diseño de los experimentos en los viveros debe hacerse según las pautas generales seguidas para otros experimentos, con las debidas modificaciones. En esta discusión se considera el trabajo en los viveros sobre todo como parte de un estudio más amplio y no como un fin en sí mismo. La investigación propiamente dicha en los viveros tiene más en común con los estudios hortícolas y agronómicos que con los ensayos forestales de campo.

Por lo general, el objetivo del trabajo de los viveros como parte de un ensayo de campo es producir plántulas de calidad buena y uniforme, sin confundir el tratamiento en el vivero con el de determinadas especies o con otro planeado para el campo.

Por ejemplo, si se pretende sembrar cuatro especies para comparar el crecimiento, las plántulas de las cuatro deben ser tan vigorosas y fuertes como sea posible en el momento de plantarlas. Hay dos clases de problemas que impiden lograr ese ideal: la variabilidad de las condiciones dentro del vivero y los diferentes requisitos de cada especie.

Pese a los mejores esfuerzos de los supervisores, raras veces son uniformes las condiciones en el vivero. Casi siempre, hay puntos bajos donde los semilleros se anegan o se inundan, puntos secos elevados o arenosos y puntos expuestos a la sombra, al sol o al viento.

Controle esa variación indeseable como lo haría en el campo, seleccionando bloques homogéneos y asignando tratamientos al azar (o plántulas a tratamientos específicos) dentro de los bloques.

Lamentablemente, raras veces se toma esa precaución. Más bien, se plantan plántulas relativamente grandes, sanas y vigorosas de una especie particular para compararlas con especímenes enfermos, de crecimiento retardado o endebles de otra. No debe causar sorpresa el hecho de que las buenas plántulas, por lo común, muestren un desarrollo inicial superior en el campo.

Aunque las plántulas vigorosas pueden ser el resultado de una composición genética superior, a menudo son producto de la discriminación imprevista en el tratamiento aplicado en el vivero. Debe haber repeticiones de cada lote de semilla en varios lugares del vivero (de preferencia en cuatro), junto con las de todos los demás. Esta es una técnica sencilla e importante que los operadores de los viveros pueden emplear a un costo módico o sin costo adicional.

El problema de los diferentes requisitos de las especies es más difícil de eliminar y complica la repetición al azar. Comúnmente se logra éxito en el establecimiento de la teca empleando tocones cultivados en semilleros (figura 3.1) con un diámetro en el cuello de la raíz (dcr) de > 15 mm y podados para que la altura del tallo sea de 2 a 7 cm, con una raíz primaria de 15 a 18 cm, sin ramas y con raíces laterales de < 2 cm de largo. Sin embargo, *Cedrela* parece darse mejor en semilleros con un dcr de > 10 mm, completamente desprovista de hojas, con el tallo y las ramas intactos y con las raíces podadas solo lo suficiente para permitir su plantío económico. La mayoría de las especies tropicales de *Pinus* y muchas otras especies perennifolias crecen siempre mejor si el dcr es de > 6 mm y si se cultivan en recipientes que se retiran con cuidado en el momento de plantarlas.

Si las tres especies citadas se podan igualmente hasta dejar solo los tocones, la que mejor se comporta es la teca, casi independientemente de cualquiera otra condición. En forma similar, la deshoja exhaustiva favorecerá a la especie *Cedrela* y el cultivo en recipientes, a la especie *Pinus*. Por tanto, **un tratamiento precisamente igual es discriminatorio**. Muchos investigadores usan recipientes para todas las especies, presuntamente porque éstas producen mejores resultados con un mayor número de especies que cualquier otro tratamiento. Como solución provisional, es un compromiso razonable. Sin embargo, no es un sustituto adecuado a

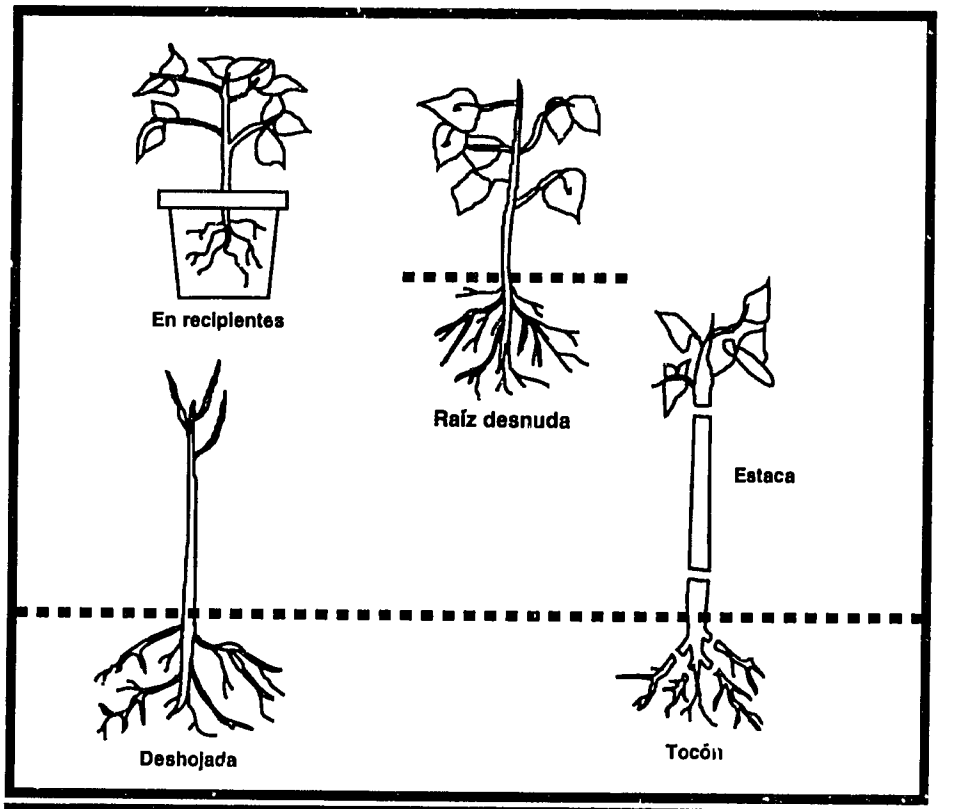


Figura 3.1. Tipos de plántulas

largo plazo para el cultivo de cada especie de acuerdo con sus necesidades particulares. Habrá que determinar las prácticas óptimas que se deben seguir en el vivero para el cultivo de cualquier especie que merezca interés continuo y usarlas antes de los estudios de campo.

Para cualquier ensayo en el vivero o de campo a corto plazo, habrá que registrar las dimensiones iniciales del árbol y analizar su **crecimiento** y no su **tamaño** como variable dependiente.

3.2 Tratamiento de semillas[4]

Las semillas deben ser de origen conocido. Excepto en el caso de los árboles frutales y las plantas ornamentales, los árboles casi siempre provienen de poblaciones silvestres. Es normal que haya una gran variación y a menudo el germoplasma es desconocido y no tiene una clasificación más precisa que la de la especie. Sin embargo, se ha acumulado suficiente información para demostrar claramente que la calidad de las razas y procedencias difiere en muchas especies. Varias organizaciones tratan de desplazarse provisionalmente hacia los

[4] Véase una excelente y amplia discusión de todos los aspectos del manejo de semillas de árboles en *A guide to forest seed handling with special reference to the tropics*, Documento de dasonomía de la FAO 20/2, de R.L. Willan (FAO, 1985).

campos de mejoramiento genético y biotecnología, sin tener una idea clara de la fuente original, la variedad o aun la calidad del germoplasma. Para quienes no han mantenido esos registros en el pasado, **este es el momento de comenzar**.

Aun una inspección rápida de la semilla de varios árboles de la misma especie revela diferencias de tamaño, color y forma. Con frecuencia existen otras diferencias obviamente de mayor importancia, como el espesor del tegumento de la semilla y el contenido de humedad y de aceite.

Al tratar las semillas para fines de máxima germinación, han surgido ciertas pautas con el tiempo. Muchas clases de semillas tienen un tegumento impermeable que se puede ablandar o retirar con tratamiento en agua caliente (un volumen de agua de 5 a 10 veces mayor que el volumen de la semilla). Sin embargo, la proteína se coagula a temperaturas superiores a 50°C, de modo que el tratamiento con agua caliente a una temperatura superior a ésta destruye la viabilidad de la semilla si se cocina hasta que se caliente por completo.

Puesto que en muchas instalaciones de campo no hay termómetro, el tratamiento más común en el vivero consiste en remojar la semilla en agua a una temperatura de ebullición de 100°C al nivel del mar y luego sacarla del calor. Para mayor seguridad, en algunos viveros se permite que el agua se enfríe durante tres a cinco minutos antes de remojar la semilla. (En algunas instalaciones se usa agua "tan caliente como la resista la piel," pero esa norma es bastante variable.)

Si 30 segundos a 100°C no destruyen el tegumento de la semilla lo suficiente para permitir imbibición, no se debe hacer un ensayo por 30 minutos como alternativa infalible porque a una temperatura de 100°C en ese tiempo se destruirá casi cualquier clase de semilla. Para las semillas pequeñas el máximo es de unos cinco segundos. Cuando se trata de especies de importancia continua, es preciso realizar una serie de ensayos calibrados para determinar las normas de cada especie y luego hacer pruebas confirmatorias con cada nuevo lote de semillas. Puesto que la durabilidad del tegumento de la semilla a menudo aumenta durante el período de almacenamiento, las semillas del mismo lote a menudo necesitan un tratamiento más largo después del almacenamiento prolongado.

Cuando se busca un tratamiento correcto para incrementar la germinación de la semilla, hay que considerar primero lo siguiente: a) ningún tratamiento, b) remojo por 24 horas a la temperatura ambiente y c) remojo por cinco segundos en agua hirviendo. Según los resultados iniciales, se puede tratar de remojar en agua fría por períodos progresivamente cortos o en agua hirviendo por períodos progresivamente largos. El remojo progresivo en agua hirviendo puede hacerse en forma geométrica: 5, 10, 20, 40 y 80 segundos, retirando el agua del fuego inmediatamente antes de echar la semilla. Recuerde que, como se dijo antes, el volumen de agua debe ser al menos de 5 a 10 veces mayor que el de la semilla.

El remojo de la semilla en agua por 12 a 24 horas a la temperatura ambiente seguido del tratamiento con agua caliente a menudo es útil y raras veces o casi nunca es nocivo. La hinchazón de la semilla durante el remojo en agua fría es una indicación segura de que la escarificación ha tenido éxito.

Aunque el ácido sulfúrico se menciona casi siempre como método sustitutivo para el tratamiento de las semillas, es mejor omitirlo. Es peligroso, caro, difícil de conseguir y raras veces es mejor que otros métodos más seguros y más baratos.

La escarificación mecánica sirve con frecuencia para mejorar o acelerar la germinación de las semillas duras. Para la de un limitado número de semillas grandes se puede usar un cortauñas; un papel de lija o una pequeña lima triangular también producen resultados bastante satisfactorios, y un taladro eléctrico permite hacer la operación con mayor rapidez. Si hay electricidad, un alambre caliente de alta resistencia es un medio efectivo, rápido y conveniente.

Cualquiera que sea el instrumento usado, tenga cuidado de no dañar el embrión. El daño al cotiledón es un poco menos crítico, pero si se retira una cantidad excesiva se puede reducir el crecimiento subsiguiente.

Hasta que se conozca la morfología de la semilla de una especie seleccionada, es mejor cortar las semillas planas ovaladas en el extremo redondo, las aladas en el punto más lejano del hilo (pero en no el ala misma), las reniformes en el lado convexo y las redondas en el extremo opuesto al punto de adherencia al árbol (figura 3.2). La principal desventaja de cortar las semillas una por una es la naturaleza aburridora del trabajo con grandes lotes de semilla o muchos lotes pequeños, aun con el alambre caliente.

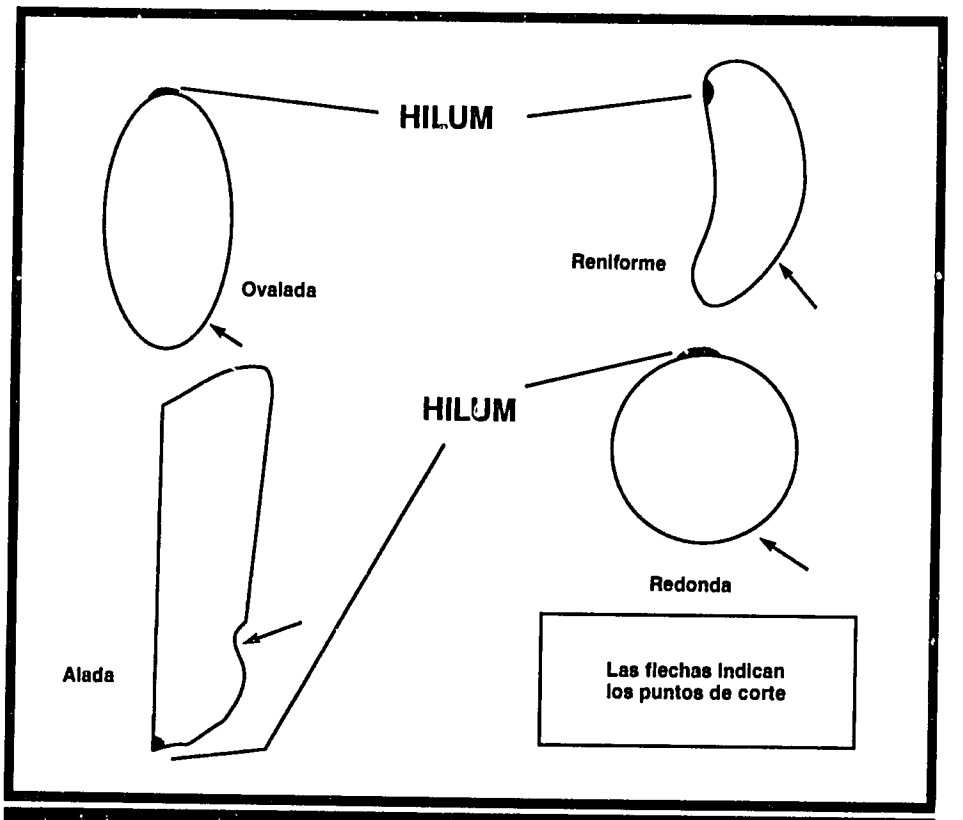


Figura 3.2. Puntos de escarificación según la forma de la semilla

Para la escarificación física de grandes cantidades de semilla en forma regular, se han fabricado varias clases de máquinas para raspar o limpiar la semilla. A menudo se hacen las modificaciones necesarias a una pequeña mezcladora de concreto para ese fin.

Hay que retirar la pulpa de los frutos carnosos como *Gmelina* o *Spondias* antes del secado, el almacenamiento o la siembra. Se pueden retirar pequeñas cantidades bastante bien mediante fermentación por dos días, después de lo cual se limpian manualmente en agua. No fermente la pulpa en grandes recipientes ni en montones gruesos donde puede haber un calor excesivo. En una despulpadora de café modificada para el caso se pueden limpiar grandes cantidades.

La mayoría de las semillas se puede almacenar bien a temperaturas de 3 a 5°C con una humedad de 6 a 6%. Para mantener ese bajo grado de humedad en una atmósfera húmeda, como en la de la mayoría de las neveras de uso doméstico, es mejor guardar la semilla en un envase lleno y sellado. Las latas de metal son el mejor recipiente para ese fin, pero también se pueden emplear en su lugar bolsas de plástico cerradas.

Muchas semillas de las zonas templadas y algunas de las de las zonas tropicales, como *Eucalyptus deglupta*, se pueden almacenar más efectivamente por períodos prolongados a temperaturas de -15° a -20°C.

Se afirma que la semilla que germina después de secarse hasta que el contenido de humedad sea de alrededor de 7% normalmente puede almacenarse en un medio frío con ese mismo contenido de humedad por períodos prolongados (comunicación personal, 1989). Entre las especies que aceptan o requieren un mayor contenido de humedad (de cerca de 35 a 40%) están *Quercus* y *Castanea* en las zonas subtropicales y *Hevea, Swietenia,* y *Dipterocarpus* en los trópicos.

Se deben hacer ensayos de germinación si el proveedor no los ha hecho o si la semilla ha tenido un período de almacenamiento prolongado desde que se realizó la prueba. Saque una muestra representativa de todo el lote y someta a prueba, como mínimo, cuatro repeticiones de 10 a 100 semillas cada una. Para mayor precisión, verifique. registre y retire las semillas germinadas diariamente para evitar errores causados por mortalidad o desaparición de las plántulas germinadas.

Muchas especies se benefician de la inoculación o la necesitan. Para ello se emplean *Rhizobia* o *Frankia* para los árboles fijadores de nitrógeno (N) y hongos micorrizógenos para las especies que no lo fijan. Muchos árboles fijadores de N también se benefician de la presencia de micorrizas.

Los hongos simbiontes que forman micorrizas con pinos se han estudiado en forma más detallada y efectiva que los hongos encontrados en otros árboles. Los pinos necesitan micorrizas para que poder desarrollarse vigorosamente en el campo. Algunas especies y cepas de hongos son mucho más efectivas que otras y las más efectivas (en la mayoría de las pruebas realizadas hasta la fecha) varían según el sitio y el grado de desarrollo de los pinos. Eso no es sorprendente, pero significa que una sola cepa pura de hongos quizá no sea el mejor inóculo en todos los sitios ni para árboles de todas las edades. La superioridad del mejor hongo analizado es suficiente para fomentar la continuidad de la prueba, pero en pequeña escala como se hace con cualquier tecnología nueva.

Las bacterias fijadoras de N que se encuentran en los árboles también varían en cuanto a su capacidad infectiva y a su efectividad en la fijación de nitrógeno en las raíces de las plantas. La prueba de fijación de N puede ser más rápida que la de micorrizas porque la evaluación es aparentemente más rápida. Las micorrizas son efectivas si el crecimiento y desarrollo son vigorosos cuando se realiza la rotación del árbol. Las bacterias fijadoras de N son efectivas si existe una abundancia de nódulos cuyo interior es rosado, rojo o marrón. Para el desarrollo permanente del árbol, no sería sorprendente descubrir que las cepas de bacterias más efectivas, como las de los hongos, pueden variar según el sitio y la etapa de desarrollo del árbol.

Las bacterias fijadoras de N, a menudo mezcladas con turba cortada o un diluyente similar, se aplican por lo general mezclando el inoculante en agua (se ha recomendado 1 g en 4 litros de agua o una solución de goma arábiga) e inmersión prolongada de la semilla del árbol inmediatamente antes de la siembra. Por lo común, los hongos micorrizógenos se aplican al suelo de una a seis semanas después de la germinación. Ambos procedimientos se pueden suplementar con reinoculación del suelo en cualquier momento, aun después la plantación en el campo. Sin embargo, la inoculación en el campo es mucho más costosa que en el vivero y menos efectiva, sobre todo en los lugares secos. Se pueden comprar algunas cepas puras de *Rhizobia*.

Por lo general, el suelo alrededor de la periferia de las raíces de los árboles vigorosos de la misma especie en lugares cercanos al campo ofrece un inóculo adecuado, pero no necesariamente el mejor. El uso de suelo sin tratar podría introducir agentes patógenos. En la práctica, el uso del suelo que está debajo de un rodal sano y vigoroso, después de formarse la corteza basal seca, raras veces o nunca ha causado problemas a las plántulas.

3.3 Recipientes y semilleros

La fecha de siembra debe controlarse según la fecha prevista de la plantación y el tiempo necesario para que la especie alcance el tamaño apropiado para plantarla. La mayoría de las especies de rápido crecimiento tardan de tres a seis meses en alcanzar el tamaño de plantación, pero en cada vivero se debe determinar el propio ritmo de crecimiento de cada especie.

En los viveros permanentes, el factor más importante para la salud y el vigor de las plántulas es un buen suelo. En la mayor parte de los trópicos el barbecho para producción de abono verde cada tres años es un paso importante (y en algunos lugares, esencial) para la formación de esa clase de suelo.

Se han usado y todavía se usan varias clases de recipientes. En la actualidad, el más popular es una bolsa de polietileno negro, de un tamaño de 10 x 15 cm cuando está desinflada, perforada con 8 a 12 orificios desde el fondo hasta el punto intermedio de su profundidad total. El plástico negro es más durable que el transparente cuando se expone al sol, pero si los recipientes están muy cerca unos de otros o cubiertos con suelo, el color negro no es necesario. Como el negro absorbe más calor, es de suma importancia dar sombra a las raíces de las plántulas en los recipientes negros expuestos al sol.

Las bolsas de plástico son populares porque son relativamente baratas, se pueden obtener con facilidad y son de uso conveniente; sin embargo, su forma redonda causa enrollamiento indeseable de las raíces, y los orificios de desagüe, pese a ser esenciales, dejan que aquellas se salgan y penetren en el suelo.

Para evitar que las raíces penetren en el suelo, retire las bolsas periódicamente para romper todas las raíces que se hayan salido, ponga una tela de plástico debajo para prevenir la entrada o haga ambas cosas. En las zonas donde la lluvia y las condiciones de desagüe causen saturación o inundación, evite el uso de telas de plástico.

Un método más efectivo consiste en suspender las bolsas llenas al menos a 30 cm sobre el nivel del suelo (figura 3.3). Al usar este método conocido como *poda aérea*, los extremos de las raíces que comienzan a salir se destruyen al entrar en contacto con el aire libre. Eso fomenta el desarrollo de raicillas dentro de la bolsa e inhibe o impide el enrollamiento de las

raíces. Este método es una forma efectiva, eficiente y económica de cultivar plántulas en recipientes una vez que se ha pagado el costo inicial del soporte. Se puede lograr un efecto similar cuando se cultivan plántulas en cajones, pintando el fondo interior con una pintura a base de cobre.

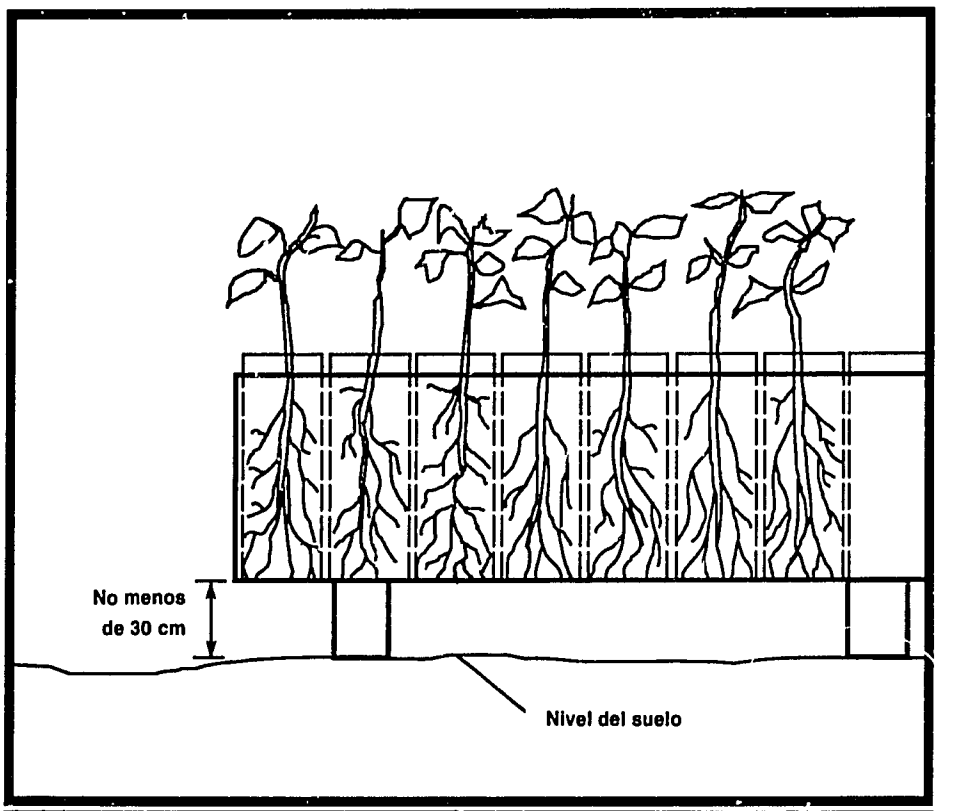


Figura 3.3. Poda aérea de plántulas

La localización, la excavación, el transporte y la limpieza del suelo para llenar las bolsas pueden ser operaciones costosas, de modo que se recomienda emplear la bolsa más pequeña que sea adecuada. Excepto en el caso de especies de hojas grandes, como *Gmelina, Tectona* y *Paulownia*, las bolsas altas y delgadas permiten usar un determinado volumen de suelo de una forma más efectiva que las cortas y anchas.

Los semilleros y recipientes deben estar bien drenados y habrán de colocarse sobre el nivel medio del suelo para prevenir el anegamiento, mejorar la ventilación y reducir la pudrición de la raíz.

Las mezclas de suelos preferidas varían según la especie y el vivero. Una mezcla comúnmente recomendada es la de 50% de arcilla, 40% de arena y 10% de abono orgánico (por volumen) con un pH de 6,0 a 6,5. Si se agrega fertilizante, la cantidad es poca, quizá 10 g de 10-20-10 por litro. Para las especies fijadoras de N, a menudo se agrega solo fósforo.

Donde el transporte es extremadamente difícil, a veces se usan recipientes de patrones especiales y con volumen muy restringido, de hasta un décimo o menos del normal. En esos casos, un medio especial con un bajo peso seco y alta retención de humedad es superior a las

mezclas de suelo. Por lo común, las plagas y las enfermedades presentan un problema menor. Sin embargo, esos recipientes son apropiados solo para producir árboles de un tamaño proporcionado al de los recipientes normalmente pequeños. Por lo tanto, para tener éxito se necesita un mejor cuidado inicial, especialmente plantación en un suelo húmedo y limpieza regular.

Existen varios métodos de esterilización del suelo si las plagas o las enfermedades del suelo constituyen un problema. La elección del mejor depende de los precios locales. Si la madera es abundante y barata, la esterilización por calor (al menos 60°C por 30 minutos) es a menudo el método más barato para los pequeños viveros.

Si el suelo se esteriliza con sustancias químicas, **los supervisores deben insistir en que se observen todas las precauciones recomendadas en materia de seguridad**. Como mínimo, eso significa evitar contacto de la piel con pesticidas líquidos o inhalación de vapores. Los efectos nocivos para los usuarios desprecabidos tardan en llegar pero pueden ser graves y, a veces, mortales. Las sustancias químicas persistentes también causan contaminación y degradación subsiguiente del suelo.

Una capa protectora que cubre bien la superficie del suelo aumenta su humedad, pero las capas orgánicas algunas veces fomentan las enfermedades y los ataques de plagas. El cascajo seco inhibe la propagación de la necrosis de la raíz (*damping-off*).

El riego por capilaridad desde abajo reduce las enfermedades foliares en muchos casos y también previene el daño mecánico que causan las gotas de gran tamaño o la presión fuerte de la aplicación de aerosol a los eucaliptos, *Anthocephalus* y otras plántulas muy pequeñas. Sin embargo, el suelo debe drenarse por completo entre una operación de riego y otra para prevenir la pudrición de la raíz.

Las posibilidades de que crezcan hongos o moho en las hojas se reduce con el riego por aspersión por la mañana. Con el riego al atardecer es más eficiente el uso de agua.

El riego excesivo o con agua estancada puede causar varios problemas. La aplicación superficial frecuente de agua, sobre todo manual con mangueras o latas, puede hacer que las raíces se concentren cerca de la superficie. Las plantas sufren mucho si se dejan de regar de esa forma, ya sea por descuido o por problemas del sistema empleado. Este patrón de riego también fomenta la acumulación de sal en la superficie, con los problemas que ello acarrea.

3.4 Cuidados

El cuidado de las plántulas (del cultivo) es necesario desde el momento en que se siembra la semilla hasta que el material de plantación se despacha al campo. El pequeño tamaño de las plantas y su concentración en una pequeña superficie (de 10 a 400 por m^2) hace del cuidado una operación relativamente económica y permite una rigurosa supervisión. Sin embargo, los tres meses siguientes a la germinación son los más delicados. La elevada densidad en el suelo significa que una zona problema, por más pequeña que sea, afecta a un gran número de árboles. De conformidad con ello, es esencial que el personal del vivero cuide bien las plantas.

En muchos países, las mujeres hacen todo el trabajo en los viveros, excepto el más pesado. Se les considera más rápidas y expertas que los hombres para trabajos de siembra, desmalezamiento, picado y otros que requieren destreza manual. Sin embargo, un cuidadoso adiestramiento antes de que comience el trabajo y una estricta supervisión mientras continúa reportan beneficios tanto para las mujeres como para los hombres.

El cuidado en los viveros también significa que se debe proporcionar una cantidad de agua suficiente y de buena calidad, un medio de enraizamiento satisfactorio y un ambiente sin competencia excesiva, sobre todo de malezas.

3.5 Protección

Ante todo:

- o mantenga limpias las herramientas
- o use suministros frescos
- o mantenga el vivero en orden y bien arreglado
- o deseche las plántulas de tamaño excesivo
- o esterilice el recipiente y el medio de enraizamiento de los semilleros o recipientes antes de volver a usarlos
- o use luz solar como esterilizador solo de las herramientas y los objetos secos

En su mayoría, las plántulas recién germinadas son susceptibles a necrosis de la raíz causada por hongos, gusanos cortadores y gusanos blancos. La esterilización del suelo antes de sembrar y un régimen apropiado de riego son los mejores métodos de control y, de ordinario, son adecuados (véase la sección 3.3). Las plántulas muy pequeñas también son susceptibles a daños graves por el impacto directo y la salpicadura de la lluvia o del riego por encima. En los viveros abiertos, algunas veces se hace necesario instalar una cubierta impermeable o semipermeable hasta que las plántulas alcancen la madurez necesaria para resistir el daño, por lo común, al tener de 6 a 10 cm de altura. Esas plántulas también deben protegerse contra el viento caliente y seco.

Siembre la semilla en forma bastante dispersa para prevenir rodales excesivamente densos de plántulas; mezcle la semilla pequeña con arena para ayudar a la dispersión o use una aguja humectante, sobre todo para sembrar directamente en el recipiente. Por lo general, es eficaz en función del costo solo con semilla de alta viabilidad. Las especies que necesitan tratamiento especial también deberán protegerse de la lluvia (véase el párrafo anterior).

El picado cuidadoso de las plántulas antes de que se caiga el tegumento de la semilla o que aparezcan las primeras hojas reducirá la mortalidad y el choque durante el transplante. También evitará la rápida propagación de la necrosis de la raíz y de otras enfermedades micóticas.

Los caracoles, babosas, lagartos, insectos grandes, pájaros y roedores se pueden mantener alejados de las plántulas, cubriéndolas con una tela metálica fina o con la nueva fibra tejida de peso leve. Las babosas y tijeretas se ahogarán en recipientes de cerveza de poca profundidad. Las orugas grandes se pueden sacar con la mano y aplastar o botar en un recipente con una película de petróleo en agua. Los ataques persistentes de lepidópteros se controlan con aspersión de las larvas con *Bacillus thuringensis*. La mayoría de los áfidos e insectos similares se pueden retirar con una fuerte corriente de agua, especialmente si contiene jabón o detergente.

La maceración de las larvas de plagas en agua para formar una solución es una medida cuyo uso se ha notificado con frecuencia. Cuando se aplica por aspersión a la planta, la solución presuntamente sirve de repelente contra la especie de plaga empleada. No se dispone de los resultados de experimentos controlados con este tratamiento.

Una vez pasada la etapa inicial de producción de tejidos suculentos, la mejor medida de control de plagas y enfermedades es el empleo del conjunto apropiado de especie y cultivo, más la limpieza del vivero. Esta combinación es, por lo general, el único método de control posible, aunque la cuarentena agrícola puede ayudar a prevenir la aparición de problemas. Se pueden emplear los pesticidas disponibles en cada lugar. En la actualidad, la aspersión foliar con malatión es quizá la más común para el control de insectos y con captán o benlato para el de hongos.[5] (Los pesticidas pueden afectar o eliminar los hongos micorrizógenos deseables y las bacterias fijadoras de N; se ha indicado en varios informes que el captán causa graves daños). El uso alternado de dos o más pesticidas es a menudo más eficaz que el uso repetido de uno. Excepto cuando ocurre un tipo de brote que se supone que es raro, es dudosa la utilidad de ese tratamiento a largo plazo.

3.6 Clasificación de plantones

Además de lo que debería ser la práctica universal de separar las plántulas enfermas o etioladas, los plantones en recipientes se clasifican a menudo según el tamaño durante la fase de crecimiento en el vivero para minimizar las posibilidades de que los altos dominen a los cortos.

La clasificación también es común al seleccionar plántulas (en recipientes o con la raíz desnuda) para plantación. En la literatura se aborda en forma extensa esa clasificación, la mayor parte de la cual proviene de experiencias e investigaciones en las zonas templadas. A continuación se ofrecen algunas pautas.

- Los plantones en descanso o en estado latente en el momento de la plantación son menos susceptibles al choque del transplante. Se puede cortar la guía de las especies que rebrotan bien sin perder el dominio apical, como *Pinus caribaea hondurensis* y *Leucaena* spp., para eliminar el tallo suculento y mejorar la supervivencia.

- Los plantones de mayor tamaño tienen comúnmente una mayor tasa de supervivencia y un crecimiento más rápido que los pequeños, si se siembran en la debida forma. La tendencia a aglomerar los plantones grandes en huecos demasiado pequeños puede anular los beneficios de ese material.

- Por lo general, la clasificación fisiológica es más efectiva que la morfológica. Es decir, una plántula en descanso pero fisiológicamente lista para iniciar el crecimiento se desarrolla bien en el campo. Una que crece activamente en el momento de plantarla sufre a menudo por falta de humedad, aun si el suelo está húmedo. Por lo común, las especies con hojas en pares o verticiladas, como *Gmelina* o *Bixa orellana*, tienen intervalos de crecimiento con una altura claramente definida. En general, es más fácil reconocer el estado de descanso de estas especies que el de las de crecimiento indeterminado, como *Eucalyptus* o *Leucaena*.

  El descanso se puede inducir durante la estación seca al dejar de regar. Lamentablemente, la mayor parte de la plantación se realiza durante la estación lluviosa cuando puede ser difícil evitar que haya agua.

---

[5] La mención de productos tiene solo fines informativos y no debe considerarse como aprobación de su uso.

- La clasificación morfológica se basa generalmente en el tamaño. Las pruebas muestran casi siempre que el diámetro en el cuello de la raíz (dcr) es un mejor indicador de la supervivencia que la altura (h) de la plántula y a menudo es un mejor indicador del crecimiento. La corteza madura de color marrón en la base de la plántula también indica un plantón más resistente que una corteza verde y suave.

3.7 Preparación y transporte

El tiempo y el dinero dedicados a preparación y transporte cuidadosos, en general, son medidas más eficaces que cualquier inversión de igual valor hecha en control químico de insectos y enfermedades. Los principios básicos de preparación y transporte son sencillos, aunque no siempre fáciles de aplicar.

Absténgase de causar daño mecánico evitable.

Evite deformar el recipiente o sujetarlo a choques causados al lanzarlo o dejarlo caer. Una capa de 2 a 5 cm de pasto u hojarasca en el piso del camión reduce mucho la vibración de los recipientes transportados en esa clase de vehículo. Los cortes hechos en los plantones de raíces expuestas o tocones deben ser lisos y en ángulos rectos en relación con el eje que se corta. Los cortes del tallo de especies de hojas opuestas, como *Gmelina* y *Tectona*, deberán hacerse a un ángulo de 45° en un nudo para reducir los persistentes tallos bifurcados. En las especies de hojas alternas, los cortes del tallo deben ser perpendiculares al eje inmediatamente superior a un nudo o estar en un plano inclinado hacia el mismo. Las porciones largas de tallo o corteza de la raíz dañadas fomentan la invasión de microorganismos causantes de enfermedades. Las puntas rotas de las raíces o ramitas aumentan el choque durante el transplante y reducen el vigor mucho más que las debidamente podadas.

Los cortes del tallo producen raíces más abundantes si el corte basal se hace en forma diagonal larga, al parecer, por la mayor longitud del cámbium expuesto.

Mantenga húmedas las raíces.

Riegue los plantones en recipientes según sea necesario antes del transporte, mientras se espera plantarlos en el campo y, en lo posible, durante la fase de establecimiento inicial después de esa operación.

En la mayoría de los textos de dasonomía se aconseja el endurecimiento de las plántulas mediante reducción del agua durante las últimas semanas antes de la plantación. Resulta muy complicado poner en práctica tan buen consejo por la conveniencia de plantar durante la estación lluviosa cuando es casi imposible retener el agua. Ya sea que se reduzca el riego o no antes del transporte, el suelo del recipiente o el material de empaque debe estar completamente húmedo pero no saturado cuando la plántula salga del vivero.

En el sitio de plantación, entierre las raíces y/o mantenga los plantones en la sombra si se demora la plantación más de medio día. Si se demora más de un día, humedezca bien los plantones periódicamente y el día de la plantación, si es posible.

Para evitar la deshidratación durante el transporte, mantenga las raíces húmedas. Si el tiempo de transporte es de más de 30 minutos o si la velocidad es superior a 40 km por hora, proteja las plántulas contra el sol y el viento. Las cubiertas de plástico o de algodón no deben tocarlas. Las plántulas guardadas en bolsas de plástico en el sol tropical pronto hierven al punto de que son más apropiadas para consumo como alimento que para plantar.

4.0 Establecimiento

Puntos generales para recordar:

- o Para determinar la supervivencia o los rendimientos del rodal, las parcelas deben tener, como mínimo, de 8 a 12 árboles en la medida final. Las parcelas más pequeñas son más baratas, uniformes y sensibles y pueden permitir medidas confiables de buen crecimiento y rendimiento de árboles individuales.

- o La preparación de los sitios debe ser de un costo módico y habrá de evitarse la erosión del suelo. Hay que preparar microcuencas en sitios áridos y montículos en sitios anegados y controlar las malezas.

- o Plante con poco espacio intermedio para obtener pronto altos rendimientos de productos pequeños y con bastante espacio intermedio para lograr un crecimiento rápido y productos de gran tamaño. Los diseños sistemáticos son más eficaces en función del costo que los que se hacen al azar.

- o Siembre directamente para poder tener, en cualquier proporción, semilla abundante, barata y de tamaño grande, un buen sitio, un buen control de matorrales y una plantación densa.

- o Cave los huecos para plantación en forma adecuada para el sistema radical.

- o Controle las plantas que sean muy competitivas.

El establecimiento consiste en preparar el sitio para la plantación, seleccionar el espaciamiento apropiado y sembrar o plantar los árboles.

4.1 Tamaño de la parcela

Pautas generales:

- o El área de la parcela está determinada por el espaciamiento entre los árboles y por el número de estos.

- o El espaciamiento depende de la especie, el sitio, los objetivos del manejo y el sistema silvícola.

- o El número de árboles por parcela puede variar de uno a casi cualquier número finito; 250.000 es el mayor número que ha observado el autor, pero ese no fue un estudio repetido.

  Una parcela de un árbol es más barata de establecer y más fácil de cuidar que una con un número mayor de árboles. Por lo general, es eficiente en función del costo para estudiar el desarrollo de un árbol individual, pero a) es casi inútil para determinar los rendimientos por hectárea, b) es ineficiente para determinar la supervivencia, c) es susceptible a omisiones y d) se ve muy afectada por la competencia de la vegetación circundante.

- o El mantenimiento de registros precisos de las parcelas de un árbol exige personal de campo competente y cuidadoso para evitar confundir los datos de una parcela con los de otra.

- Entre más pequeña sea la parcela, menor será la variación interna, es decir, menor será el error experimental por parcela. (Cuando la topografía es muy accidentada o los suelos son variables, esta puede ser una consideración de importancia crítica.)

- Las parcelas grandes pueden incluir una gran variación en cuanto a los sitios y son costosas de establecer y mantener, pero ofrecen datos fidedignos sobre el rendimiento por hectárea y la supervivencia.

- Si la parcela incluye hileras de árboles sin medir que forman bordes, entre más pequeña sea la parcela, mayor será el porcentaje de árboles (desperdiciados) sin medir.

- Por lo general, las parcelas que contienen de 8 a 12 árboles en la medición final ofrecen una base estadística segura para calcular los rendimientos por superficie, son un instrumento de trabajo conveniente, baratas y razonablemente pequeñas.

4.2 Preparación del sitio

Un paso esencial antes del establecimiento en el campo es la preparación del sitio. Esta consiste en el retiro de plantas y materiales indeseables, antes de plantar nuevos árboles para reducir la competencia excesiva por la luz, los nutrientes del suelo o la humedad. Un campo arado y rastreado ofrece un sitio ideal. Sin embargo, muchos sitios donde se siembran árboles no son fáciles de arar. Donde el arado es posible, a menudo esa preparación intensiva del sitio no se justifica solo para árboles, por razones financieras. Donde se pretende cultivar los árboles en forma intercalada con plantas para consumo humano o forrajeras, puede ser rentable la preparación intensiva del sitio mediante arado de la superficie, arado del subsuelo, rastreo, nivelación, construcción de camas y de terrazas o aun riego.

El método más común de preparación del sitio en los países tropicales es quizá el corte de toda la vegetación existente, que se deja secar para luego quemar toda la superficie. La ceniza resultante enriquece el suelo y el hecho de que éste quede intacto reduce mucho el peligro de erosión. La efectividad de la limpieza varía mucho con el tipo de vegetación existente y la temperatura del fuego. Cuando se quema un barbecho forestal espeso, quizá el fuego sea suficientemente caliente para esterilizar la superficie del suelo y exterminar las semillas de las malezas en el centímetro superior o en el suelo inmediatamente debajo de éste. El mismo método empleado con una cubierta rala, particularmente de pasto, puede vigorizar a las plantas existentes y, en realidad, aumentar la competencia en lugar de reducirla.

En algunos sitios, particularmente en los expuestos constantemente al viento, los árboles se pueden beneficiar más de la protección de la vegetación existente en lugar de sufrir por la competencia que presenta. Esta situación es común a lo largo de los litorales y en cerros con cumbres abiertas. Donde no hay viento o donde la humedad del suelo es escasa, cualquier competencia que presente una planta con un sistema radical establecido puede ser superior a los beneficios de la protección ofrecida.

En los sitios áridos, quizá sea esencial preparar huecos profundos para relleno parcial. Se puede mejorar aún más el desarrollo en sitios áridos construyendo microcuencas (figura 4.1) o mediante riego con regadera (se entierra una regadera o cualquiera otro recipiente al lado del árbol y se llena periódicamente de agua, que se escapa lentamente para regarlo).[6] Es poco probable que esas operaciones ofrezcan una ventaja financiera directa donde hay otras demandas de mano de obra. En forma similar, la preparación de montículos o zanjas de

---

[6] Véase *Reforestation in arid lands* de Fred Weber y Carol Stoney (Arlington, Virginia: Volunteers in Technical Assistance, 1966).

desagüe en los terrenos cenagosos puede ofrecer una ventaja biológica pero representar una pérdida financiera a menos que se reembolse al propietario el costo de su inversión. Por supuesto, para el gobierno, los beneficios sociales y económicos pueden compensar el costo y en muchos países se ha demostrado que la preparación del sitio reporta beneficios nacionales a largo plazo.

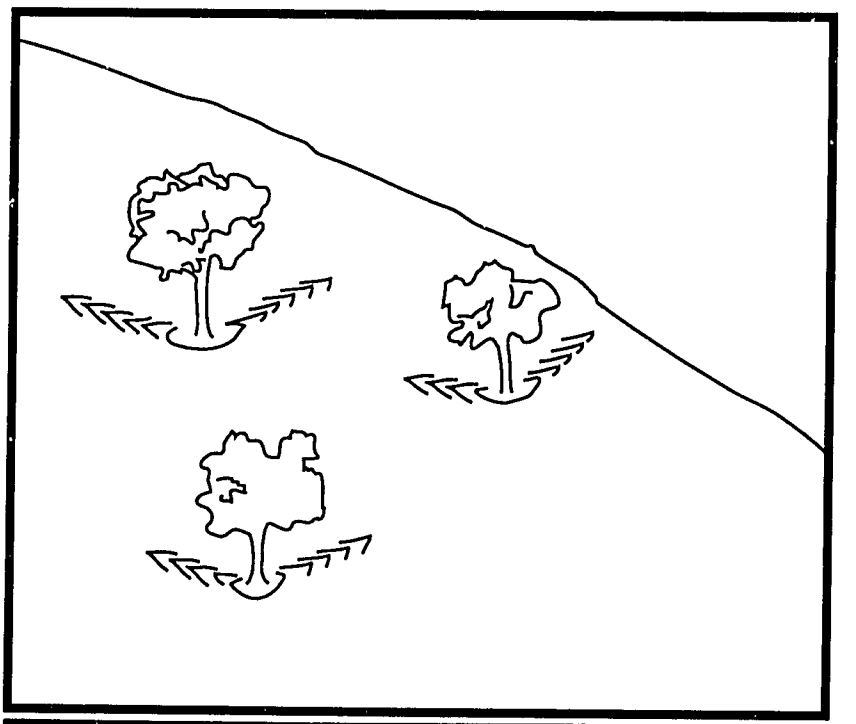


Figura 4.1. Microcuencas

4.3 Espaciamiento

La selección del espaciamiento es una decisión inevitable que precede a cualquier forma de regeneración artificial. Aunque no se dispone de los resultados detallados de la investigación sobre muchos de los árboles de usos múltiples y sitios, las siguientes son pautas seguras:

- La plantación con poco espacio intermedio hace que los árboles dominen pronto el sitio, con una reducción relativa del crecimiento de malezas.

- El mayor espaciamiento permite un crecimiento medio del diámetro más rápido y, por lo general, un aumento más acelerado de la altura media en un sitio dado. Cuando los árboles jóvenes comienzan a dominar el sitio, los sembrados a menor distancia unos de otros avanzan más rápido que los sembrados a mayor distancia. Sin embargo, la ventaja es temporal ya que los árboles sembrados con mayor espacio entre sí crecen hasta alcanzar el tamaño de los demás y poco a poco sobrepasan a los sembrados con poco espacio.

- El menor espaciamiento ofrece una mayor biomasa leñosa por hectárea, siempre y cuando no se estanque el crecimiento del rodal, lo que a menudo va a acompañado de una mortalidad sustancial.

- El mayor espaciamiento ofrece material más pronto para cualquier uso, según el tamaño del producto. Cuando se trata de productos de gran tamaño y/o son altas las tasas de interés compuesto, el mayor espaciamiento puede significar una ventaja financiera considerable.

- Los árboles dominantes sembrados a menor espacio unos de otros siguen siendo comparables a los sembrados con mayor espacio por más tiempo que los equivalentes al valor medio del rodal. Después de que comienzan la supresión y la mortalidad, en la mayoría de las especies hay algunos árboles dominantes que siguen creciendo vigorosamente.

- Para obtener un producto que tenga el mismo tamaño, el espaciamiento en los sitios deficientes debe ser mayor que en los buenos, ya que el mayor espaciamiento significa un crecimiento más rápido.

- Si el cierre temprano de la copa es un objetivo importante de manejo, el espaciamiento debe ser menor en los sitios deficientes, ya que los árboles crecen más lentamente en ellos.

- El menor espaciamiento permite hacer una poda natural más alta y más temprano y, por lo común, obtener más tallos bien formados por hectárea. El patrón del porcentaje de buenos tallos varía tanto con el genotipo como con la gama específica de espaciamientos en consideración.

- En la mayoría de las especies, la producción de brotes seguida de corte a hecho es más segura y vigorosa con espaciamiento amplio. La que va seguida de entresaca puede ser imposible con poco espaciamiento.

- El espaciamiento rectangular, en comparación con el cuadrado, apenas afecta al crecimiento y desarrollo de los árboles, con una proporción de 2:1, como mínimo. Sin embargo, este factor puede ser importante si la distancia entre hileras es cuatro o más veces mayor que la distancia entre los árboles de una hilera. Eso significa que el crecimiento de los árboles en hileras sembradas con poco espacio (como en muchos setos cultivados en callejones o en zonas de producción de forraje) difiere del de un número idéntico de árboles en rodales igualmente distribuidos.

Cuando no exista información más concreta, realice estudios de espaciamiento usando el tipo de distribución prevista en el uso real. Por ejemplo, para estudiar los efectos del espaciamiento en los setos, establezca un estudio apropiado para ese fin en lugar de estudios clásicos con plantas equidistantes en diversas densidades. Las plantaciones de setos no son comparables a números iguales de árboles por hectárea con un espaciamiento aproximadamente cuadrado. En forma similar, el desarrollo de setos sembrados en 2 ó 3 hileras no se puede determinar a partir de los resultados de estudios con una sola hilera a espacios reducidos entre hileras. Por supuesto, lo mismo ocurre con los cortavientos, árboles aislados u otras clases especiales de distribución.

El espaciamiento se ha estudiado normalmente en parcelas repetidas de tres o cuatro espaciamientos con una gama de valores bastante estrecha, con todas las parcelas de la misma área. Como se discutió en la sección 2.0, debe incluirse toda la gama de posibles condiciones económicas. Por su exclusión en el pasado, nos hemos quedado sin información sobre el espaciamiento apropiado para producir forraje, leña y materiales de tamaño pequeño o para proyectar el desarrollo de árboles aislados.

Cualquier estudio útil del espaciamiento exige suficiente cuidado para asegurarse de que, de hecho, se mantiene el espaciamiento nominal.

La rueda de Nelder (y otros diseños clinales similares con alineamiento en forma de abanico común, abanico rectangular y diseño cuadricular) es un método eficiente y económico de estudiar una amplia gama de espaciamientos en una superficie pequeña.[7] El bloque en forma de rueda se coloca con un ángulo selecto fijo entre los radios (figura 4.2). La distancia entre los árboles de un radio aumenta con la distancia del centro. La progresión lógica más común mantiene la distancia entre los árboles en un radio igual a la distancia entre los radios a esa distancia específica del centro, pero se pueden usar otras proporciones de rectangularidad si se desea.

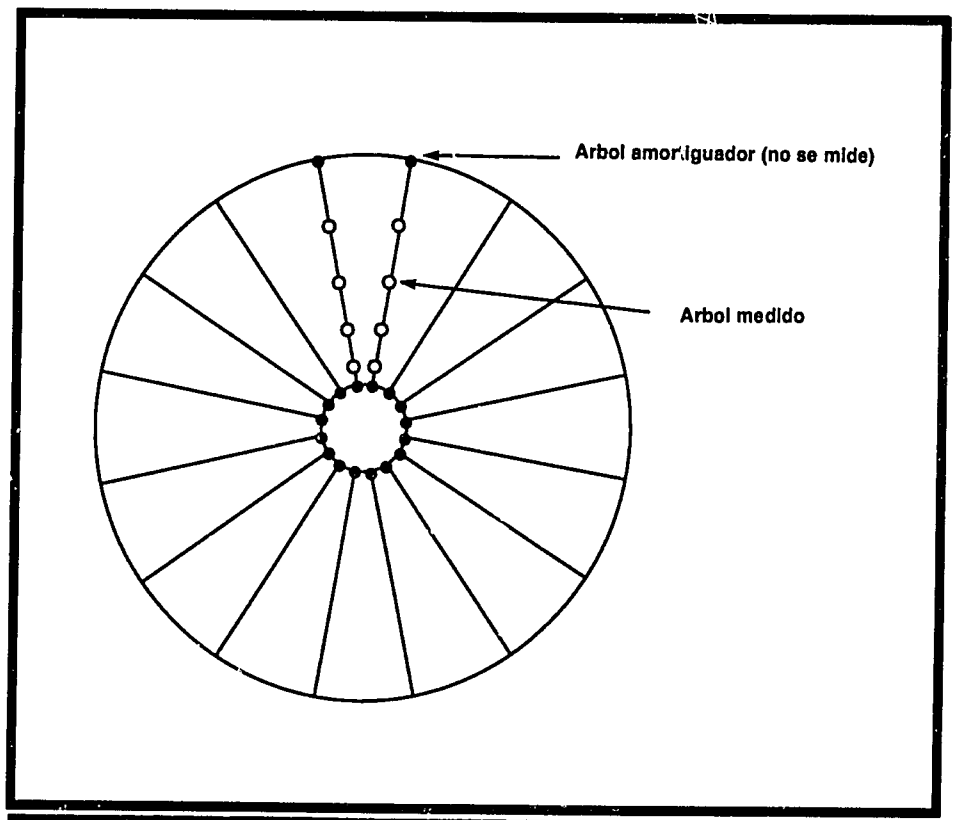


Figura 4.2. Arreglo de espaciamiento en un diseño de Nelder

El espaciamiento entre cada árbol y sus cuatro vecinos más cercanos varía. La distancia hasta el punto en que se encuentra el vecino de la parte externa en el mismo radio es la mayor y los radios adyacentes están más cercanos y son equidistantes, y distancia hasta el punto en que se encuentra el vecino de la parte interna en el mismo radio es la menor. Sin embargo, las diferencias son generalmente mínimas. La progresión del espaciamiento ofrece parámetros ideales para la preparación de modelos de regresión.

[7] Ya sea que se emplee con una sola especie o con muchas, la rueda de Nelder es quizá el diseño de bloques de demostración más efectivo que existe hasta la fecha.

Los radios pueden sembrarse con una sola especie, lo que proporciona superabundancia de datos. Para mayor eficiencia, las especies (o procedencias) se pueden comparar en cuanto a desarrollo a plazo relativamente largo, dedicando abanicos de cinco o más radios contiguos a una especie, con repetición dentro de la rueda o en ruedas múltiples (figura 4.3). Ese diseño permite hacer simultáneamente una comparación de especies, realizar un estudio del espaciamiento de cada especie y observar la interacción de las especies y los espaciamientos.

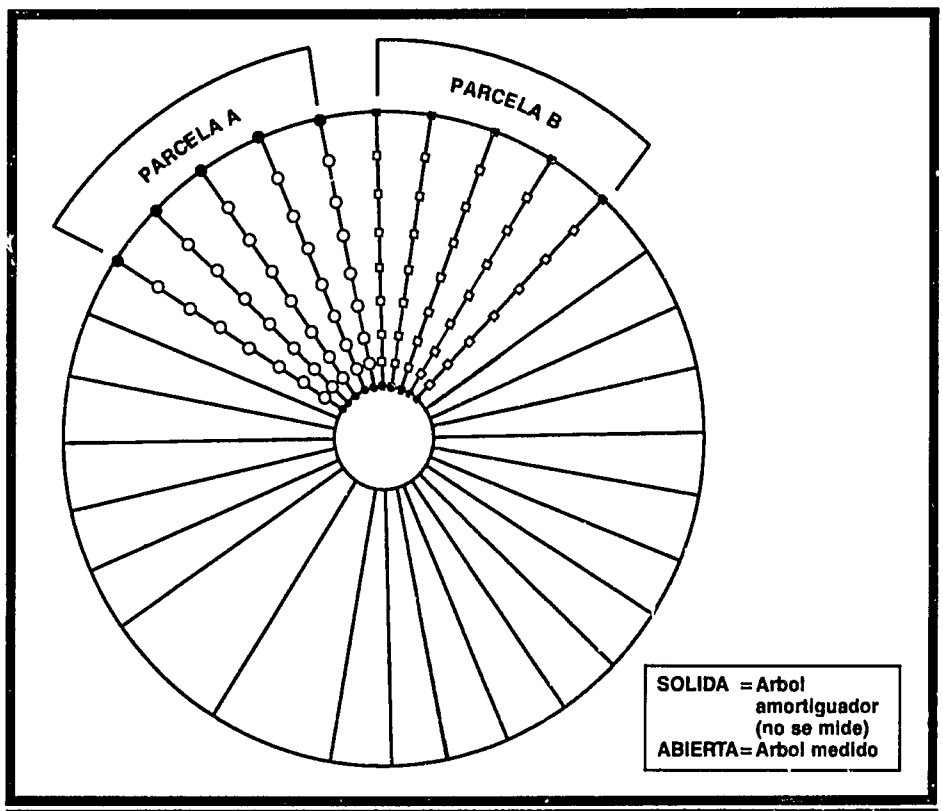


Figura 4.3. Rueda de Nelder con parcelas de varios radios.

Para efectos de una comparación más sensible cuando se espera menos variación (como entre procedencias), cada radio se puede sembrar con una procedencia distinta (figura 4.4). En ese caso se necesita repetición. Es posible hacer análisis de las procedencias, el espaciamiento y la interacción.

El alineamiento en las parcelas a veces se hace formando ángulos entre los radios con una guía o un dispositivo similar y marcando el lugar de los huecos de plantación a lo largo de una cuerda o una cadena colocada a la distancia apropiada. Quizá más común es el uso de una cuerda colgada con un palo cortado a la longitud apropiada entre radios a una distancia fija del centro (figura 4.5).

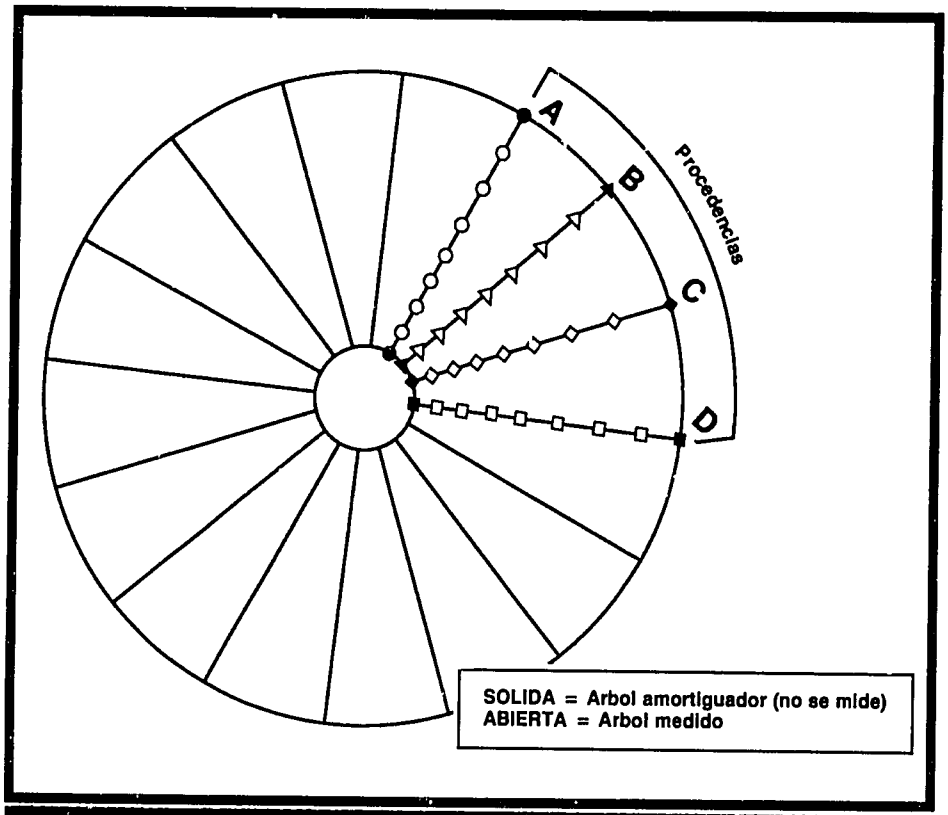


Figura 4.4. Rueda de Nelder con parcelas de un radio por parcela.

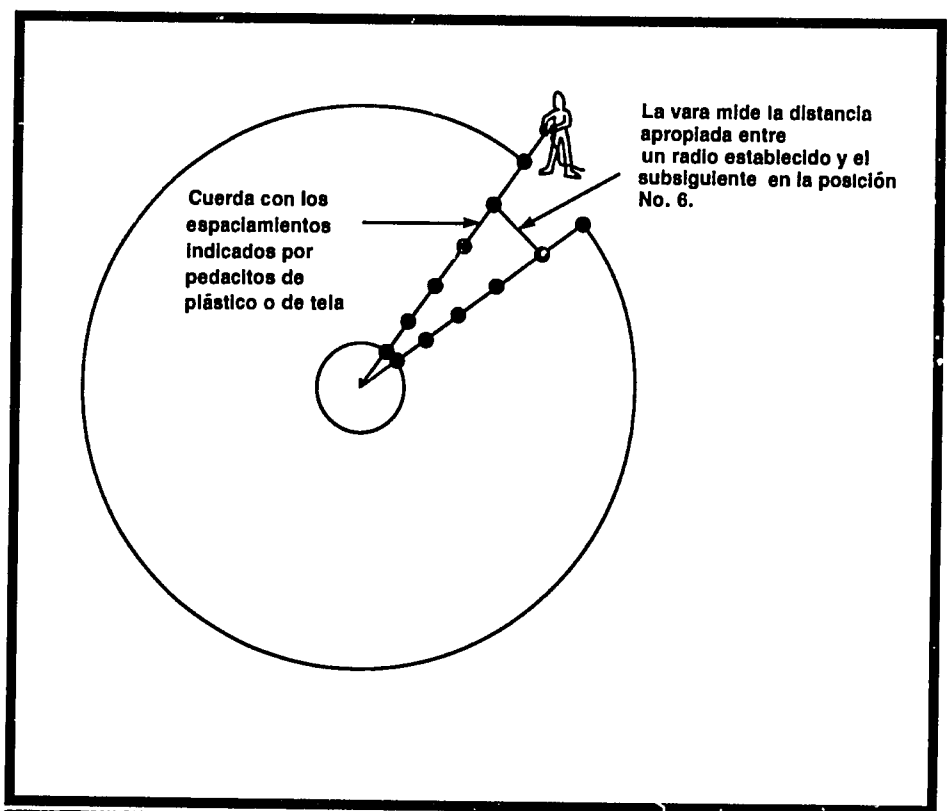


Figura 4.5. Instalación de la rueda de Nelder en el campo.

Los diseños sistemáticos carecen de la aleatorización que se supone en la mayoría de los métodos estadísticos. Sin embargo, con un alineamiento uniforme (como se necesita en cualquier bloque) y con repetición adecuada, se puede suponer que son reales las diferencias encontradas, aunque la probabilidad de que sean confiables no se puede determinar con seguridad.

Una de las principales ventajas de los diseños sistemáticos es que la diferencia de espaciamiento entre las parcelas adyacentes es suficientemente pequeña como para que no sea necesario sembrar hileras amortiguadoras en el interior y que la ocupación de la zona experimental es más eficiente. El diseño cuadricular al azar, observado de vez en cuando, no ofrece esa ventaja y necesita hileras amortiguadoras como cualquier bloque sembrado al azar.

Lo más importante es usar sentido común. Si se siembra *Pinus kesiya* en un solo radio adyacente a *Gmelina arborea* y *Acacia mangium*, en la mayoría de los sitios y condiciones quedará dominado cuando el espaciamiento sea poco en la primera estación de crecimiento y se suprimirá rápidamente de ahí en adelante. Es posible usar las primeras medidas del pino; pero una vez dominado y suprimido, su desarrollo será representativo solo de un pino con esas características.

La mayoría de los profesionales en ejercicio asignan las especies partiendo del vigor estimado y/o plantan cada una de ellas en abanicos y no en radios aparte. Una responsabilidad crítica de cualquier técnico es reconocer si un estudio no permite probar las condiciones para las que se diseñó y a partir de qué momento sucede eso, ya que la competencia, las condiciones meteorológicas, las plagas u otros factores externos pueden anular los efectos de los tratamientos iniciales dentro de un tipo de diseño.

4.4 Siembra directa

Con buenas existencias de semilla, buenas condiciones del sitio y cuidados en el campo, la siembra directa es tan eficiente como la plantación y más económica que ésta cuando se desea poco espaciamiento. La gran ventaja es la eliminación de la fase de cultivo en vivero. El mayor inconveniente es que las plántulas pequeñas y tiernas quedan expuestas a las condiciones existentes en el campo.

En general, entre mayor sea el tamaño de la semilla (y, por tanto, el almacenamiento de reservas alimenticias), más probabilidades de éxito habrá (suponiendo que la semilla es de buena calidad y tiene una gran capacidad para germinar). La consideración más importante sobre el sitio es la humedad adecuada. En el vivero, las plántulas se riegan diariamente durante las primeras semanas. En el campo debe haber también un grado de humedad equivalente para lograr índices de supervivencia, crecimiento y desarrollo comparables y es posible que la siembra directa sea poco práctica si la estación lluviosa es corta y no es posible el riego.

La limpieza es esencial a menos que la preparación del sitio garantice la ausencia de malezas. Si aún parte del área que se pretende sembrar de árboles tiene graves problemas de enmalezamiento, deberá plantarse y no sembrarse directamente. Ese es el caso sobre todo si las malezas son plantas trepadoras.

Después de eliminar la sequía y las malezas, el alto índice de germinación es quizá lo más importante. Para lograrlo, trate las semillas como si se fueran a sembrar en el vivero. Use el método de remojo en agua, escarificación con agua caliente seguida de remojo u otro método apropiado.

La mayoría de las semillas se hinchan de manera visible cuando imbeben agua. La germinación y la supervivencia en el campo pueden mejorar si se siembran solo semillas hinchadas. La mejora es aún mayor si se dejan las semillas húmedas e hinchadas a la temperatura del aire por algunos días y luego se siembran en el momento en que comienza la germinación. Por otra parte, la semilla seca de especies resistentes se puede sembrar antes de la estación lluviosa cuando la mano de obra es más abundante. La germinación irregular puede librar a las plántulas de algunas de las inclemencias del tiempo y, por tanto, mejorar su supervivencia.

Si los insectos, pájaros o roedores son abundantes, quizá sea necesario tomar medidas de control o protección antes de la siembra.

La raíz de los árboles sembrados directamente a menudo tiene un desarrollo mejor distribuido y está más exenta de enfermedades que las raíces de las plántulas de los viveros.

4.5 Plantación

Durante la plantación hay que tener las mismas precauciones para preparación y transporte al campo discutidas en la sección 3.7: evite el daño mecánico y mantenga las raíces húmedas.

Los arbolitos deben retirarse de la mayoría de los recipientes inmediatamente antes de plantarlos. La bola de tierra con las raíces incluidas se coloca en un hueco, se agrega suelo y se aprieta firmemente para eliminar las bolsas de aire. Esas medidas son comúnmente la etapa más destructiva del proceso de plantación.

El retiro del recipiente y la introducción de la bola de tierra en el hueco debe hacerse sin desmoronar la tierra ni romper las raicillas. La tierra se desmorona con mucha frecuencia durante el retiro del recipiente.

Algunas veces la bola de tierra y las raíces incluidas se aplanan deliberadamente para forzarlas a entrar a un hueco demasiado pequeño. El resultado es la ruptura y lesión del sistema radical, lo que acaba con la mayoría de los beneficios de 3 a 6 meses de cuidado y gasto. Otras veces, la bola de tierra se siembra bien pero se aplana con el talón del pie.

Es preferible colocar la porción plana del pie adyacente al árbol y luego aplicar el peso al pie.

Otro error común es plantar en un hueco poco profundo, con lo que se deja la bola de tierra un tercio o más por encima del nivel del suelo y las raíces quedan expuestas con la primera lluvia o ráfaga de viento.

La recomendación común de plantar dejando el nivel del suelo del vivero exactamente en el nivel de suelo del campo es buena, si se sigue con precisión. Sin embargo, cuando se prevé desviación o erosión de la superficie, habrá que sembrar el árbol a mayor profundidad que en el vivero. La mayoría de las especies no sufre al sembrarse más hondo, siempre y cuando las hojas verdes no queden enterradas. En zonas con inundaciones periódicas, ninguna hoja verde debe quedar cubierta por agua estancada o caliente por más de unos pocos días.

Existen problemas igualmente graves cuando se trata de plántulas de raíz expuesta. Sin embargo, lo que ocurre más comúnmente con esa clase de plántulas es que se fuerza a las raíces a formar una J al hacer entrar las largas en un hueco poco profundo. Si no se puede cavar un hueco más profundo que la longitud de la raíz, hay que podar bien las raíces para adaptar la planta al hueco.

En las regiones áridas y semiáridas de Asia, se usan a menudo grandes huecos de 25 x 25 x 25 cm a 50 x 50 x 50 cm o más. Esos huecos generalmente aumentan la supervivencia y el crecimiento temprano y eliminan la deformación de la raíz por estrechez inicial. También aumentan mucho los costos en comparación con los de los huecos de tamaño mínimo comunes en el resto del mundo. Son raros los datos precisos sobre beneficios o costos. Este sería un tema de suma importancia para estudio suplementario.

El enrollamiento de las raíces de crecimiento excesivo en el fondo del recipiente es más grave que la simple deformación de las raíces largas en un hueco poco profundo. Eso se puede prevenir con la poda aérea (como se mencionó en la sección 3.3) y a menudo usando recipientes rectangulares en un plano horizontal o que tengan surcos o canales verticales. En el momento de plantar, se pueden eliminar las raíces enrolladas solo cortándolas unos 2 cm por encima del fondo del recipiente o prevenir el enrollamiento haciendo de uno a tres cortes verticales equidistantes del sistema radical con un cuchillo afilado. Por lo general, se prefiere retirar o cortar las raíces enrolladas; sin embargo, eso no se hace con suficiente frecuencia.

Donde el suelo se anega parte del año, la supervivencia inicial y el crecimiento mejoran de ordinario mediante la plantación en semilleros elevados o camellones o montículos construidos raspando parte de la capa superior del suelo de la zona no utilizada y poniéndola en la línea de plantación. El desarrollo puede fomentarse en esas zonas mediante la instalación de una red de canales de desagüe, que será lucrativa en cultivos mixtos de plantas y árboles.

En las regiones áridas y semiáridas donde las sales se concentran cerca de la superficie de los suelos, los camellones son más efectivos que las camas planas. La plántula debe sembrarse en un punto intermedio de la parte lateral del camellón para evitar la concentración normal de sal en la parte superior.

Cualquiera que sea la experiencia previa de los plantadores, su participación en una corta sesión de adiestramiento es tiempo bien gastado. Aun más importante que impartir enseñanzas técnicas específicas de plantación es reconocer que los árboles son organismos vivientes. Si los plantadores son agricultores, hágalos comparar a los árboles con un cultivo local delicado como el tabaco. El tallo de un árbol es mucho más robusto, pero los extremos de las raíces son igualmente frágiles.

5.0 Cuidados en el campo

Puntos generales que se deben recordar:

- o Pode frecuentemente mientras las ramas estén pequeñas; deje al menos 40% de la copa viva para rápido crecimiento. Minimice el desrame (lopping).

- o Corte a matarrasa si quiere obtener productos de tamaño mediano; pode la copa (pollard) a un punto superior a la altura de ramoneo si quiere obtener productos más pequeños. Corte anualmente o con más frecuencia para obtener una máxima cantidad de forraje, anualmente o con menos frecuencia para obtener una máxima cantidad de leña de tamaño pequeño. Si el forraje es limitado, siga un método de corte y acarreo en lugar de dejar que los animales ramoneen.

- o Entresaque bastante cuando desee efectos continuos o productos de gran tamaño; entresaque poco cuando desee una mínima alteración del rodal o productos finales pequeños. Use el método de liberación de árboles selectos, si los valores correspondientes a estos últimos varían mucho; entresaque el rodal en general si desea obtener árboles de valor uniforme o de bajo valor unitario.

- o Coseche los árboles de acuerdo con los productos deseados y las características de la especie. El grado de intolerancia de la mayoría de los árboles de usos múltiples (AUM) varía de moderado a alto, de modo que estos deben cortarse en fajas o grupos que permitan que la regeneración reciba plena luz al menos parte del día. El corte a matarrasa o la poda de la copa de muchos AUM se puede efectuar con buenos resultados si se cortan jóvenes, y cuando se desean productos pequeños no es necesario volver a plantarlos regularmente.

El cuidado de los árboles desde la plantación hasta la cosecha es un proceso esencial y continuo que a menudo se subestima y carece de fondos. Quienes nunca han cultivado árboles hasta llegar a un ciclo completo de rotación suponen con frecuencia que aquellos sobreviven y crecen sin cuidado una vez establecidos. En los bosques naturales mueren miles de árboles por cada uno que madura. El crecimiento de los árboles sobrevivientes representa en promedio un 5% del incremento de los de las plantaciones bien manejadas. Una vez que se ha hecho la inversión para establecer árboles artificialmente, es antieconómico abandonarlos a las fuerzas y condiciones naturales.

5.1 Limpieza y control de malezas

Aunque los términos *limpieza* y *control de malezas* tienen a menudo significados ligeramente distintos, su uso no es coherente entre una región y otra. Los términos se consideran sinónimos aquí y significan retiro de vegetación indeseable del espacio que rodea a los árboles jóvenes antes de la primera entresaca.

Cualquiera que haya sido la preparación del sitio, observe las siguientes pautas de limpieza:

- o Retire la vegetación en competencia que toca o domina a la plántula (figura 5.1).

- o Retire toda la vegetación en competencia situada en un radio de 50 cm de la plántula. (Cuídese de no retirar la capa superior de suelo cercana al árbol.)

- o Retire el césped y las plantas estoloníferas que se encuentren dentro de un radio de 1 m de la plántula.

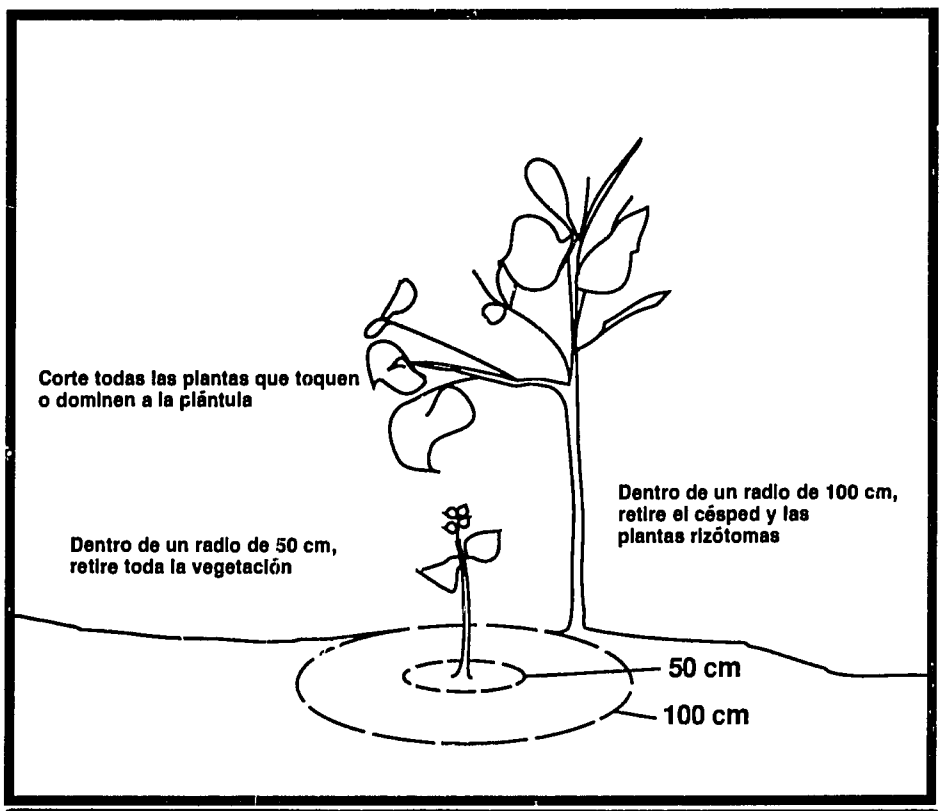


Figura 5.1: Instrucciones para limpieza del sitio de plantación

- Si se dispone de material, cubra el círculo adyacente despejado con una capa vegetal para evitar la reaparición de malezas o la erosión y para enfriar la superficie del suelo (figura 5.2). La capa orgánica no debe tocar el tallo del árbol, sobre todo donde los roedores o insectos constituyen un problema. Donde el comején ataca a los árboles jóvenes, quizá solo sea aceptable una capa no orgánica de piedras o plástico.

- Evite formar caminos a lo largo de las líneas de plantación donde haya posibilidades de que el ganado y los animales salvajes los sigan y de que ramoneen.

- Para limitar la competencia de las raíces, limpie a comienzos de la estación seca; para limitar la competencia de la copa, limpie después del primer período acelerado de crecimiento en la estación lluviosa.

- En las zonas áridas o los sitios secos, use una microcuenca para dar una mayor cantidad de agua a cada plántula. Eso aumentará el crecimiento y la supervivencia. En los extremos, deje poco espacio dentro de un mismo grupo de árboles y bastante espacio entre un grupo y otro y una microcuenca grande o una zanja a nivel para cada uno.

Las pautas precedentes ofrecen temas apropiados para investigaciones exploratorias. Por ejemplo, limpie cuando la competencia llegue a la mitad de la altura del árbol o sea de la misma altura que éste o del doble. O limpie el espacio correspondiente a un círculo con un radio de 25, 50, 100 ó 200 cm.

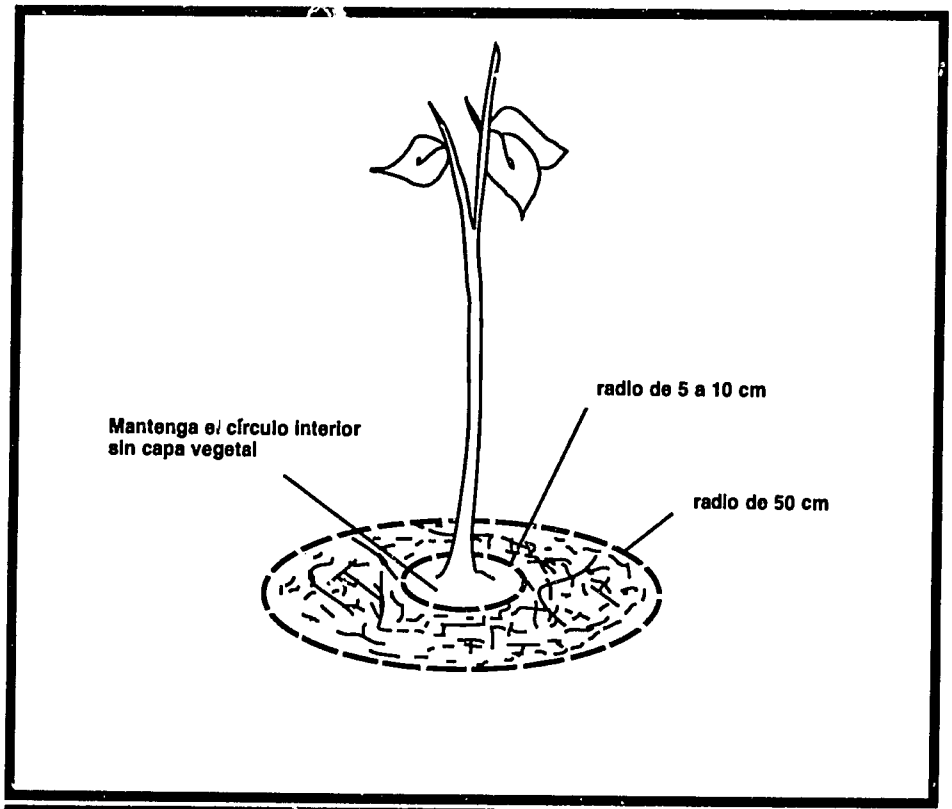


Figura 5.2. Capa vegetal alrededor de la plántula.

El último ejemplo describe un excelente modelo de exploración: duplique el primer tratamiento para definir el segundo, duplique el segundo para definir el tercero y así sucesivamente; incluya un mínimo de cuatro tratamientos. La economía de usar cuatro tratamientos discutida en la sección 2.4 se aplica a categorías, como especies, y a puntos a lo largo de un continuo, como gramos de fertilizante o pesos de entresaca.

5.2 Poda y desrame

La poda es el "retiro de las ramas laterales [o las raíces] vivas o muertas y de guías múltiples... en un punto cercano al tallo o al mismo nivel de éste...para la mejora del árbol o de la madera que produce...."[8]. Esa mejora consiste sobre todo en retirar las ramas muertas o improductivas (las que tienen un equilibrio fotosintético negativo) del tronco inferior para acelerar el crecimento del volumen o permitir la formación de capas de madera sin nudos (figura 5.3).

Este último es el motivo más común, ya que aumenta el valor de la madera, aunque no necesariamente el precio del trozo. Los beneficios secundarios para el propietario son mejor acceso al árbol y al rodal y, en ciertas etapas de crecimiento, un menor peligro de incendio, sobre todo de las coníferas (figura 5.4).

---

8 *Terminology of forest science, technology practice and products,* Serie de Terminología Multilingüe de Dasonomía, No. 1, FAO/IUFRO, editada por F.C. Ford-Robertson (Washington, D.C.: Society of American Foresters, 1971).

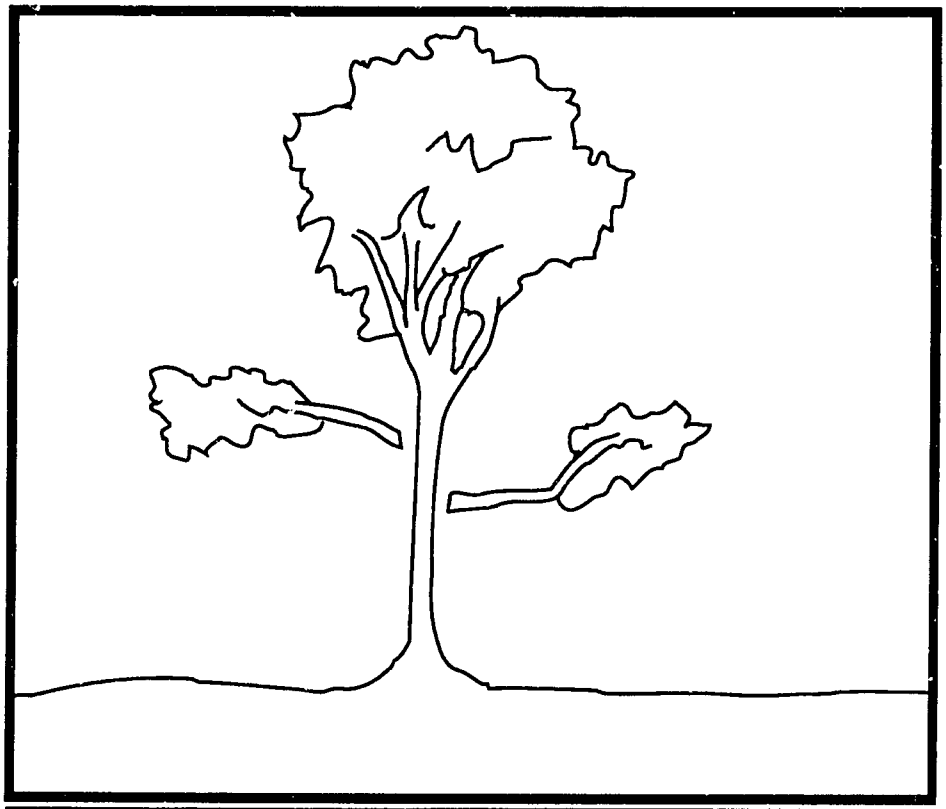


Figura 5.3. Poda para obtener madera sin nudos

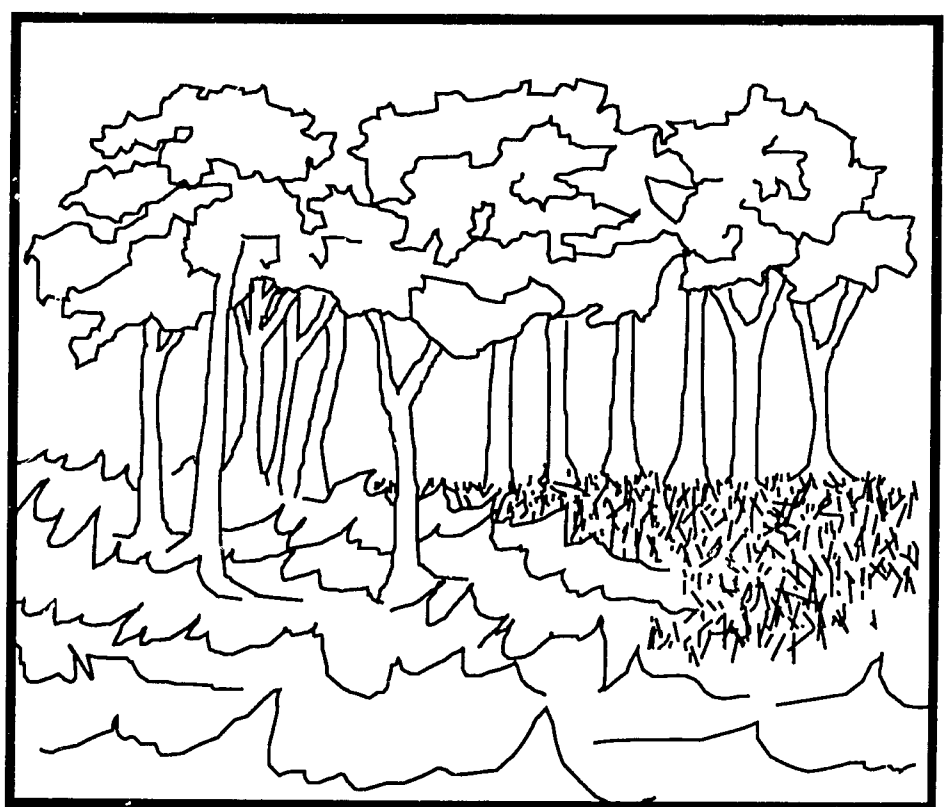


Figura 5.4. La poda reduce el peligro de daños causados por incendios

En todo caso, pode la rama o la guía lo más pronto posible y tan cerca del tronco como sea posible, haciendo un corte en el floema (la corteza) del tallo sin tocar la capa del cámbium. La poda temprana reduce mucho el tiempo, el costo, la mano de obra y el peligro de incendio. También acorta el tiempo necesario para que se cubra el núcleo nudoso y comience a producirse madera sin nudos.

Si la poda se demora hasta que se ha formado un cuello grande alrededor de la rama (lo que sucede bastante pronto en el caso de *Gmelina arborea*, por ejemplo), haga un corte en el extremo exterior del cuello, no a nivel del tallo principal (figura 5.5). La gran herida hecha al cortar un cuello a nivel del tallo aumenta mucho la posibilidad de invasión de insectos o de enfermedad del tallo y raras veces acorta el período necesario para la producción de madera sin nudos.

Las investigaciones sobre poda se centran a menudo en qué tan pronto y con qué intensidad se puede realizar la poda sin reducir indebidamente el crecimiento del árbol y en cuantificar la reducción, ya sea que el investigador esté interesado en la calidad de la madera o en el crecimiento del árbol. Aunque algunos científicos han seleccionado subjetivamente ramas improductivas, por lo general las que tienen hojas dispersas u opacas, la mayoría retira un cierto porcentaje de la altura total o de la copa viva.

Puesto que la copa viva se ve gravemente afectada por la competencia, ofrece solo una base variable para definir el tratamiento. En un rodal densamente sembrado, es posible que los árboles tengan una copa viva de 25% o menos de la altura total. En esos casos, el retiro de aun 10% del resto de la copa puede reducir mucho el crecimiento. Por otra parte, un árbol de crecimiento libre puede tener 90% o más de corona viva y el retiro de 30 a 40% quizá no lo afecte.

La base comúnmente escogida para las investigaciones sobre poda es un porcentaje de la altura total del árbol, centrado en una copa viva residual de alrededor de 40% de la altura total del árbol; es decir, dejando quizá 25, 35, 45 y 55% de la altura del árbol en copa viva (figura 5.6).[9]

La poda de las ramas muertas no tiene ningún efecto en la tasa de crecimiento del árbol, pero acorta el tiempo necesario para producir madera sin nudos. También puede reducir a infestación del tallo por plagas y agentes patógenos y, de ordinario, es más barata que la poda de las ramas verdes.

Las investigaciones sobre agrosilvicultura pueden centrarse también en la producción de ramas o de forraje, normalmente precedida de poda de la copa. Esas investigaciones se relacionan comúnmente con el número o porcentaje de ramas que se debe retirar. Ciertas especies como *Acacia mangium* y *Mimosa scabrella* tienen una baja tasa de recuperación si se retiran simultáneamente todas las ramas con hojas verdes. La mayoría de las especies vuelven a echar ramas en abundancia, pero presuntamente se recuperan con mayor rapidez si se dejan algunas después de cada poda hecha en forma rotatoria para que ninguna rama crezca en exceso.[10]

---

[9] En los ensayos hechos en los trópicos húmedos y subhúmedos de la red de investigación sobre árboles de usos múltiples en Asia, la poda se hace en proporción de 50% de la altura del árbol a los 18 meses de edad.

[10] Son pocos los datos fidedignos para confirmar esa afirmación; el campo merece investigarse.

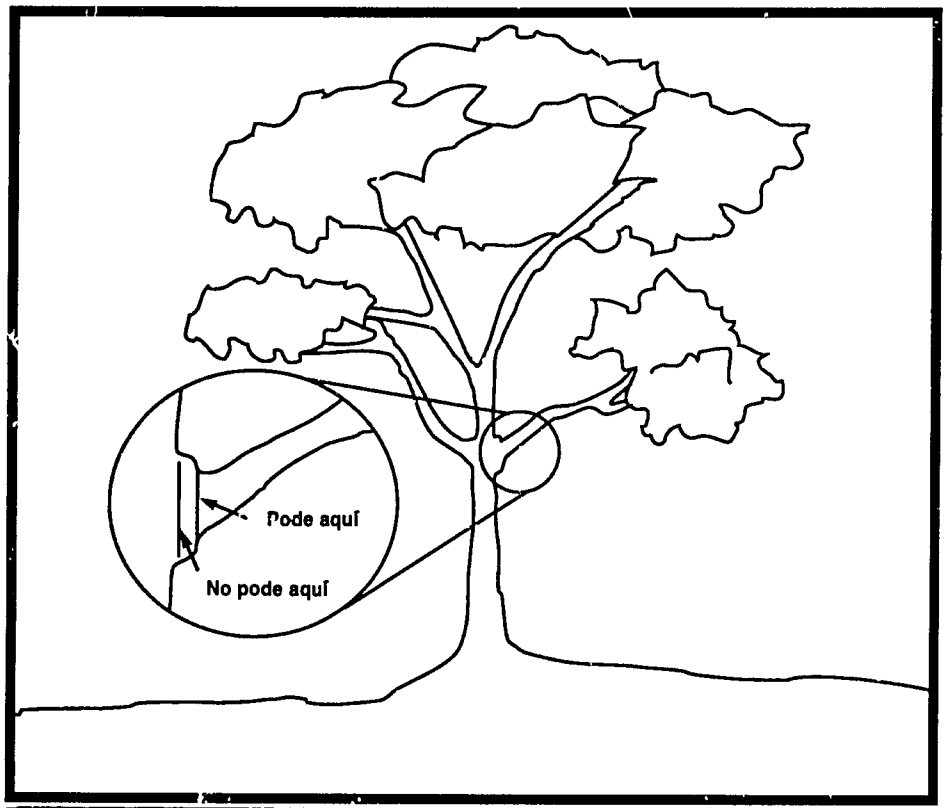


Figura 5.5. Poda en el cuello de la rama

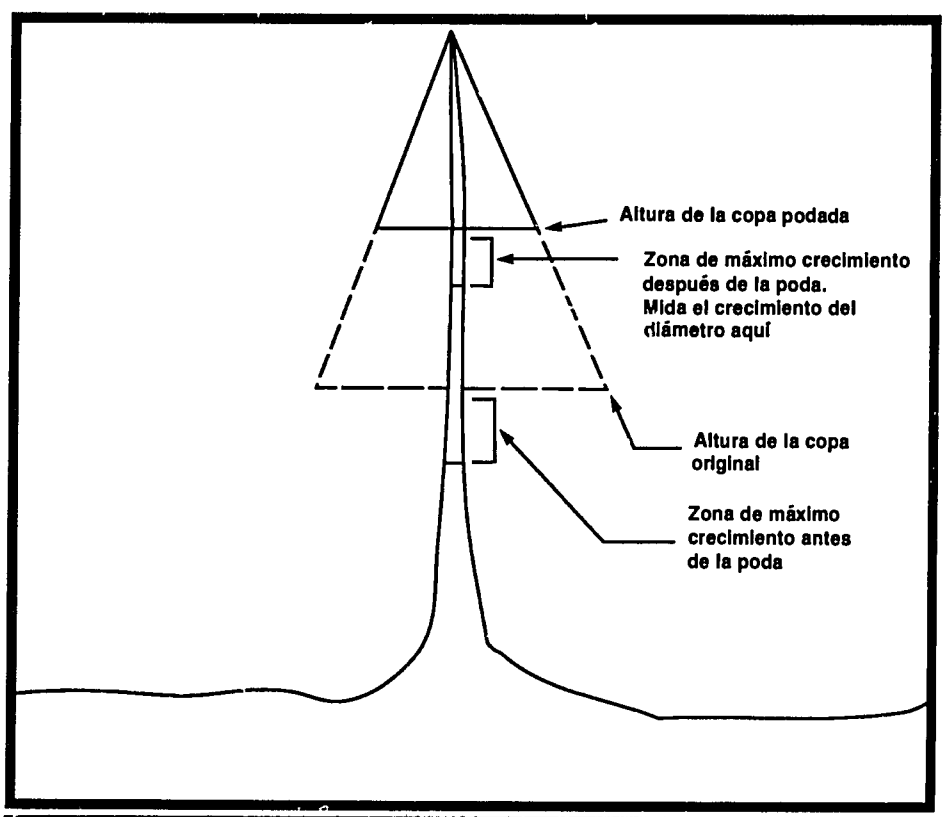


Figura 5.6. Zona de medición del diámetro antes y después de la poda

En la dasonomía tradicional y en la utilización forestal, *el desrame* designa el retiro de una rama de un árbol en pie o (más comúnmente) talado o de sus partes.[11] Sin embargo, entre los agricultores y los agrosilvicultores, el desrame se refiere al corte de las ramas de segundo orden o de orden inferior o de las de primer orden a una distancia apreciable del tronco del árbol (figura 5.7). En los matorrales, el desrame podría considerarse como un corte intenso.

El desrame se hace próximo a las casas y a otras edificaciones para controlar el tamaño de la copa de los grandes árboles de sombra en zonas restrictas. Sin embargo, el objetivo común del agricultor es obtener forraje o leña sin destruir el árbol o sencillamente reducir la cantidad de sombra que da. Las especies como *Albizia lebbek* y *Cassia siamea* toleran bien el desrame en buenos sitios y a menudo sobreviven aun en los deficientes, pero los bosques de coníferas de los Himalayas demuestran que muchas especies sufren graves daños.

En la práctica, el desrame para producción de forraje o leña es principalmente una reacción a leyes antiguas o inequitativas y se relaciona frecuentemente con invasión de terrenos comunes o de propiedad privada o robo en los mismos. De otro modo, no se justifica trepar árboles altos para obtener rendimientos mínimos, que dejan tallos largos, débiles y nudosos, muy susceptibles a la pudrición y a la rajadura interna.

Convendría hacer investigaciones que demostraran cualquier ventaja que pudiera tener el desrame frente a la poda de las ramas y la copa en el campo de la dasonomía, ya que no es obvio que exista ninguna.

Cuando desrame o pode, particularmente ramas grandes, evite pelar la corteza con el extremo de la rama que se cae porque el tallo vivo puede quedar expuesto a invasión por microorganismos patógenos e insectos. Más bien, antes de cortar la rama haga un corte en un punto inferior a ésta, que traspase la corteza o por lo menos un cuarto de la madera de una rama pesada (figura 5.8).

5.3 Poda de la copa y corte a matarrasa

La distinción entre la poda de la copa y el corte a matarrasa es una diferencia algo vaga en cuanto a altura. La poda de la copa se hace normalmente en un punto superior al de ramoneo de los animales.[12] Esa línea es bastante clara en el caso del ganado vacuno y ovino europeo, pero no lo es tanto cuando se trata de camellos, elefantes y jirafas.

En la agrosilvicultura tropical, una distinción más útil es que el corte a matarrasa es de un tocón bajo y la poda de la copa se realiza encima de un tronco corto útil (figura 5.9). En realidad, la poda de la copa a menudo deja un tronco de 2 m o más apropiado para una cerca de postes, espalderas de plantas trepadoras o madera comercial.

Por tanto, *la poda de la copa* se define como el corte de la copa de un árbol para producir un conjunto muy unido de retoños (figura 5.10). Esto se puede hacer con el objetivo de producir leña, juncos para cestos, pequeñas estacas y otros productos de madera pequeños, forraje o madera delgada y follaje en cualquier proporción. Es posible sacar trozos cortos del tallo basal. Las copas de algunas especies producen madera apropiada para chapas a la plana muy valiosas.

---

[11] Ford-Robertson, *Terminology of forest science, technology practice and products*, 1971.

[12] Ibid.

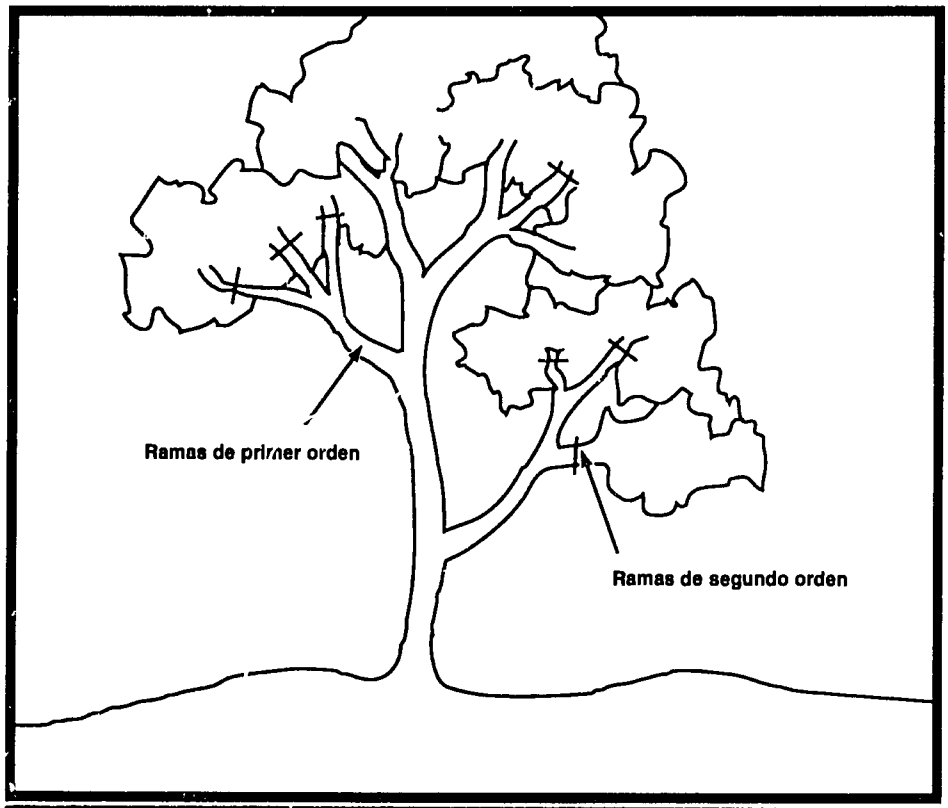


Figura 5.7. Poda de ramas

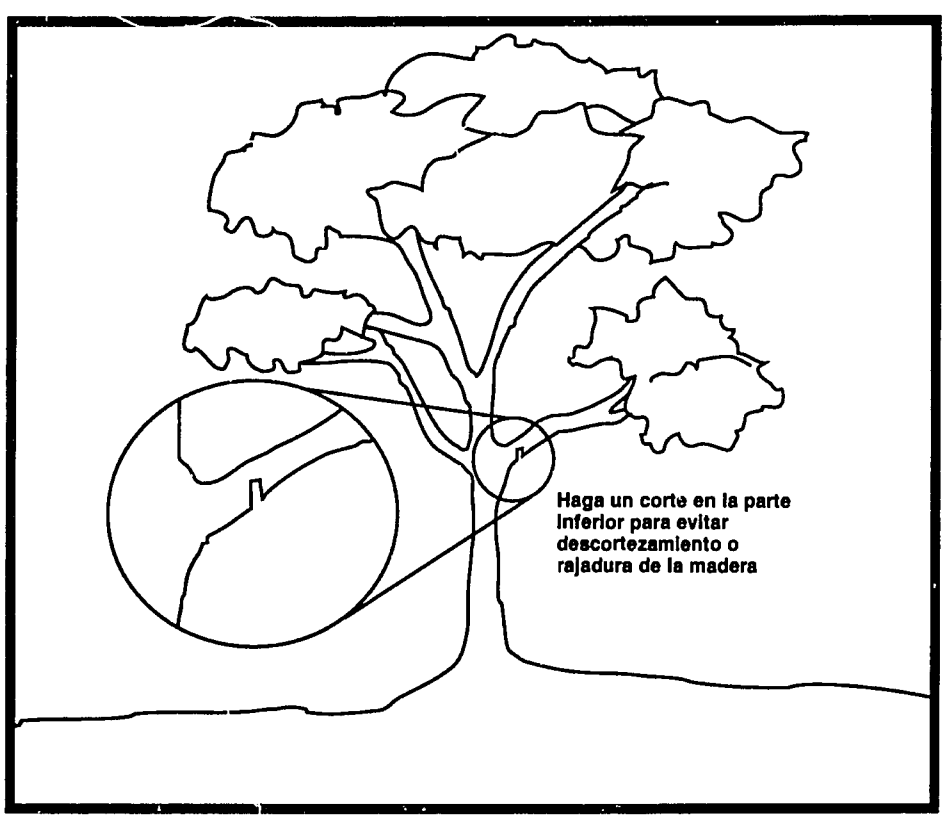


Figura 5.8. Poda de una rama grande

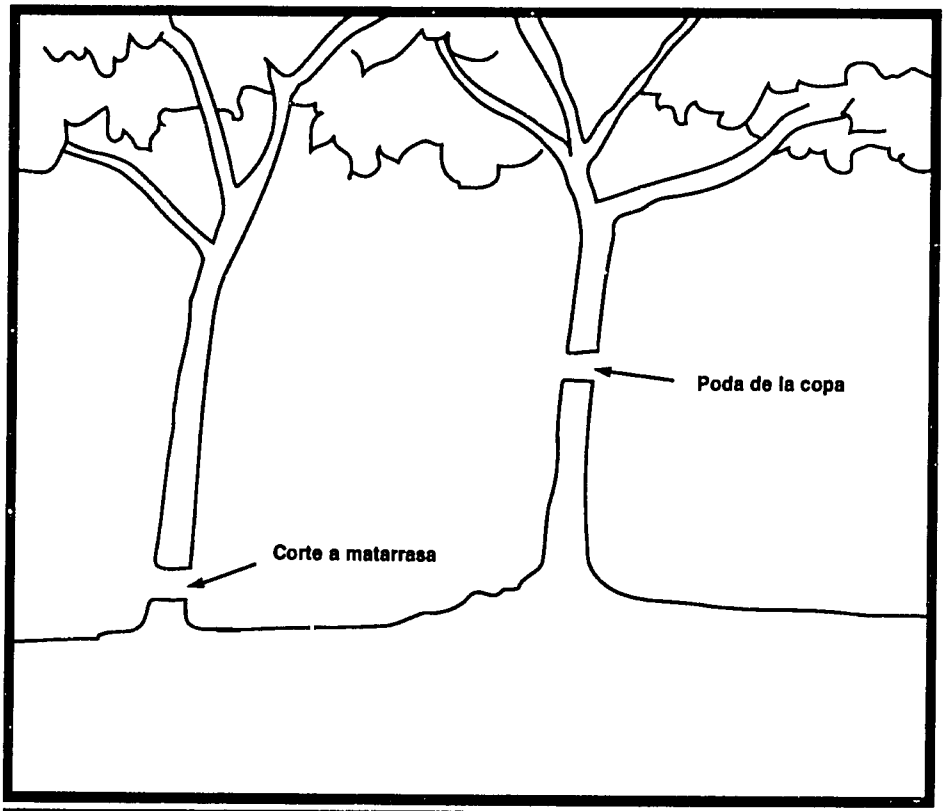


Figura 5.9. Corte a matarrasa versus poda de la copa.

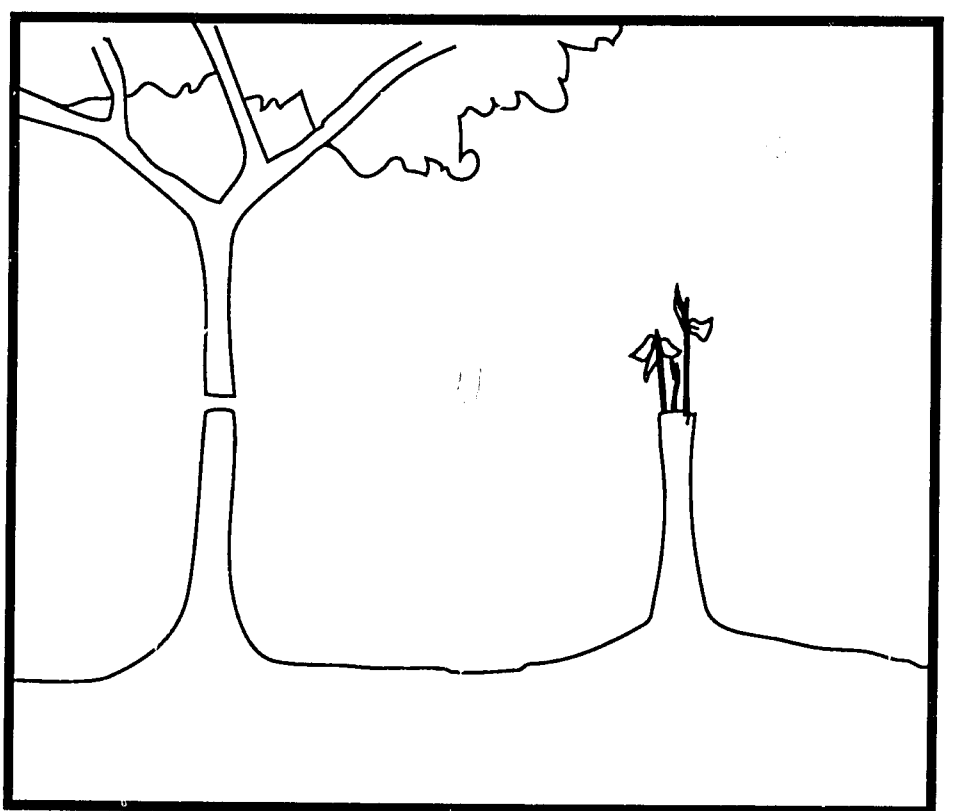


Figura 5.10. Poda de la copa de árboles para obtener retoños muy por encima del suelo.

La poda de la copa se realiza también con el fin de mantener los extremos de crecimiento de las ramas a una altura superior a la de ramoneo (como sucede en los postes de cercas vivas) (figura 5.11) y dar sombra estacional a un nivel superior al de los cultivos de sombra como el café y el cacao. La poda anual de la copa de esos cultivos puede proporcionar más luz durante la estación lluviosa y permitir más sombra refrescante durante la estación seca sin nubes.

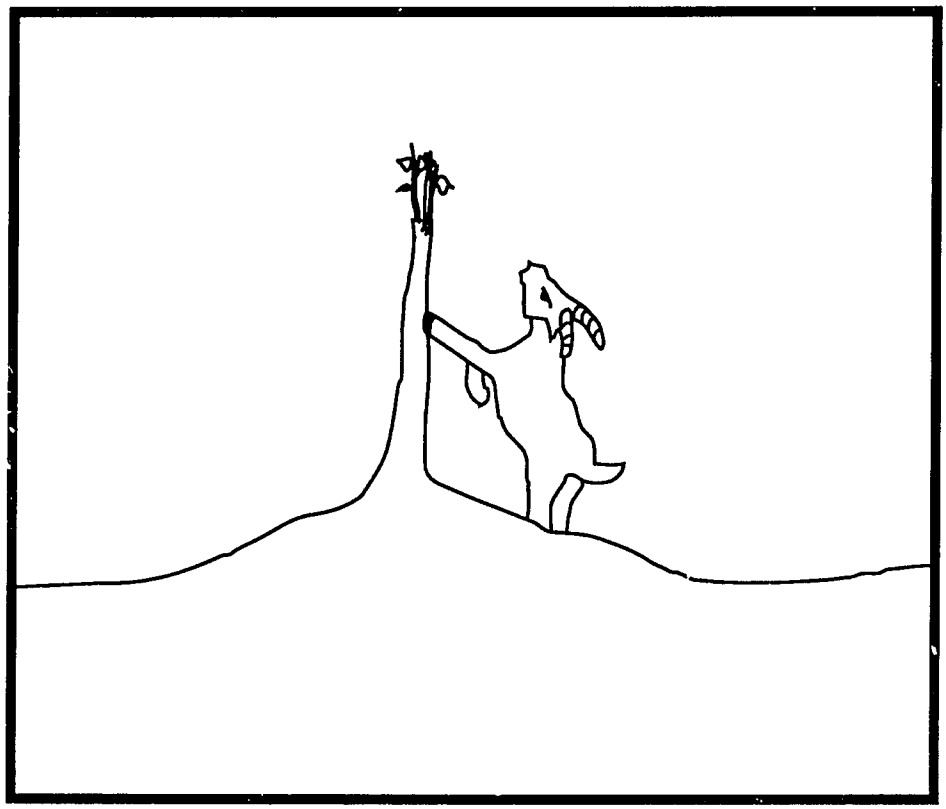


Figura 5.11. La poda de la copa protege los retoños contra el ramoneo de la mayoría de animales.

El tocón alto que deja la poda de la copa de muchas especies produce más follaje y ramas leñosas en ciclos breves de corte que el corte a matarrasa de un tocón bajo.

En los ensayos hechos por la red de investigación en zonas húmedas y subhúmedas de Asia, un tratamiento consiste en podar la copa a 2 m de altura cuando los árboles tienen 24 meses.

Como se indicó en la sección 5.2, se cree que al dejar al menos una rama cuando se poda la copa mejora el desarrollo de las raíces y las nuevas ramas de algunas especies.

Para cultivos en callejones, la poda de la copa y el corte a matarrasa de dos hileras de árboles poco espaciados produce cerca del doble de la madera y el follaje de una hilera, pero compite con el cultivo intercalado solo un poco menos que una hilera.

Pautas mejor documentadas:

- o Los tocones más altos producen más ramas y follaje nuevos.
- o Los tocones más bajos se demoran más en iniciar la competencia de la copa con cultivos intercalados.
- o Una base de copa más alta deja pasar más luz al cultivo intercalado cuando se mantienen iguales otras condiciones.
- o Un ciclo más largo entre cortes permite producir una mayor cantidad neta de madera (quizá esta declaración tenga un límite, pero no parece haberse determinado en ninguna especie ni sistema de manejo).
- o Un ciclo breve de corte, dentro de límites que varían con la especie y el sitio, aumenta la producción de follaje. Treinta días es más o menos el ciclo mínimo para permitir la supervivencia de cualquier árbol sometido a poda de la copa y corte a matarrasa en forma completa.
- o Para obtener las mejores condiciones de mínima competencia y máxima protección al cultivo intercalado, los árboles que forman bordes en cultivos en callejones se deben cortar a matarrasa o despuntar cuando el cultivo tenga de dos a cuatro hojas verdaderas y de nuevo cuando se proyecte una sombra directa sobre el cultivo diariamente entre las 10:00 y las 14:00 horas (de 10:00 a.m. a 2:00 p.m.).
- o Los cultivos intercalados se ven menos afectados por la sombra de la copa de los árboles si hay hileras continuas de árboles de norte a sur en lugar de oriente a occidente. La diferencia es menos crítica que la época del corte.
- o La poda de la copa y el corte a matarrasa se pueden hacer manual o mecánicamente, pero el ramoneo directo de los animales no es un sustituto del corte, ya que daña los árboles y reduce el rendimiento continuo.

5.4 Entresaca y mejora del rodal

La entresaca se define como la tala selectiva de un rodal inmaduro para acelerar el incremento del diámetro y mejorar la forma común de los árboles restantes. La mejora del rodal es el retiro de cualquier árbol o vegetación indeseable,[13] incluso con incisiones en anillo y envenenamiento. Aunque las investigaciones sobre entresaca han sido más inconcluyentes que cualquiera otro aspecto de la dasonomía, hay algunas reglas claras:

- o Un genotipo dado en un sitio determinado tiene un potencial inherente de producción de biomasa.
- o El rendimiento de un conjunto dado de condiciones suele estar relacionado con la densidad del rodal en una forma curvilínea (figura 5.12).
- o Dentro de una gama de densidad bastante amplia, la entresaca permite concentrar el crecimiento en un menor número de árboles sin sacrificar el rendimiento total.

---

[13] Ibid.

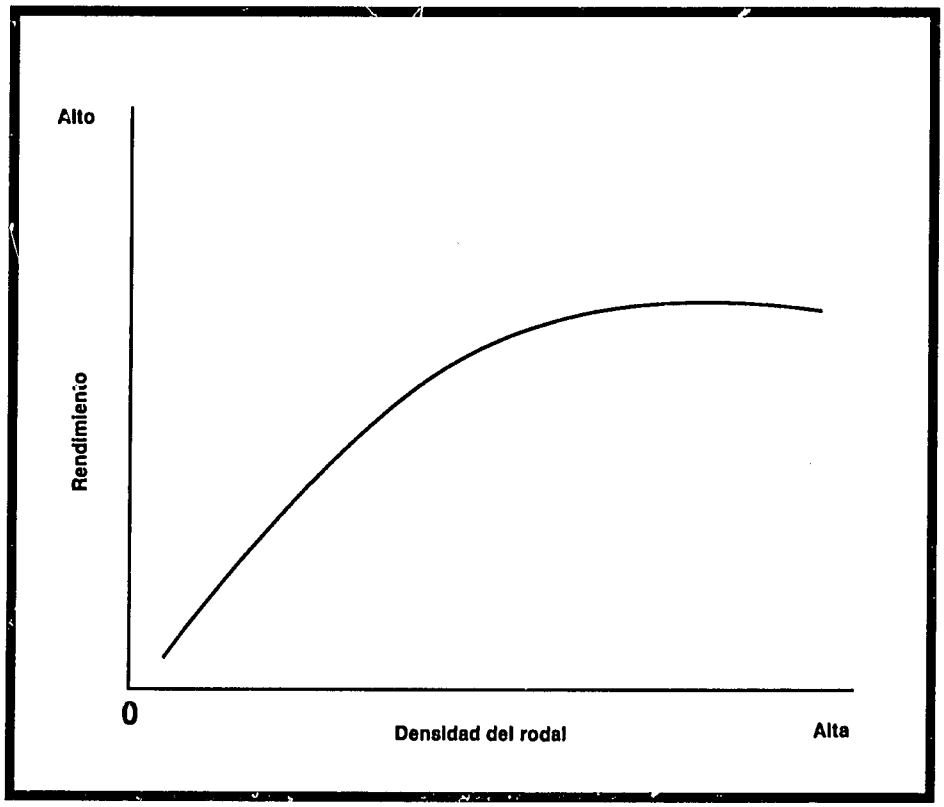


Figura 5.12. Relación curvilínea entre el rendimiento y la densidad del rodal.

- Fuera de esos límites, el rendimiento total se reduce porque el sitio no está completamente ocupado (aunque cada árbol crece bastante rápido) o porque la excesiva competencia entre los árboles causa ineficiencia del funcionamiento fisiológico, al menos durante los períodos de tensión meteorológica. Eso resulta a menudo en enfermedad, ataques de insectos y mortalidad.

Por tanto, el principal objetivo de la entresaca es mantener el número de árboles dentro de la escala de máximo rendimiento. Si se desean árboles grandes, el número de plantones se mantiene cerca del extremo inferior de la escala. Si se desean muchos árboles pequeños, se mantienen cerca del extremo superior de la escala (figura 5.13).

Los diversos tipos clásicos de entresaca seleccionados según la clase de la forma deseada del tallo son los siguientes.[14]

- **Entresaca intensa**. Deja los tallos más prometedores, teniendo en cuenta la distribución equitativa en el rodal y retirando árboles cualquiera que sea la densidad de las copas (figura 5.14).

- **Entresaca leve** . Favorece a los árboles dominantes igualmente distribuidos en el rodal retirando los no dominantes.

- **Entresaca por selección**. Promueve los árboles con una forma cilíndrica derecha, retirando los tallos grandes, dominantes y con muchas ramas.

[14] Ibid.

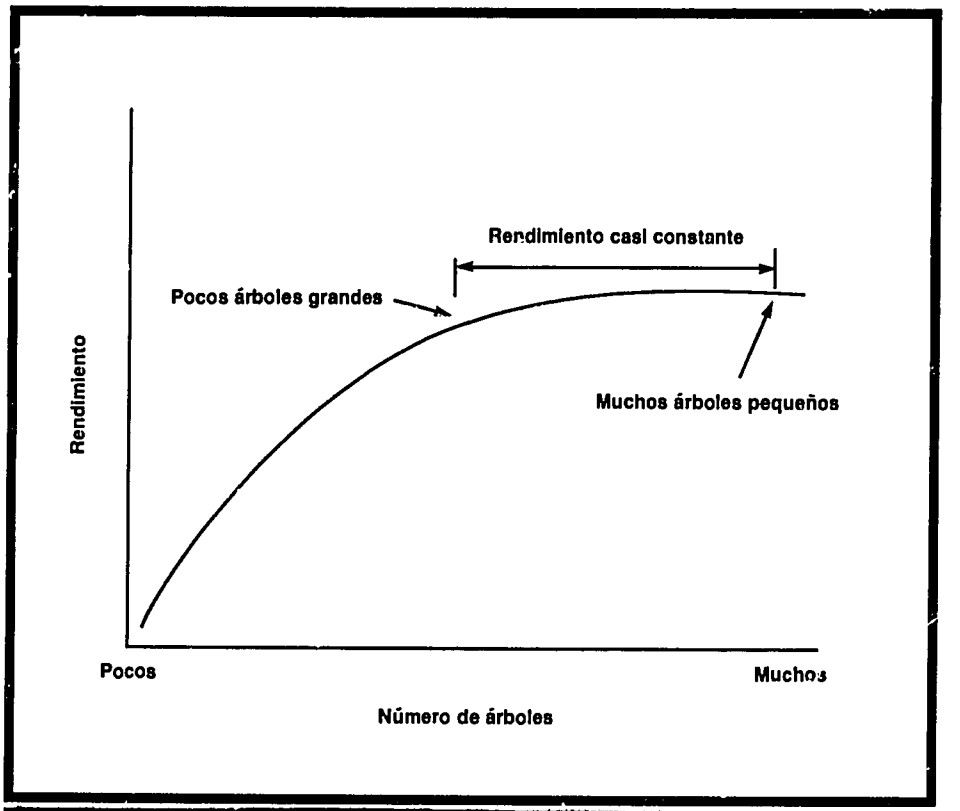


Figura 5.13. Forma de mantener el rendimiento para obtener diferentes productos.

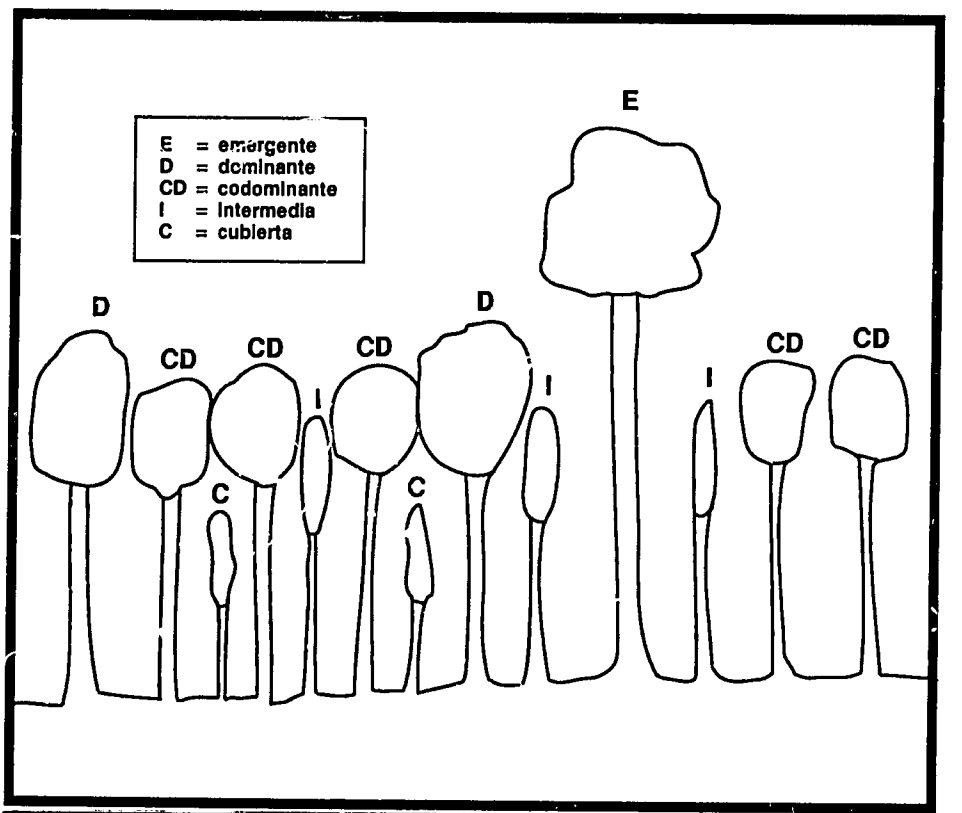


Figura 5.14. Clases de copas de los árboles.

En la práctica, el personal de campo suele retirar los mismos árboles inferiores de un rodal dado, independientemente del tipo de entresaca previsto. Después de dos o tres entresacas, por lo común, los resultados son indistinguibles en cuanto al tipo.

La mayor parte de la entresaca de árboles de valor alto y variable, como la teca y la caoba, en los trópicos, se hace por medio de liberación de árboles selectos. Se seleccionan los mejores árboles y se eliminan uno o más de los principales competidores situados junto a cada uno de ellos. Los árboles selectos quizá nunca forman todo el rodal y no es necesario hacer ningún esfuerzo por mejorar la calidad de los que no pertenecen a ese grupo (figura 5.15).

En las plantaciones de cultivos de valor relativamente bajo y uniforme, como el pino o el eucalipto, se practica comúnmente una forma inversa: entresaca de rodales. Se seleccionan y retiran los árboles más deficientes del rodal en su conjunto. Todo el rodal constituye el cultivo y se mejora con cada entresaca.

La investigación de los dos sistemas también es algo diferente. *El peso* de la liberación de los árboles selectos se puede expresar sencillamente como el retiro de los competidores más fuertes, marcados como 0, 1, 2 ó 4 (o un arreglo similar), adyacentes a uno de ellos. La respuesta se mide en cada uno de los árboles selectos.

Por otra parte, la mejor forma de expresar el peso de la entresaca del rodal es como un número o porcentaje de tallos por hectárea retirados, superficie basal por hectárea retirada o volumen por hectárea retirado. El porcentaje de tallos es la expresión más comúnmente usada a causa de su sencillez y naturaleza práctica. La respuesta se mide sobre la base del rodal por hectárea.

- La entresaca leve fomenta más o menos la misma respuesta inicial de los árboles residuales que la intensa.

- La entresaca intensa causa una respuesta más prolongada del rodal residual que la leve. A veces, hace que las tormentas causen más daños a las plantas.

Una investigación del peso de la entresaca del rodal es casi tan sencilla como la de la liberación de árboles selectos: retire un porcentaje fijo de los árboles menos deseables, considerando solo un grupo de árboles de tamaño manejable, luego pase a considerar otro grupo.

Ejemplo: Una persona que marca árboles observa un grupo compacto de nueve árboles que se pueden comparar visualmente, evaluar y, en las plantaciones, observar como un cuadrado de 3 árboles por 3 (figura 5.16). Por tanto, el peso de la entresaca puede ser cualquier múltiplo de 11% (1/9). Para una entresaca de 22%, esa persona selecciona los dos árboles peores; para una de 44%, los cuatro peores. Luego repite el proceso con el siguiente grupo de nueve. Además de permitir estricto control del peso, el sistema garantiza también una distribución razonable del rodal residual y la conservación de los mejores árboles como residuales, según los criterios de selección.

Si los genotipos de los árboles son esencialmente uniformes, la entresaca mecánica es la forma más sencilla y económica de efectuar esa operación en el rodal; sin embargo, son pocos los rodales con tanta similitud genética. Se puede hacer un trabajo elemental de entresaca mecánica con una niveladora o un rastro de disco en fajas alternadas.

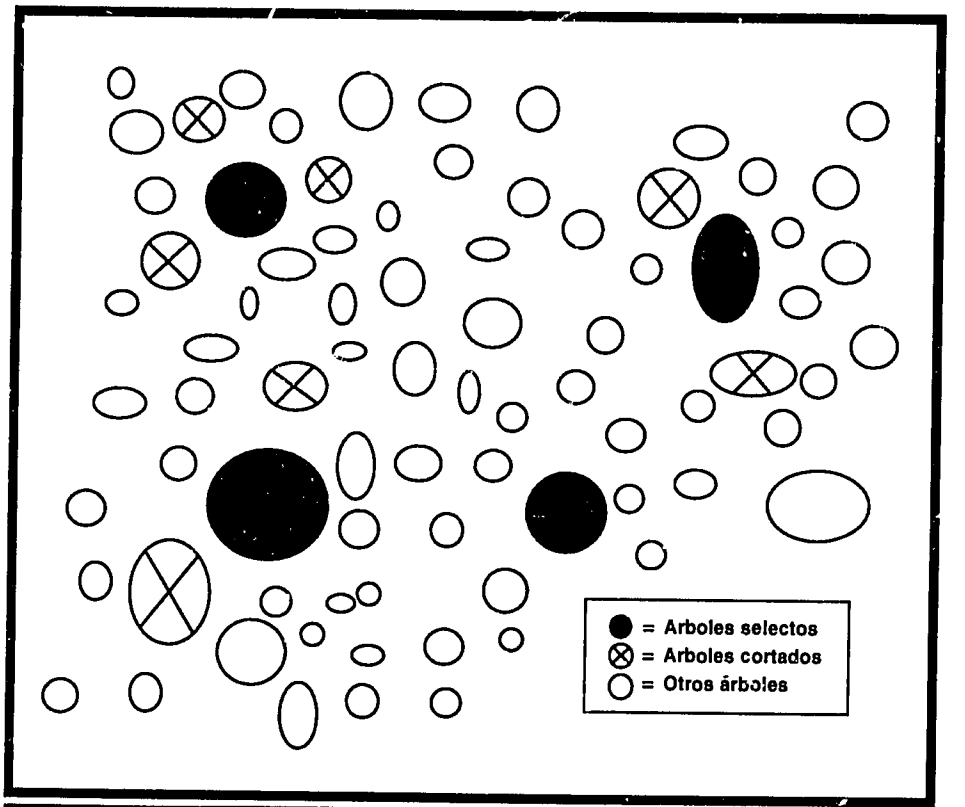


Figura 5.15. Entresaca de los árboles selectos

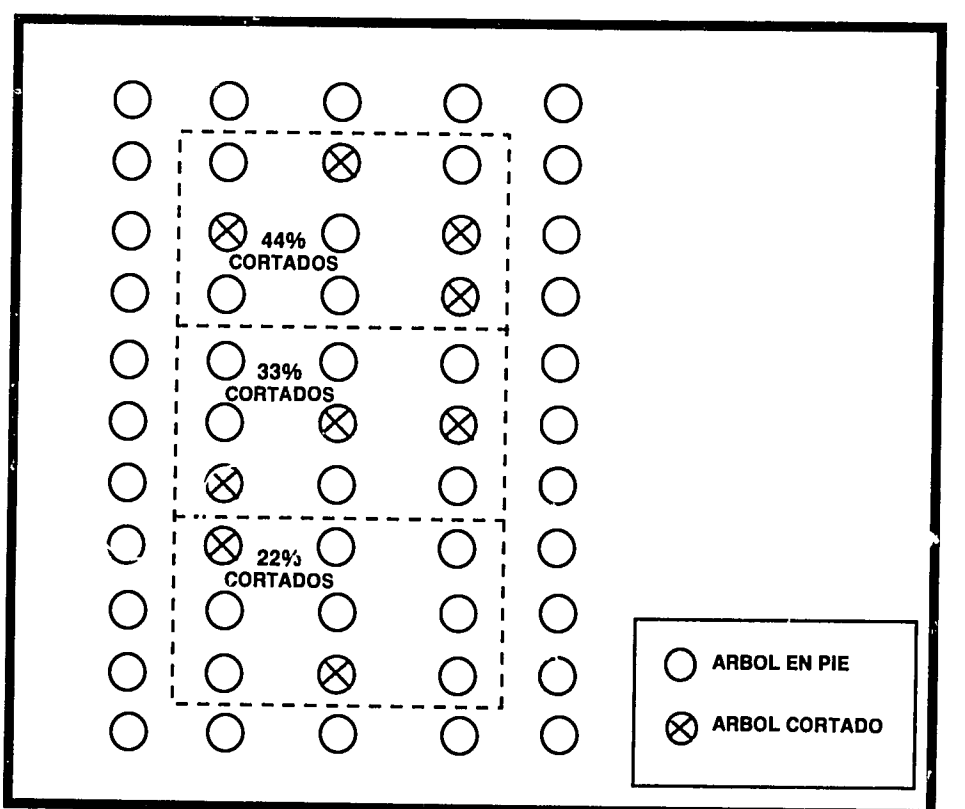


Figura 5.16. Control del peso de entresaca

En los rodales naturales, *la entresaca por el método de vara* es un sistema sencillo pero parcialmente selectivo. Pase por el bosque con una vara de la longitud deseada. Donde la vara toque dos árboles simultáneamente, marque el árbol inferior para retirarlo (figura 5.17). El espaciamiento de árboles residuales es equivalente, en promedio, a 1,5 veces la longitud de la vara. Note que la entresaca por el método de vara libera todo el rodal.

Una versión moderna consiste en usar un medidor de ángulo para determinar la superficie basal del rodal y luego seleccionar el número apropiado de los peores árboles para reducir esa superficie en la cantidad o al nivel deseados (figura 5.18). Este sistema se justifica técnicamente para fines de investigación, pero es complicado para el trabajo ordinario de campo.

Además del peso, las investigaciones sobre entresaca también se pueden centrar en el *ciclo*, el tiempo transcurrido entre cortes. Los efectos de un ciclo están muy condicionados al peso de entresaca. Por ejemplo, un peso de 20% es leve en un ciclo de 10 años entre cortes pero considerable en uno de seis meses. En un peso dado, un ciclo más largo es más económico (mayor rendimiento por unidad de superficie y menos mantenimiento de la infraestructura), pero un menor ciclo es mejor desde el punto de vista de la dasonomía (menos tráfico para el suelo, menores posibilidades de erosión y menor mortalidad). La cuantificación de esas diferencias establecería una base más racional para futuras decisiones en materia de dasonomía.

La *intensidad* de la entresaca representa la interacción del peso con el ciclo. Se calcula normalmente dividiendo el peso por la longitud del ciclo. Si el peso de entresaca es 50% y el ciclo es de 5 años, la intensidad es igual a 50 dividido por 5 ó 10% anual. La imprecisión de tal medida es obvia si se toma uno de los valores cercanos a su extremo. Por ejemplo, un peso de 100% con un ciclo de 10 años es igual a 100 dividido por 10, lo que también da una intensidad de 10%. Aunque una entresaca de 50% cada cinco años es satisfactoria en muchas plantaciones tropicales, una de 100% en cualquier ciclo no deja nada para crecer.

Se sugiere que las investigaciones sobre entresaca no se concentren en los efectos de la intensidad.

La determinación que hacen diversos profesionales sobre cuáles plantas se deben retirar para entresaca y mejora del rodal varía, pero las pautas generales son las siguientes.

- Los árboles que tengan alguna enfermedad infecciosa o insectos peligrosos para el rodal restante. Eso reduce el riesgo para los árboles residuales.

- Los árboles muertos o que se están muriendo, con un valor neto actual. Esto salva los que se habrían perdido, de otro modo.

- Cualquier planta sin valor actual ni futuro. Esto libera espacio, luz y nutrientes para las plantas que tienen ese valor. Nótese que el "valor" se puede referir a los productos de madera, pero también a frutos, fibra, forraje, ramoneo de animales salvajes o un conjunto de productos y servicios.

- Las plantas que compiten con árboles superiores. La decisión respecto del retiro depende de la fuerza de la competencia y del valor relativo del cultivo y de los árboles en competencia.

- Los árboles inherentemente inferiores por razones de especie, forma o vigor. Si bien hay que retirar esos árboles antes de que comience el período de regeneración, a menudo ofrecen la protección necesaria en el sitio durante la fase vegetativa de desarrollo del rodal.

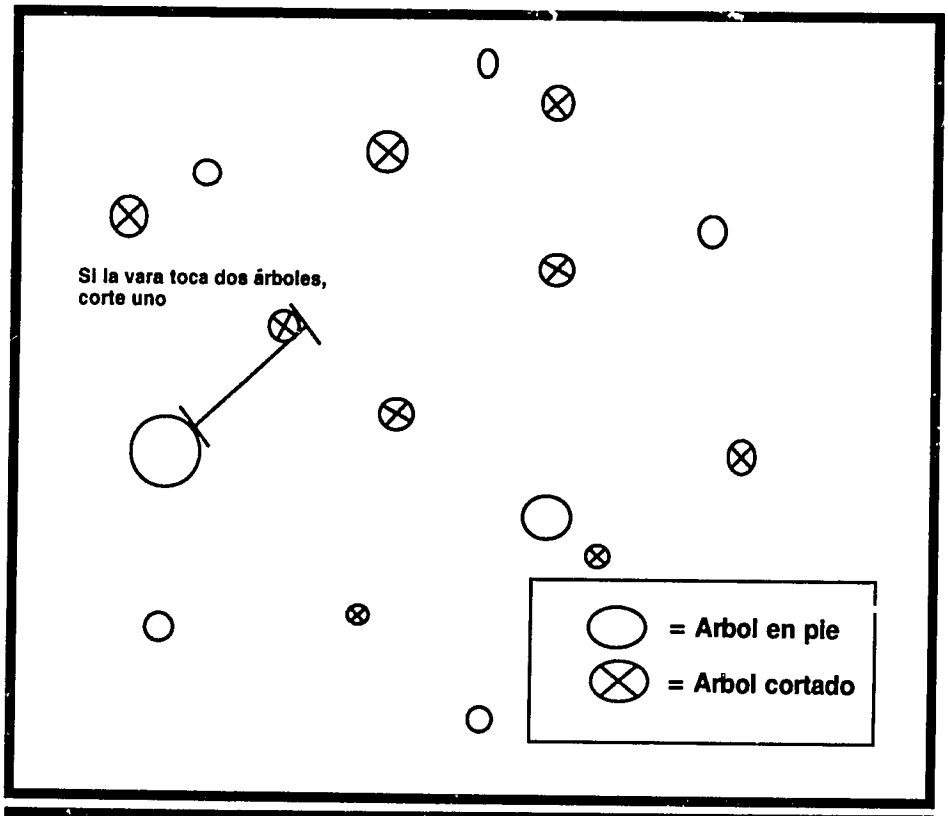


Figura 5.17. Entresaca por el metodo de vara en el bosque natural

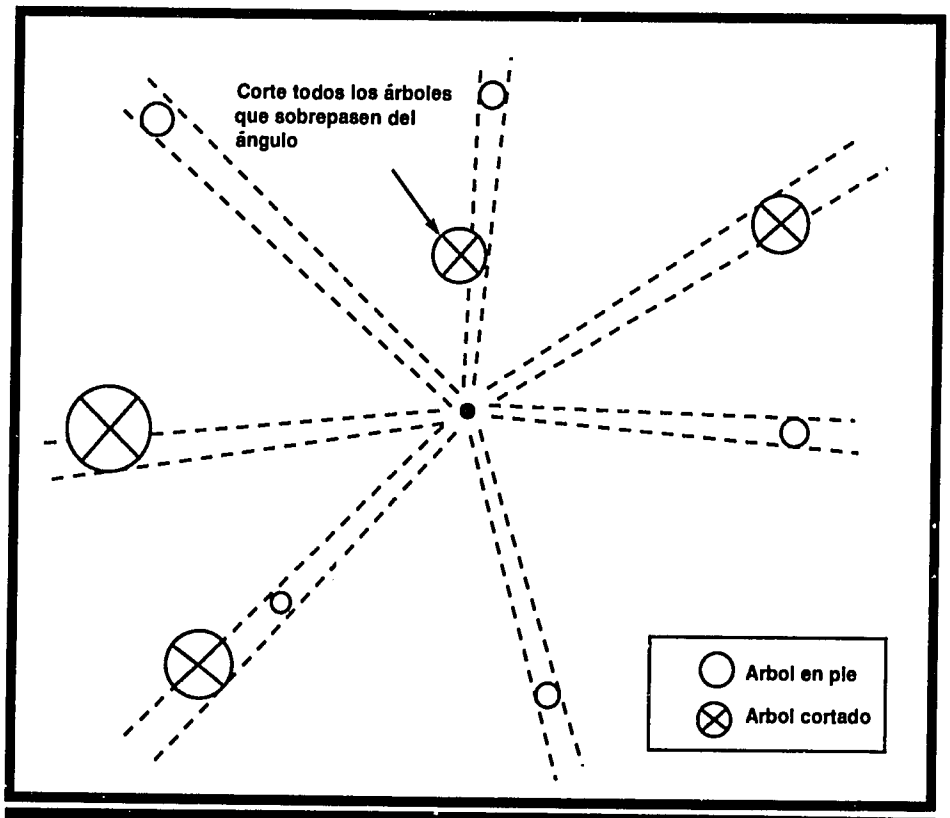


Figura 5.18. Seleccion de arboles para entresaca segun el metodo de conteo angular

Por lo general, la entresaca afecta en forma similar a las rotaciones largas y cortas de árboles de usos múltiples. Sin embargo, las especies intolerantes y las que quedan débiles después del corte a matarrasa sobreviven, por lo general, y crecen mejor en ese estado después del corte a hecho o de entresaca pesada. Pueden morir si se les entresaca a tal punto que solo pesen de 25 a 50% del rodal.

Un caso especial es la entresaca entre retoños del mismo tocón. Existen pruebas abundantes de que los retoños restantes crecen más rápido si se retiran todos menos dos o tres. Si solo se deja un pequeño retoño en un tocón grande, a menudo parece ser incapaz de proporcionar suficiente fotosintato para todo el sistema radical, gran parte del cual muere. Por esa razón los científicos recomiendan a menudo que se entresaquen todos los retoños hasta dejar tres bien separados, se retire uno cuando comience la competencia y otro cuando se inicie otra vez. En general, este es un buen consejo cuando se desea obtener productos de gran tamaño.

Pocos datos indican en qué condiciones dos o más retoños o uno solo producen más biomasa. Se necesitan urgentemente investigaciones en ese campo con importantes especies productoras de biomasa.

5.5 Cosecha

La entresaca y la cosecha tradicionales en dasonomía tienen objetivos bastante diferentes. La finalidad de la entresaca, como se discutió en la sección 5.4, es mejorar la calidad o aumentar la cantidad del crecimiento de los árboles restantes. Por el contrario, la de la cosecha es retirar los árboles maduros en su aspecto biológico o financiero para iniciar la regeneración del nuevo cultivo.

Los árboles de usos múltiples quizá nunca se cosechen en la forma tradicional. Por ejemplo, es posible someter a las especies *Leucaena* y *Gliricidia* a corte a matarrasa y poda de la copa cada año por 50 años o más, lo mismo que otras especies empleadas como sombra del café. Por tanto, se cosechan anualmente en el sentido agrícola de la palabra, pero no en el sentido forestal. *Moringa oleifera* se puede cortar a matarrasa en el terreno aproximadamente cada tres meses para retirar las hojas tiernas comestibles y lo mismo los árboles que forman bordes y se emplean para forraje o como abono verde de los cultivos en callejones.

Por otra parte, las especies *Gmelina* o *Tectona* pueden someterse a una entresaca de árboles selectos con seguimiento o a corte a matarrasa repetido de los retoños hasta que haya un trozo largo de madera sólida o para uso en chapas para cosechar en el sentido tradicional.

Pautas generales:

- El grado de intolerancia de la mayoría de los árboles de usos múltiples oscila entre moderado y alto. Por tanto, un corte de cosecha que verdaderamente sirve para regeneración es comúnmente un corte a hecho, cuando se trata de especies que crecen bien después del corte a matarrasa, y uno de regeneración bajo cubierta, cuando se trata de especies que responden mal al corte a matarrasa pero se desarrollan bien en rodales de la misma edad.

- Si ya se ha establecido una regeneración avanzada abundante (bastante común cuando hay *Leucaena* sin pastoreo, por ejemplo), toda la copa principal se puede retirar de un solo corte. Este se llama regeneración bajo cubierta de un corte o, en algunos lugares, sistema uniforme de Malaya cuando el corte de la cosecha va seguido de entresaca/liberación del piso dominado y de regeneración.

- Si no hay regeneración avanzada, se hace entonces un corte en dos o aun en tres etapas, retirando comúnmente de 60 a 80% de la superficie basal del piso dominante en el primer corte y, una vez lograda la regeneración, el resto en cortes subsiguientes.

- La regeneración sufre daños menos graves si todavía es bastante joven cuando se retira por completo el piso dominante.

- Si está rodeada de árboles, la dimensión mínima de la zona cosechada debe ser normalmente la altura de los árboles adyacentes de mayor tamaño. Si la zona cosechada está expuesta a un campo abierto o a una pradera de pastoreo al menos en un lado, no hay una dimensión mínima, aunque las aberturas mayores producirán de ordinario una regeneración más extensa y rápida. Todas las secciones de la abertura deben recibir luz solar directa durante parte del día.

- De ordinario, las especies con un grado de tolerancia moderado a alto sobrevivirán mejor en condiciones en que no estén expuestas por corte a hecho; sin embargo, crecerán más rápido si reciben luz solar directa al menos parte del día o están ligeramente bajo la sombra con abundantes claros de sol. Hay que recalcar que el corte de regeneración bajo cubierta es ideal, por lo común, aunque con frecuencia puede haber establecimiento en fajas cortadas a hecho, cuya anchura no sea mayor que la altura de un árbol y en cortes de selección que tengan de diámetro una dimensión equivalente a la altura del árbol.

- Independientemente del tipo de corte de la cosecha, las especies distintas de las preferidas comúnmente se presentan tan a menudo como las deseadas o quizá con mayor frecuencia.

La limpieza y el control de malezas son tan importantes en los rodales regenerados naturalmente como en las plantaciones.

6.0 Mediciones

Recuerde lo siguiente:

- La investigación exige precisión y corrección y cuando se realiza a largo plazo y en cooperación y es de índole general requiere una metodología uniforme.
- Los métodos deben adaptarse a normas y a terminología generales y bien establecidas. Para medir productos especiales, trate de seguir el dictamen de las normas vigentes. Documente cuidadosamente los métodos de analisis, instrumentos y técnicas de medición.
- La creación de modelos matemáticos exige medición precisa de las características significativas del medio ambiente y de los organismos, apropiadas para probar una o más hipótesis.
- La ciencia puede y debe proporcionar una medición constante y precisa.
- La medición precisa debe ser duplicable, sobre todo en la labor científica cooperativa de una red de investigaciones.

Precisión. La precisión se refiere a la corrección de la medida. Esta es equivalente a la mitad de la unidad de medición (véase también precisión estadística, sección 2.4), es decir, si se mide hasta el centímetro (cm) más próximo, la precisión equivale a medio cm. Si se mide hasta el metro (m) más próximo, la precisión es de medio m.

Corrección. Se refiere a la medición correcta. Se determina por medio de dos factores: coherencia y realidad. Si la medición repetida del mismo objeto varía, no puede ser correcta. Con un calibrador de Vernier, es posible medir el diámetro a la altura del pecho (dap) de un árbol hasta 1/10 mm. Pero si el calibrador se traslada a otro sitio, la nueva medida del dap del mismo árbol será diferente por causa de las irregularidades de la redondez del tallo, el espesor de la corteza y otras variables. La precisión es de 1/10 mm dividida por 2 = 1/20 mm, pero todas las mediciones no son las mismas, de modo que no pueden ser correctas. En ese caso, la precisión es ilusoria.

El segundo factor es la relación con la realidad. Si se desea medir el dap de un árbol, se debe determinar la altura del pecho. Esto se puede hacer de forma segura con una vara de 1,3 m de largo. Pero si la base de la vara se corta en ángulo, la parte afilada puede deslizarse a través de la hojarasca suelta, hundirse en el suelo blando, quedar fija en el suelo duro o aun descansar sobre una raíz levantada o una piedra. En ese caso, solo pueden ser correctas las medidas tomadas cuando el palo descansa en el suelo duro y hasta cuando la punta se desgasta o se rompe.

En la discusión anterior sobre precisión y corrección no se incluyen los errores de medición causados por accidentes o descuido. Los errores puramente aleatorios tienden a seguir las reglas de cualquier población escogida al azar. Ocurren errores positivos y negativos con igual frecuencia y errores leves mucho más a menudo que errores graves. Por tanto, los errores muestran una *tendencia* a anularse. La media de una parcela con muchos árboles puede ser correcta o no, pese a varios errores aleatorios. Los errores cometidos respecto de un árbol determinado (la unidad básica de la selección de genotipos) producen respuestas equívocas.

Sin embargo, muchos errores no son aleatorios en sentido técnico. Los especialistas forestales que dejan de medir la localización de la altura del pecho comúnmente estiman esa altura en forma excesivamente alta en la mañana y la van bajando poco a poco a medida que se cansan durante el día. Eso significa que sus medidas del dap en las parcelas son demasiado

Previous Page Blank

pequeñas por la mañana y demasiado grandes por la tarde. Estos no son errores compensatorios. En forma análoga, si un especialista forestal mueve el medidor de ángulos a su alrededor al dar la vuelta para observar toda la parcela en lugar de caminar como debe alrededor de ese medidor, la superficie basal medida es siempre demasiado grande.

Durante el registro se cometen muchos errores. Si hay un equipo de dos o más personas, la que mide debe determinar la dimensión del árbol y decir cuál es. La que registra debe repetirla y anotarla. Cuando ambas personas son igualmente bilingües, los errores se reducen cuando una dice cuál es la medida en un idioma y la otra la repite en el otro.

Cualquiera que sea el grado de precisión, las pruebas demuestran que la coherencia mejora al registrar las medidas de acuerdo con la unidad *precedente* y no con la más próxima. Por ejemplo, 1,2 y 1,8 se registran como 1; 35,4 y 35,9 como 35.

Por supuesto, se debe escribir claramente y con cuidado. Para ello hay que tener suficiente espacio para registrar las medidas. El costo de la escritura ilegible en espacios demasiado pequeños, aun si exige regreso al campo una vez solo para aclarar las notas, es muy superior a los beneficios del ahorro de papel.

La prevención de errores en cada etapa de investigación es necesaria y difícil y debe ser constante. Sin embargo, aún más costoso y frustrante es descubrir y eliminar los errores existentes. La mayoría de las técnicas que evitan errores son eficaces en función del costo. Cuando hay que volver a medir, la resolución de incompatibilidades en una serie significa tiempo y mano de obra, pero los errores de medición únicos son todavía peores. Pueden pasar inadvertidos y todo el estudio puede llevar a conclusiones erróneas.

6.1 Mediciones empleadas en la dasometría tradicional

Las mediciones de altura y diámetro empleadas en la dasometría tradicional se usan sobre todo para determinar el volumen del tronco o de partes del mismo.

6.1.1 Altura. Esta es la distancia vertical por encima de un punto de referencia. Algunos de los tipos específicos de altura empleados en la dasometría tradicional son:

- Altura total (h). Este es el valor de la altura medido con mayor frecuencia y se refiere a la distancia vertical desde el nivel medio del suelo (en un suelo relativamente nivelado) hasta la yema apical del tallo principal. En una pendiente, el punto de referencia más común es el nivel del suelo sobre el lado ascendente del árbol (figura 6.1).

  El tope del árbol se refiere a la yema apical del tallo principal, sin considerar el follaje ni las ramas laterales. Esta distinción es importante en el caso de algunos árboles tropicales con hojas de un metro o más de largo.

  La altura de un árbol inclinado o torcido se mide verticalmente, no a lo largo de la pendiente del tronco, y por eso es siempre inferior a la longitud del tronco. La razón es práctica, no teórica. Se puede determinar fácilmente la altura vertical de un árbol en pie con una sencilla operación de trigonometría, pero la medida real de su longitud es más difícil y costosa (figura 6.2).

- Altura comercial y comercializable. Puesto que ésta varía con el tiempo y el lugar, siempre se debe definir específicamente, por lo común, en términos de un diámetro mínimo aceptable. Si se aceptan trozas cortadas con un diámetro mínimo de 25 cm, la altura comercializable es igual a la distancia vertical desde el nivel del suelo hasta un punto del tronco con un diámetro de 25 cm. Esto se expresa algunas veces con la abreviatura h25. Sin embargo, esta convención no es de aceptación universal y debe definirse cuando se emplee.

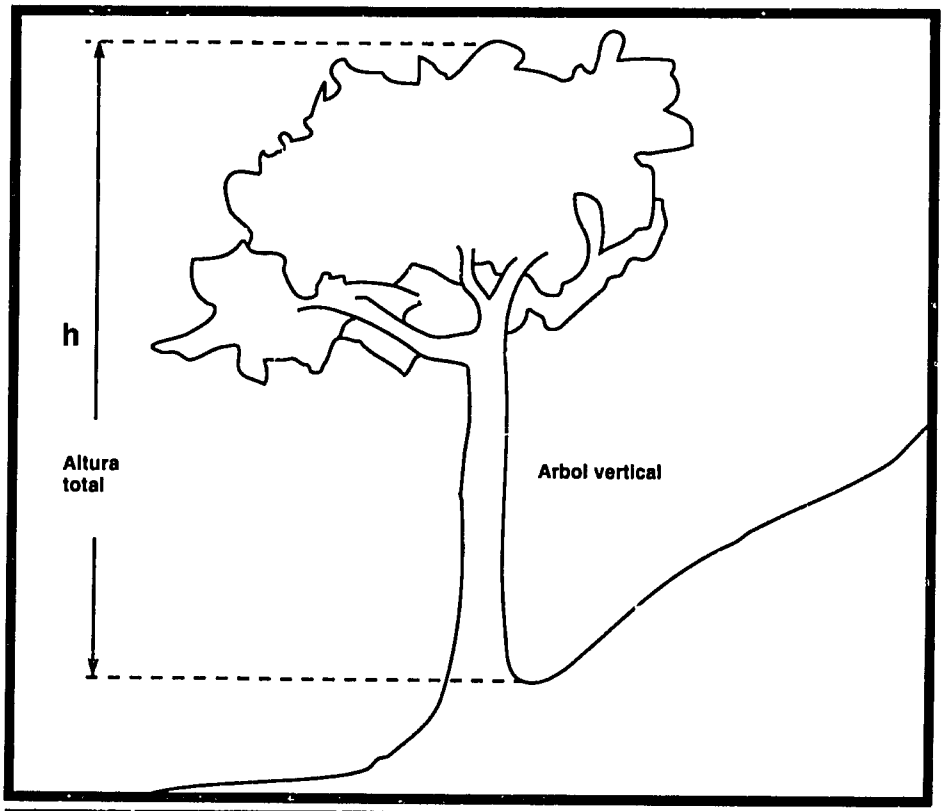


Figura 6.1. Determinacion del nivel del suelo para medir la altura del arbol

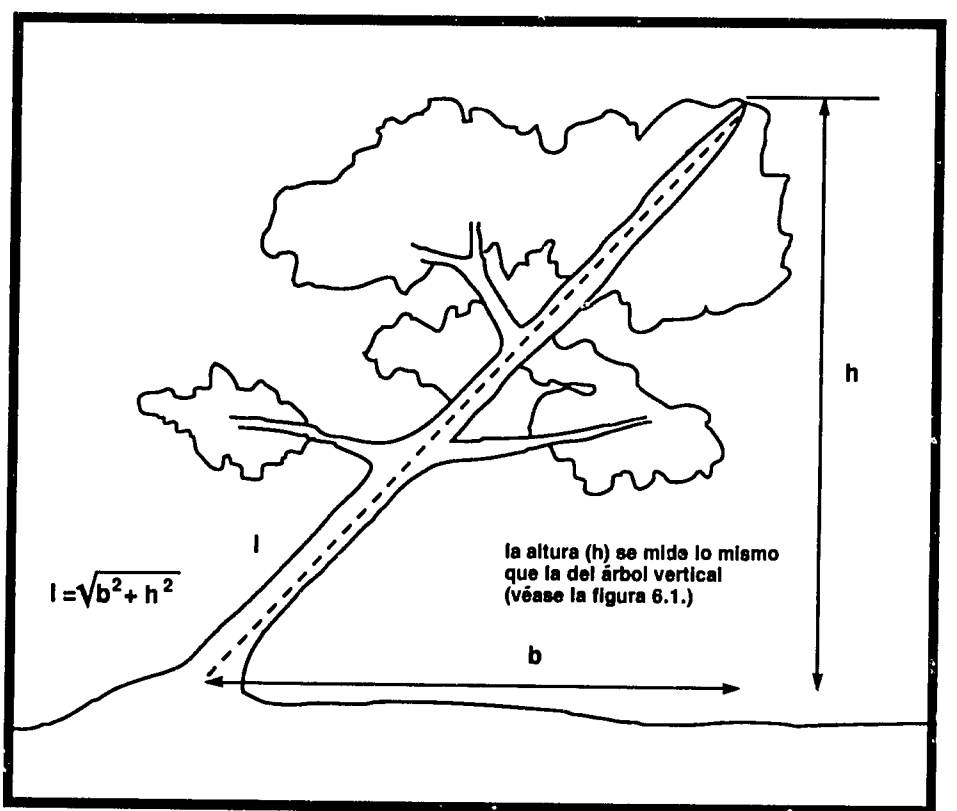


Figura 6.2. Medicion de la altura y longitud de un arbol inclinado

Puesto que el diámetro sin la corteza (dsc) es invisible desde el suelo, por lo general se mide o se estima el diámetro con la corteza (dcc) de un árbol en pie. Hay que recalcar que esta convención no es de aceptación universal y se debe definir cuando se emplee.

- o Altura de la copa. Esta es la altura vertical desde el suelo hasta la base de la copa viva. Cuando hay interés principalmente en la madera utilizable del tallo, la base de la copa viva se define a menudo como el punto de adherencia de la rama más baja de la copa continua, sin considerar las ramas aisladas o epicórmicas. Sin embargo, si el interés se centra en la productividad de la copa, se puede considerar la base de la copa viva como la parte más baja del follaje verde continuo. Se debe dar la definición correcta.

- o Longitud de la copa. Es la distancia desde la base de la copa hasta el punto más alto del tallo. Por consiguiente, la altura de la copa más su longitud (según se ha definido) debe ser igual a la altura total del árbol. Si no, se necesitan mejores definiciones (figura 6.3).

- o Use una vara graduada, fija o plegable, para medir la altura a un nivel conveniente (unos 10 m). Para árboles altos emplee un hipsómetro (para medir ángulos verticales) y una línea básica medida.

- o La altura se mide normalmente en cm cuando es inferior a 3 m, en dm (una décima parte de un metro) desde 3 m hasta 15 m y en metros cuando pasa de 15 m. Estas unidades están relacionadas con límites de precisión más que de utilidad. Aun en ese caso, la precisión es a menudo falsa; sin embargo, estas son normas comúnmente aceptadas y deben adoptarse a menos que se pueda demostrar que otra unidad es superior.

En las pruebas efectuadas se ha demostrado que la medida hasta la unidad precedente (por ejemplo, 1,2 y 1,9 se clasifican como 1) da lugar a menos equivocaciones que la que se toma hasta la unidad más próxima (1,2 clasificada como 1 y 1,9 como 2). Sin embargo, el uso común favorece la clasificación según la unidad más próxima.

6.1.2 Diámetro del tallo. Como se indicó en la sección 6.1, la dasometría tradicional, el diámetro se mide sobre todo como un medio de determinar el volumen del tronco o de una troza. El volumen de un cilindro es igual a la superficie transversal multiplicada por la longitud, y el volumen de una estructura semicilíndrica como el tronco de un árbol se puede calcular como la superficie transversal multiplicada por la longitud multiplicada por el factor de la forma (una corrección para tener en cuenta la conicidad e irregularidad).

Si el árbol fuera perfectamente redondo, la superficie transversal sería sencillamente $r^2 \pi$ ó $(d/2)^2 \times \pi$. Sin embargo, por lo general, los árboles no son perfectamente redondos. El diámetro verdaderamente necesario es el que le da la superficie transversal real (figura 6.4).

Esta es la distancia igual al diámetro de un círculo con una superficie transversal igual a la del árbol en el punto de medición. Se calcula aproximadamente cuando se miden los mismos árboles en repetidas ocasiones durante el transcurso de los años (en la mayoría de las investigaciones), midiendo la circunferencia y dividiendo por pi (3,14159) o, más comúnmente, midiendo la circunferencia con una cinta calibrada en unidades de diámetro equivalente. Una unidad de un cm en la cinta equivale en realidad a 3,14159 cm de largo. Puesto que un círculo tiene la mayor superficie transversal posible de una circunferencia dada, un diámetro basado en una circunferencia siempre tiene un sesgo por exceso a menos que el árbol sea perfectamente redondo y la corteza sea lisa. Ese árbol es poco común.

El diámetro se determina a menudo con dos medidas tomadas con calibrador a ángulos rectos una de otra y la media aritmética se calcula a partir de ellas y se toma como diámetro real (figura 6.5). Un tercer tipo relacionado es una sola medida del diámetro tomada en cualquier punto si el árbol parece ser redondo y en un punto intermedio entre las partes más anchas y más estrechas si la asimetría es obvia. Las medidas con calibrador pueden ser demasiado

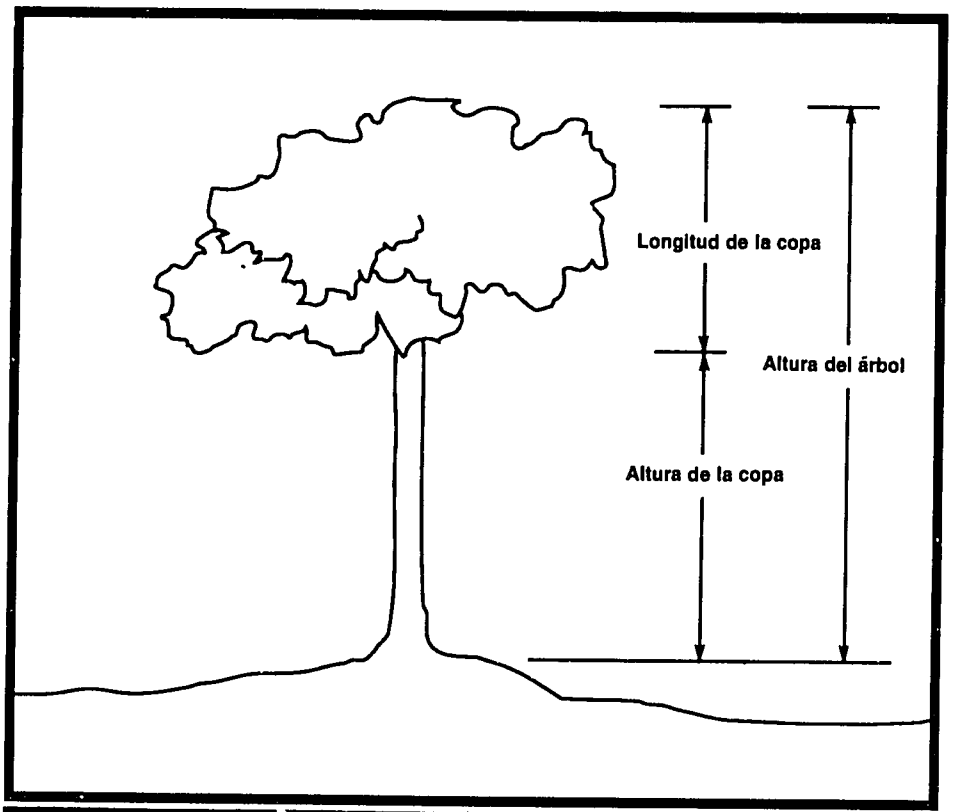


Figura 6.3. Altura y longitud de la copa.

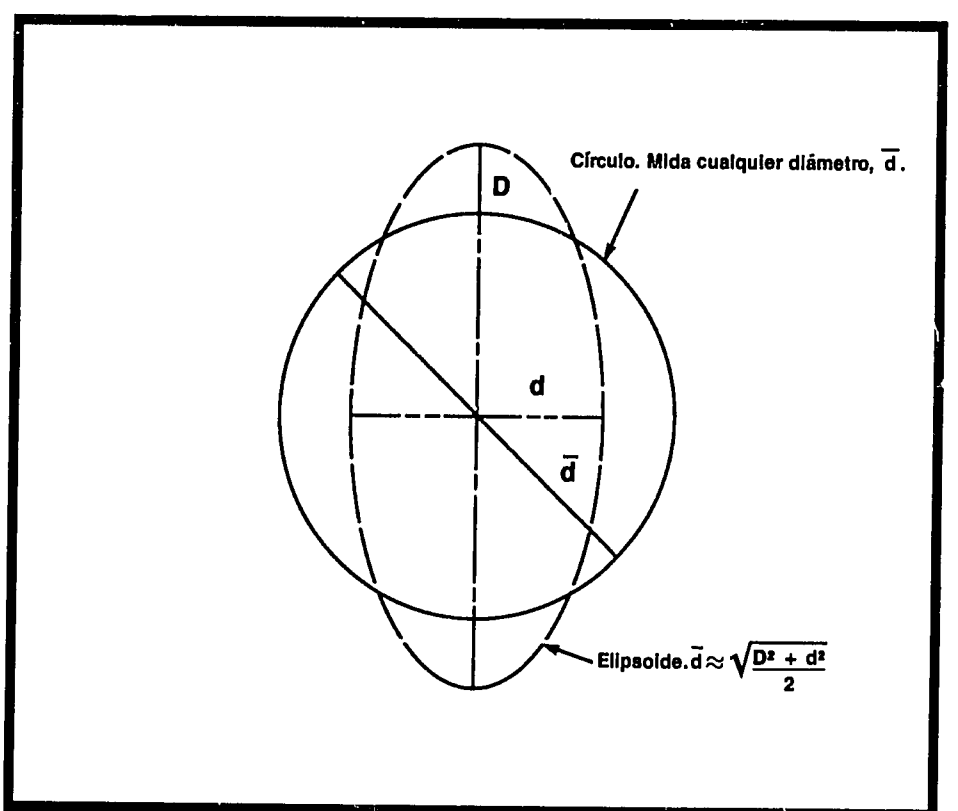


Figura 6.4. Medición del diámetro del tallo

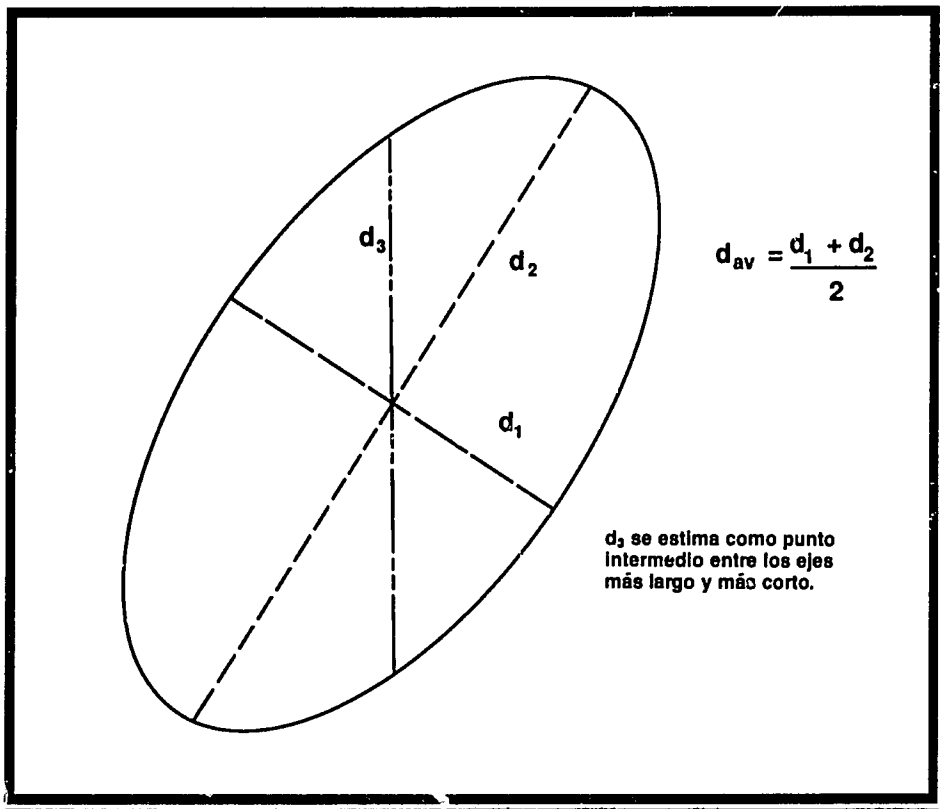


Figura 6.5. Medicion del diámetro con calibrador de corredera.

grandes o pequeñas en relación con la media verdadera y tienden a equilibrarse. Su media se acerca a menudo más al diámetro medio verdadero que al estimado a partir de las medidas de circunferencia, que llevan siempre a cometer errores demasiado grandes. Puesto que las medidas con calibrador pueden tomarse en cualquier punto de la circunferencia del árbol, no se pueden repetir en la práctica ni se adaptan bien para repeticiones en los mismos árboles.

Las medidas de la circunferencia tomadas con una cinta son más coherentes, pero las tomadas con calibrador frecuentemente son más correctas.

En la dasometría tradicional, el punto estándar para medir el diámetro es la altura del pecho. En el mundo del sistema métrico, que cada vez está más generalizado, eso equivale a 1,3 m sobre el nivel del suelo, en promedio o en el lado ascendente de la colina, según se especifique. En los países que todavía usan unidades del sistema inglés, la altura del pecho es de 4,5 pies (1,37 m). Si hay algún nudo o cualquiera otra anomalía a la altura del pecho, tome la medida hasta un punto cercano que se aproxime a la medida que habría sido correcta (por lo general, esta es de más de 1,3 m). En las parcelas de investigación donde la coherencia reviste importancia crítica, mida la altura del pecho desde la línea del suelo con una vara escalonada. Marque cualquiera otro punto usado con pintura u otro medio de identificación para referencia futura.

Por lo general, el diámetro a la altura del pecho (dap) incluye la corteza. Con fines de claridad, se designa algunas veces como dapcc (dap con la corteza) o dapsc (dap sin la corteza).

En el vivero, el diámetro se mide a menudo en el cuello de la raíz (dcr). Esa medida puede ser de 5 a 100 mm sobre el nivel real del suelo. A causa de las obstrucciones variables y la desigualdad de la superficie del suelo, se prefieren los 50 mm como norma. Sin embargo, hay que usar siempre el mismo punto y especificarlo. Se pueden usar varios calibradores para medir, pero un medidor cortado de fabricación casera puede ser más rápido y barato (figura 6.6).

Para medir el árbol en relación con el uso del tronco, el diámetro basal o a la altura del tocón se encuentra comúnmente a 30 cm sobre el nivel del suelo. En la práctica debe usarse siempre el mismo punto y especificarse.

En forma similar, todas las medidas registradas deben ser tan precisas como sea posible. Por ejemplo, el dap de un árbol vivo de 1 m de altura es 0 y no se debe registrar como faltante, aunque ni siquiera es necesario registrarlo. Un árbol de 1,4 m de altura tiene un dap > 0 y nunca se debe registrar como 0.

Si se registra el dap de los árboles de tamaño comercial en una parcela de investigación, se debe registrar también el de los árboles más pequeños de esa parcela. Si se deja de hacer eso, el dap medio tiene un sesgo por exceso y habrá diversos grados de distorsión hasta que se incluya el dap de todos los árboles. La interpretación de los resultados durante el período de transición es difícil o conducente a equivocaciones.

Cuando se trata de medir las trozas o los segmentos más cortos del tallo de un árbol, se emplean varias combinaciones del diámetro con la longitud y su intensidad varía directamente con el valor del producto e inversamente con el costo de la mano de obra. Las medidas más comunes son d en la parte superior y la base de cada troza, sc si se han hecho los cortes terminales y cc si el tallo está todavía intacto.

Las medidas dentro de la corteza se hacen habitualmente con una regla y las de fuera de la corteza con calibrador o, en raras ocasiones, con una cinta. En ese caso, se emplearía una cinta para facilitar el transporte y no para obtener medidas coherentes.

Fuera de esa combinación básica, se puede tomar el número de medidas deseado en los puntos de interés. Por lo general, entre más medidas se tomen, más preciso y correcto será el volumen calculado. En todo caso, sigue existiendo el problema básico de un tallo asimétrico, tanto en el corte transversal como cónico. Usted deberá registrar claramente los procedimientos correctos.

Si un tratamiento de manejo, como entresaca o poda, afecta la forma del tallo, comience a tomar las medidas del tallo en el momento del tratamiento, antes de que éste tenga efecto. Las medidas de todos los árboles sometidos a tratamiento deben ser iguales. La poda aumenta el crecimiento relativo del diámetro de la parte superior del tronco en relación con el dap y el mayor crecimiento porcentual se observa en la base de la copa viva. Si se podan los árboles a una altura de 4, 6 y 8 m, por ejemplo, el efecto máximo en el crecimiento del diámetro del tronco será de cerca de 3,7, 5,7 y 7,7 m, respectivamente. En todas las parcelas del estudio se debe medir el dcc a la misma altura (figura 6.7).

El diámetro de la copa (dk) también recibe influencia de la entresaca y el espaciamiento, así como de la poda, la especie, la calidad del sitio y la edad. Es quizá el mejor indicador de competencia y se mide con frecuencia para evaluación de ésta.

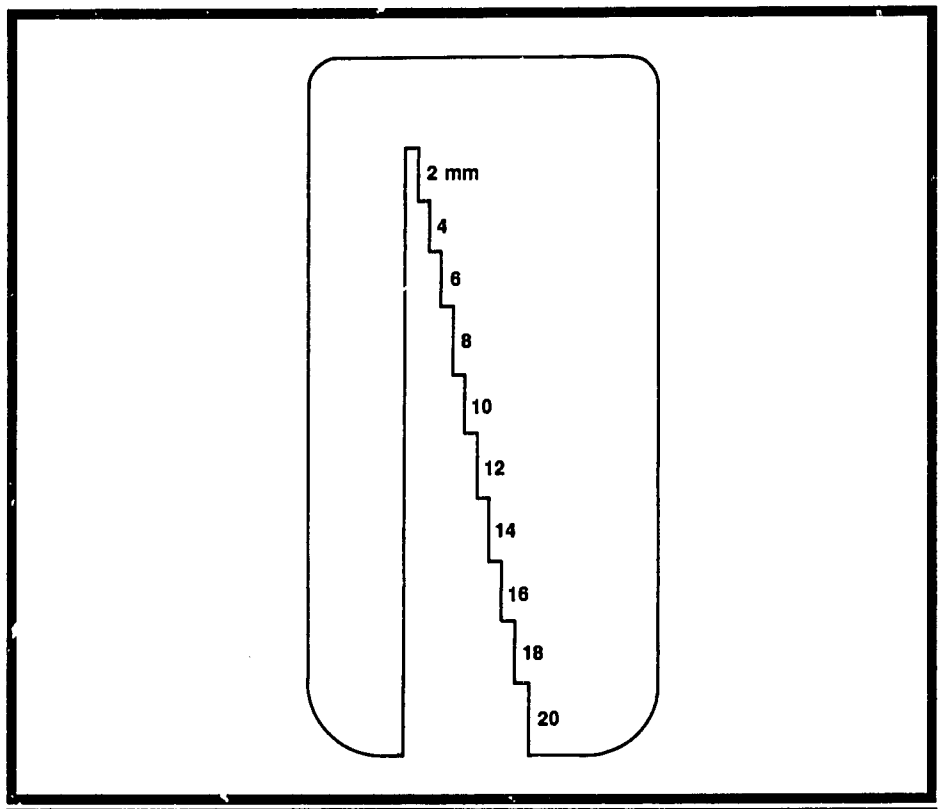


Figura 6.6. Medidor de diametro del cuello utilizado en los viveros

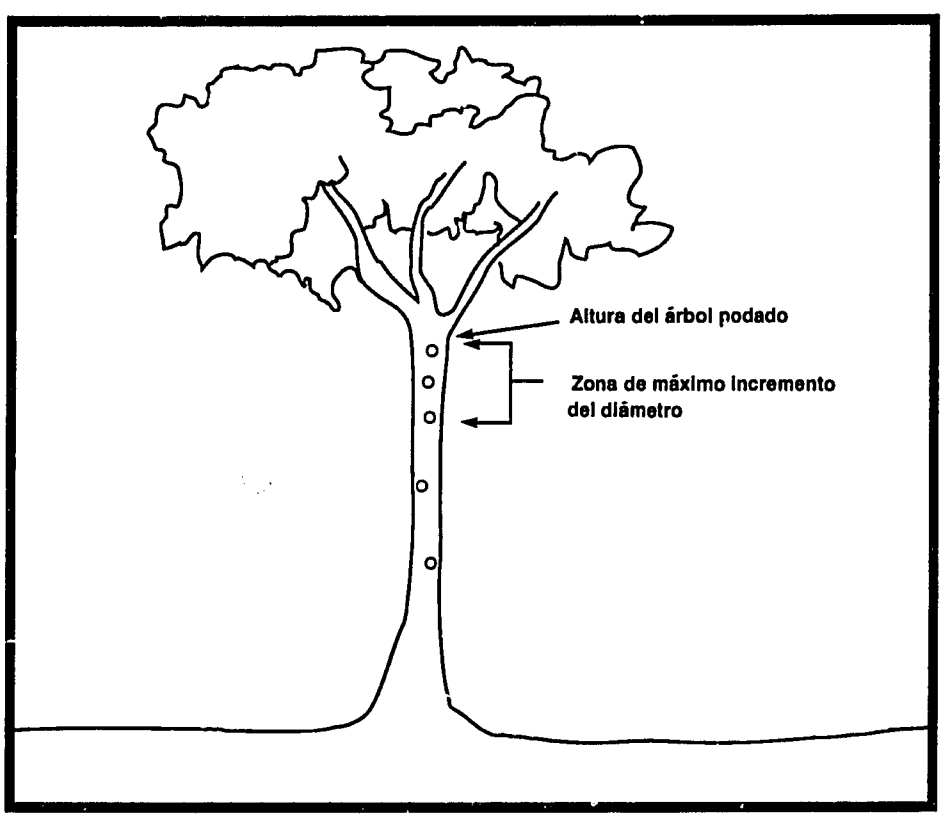


Figura 6.7: Zona para medir los efectos de la poda

La copa se mide de ordinario con una cinta que no sea elástica, que se estira a lo largo del eje desde un extremo de la copa hasta el extremo opuesto, pasando por el centro geográfico. El extremo de una copa que esté de 5 a 20 m sobre el nivel del suelo se puede localizar situándose con los hombros paralelos a la cinta y la nariz colocada exactamente debajo del extremo de la copa. Si usted se coloca en una posición tal que los hombros queden perpendiculares a la cinta es casi imposible lograr coherencia (figura 6.8).

Si la copa es de tamaño regular, se puede medir a lo largo de dos ejes perpendiculares entre sí. Si la forma de la copa es irregular, se miden comúnmente los ejes más largos y más cortos, asegurándose de pasar por el centro geográfico.

6.1.3 Ejes múltiples. Estos tallos se tratan aparte cuando se separan a la altura del pecho. Por razones válidas desde el punto de vista comercial pero dudosas desde el punto de vista biológico, cada tallo se registra siempre como un árbol aparte. (En la sección 6.4 se ofrecen mayores detalles.)

Si se tratan los diversos tallos de un árbol, calcule el dap equivalente tomando la raíz cuadrada de la suma del cuadrado del diámetro de cada tallo (véase la sección 6.1.2). Use ese dap equivalente para determinar la superficie basal y el volumen. El volumen determinado a partir del dap equivalente es menos confiable, ya que depende también de la altura, que siempre varía en cada tallo.

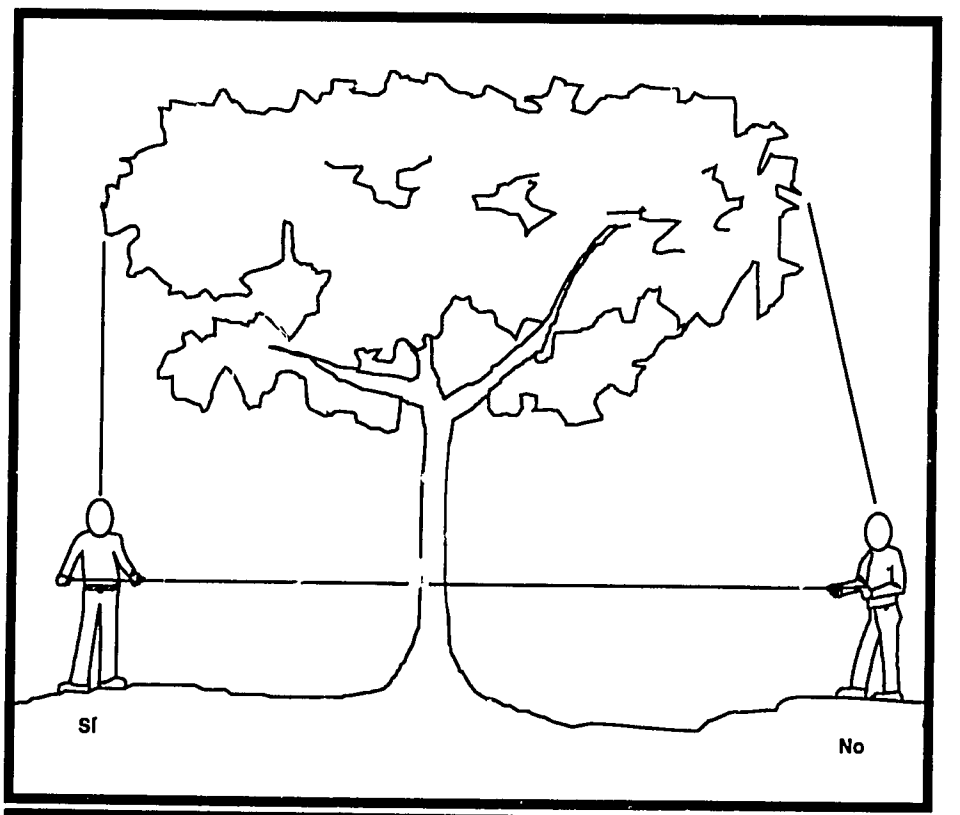


Figura 6.8. Medición del diámetro de la copa

6.1.4 Peso específico. Esta es la densidad básica (peso de la madera secada en hornos en relación con el peso de un volumen igual de agua). Aunque en el procedimiento empleado en la red de investigación en regiones húmedas y subhúmedas no se incluyen disposiciones para medir y registrar el peso específico de cada árbol, esa información puede mejorar las futuras investigaciones genéticas y la regeneración biotecnológica.

El peso específico se puede obtener con precisión solo mediante muestreo destructivo, que consiste en el retiro permanente de un árbol o un segmento de éste del ensayo de campo.

El método menos destructivo y menos correcto consiste en retirar una muestra de crecimientos de la corteza a la médula con un perforador hueco. El peso específico varía con la edad de la médula dentro del tronco, de modo que se debe ajustar la muestra según la edad o, al menos, la posición. Hágalo con una operación aritmética dividiendo el centro del árbol, desde la médula hasta el cámbium en secciones o anillos anuales, si es posible. Calcule el porcentaje del total de la superficie transversal del tallo relacionada con esa longitud del centro y determine el peso específico según el volumen del tallo representado para obtener el peso específico medio ponderado. La utilidad de ese cálculo es dudosa. Eso mismo debe tenerse en consideración cuando se usen dos o más centros desde la misma posición vertical en el tallo.

El peso específico varía también con la posición vertical dentro del árbol, de modo que se debe duplicar el mismo procedimiento en otros puntos superiores del árbol si se desea mayor corrección con respecto a la totalidad del tallo.

Por lo común, si un centro no da suficiente información, demore el análisis hasta que se tale el árbol, cuando se podrá tomar un corte transversal completo o una porción triangular de un corte transversal a la altura del pecho. Para mayor información, incluya muestras representativas de cada parte del árbol. El peso específico de la base es comúnmente mayor que el del punto intermedio, que es mayor que el de la punta del tallo. Todo se debe incluir en las mismas proporciones que tiene la madera representada. Por tanto, no se deben desechar ni dividir las muestras grandes, a menos que todas se dividan de la misma manera.

Un estudio secundario que valdría la pena hacer permitiría mantener registros aparte del peso específico de cada árbol y de la posición de la madera en el árbol para analizar la variación según la posición, el tamaño, la edad, etc. Eso podría simplificar el muestreo futuro sin perder corrección.

El cálculo del peso específico se complica por las variaciones del contenido de humedad de la madera. El volumen máximo ocurre solo cuando la madera está completamente saturada. Por lo consiguiente, se debe determinar el *volumen* de la madera en el punto de saturación, por lo general por inmersión, pero el *peso* de las fibras de la madera solo se podrá determinar cuando se haya retirado toda el agua.

Por tanto, practique el procedimiento siguiente:

1) determine el volumen de la madera en el momento de cortarla,

2) séquela a una temperatura de 30 a 80°C hasta lograr un peso constante,

3) determine el peso, y

4) divida el peso en gramos por el volumen original en cm^3. El decimal resultante es el peso específico.

6.2 Mediciones no tradicionales

Todavía no existen procedimientos ampliamente aceptados para medir los árboles de usos múltiples (AUM) y sus productos. Sin embargo, **es preciso** adoptar una metodología coherente y uniforme para que aun el mismo científico pueda efectuar comparaciones válidas de los experimentos.

Todavía hoy, muchos especialistas forestales del mundo usan una altura del pecho de 1,37 m y otros una de 1,3 m. No se ha demostrado que una sea mejor que la otra, pero esas medidas difieren en proporción variable según la especie, la edad, el sitio y los tratamientos anteriores. La única forma de saber hasta qué punto varían es midiendo los mismos árboles de ambas formas. Puesto que eso casi nunca se hace, los datos nunca son exactamente comparables.

En forma similar, tampoco hay prueba de que un diámetro basal medido a una altura de 30 cm sea siempre superior o inferior a una medida de 50 cm. Sin embargo, para efectos de comparabilidad entre años, parcelas y experimentos, solo se puede usar una altura. Es preciso adoptar métodos uniformes de medidas si se pretende hacer comparaciones válidas de los resultados de diferentes estudios.

6.2.1 Altura total. Tome las mismas medidas que en la dasometría tradicional por las mismas razones.

Determine la altura del tallo principal solamente.

6.2.2 Longitud del tallo. Puesto que muchos árboles de usos múltiples son inclinados, particularmente en los primeros años, conviene medir la longitud total del tallo, desde el nivel del suelo hasta la parte superior del tallo correspondiente, lo que equivale a la altura si el árbol estuviera derecho (figura 6.9). No se debe confundir la longitud total con la altura total. Un chupón o una rama en posición aproximadamente vertical a menudo supone dominio apical y alcanza una altura mayor que la de la guía original, pero la longitud del tallo es menor (figura 6.10). No importa cómo se manejen las cifras, los registros son difíciles de interpretar o equívocos si no se hace la distinción entre la longitud y la altura de los árboles inclinados.

Si se mide la longitud, mida todos los tallos, excepto el principal, desde el punto de adherencia al tallo principal hasta el extremo en crecimiento del tallo secundario o hasta otro punto especificado.

6.2.3 Diámetro. Tome las mismas medidas tradicionales. Puesto que muchos árboles de usos múltiples tienen muchos tallos y a menudo son espinosos, quizá sea difícil el acceso a la altura del pecho. En esas especies se puede medir el diámetro solo en la base (db), de preferencia a 30 cm. Si se espera que la especie alcance tamaño y valor industrial, la medida del dap es suficientemente importante como para podar el árbol con fines de acceso. La medida basal de los futuros pies maderables (cuando procede) debe tomarse a 30 cm del suelo.

Mida cada uno de los tallos y regístrelos por separado si son distintos en el punto en que se mide la altura. En las especies con potencial industrial, esa medida es la altura del pecho. En las especies sin potencial industrial, puede ser la altura del pecho, la altura del diámetro basal o ambas.

Para determinar el diámetro combinado de todos los tallos de un árbol de varios tallos, el diámetro es equivalente a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada uno de los diámetros del tallo, es decir: d_t = raíz cuadrada $(d_1^2 + d_2^2 + ...d_n^2)$.

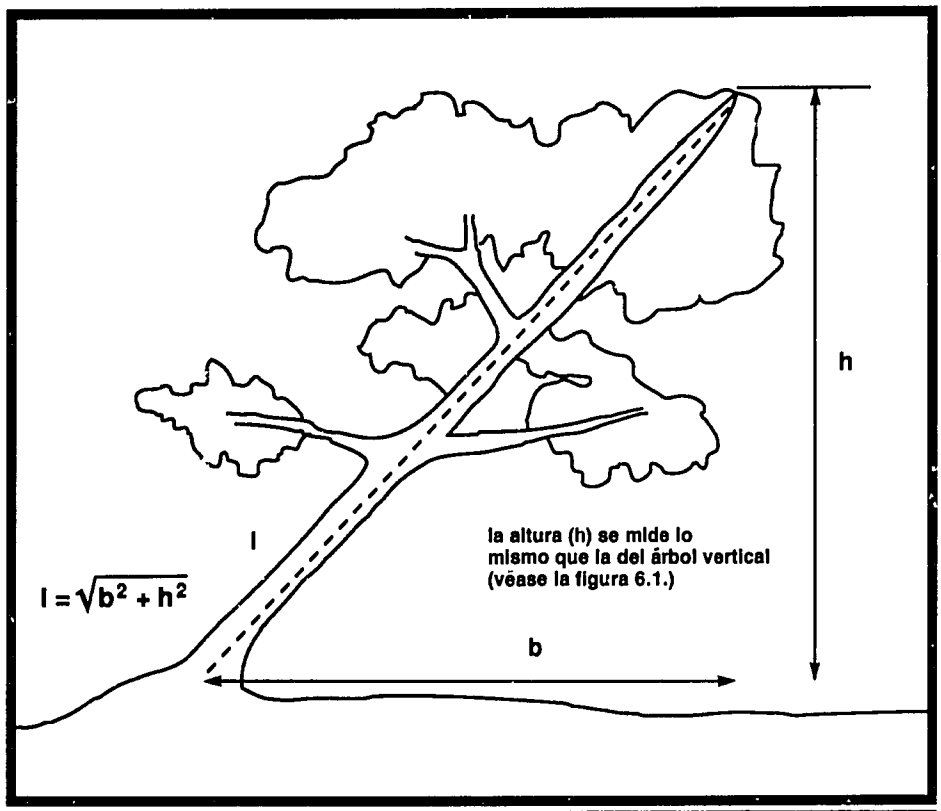


Figura 6.9. Medición de la altura y longitud de un árbol inclinado

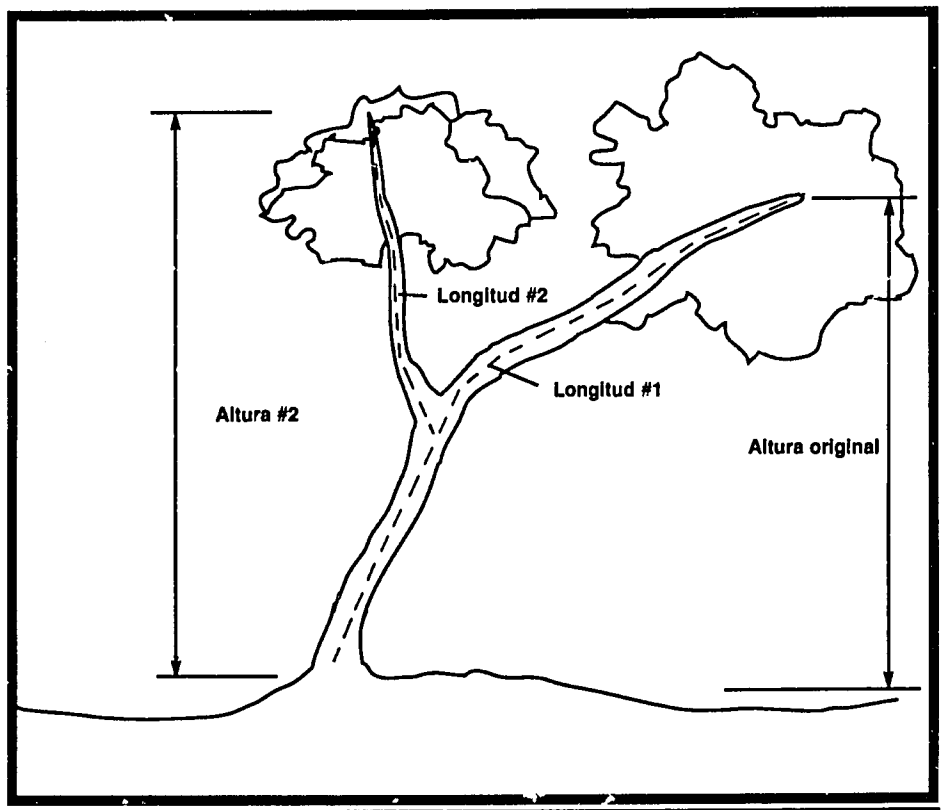


Figura 6.10. Medición de la altura y longitud de los tallos principales viejos y nuevos

Mida la longitud y el diámetro de cada uno de los tallos, cualquiera que sea la forma en que se escojan, hasta que se haya confirmado que la relación entre la longitud y el diámetro es igual a la relación entre la altura y el diámetro del tallo principal; de otro modo, se establece otra relación para los tallos secundarios.

6.2.4 Volumen de madera. A causa de la forma irregular, el volumen de madera de los árboles de usos múltiples es más difícil y costoso de determinar que el de los pies maderables y otros productos voluminosos.

La determinación del volumen depende sobre todo del tamaño del producto. En el pasado, el volumen de pequeños productos de madera se ha basado generalmente en las medidas brutas de los productos apilados (figura 6.11). Sin embargo, el contenido real de madera de esos productos varía tanto que los volúmenes apilados son de poca utilidad para la investigación.

Si el árbol o las muestras son suficientemente pequeños, se puede emplear toda la muestra para determinar el peso específico (densidad básica). Para ello, determine el volumen húmedo mediante desplazamiento de la madera antes de secarla (figura 6.12). Llene completamente el recipiente con agua, sumerja la madera y luego mida el líquido que se derrama. La madera debe estar completamente sumergida, pero el hundidor no debe desplazar ninguna cantidad de agua. El volumen de madera es igual al volumen de agua derramado. A la inversa, el volumen de la madera en centímetros cúbicos (o litros) es igual al peso del agua derramada en gramos (o kilogramos). O el volumen de la madera es igual al peso del recipiente lleno de agua menos el peso del recipiente con agua que no se derramó al sumergir la madera.

Si las muestras son demasiado grandes y no hay un recipiente apropiado para medir el agua derramada, el peso de desplazamiento es igualmente válido. Coloque un recipiente con suficiente agua para cubrir las muestras de madera (y con desagüe de seguridad para evitar que se derrame) en una balanza y péselo. Coloque la muestra de madera en el agua y, con el hundidor, sumérjala hasta que quede debajo del agua. Mientras ejerce suficiente fuerza para mantener las muestras sumergidas, vuelva a pesarlas (véase la figura 6.13). El peso del recipiente con agua y con madera sumergida menos el peso del recipiente con agua solamente (en g) es igual al volumen de la madera (en cc). El peso específico se calcula de la misma forma en que se explicó antes.

Para los pedazos grandes, la medida de la longitud y de uno o más diámetros, como se hace en la dasometría tradicional, parece ser el método más prometedor.

Para grandes cantidades de cualquier tamaño, la economía exige muestreo, siguiendo los mismos requisitos básicos para cualquier tipo de muestreo de la población, acompañado de un modelo matemático.

En cualquier muestreo de madera, divida el total en tallos y ramas. Como se indicó antes, los tallos se definen como partes separadas del tronco principal por debajo de un punto de referencia seleccionado. La altura del pecho es el punto de referencia común de los árboles que crecen hasta alcanzar un tamaño industrial. El punto sugerido para árboles más pequeños es 30 cm sobre el nivel del suelo. Para cualquier medida de altura que se emplee como punto de referencia, otro criterio recomendado es que el diámetro del tallo lateral sea de más de 50% del diámetro del tallo principal a la altura de la medida. Cualquier material más pequeño se clasifica como rama. Defina los procedimientos empleados.

Algunos productos tienen clasificaciones específicas según el tamaño para ser aceptables o varias clasificaciones de diferentes valores. Los postes de las cercas o de las casas y las estacas empleadas para sostener las verduras son ejemplos de ello. Esos productos no se comercializan por peso ni volumen sino por unidad y se cuentan en lugar de medirse.

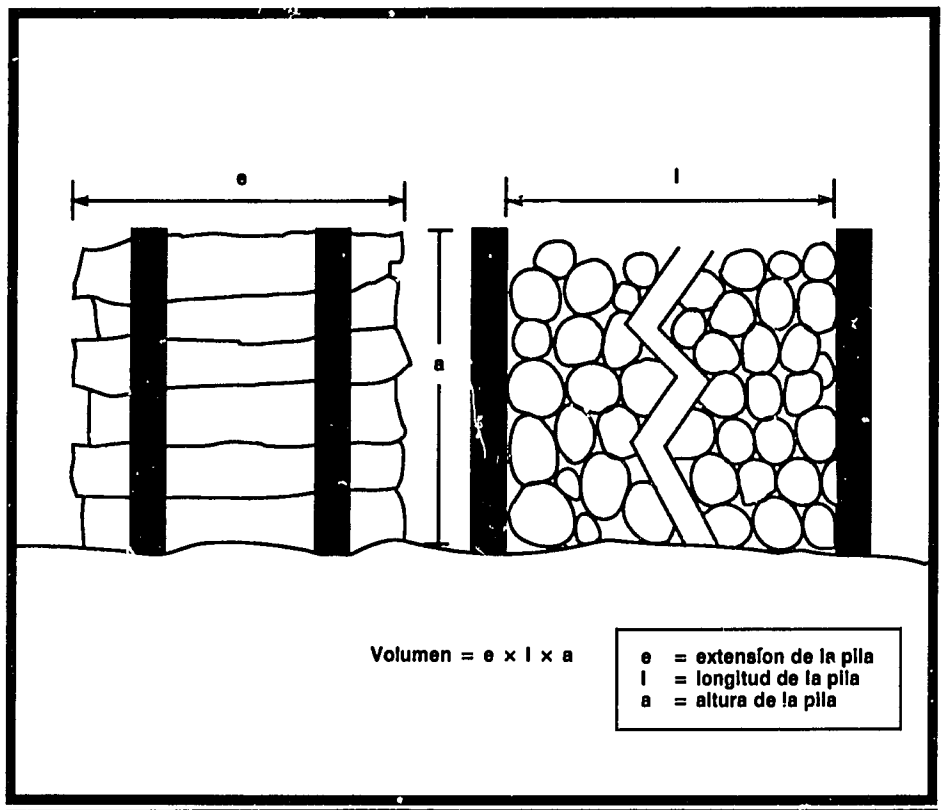


Figura 6.11. Medida del volumen de la leña apilada

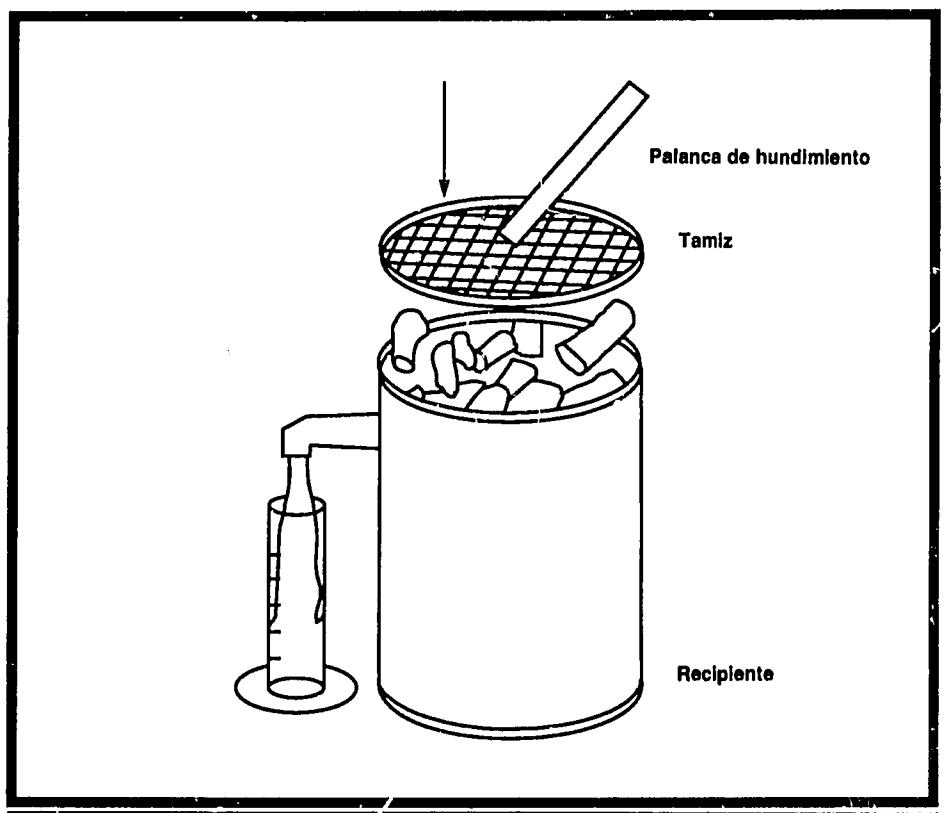


Figura 6.12. Medida del volumen de pedazos pequeños de madera por desplazamiento

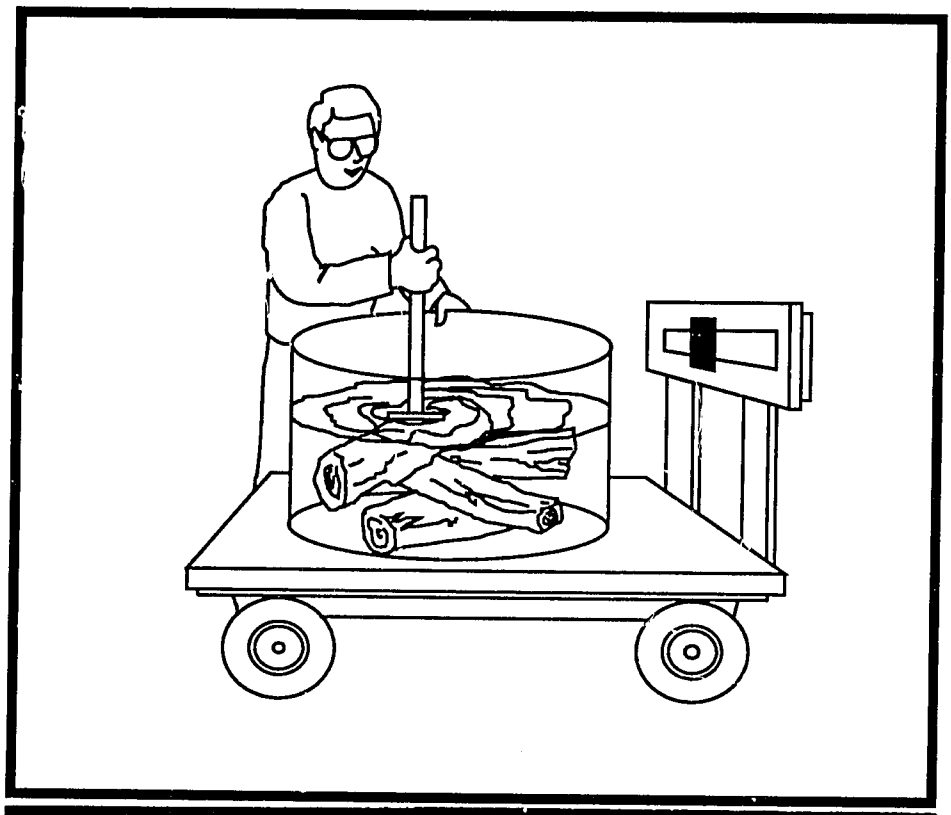


Figura 6.13. Medida del volumen de pedazos grandes de madera fresca por desplazamiento

Los productos tales como la leña y las astillas de madera para pasta se venden a menudo por peso. Determine el peso de la madera empleando una balanza portátil para pesar cantidades medianas o pequeñas o transportando grandes cantidades a una balanza industrial de plataforma, si existe.

La mayor complicación para determinar el peso seco de la madera es, por supuesto, la cantidad variable de agua que contiene. El contenido de humedad de un árbol vivo (basado en el peso seco) varía con la especie y la estación de cerca de 50% por lo menos a 200%. Para determinar el peso seco de pequeñas cantidades de madera, independientemente del tamaño, estas deben secarse hasta obtener un peso constante, que se habrá que verificar de nuevo.

Cuando se trate de grandes cantidades, seleccione una muestra representativa debidamente obtenida. (La medida de pequeñas muestras bien seleccionadas de muchos árboles es mucho más representativa que la medida de un solo árbol completo.) La muestra se pesa fresca para determinar el peso húmedo y luego se seca a un peso constante. El peso de la muestra seca se divide por su peso fresco y después se multiplica el decimal resultante por el peso fresco total para determinar el peso seco total.

Con una operación matemática se puede calcular el peso seco total a partir del volumen total y el peso específico promedio. El peso específico varía con la edad y la altura del árbol, como se indicó antes, así como con el lado de un árbol inclinado y la posición vertical de las ramas, de modo que las muestras para determinarlo deben provenir de la porción leñosa utilizable del árbol, de preferencia de discos que contengan cortes transversales completos del punto de muestreo. Si "seco" se refiere a cualquier condición excepto secado en el horno, hay que incluir el factor calificativo y la especificación. Por ejemplo, séquese al aire hasta que el contenido de humedad sea de 12%.

6.2.5 Sustancias extractivas. La distribución de sustancias extractivas dentro de un árbol no se ha notificado adecuadamente para permitir el establecimiento de un sistema de muestreo estratificado. Usted debe tomar una muestra de todos los tejidos que contengan la sustancia extractiva de interés con un esquema sistemático imparcial o uno aleatorio. Los análisis de cada punto de muestreo dentro del árbol le ofrecen la oportunidad de determinar la distribución interna, pero son más costosos que unos pocos análisis de una muestra compuesta.

Usted debe indicar, por fecha y en la unidad métrica apropiada, cuáles fueron las resinas y gomas extraídas del árbol en pie. Aunque se prefiere el rendimiento por árbol, se acepta el rendimiento por parcela. El empleo del rendimiento de muestras compuestas por bloque u otra combinación de parcelas sin tratamiento como unidad básica de notificación no constituye investigación muy informativa.

6.2.6 Forraje. Incluye follaje y, en muchas especies, corteza y ramas suculentas, flores y frutos. Para obtener datos detallados, pese por separado el follaje, el material suculento, las flores y los frutos. Cuando se trata de arbustos y árboles pequeños, se puede retirar todo el follaje y las ramas suculentas de < 2 cm de diámetro (u otro límite especificado) para utilizarlos como forraje y se deben pesar frescos y secos.

Para determinar el peso de cualquier parte de un árbol, ya sea el árbol entero o una muestra de cada parte, hay que determinar el peso de las flores frescas antes de retirar y pesar el follaje; éste debe pesarse antes de cortar y pesar las ramitas, cuyo peso deberá verificarse antes del de los frutos, ramas y tallos, en ese orden. Es preciso pesar cada árbol antes de tumbar otro.

Cuando se trata de árboles grandes, se deben pesar solo muestras por razones de economía. Puesto que la estructura y el contenido del follaje varían con la edad y la posición, sus muestras de follaje se deben tomar de posiciones escogidas sistemáticamente o al azar en la copa.

Es satisfactorio cualquier esquema de muestreo que lleve a tomar muestras representativas de las hojas según la edad, la exposición al sol en lugar de a la sombra y la posición en la copa. Lo más fácil es quizá usar todas las hojas y ramitas suculentas de cada rama escogida. Antes de retirar cualquier parte del follaje, seleccione una muestra al azar de ramas de primer orden (de preferencia, de 10 a 15 ramas). En seguida, seleccione al azar una muestra de ramas de segundo orden de cada rama de primer orden. Luego, seleccione al azar una rama de cada orden inferior sucesivo hasta que llegue a una ramita con hojas verdes (figura 6.14). Junte todas las hojas verdes y el otro material de forraje aceptable para formar una muestra compuesta.

Para el análisis de laboratorio del contenido de nutrientes del forraje, es adecuada una submuestra de la muestra compuesta después de mezclarlo bien con la muestra original, dividir por mitad, volver a mezclarlo, redividirlo y repetir la operación hasta que se obtenga una muestra del tamaño deseado.

Como se indica en la sección 6.1.1, para determinar la productividad de la copa, es preciso medir su longitud como la parte que tiene follaje verde y no como la longitud del tallo principal con ramas que tengan hojas. La diferencia puede ser apreciable en árboles con ramas colgantes o fastigiadas.

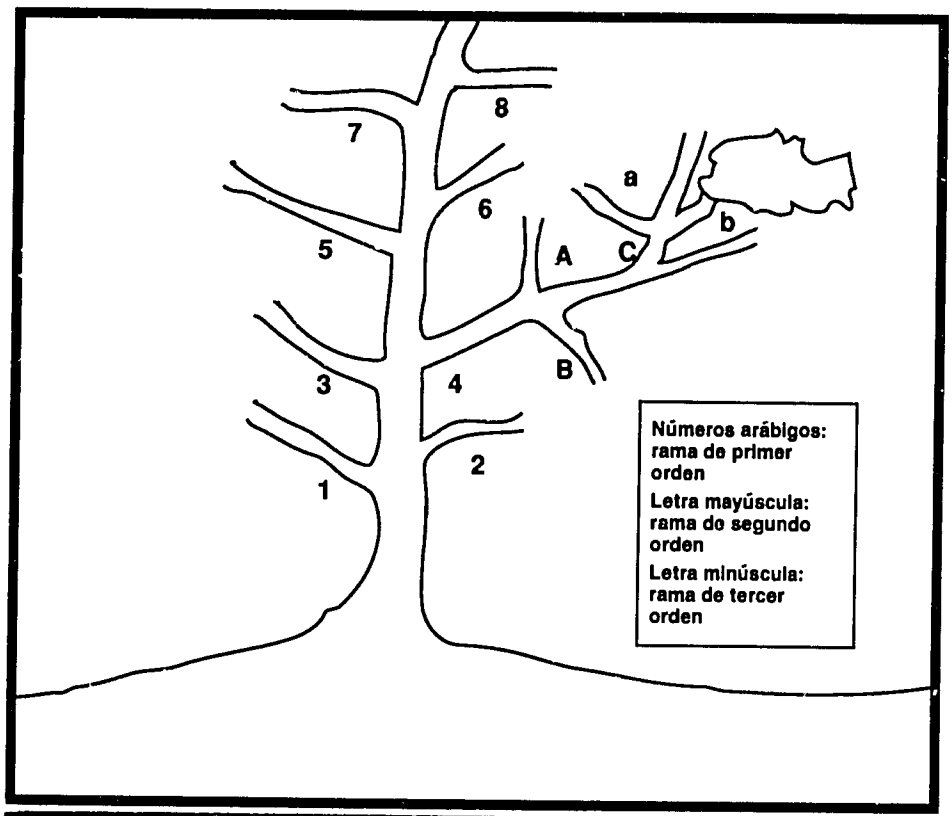


Figura 6.14. Selección de muestras de forraje de un árbol grande

6.2.7 Rendimiento de los cultivos intercalados. También se debe notificar el rendimiento de los cultivos intercalados en forma apropiada, empleando una unidad métrica debidamente definida. Si se pretende relacionar el rendimiento del árbol con la proximidad, estratifique las medidas de la muestra por la distancia del árbol, de preferencia a partir de parcelas rectangulares con el eje largo perpendicular a una línea recta que conecta el centro de la parcela con el árbol más cercano (figura 6.15).

Es bastante común observar una longitud fija de una sola hilera empleada como unidad de muestreo en cultivos. Eso no se debe hacer ya que el desarrollo del cultivo a menudo está correlacionado con cada hilera.

Para que la interpretación tenga sentido, en el muestreo **es preciso** incluir cultivos del mismo campo que representen la escala completa de interacciones con los árboles. La información importante no consiste comúnmente en determinar si los cultivos que están junto a un árbol quedan afectados, sino cómo varía el rendimiento de un cultivo con la distancia del árbol y cómo afecta ello al rendimiento total del sistema de producción de cultivos y árboles.

Para obtener buenos resultados generales, hay que considerar el uso de árboles y residuos de cultivos. Si se incluyen animales en el sistema, también deberán formar parte de los resultados (véase la sección 6.2.8 a continuación).

Es posible que la información suplementaria revista importancia crítica para la interpretación. Esto incluye fechas exactas de cultivo y cosecha, cantidad y distribución de lluvia, especies y variedades de cultivo y métodos e insumos de cultivo.

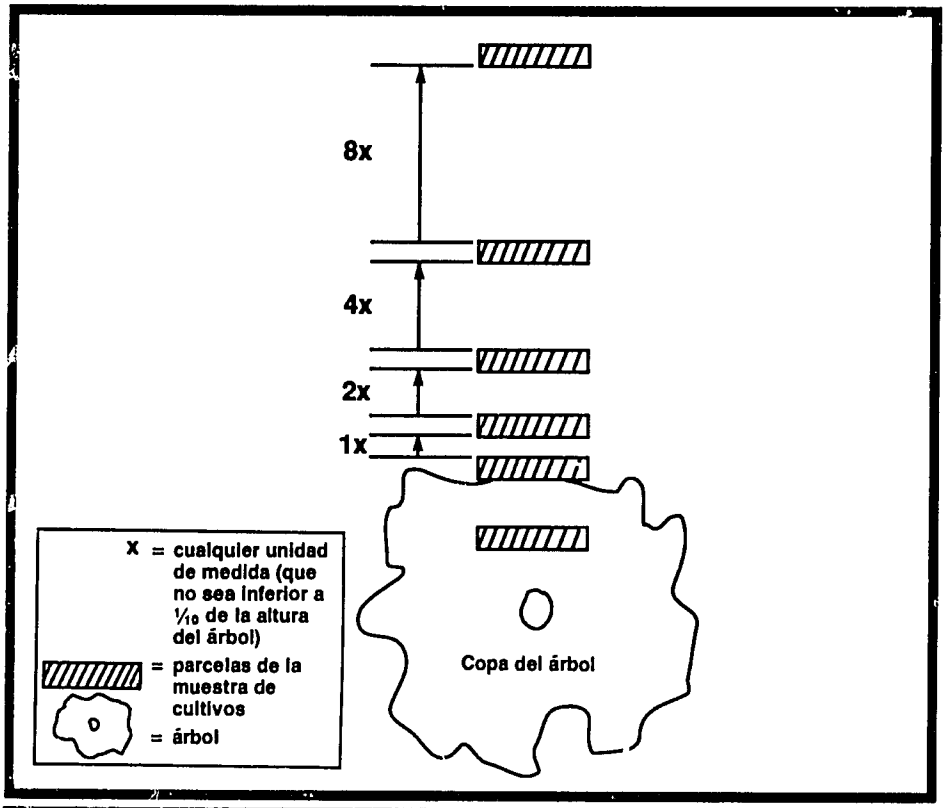


Figura 6.15. Toma de muestras del rendimiento de los cultivos intercalados (vista desde un plano vertical).

6.2.8 Producción animal. La producción animal es una medida compuesta calculada a partir de 1) la tasa de reproducción, el tamaño de la camada y el peso al nacer de la progenie, 2) el aumento de peso y/o el rendimiento de leche medido en gramos o kilogramos y 3) la supervivencia. Los pequeños productores raras veces pesan a sus animales, pero los investigadores pueden pesar fácilmente ovejas y cabras con una balanza colgante. Es difícil determinar directamente el peso del ganado vacuno y de los búfalos sin equipo pesado y costoso.

Los sustitutos comunes de las medidas deseadas son:

- o estimación de la edad a partir de la dentición
- o estimación de la tasa de reproducción y la mortalidad a partir de la estructura del hato y de la memoria del productor respecto de entradas y salidas de ganado
- o estimación de la productividad animal a partir de visitas mensuales regulares

Los substitutos son obviamente menos precisos y difíciles de relacionar con la nutrición y las condiciones de pastoreo durante un período corto específico.

Las diferencias entre las líneas de consanguinidad y el manejo general de la finca causan grandes variaciones entre una finca y otra. El número de animales por finca puede ser también bajo, lo que reduce la posibilidad de duplicar las observaciones.

La suplementación del pasto y los residuos de cultivos con forraje rico en nitrógeno en una sola estación seca puede contribuir sustancialmente al aumento de peso, al apoyo a las unidades animales, la reducción de la mortalidad y la mejora de la tasa reproductiva, la edad en el momento de la venta y la edad en la primera parición. Es de esperar que, en muchos casos, la magnitud de la mejora sea aparente para los productores con experiencia.

Como sucede con los cultivos, es esencial dar información suplementaria sobre los animales domésticos, que debe incluir especie, raza, edad, cuidado, salud, lactancia y clase de trabajo en que se emplean. Los resultados son más fáciles de repetir en un sistema de corte y acarreo que cuando los animales están en pastoreo. El rendimiento de forraje también es mayor y más sostenible.

6.3 Medidas subsiguientes

Cuando vuelva a medir cualquier parte de un árbol, realice los procedimientos exactamente como antes. Hágalo con el mismo instrumento de medida, altura de referencia y precisión. No obstante, si el personal es el mismo, asígnele deberes distintos, si es posible; es decir, la persona que midió el árbol antes debe registrar los datos y la que hizo esta última tarea debe medir. Esto tiende a reducir los sesgos personales en el empleo de la técnica y la repetición inconsciente de errores, sobre todo cuando se toman medidas con frecuencia. Como se indicó antes, la mayoría de los esfuerzos por reducir los errores son eficaces en función del costo.

Para reducir los errores accidentales, al volver a realizar la operación lleve a la parcela las medidas previamente registradas. Si se pusieron en un sistema de computador, el registro llevado al campo debe ser la hoja impresa del computador y no las notas tomadas originalmente en el campo. Esto permite verificar el ingreso de los datos originales y las medidas tomadas.

La persona que mide dice el nuevo número, la que registra lo verifica con las medidas anteriores y lo repite en voz alta si es compatible. Si la nueva medida es menos que la anterior (crecimiento negativo) o irrazonablemente alta, se le pide a la persona que mida de nuevo. No se le debe decir que aparentemente hay un problema sino hasta después de haber verificado la medida para evitar el sesgo de la segunda lectura. Si la medida verificada es incompatible con la anterior, el problema debe anotarse para resolverlo en la oficina.

6.4 Otras medidas

Habrá que tomar otras medidas, según sea necesario. Por ejemplo, se deberán hacer observaciones fenológicas al menos una vez al mes y, de preferencia, una vez a la semana, y pueden incluir capullos vegetativos o en flor, brotes de hojas y flores, iniciación, maduración y caída de frutos, abscisión foliar y otros. Se puede medir la variación del dap o del alargamiento de las puntas varias veces al día o aun continuamente, con precisión hasta de 0,1 mm. Para cualquier medida se habrán de seguir los mismos criterios básicos de corrección, precisión práctica y coherencia.

6.5 Modelos matemáticos

Una de las principales aspiraciones de la mayoría de los investigadores es preparar un modelo matemático que describa la relación actual de un organismo con el medio que lo rodea, incluso una predicción confiable de la forma en que los cambios del medio ambiente afectan el comportamiento de ese organismo.

Puesto que el medio ambiente y los procesos de la vida son tan complejos, la construcción de un modelo útil nunca es fácil. La primera necesidad es un sistema de computación y análisis que permita calcular varias relaciones dinámicas diferentes con facilidad y corrección y comparar la utilidad y confiabilidad de las diversas fórmulas calculadas. La ingenuidad y complejidad de los sistemas varían, pero todos se pueden reducir a un sencillo procedimiento.

- o Mida y clasifique las características continuas y distintivas del medio ambiente y de los organismos.
- o Formule una hipótesis de una o más relaciones matemáticas.
- o Ensaye las hipótesis partiendo de la base de los datos disponibles.
- o Seleccione las hipótesis más prometedoras.
- o Mida una nueva muestra de la población original y repita los pasos anteriores hasta que se logren la corrección y precisión necesarias.
- o Ensaye el modelo en una nueva población similar.

Se incorporan dos suposiciones en el procedimiento señalado. La primera son las medidas coherentes y correctas con una precisión real. La segunda es la selección apropiada de las principales características del medio ambiente y de los organismos. Esto exige conocimientos que abarquen, en conjunto, fitofisiología, silvicultura, medición, suelos, climatología y estadística. Algunas veces una sola persona tiene la experiencia práctica necesaria; en la mayoría de los casos, sobre todo a medida que aumenta la complejidad de cada campo, se necesitan dos, tres o más expertos.

Cada persona debe reconocer que la composición genética y los factores ambientales gobiernan los procesos y condiciones internos que regulan el crecimiento y desarrollo.

Hasta la fecha, la composición genética se controla con la selección de especies, procedencias, variedades, cultivares y genotipos. Los éxitos recientes en la identificación y transferencia de genes ofrecen esperanzas de lograr mayor precisión para controlar la composición genética en el futuro.

Los sensores e instrumentos de registro modernos permiten obtener una enorme cantidad de datos sobre el medio ambiente. Por tanto, es importante seleccionar, probar y verificar esos factores ambientales en forma más estrechamente relacionada con las características más importantes de las plantas y con su desarrollo.

Los procesos internos se entienden más o menos bien. Se pueden estimar diversas condiciones con un cierto grado de confiabilidad dentro de los límites del manejo de campo.

Por tanto, el talento y el arte de crear modelos están en seleccionar las especies y procedencias más prometedoras, los factores ambientales más reveladores, las prácticas de manejo que más favorezcan las condiciones internas deseadas y la expresión matemática que permita predecir en forma correcta y confiable la interacción probable de las entidades y condiciones.

7.0 Establecimiento y manejo de registros

Recuerde:

- o Ningún experimento está completo hasta que se hayan registrado, analizado y notificado los datos.
- o Los sistemas innecesariamente complejos o difíciles de manejo de datos incrementan el tiempo y el costo del análisis y la probabilidad de error.
- o Los errores de análisis de los resultados pueden llevar a interpretaciones equívocas tan graves como las que ocasionan el establecimiento o manejo deficientes y pueden ser aún más difíciles de detectar.

7.1 Medidas y observaciones en el campo

A medida que se selecciona, planea, establece, maneja y mide el estudio, asegúrese de describir las condiciones reales encontradas y los procedimientos seguidos. Todos ellos varían de un organismo de investigación a otro y de un científico a otro. Los ejemplos presentados en las páginas siguientes son los del Sistema de Información y Apoyo en la Toma de Decisiones (conocido como IADSS por su sigla inglesa) de la red de investigación sobre árboles de usos múltiples en Asia, coordinado por el Proyecto F/FRED. Se emplean formularios y datos similares sobre AUM en el sistema de Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos (MIRA) bajo el Proyecto MADELEÑA en América Central, el Sistema TREDAT en la Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Mancomunidad (CSIRO) en Australia y en DATACHAIN en el Consejo Internacional de Investigaciones sobre Agrosilvicultura (ICRAF) en Africa.

No se necesitan ni es posible tener registros absolutamente completos. Sin embargo, es indispensable mantener los relativos a casos que se apartan de lo previsto o planeado. En la mayoría de los experimentos, no es preciso registrar la precipitación pluvial por hora, por ejemplo, pero un período anormalmente prolongado de sequía durante la estación lluviosa puede influir en los resultados y, por tanto, deberá registrarse. Por eso, muchos experimentos incluyen la observación diaria y el registro de la lluvia en la plantación durante la fase de establecimiento o aun durante una ulterior.

En la figura 7.1[15] se dan ejemplos de las descripciones deseables en su forma real. En el cuadro 7.1 se da otra información descriptiva cuya inclusión debe considerarse.[16]

---

[15] La información del formulario C debe registrarse solo una vez. Si ya existe en la base de datos la identificación del experimento, de cinco caracteres, se llenará automáticamente en este formulario.

[16] Los formularios y la información descritos en el presente capítulo se tomaron del *IADSS user's manual*, edición correspondiente a la versión 2.0, que es el manual No. 1 de la serie de la red de investigación sobre AUM. Fue publicado en 1990 por la Unidad Global de Investigación del Proyecto F/FRED y ofrece instrucciones completas para usar los programas lógicos del sistema IADSS y el programa de análisis de los modelos F/FRED (FMOD).

FORMULARIO C: Información sobre el sitio del ensayo **AGREGUE**

ID: **LS-01**

Nombre del sitio: ElJuguete
Identificación del sitio: **ELJUG01**

Altura (m): **634** Aspecto (grados desde el Norte):**85**
Latitud (grados): **9** (min): **20** Dirección (N, S): **N**
Longitud (grados): **83** (min): **20** Dirección (E, O): **O**

Topografía del sitio del ensayo:
Gradiente del declive (grados): **7**
Posición del declive (A = alto, I = intermedio, B = bajo): **I**

Topografía general:
Gradiente del declive (grados): **10**
Longitud del declive (1 = < 100m, 2 = 100-500m, 3 = >500m):**1**

Registre la información en el formulario anterior. Oprima <Ctrl-W> para archivarla.

[Esc] = Salida, [F1] = Ayuda

Figura 7.1. Información sobre el sitio del ensayo

Nombre del sitio: Nombre común del sitio (sin dejar espacio en blanco). Se puede usar para una sola localización en un país.

Identificación del sitio: Un código único que consta de las primeras cinco letras (sin dejar espacio en blanco) del nombre del sitio, más dos dígitos. Si se llena el nombre del sitio, el sistema dará automáticamente su identificación.

Altura: La altura media del sitio sobre el nivel del mar, en metros.

Aspecto: La dirección en que se encuentra la topografía de la zona del experimento, medida en el sentido de las agujas del reloj en grados directamente desde el Norte. En dirección directa del Este es de 90°, del Sur, 180°, del Oeste, 270° y del Norte, 360°. Si la topografía está nivelada el aspecto es de 0.

Latitud y longitud: Grados, minutos y dirección del ecuador y del meridiano de Greenwich, respectivamente.

Topografía y gradiente del declive del sitio del ensayo: Declive promedio (en porcentaje) del sitio del ensayo en su conjunto. Si no hay declive, registre 0%.

Topografía y posición del declive del sitio del ensayo: El declive en que descansa el sitio del ensayo se divide en tercios clasificados como "alto", "intermedio" y "bajo." Si el gradiente del declive es 0, deje el espacio en blanco.

Topografía general y gradiente del declive: Declive promedio (en porcentaje) de la zona que rodea el experimento. Si no hay declive, registre 0%.

Topografía general y longitud del declive: Los códigos de la longitud del declive son 1 = < 100 m, 2 = 100-500 m, 3 = >500 m.

Cuadro 7.1. Información descriptiva para los registros de los experimentos

Cooperador
Apellidos
Nombres de pila
Institución y dirección del principal investigador, incluso télex, teléfono, cable y facsímile
Nombres de otros investigadores de la misma institución que participan en el experimento
Información sobre el sitio del experimento
Nombre
Aspecto
Altura
Latitud y longitud
Gradiente del declive de la zona en las parcelas
Posición del declive de la zona en las parcelas
Gradiente del declive de la zona general del ensayo
Longitud del declive del punto de localización del ensayo
Datos socioeconómicos
Tipo de tenencia de la tierra del sitio del ensayo
Nombre del poblado más cercano y distancia del sitio
Distancia hasta un camino público
Uso principal de los terrenos circunvecinos y especies de plantas más comunes
Patrón de pastoreo en las cercanías y protección de las parcelas
Clima
Nombre, altura y localización de la estación meteorológica
Promedio mensual de temperaturas mínimas y máximas y precipitación
Problemas especiales
Suelo
Clasificación, de preferencia, por familias según el sistema
"Soil Taxonomy" del Departamento de los Estados Unidos (USDA)
Orden
Régimen de humedad
Régimen de temperatura
Material de origen
Textura, drenaje, color y pH de la capa superficial y del subsuelo
Profundidad hasta la capa impermeable o el nivel freático
Problemas especiales
Preparación del sitio
Densidad y composición por especies de la vegetación existente
Secuencia de las operaciones de desbrozo
Uso de los residuos
Secuencia, profundidad e implementos para cultivo del suelo

Cuadro 7.1. Continuación

Experimento
Nombre
Objetivos
Dimensiones de la parcela y espaciamiento entre los árboles
Nombre de la estación meteorológica más cercana y distancia hasta ella (de preferencia, debe estar *in situ*)
Diseño, incluso número de repeticiones, factores y niveles
Factores específicos que deben someterse a prueba, niveles de cada uno y combinaciones para efectos de prueba
Repetición y número de la parcela de cada combinación de tratamiento
Prácticas generales de dasonomía (aplicadas a todo el experimento)
Método de limpieza y efectividad
Modificaciones al suelo: fertilizante, herbicida, agua
Humedad del suelo en el momento de plantación y promedio del período de establecimiento
Limpieza después del establecimiento, modificaciones al suelo, poda, entresaca, etc.
Descripción del lote de semilla (por cada tipo de germoplasma sometido a ensayo)
Género, especie, variedad, cultivar, clon, etc.
Origen de la semilla: país, estado, localidad, altura, latitud y longitud, proveedor y número del lote

Además de la descripción del experimento, todos los ensayos de campo exigen medidas reales. Las más comunes son las dimensiones de los árboles (véase la figura 7.2). También requieren medidas de las condiciones del sitio durante el estudio y de los objetos de experimentación. En el cuadro 7.2 se citan ejemplos representativos.

FORMULARIO N-1: Medidas de altura y diámetro de los árboles **AGREGUE**

ID: TH-01

ARBOL: 1

Par	Tallo	Arbol prom.	a (m)	Basal (cm)	dap (cm)
01					
02	1	Y	2.4	2.6	2.4
03	2	Y	2.1	2.2	2.0
04	3	Y	1.7	1.7	1.6
05					
06					
07					
08	12		8/9	(89%)	8
09	12		/	(-9%)	-9
10	12		/	(-9%)	-9
11	12		/	(-9%)	-9

<Ctrl-W> = Media del árbol,
[Esc] = Salida

PARCELA: 1 página: 1/1

Arbol	Parcela prom.	no. de tallos	a (m)	Basal (cm)	dap (cm)
1	Y	3	2.07	2.2	2.0
	Y	-9	-9.00	-9.0	-9.0
	Y	-9	-9.00	-9.0	-9.0
			2.09	3.1	2.2	1.0
			-9.00	-9.0	-9.0	-9.0
			-9.00	-9.0	-9.0	-9.0
			-9.00	-9.0	-9.0	-9.0
			-9.00	-9.0	-9.0	-9.0

<Ctrl-W> = Media de la parcela,
[Esc] = Salida

Registre la información en el formulario anterior. Marque <Ctrl-W> para archivarla.

[Esc] = Salida, [F1] = Ayuda, <Ctrl-Home> = formulario correspondiente al árbol.

Figura 7.2. Medidas de altura y diámetro de los árboles.

Este formulario acepta datos sobre el tallo, el árbol y la parcela. La programación básica del sistema es el registro de datos sobre el tallo. Oprima <Ctrl-Home> para controlar la clase de registro.

Registre los datos sobre el tallo y el árbol en las ventanillas para ese fin.

Cuando registre datos sobre el tallo, los valores correspondientes al árbol se calculan a partir de las medidas del tallo y los valores de la parcela, a partir de los del árbol. Cuando registre datos sobre el árbol, los valores de la parcela se calculan a partir de las medidas del árbol.

Se pueden registrar las medidas de altura media y diámetro de cada parcela directamente sin emplear los formularios de medición del árbol o del tallo.

Edad: Tiempo transcurrido desde la fecha de siembra hasta la de medición (hasta el mes más cercano).

Parcela: Cada parcela en una estación experimental tiene un número de identificación propio. Las repeticiones se identifican en el formulario I-3, [17] pero los bloques no se identifican como tales ni el número de una parcela se identifica necesariamente con un bloque de plantación.

[17] Véase *IADSS user's manual*, edición correspondiente a la versión 2.0.

Supervivencia: El número total de árboles vivos dividido por el número de árboles que se proyecta plantar o el número realmente plantado, el que sea menor. El sistema calcula el porcentaje de supervivencia en el momento de la medición.

Arboles medidos: Número de árboles medidos en esta fecha, empleado para calcular los valores medios. Conviene medir al menos ocho árboles por parcela hasta el fin del experimento. El sistema acepta valores de 1 a 99.

Cuando se registran datos sobre el árbol, este valor se usa para generar el número de espacios para registro de datos en la ventanilla correspondiente al árbol. El máximo número de árboles que se puede mostrar en un momento dado en una ventanilla es de nueve y se llama página. Se emplea un contador de páginas para presentar la página en uso en relación con el número total de páginas. Por ejemplo, si el valor medido de los árboles que se registra es de 16, el número de páginas debe ser 2.

Altura (a): La altura total del árbol es la distancia vertical desde el nivel del suelo hasta la yema apical del tallo principal; no se tienen en cuenta las hojas ni las ramas laterales. En declives muy pronunciados, mida desde el nivel del suelo hasta la parte ascendente del árbol.

Diámetro en la base (db): Por lo común, se mide el diámetro basal a la altura nominal del tocón; por tanto, mida el db a 30 cm sobre el nivel del suelo hasta un cm entero.

Diámetro a la altura del pecho (dap): El dap es de 1,3 m sobre el nivel del suelo. Si hay algún nudo u otra anomalía a esa altura, mida hasta un punto cercano que se aproxime a lo que habría sido la medida correcta (por lo general, esa medida es de más de 1,3 m). Mantenga el mismo punto de medición durante el estudio.

La altura, el diámetro en la base y el diámetro a la altura del pecho son medidas que se pueden registrar en relación con el árbol o el tallo.

Número de tallos por árbol: El número medio de tallos en cada árbol de una parcela. El sistema acepta valores de 1 a 99.

Los datos de medición de cada árbol se registran en la ventanilla correspondiente. Los valores de la parcela se calculan registrando los datos y oprimiendo luego <Ctrl-W>.

Al registrar los datos sobre los árboles, usted tiene la opción de incluir la medida de cada árbol al calcular la media de la parcela. El sistema incluye normalmente datos sobre todos los árboles en el cálculo.

Número de cada árbol: La identificación de cada árbol específico sobre el que se registran medidas u observaciones. Este número de identificación debe mantenerse constante durante toda la vida de la parcela; si un árbol muere, saque el número correspondiente y no vuelva a dárselo a ningún otro árbol de esa parcela. El sistema de numeración debe ser el mismo en todos los experimentos con el mismo diseño.

Promedio de la parcela: "Y" incluye y "N" excluye la medida al calcular el promedio de la parcela.

Número de tallos: Número de tallos medidos por árbol. El sistema acepta valores de 1 a 9.

Al registrar datos sobre el tallo, este valor se emplea para generar el número de líneas de registro de datos en la ventanilla correspondiente al tallo. Los datos de medición de cada tallo se registran en la ventanilla correspondiente. Los valores de los árboles se calculan registrando los datos sobre el tallo y oprimiendo luego <Ctrl-W>.

Número del tallo: El número asignado para identificar a este tallo.

Promedio de árboles: "Y" incluye y "N" excluye la medida al calcular la media de cada árbol.

Altura (a): La altura total del tallo, desde el nivel del suelo hasta la parte superior del tallo medido. (Véase uno de los sistemas preferidos en el capítulo 6.)

Diámetro en la base (db): Se toma de la misma manera que las mediciones tradicionales.

Diámetro a la altura del pecho (dap): Se toma de la misma manera que las mediciones tradicionales.

Cuadro 7.2. Mediciones del estudio

Condiciones del sitio
Tiempo diario
Nombre, localización y altura de la estación
Tiempo de observación
Temperatura máxima y mínima
Precipitación y humedad relativa
Suelo antes de plantar (se incluye cada capa importante del suelo)
pH
Porcentaje de materia orgánica y nitrógeno
Ppm de fósforo y potasio
Suelo después de plantar (se incluye cada capa importante del suelo)
Fecha de muestreo y parcelas de muestra
pH
Porcentaje de materia orgánica y nitrógeno
Ppm de fósforo y potasio
Desarrollo de los árboles (o de otra clase)
Dimensiones
Altura y diámetro a la altura del pecho
Otras
Número de tallos, longitud de los tallos, diámetro a la altura del tocón, diámetro, altura y longitud de la copa, clase mórfica, etc.
Biomasa (total y/o de la muestra)
Follaje, ramas suculentas, frutos; peso húmedo y seco
Madera por tallo o partes del tallo, ramas; peso húmedo y seco
Otra: corteza, raíces, hojarasca, etc.
Cultivos intercalados
Frutos, cereales; peso húmedo y seco
Follaje; peso húmedo y seco, composición
Otros

Cuadro 7.2. Continuatión

Observaciones relacionadas
Fenología
Brote de follaje, maduración, fechas de abscisión
Iniciación de flores, maduración, fechas de abscisión, abundancia
Iniciación de frutos, maduración, fechas de abscisión, abundancia
Fluctuación y crecimiento del diámetro del tallo; alargamiento de las guías
Daño a los árboles
Insectos y plagas similares
Enfermedades
Doméstico y ungulado
Tormentas e incendios
Causado por el hombre
Registro general
Fechas de las visitas
Operaciones de dasometría u otras
Explicaciones y comentarios

7.2 Informes sumarios

El desarrollo de cualquier disciplina a largo plazo está apoyado por publicaciones profesionales, seguidas de revisión por colegas. De igual importancia, sobre todo en un campo que se desarrolla con rapidez, son las redes informales de amigos y compañeros de trabajo que intercambian resultados preliminares y discuten posibles interpretaciones y nuevos rumbos para la investigación. Esos vínculos informales revisten particular importancia y utilidad donde se concentran las instituciones de investigación.

El reciente surgimiento de redes nacionales y regionales patrocinadas por diversos organismos en los trópicos tiene por fin sustituir las relaciones informales que surgirían naturalmente con la proximidad geográfica. Las pruebas en el medio pantropical de centenares de especies prometedoras de árboles y cultivos en muchos sitios, con conjuntos casi ilimitados de manejo, prácticamente exige colaboración mundial de los científicos para acelerar el desarrollo y limitar la duplicación inútil de esfuerzos. La reciente instalación generalizada de microcomputadores ofrece una gran oportunidad de intercambiar y probar resultados preliminares y modelos de forma rápida y económica.

Ningún conjunto de datos de un tamaño razonable puede satisfacer los intereses de todos los científicos, pero un conjunto limitado puede permitir una evaluación suficiente para justificar la comparación provisional con los resultados que uno mismo obtiene. En esa base, los compañeros de trabajo de cualquier lugar pueden pasar a tener una estrecha colaboración personal.

En los cuadros 7.3 y 7.4 se enumeran varias clases de información física y biológica que representa un consenso general emanado de las discusiones preliminares de muchos científicos en varias ocasiones. No se da ni se supone una estructura determinada porque debe variar con la programación lógica, a menos o hasta que se adopte un patrón global. Aunque la edad se incluye como substituto de las fechas de establecimiento y medición, se prefieren estas últimas ya que son menos susceptibles a error.

En el cuadro 7.3 se enumeran los puntos considerados esenciales para una comparación útil entre dos o más conjuntos de datos de diferentes lugares o estudios. Se puede hacer una comparación con más confianza si se incluye mayor información, como se indica en el cuadro 7.4. Los caracteres en letra negrita del cuadro 7.4 representan el texto incluido en el cuadro 7.3.

Cuadro 7.3. Conjunto mínimo absoluto de datos

Descripción del sitio
Nombre del sitio
Nombre y dirección del principal investigador
Latitud, longitud y altura
Textura, color y pH del subsuelo
Profundidad hasta la capa impermeable o el nivel freático
Estación meteorológica más cercana
Nombre
Latitud, longitud y altura
Media anual de temperatura y precipitación
Meses de estación(es) lluviosa(s)*
Número de meses secos
Porcentaje de años con escarcha
Descripción del estudio
Diseño
Factores y niveles de cada factor
Número de tratamientos
Número de repeticiones
Número de árboles medidos por parcela
Medias de la medición de los tratamientos
Combinaciones de tratamientos particulares, fecha de establecimiento
Fecha de medición (o edad), medio y error estándar de cada tipo de medición
por cada combinación de tratamiento: altura, diámetro a la altura del pecho, otros
Comentarios
Información detallada sobre la fuente de semilla, espaciamiento, silvicultura y
manejo general, tiempo excepcional, plagas, enfermedades, etc.

* Indíquese según el nombre del mes (por ejemplo, oct.-nov.).

Cuadro 7.4. Conjunto mínimo preferido de datos

Descripción del sitio

- **Nombre del sitio**, país, estado
- **Nombre y dirección del principal investigador** y nombre y dirección de la institución
- **Latitud, longitud y altura**
- Vegetación previa
- Relieve general: plano, ondulado, accidentado, montañoso
- Relieve del sitio: plano, cóncavo, convexo, con tope, cresta
- Posición: declive alto, declive intermedio, declive bajo, terraza, valle
- Porcentaje y aspecto del declive

Estación meteorológica más cercana

- **Nombre**, distancia en línea recta desde el sitio
- **Latitud, longitud y altura**
- Media mensual: precipitación, temperatura máxima y mínima (o temperatura media mensual, si no hay datos sobre máxima y mínima), precipitación anual y temperatura media máxima y mínima anual y error estándar de cada valor anual
- **Porcentaje de años con escarcha**

Suelo

- **Textura, color, pH**, y drenaje de la capa superior del suelo y del subsuelo
- Orden, régimen de humedad y de temperatura
- **Profundidad hasta la capa impermeable o el nivel freático**
- Material de origen, densidad aparente, pedregosidad, salinidad

Descripción del estudio

- **Diseño**
- **Factores y niveles de cada factor**
- Conformación: árboles aislados, límites, setos vivos, cortavientos, bloques/grupos de árboles, huerta familiar, etc.
- Origen de las especies
- **Número de tratamientos**
- **Número de repeticiones**
- **Número de árboles medidos por parcela**
- Arboles por hilera, número de hileras por parcela, hileras amortiguadoras

Medias de la medición de los tratamientos

- **Combinaciones de tratamientos particulares, fecha de establecimiento**
- **Fecha de medición (o edad), medio y error estándar de cada tipo de medición por cada combinación de tratamiento: altura, diámetro a la altura del pecho,** pH de la capa superior del suelo, N, P, K, MO, peso de los cultivos intercalados, etc.

Comentarios

- **Información detallada sobre la fuente de semilla, espaciamiento, silvicultura y manejo general, tiempo excepcional, plagas, enfermedades, etc.**; publicaciones e informes.

8.0 Códigos del IADSS

Los códigos deben ser:

- o Breves -- para evitar formularios incompletos
- o Descriptivos -- para ayudar a la memoria y reducir el número de errores
- o Unicos -- para distinguir claramente cada código y su referente de los demás

En los códigos incluidos en este capítulo se observan los criterios expresados antes. Se pueden usar otros códigos si también se ciñen a los criterios básicos, pero no después de incorporarlos a los datos de la red de investigación. Sírvase revisar los códigos empleados en este manual e indicar sus preferencias dirigiéndose a la Unidad Global de Investigación del Proyecto F/FRED:

F/FRED Global Research Unit
F/FRED Management Office
Winrock International
1611 N. Kent St., Suite 600
Arlington, VA 22209, EE.UU.

Teléfono (703) 525-9430
Télex 248589 (WIDC)
Dialcom 41 tcn408
Fax (703) 525-1744

8.1 Códigos de los países

Se enumeran los códigos de los países que se espera que produzcan árboles de usos múltiples en un medio tropical y subtropical.[18] Aunque en algunos casos sería preferible dar los nombres locales de los países, eso podría evitar una comunicación efectiva. Emplee los códigos internacionales de la publicación citada cuando agregue un país aquí omitido. Los códigos y nombres de los países se enumeran en orden alfabético.

AF (Afganistán)
Afganistán (AF)
AG (Antigua)
Alemania (DE)
Angola (AO)
Antigua (AG)
AO (Angola)
AR (Argentina)
Argelia (DZ)
Argentina (AR)
AU (Australia)
Australia (AU)

Bahrein (BH)
Bangladesh (BD)
Barbados (BB)
BB (Barbados)
BD (Bangladesh)
Belice (BZ)
Benín (BJ)
BH (Bahrein)
Bhután (BT)
BI (Burundi)
Birmania (BU)
BJ (Benín)
BN (Brunei)
BO (Bolivia)
Bolivia (BO)
Botswana (BW)
BR (Brasil)
Brasil (BR)
Brunéi (BN)
BT (Bhután)
BU (Birmania)
Burkina Faso (HV)
Burundi (BI)
BW (Botswana)
BZ (Belice)

CA (Canadá)
Cabo Verde (CV)
Camerún (CM)
Canadá (CA)
CC (Cocos)
CF (República Centroafricana)
CG (Congo)
Chad (TD)
Chile (CL)
China (CN)
CI (Costa de Marfil)
CK (Islas Cook)
CL (Chile)
CM (Camerún)
CN (China)
CO (Colombia)
Cocos (CC)
Colombia (CO)
Comoros (KM)
Congo (CG)
Corea (KR)
Costa de Marfil (CI)
Costa Rica (CR)
CR (Costa Rica)
CU (Cuba)
Cuba (CU)
CV (Cabo Verde)
CX (Islas Christmas)

DE (Alemania)
DJ (Djibouti)
Djibouti (DJ)
DM (Dominica)
DO (República Dominicana)
Dominica (DM)
DZ (Argelia)

EC (Ecuador)
Ecuador (EC)
EG (Egipto)
Egipto (EG)
El Salvador (SV)
ES (España)
España (ES)
Estado Federativo de Micronesia (MN)
Estados Unidos de América (US)
ET (Etiopía)
Etiopía (ET)

Fiji (FJ)
Filipinas (PH)
FJ (Fiji)
FO (Islas Faeroe)
FR (Francia)
Francia (FR)

GA (Gabón)
Gabón (GA)
Gambia (GM)
GD (Granada)
GF (Guayana Francesa)
GH (Ghana)
Ghana (GH)
GM (Gambia)
GN (Guinea)
GP (Guadalupe)
GQ (Guinea Ecuatorial)
Granada (GD)
GT (Guatemala)
GU (Guam)
Guadalupe (GP)
Guam (GU)
Guatemala (GT)

[18] Los códigos y nombres se han tomado de *ISO standards handbook no. 1*, 2a ed., ISO 3166-1981 (inglés y francés) (Francia: UNESCO, 1982).

Guayana Francesa (GF)
Guinea (GN)
Guinea-Bissau (GW)
Guinea Ecuatorial (GQ)
Guyana (GY)
GW (Guinea-Bissau)
GY (Guyana)

Haití (HT)
HK (Hong Kong)
HN (Honduras)
Honduras (HN)
Hong Kong (HK)
HT (Haití)
HV (Burkina Faso)

ID (Indonesia)
IL (Israel)
IN (India)
India (IN)
Indonesia (ID)
IQ (Iraq)
IR (Irán)
Irán (IR)
Iraq (IQ)
Isla Wake (WK)
Islas Caimán (KY)
Islas Christmas (CX)
Islas Cook (CK)
Islas del Pacífico (PC)
Islas Faeroe (FO)
Islas Salomón (SB)
Islas Vírgenes Británicas (VG)
Islas Vírgenes Estadounidenses (VI)
Israel (IL)

Jamaica (JM)
Japón (JP)
JM (Jamaica)
JO (Jordania)
Jordania (JO)
JP (Japón)

Kampuchea (KH)
KE (Kenya)
Kenya (KE)
KH (Kampuchea)
KI (Kiribati)
Kiribati (KI)
KM (Comoros)
KN (San Cristóbal/Nieves)
KR (Corea)
Kuwait (KW)
KW (Kuwait)
KY (Islas Caimán)

LA (Laos)
Laos (LA)
LB (Líbano)
LC (Santa Lucía)
Lesotho (LS)
Líbano (LB)
Liberia (LR)
Libia (LY)
LK (Sri Lanka)
LR (Liberia)
LS (Lesotho)
LY (Libia)

MA (Marruecos)
Macao (MO)
Madagascar (MG)
Malasia (MY)
Malawi (MW)
Maldivas (MV)
Mali (ML)
Marruecos (MA)
Martinica (MQ)
Mauricio (MU)
Mauritania (MR)
México (MX)
MG (Madagascar)
MI (Midway)
Midway (MI)
ML (Mali)
MN (Estado Federativo de Micronesia)
MO (Macao)
Mozambique (MZ)
MQ (Martinica)
MR (Mauritania)
MU (Mauricio)
MV (Maldivas)
MW (Malawi)
MX (México)
MY (Malasia)
MZ (Mozambique)

Nauru (NR)
NC (Nueva Caledonia)
NE (Níger)
Nepal (NP)
NG (Nigeria)
NI (Nicaragua)
Nicaragua (NI)
Níger (NE)
Nigeria (NG)
NP (Nepal)
NR (Nauru)
Nueva Caledonia (NC)
Nueva Zelandia (NZ)
NZ (Nueva Zelandia)

PA (Panamá)
Pakistán (PK)
Panamá (PA)
Papua Nueva Guinea (PG)
Paraguay (PY)
PC (Islas del Pacífico)
PE (Perú)
Perú (PE)
PF (Polinesia Francesa)
PG (Papua Nueva Guinea)
PH (Filipinas)
PK (Pakistán)
Polinesia Francesa (PF)
Portugal (PT)
PR (Puerto Rico)
PT (Portugal)
Puerto Rico (PR)
PY (Paraguay)

QA (Qatar)
Qatar (QA)

República Centroafricana (CF)
República Dominicana (DO)
Reunión (RI)
RI (Reunión)
RW (Rwanda)
Rwanda (RW)

Samoa (WS)
Samoa Americana (AS)
Samoa Occidental (WS)
San Cristóbal/Nieves (KN)
San Martín (SM)
Santa Lucía (LC)
San Vicente/Granadinas (VC)
SB (Islas Salomón)
SC (Seychelles)
SD (Sudán)
Senegal (SN)
Seychelles (SC)

SG (Singapur)
SL (Sierra Leona)
SM (San Martín)
SN (Senegal)
SO (Somalia)
Somalia (SO)
Sudáfrica (ZA)
SR (Suriname)
Sri Lanka (LK)
Sudán (SD)
Suriname (SR)
SV (El Salvador)
Swazilandia (SZ)
SZ (Swazilandia)

Tailandia (TH)
Taiwán (TW)
Tanzania (TZ)
TD (Chad)
TG (Togo)
TH (Tailandia)
Timor Oriental (TP)
TK (Tokelau)
TN (Túnez)
TO (Tonga)
Togo (TG)
Tokelau (TK)
Tonga (TO)
TP (Timor Oriental)
Trinidad y Tabago (TT)
TT (Trinidad y Tabago)
Túnez (TN)
Tuvalu (TV)
TV (Tuvalu)
TW (Taiwán)
TZ (Tanzania)

Uganda (UG)
Uruguay (UY)
US (Estados Unidos de América)
UY (Uruguay)

Vanuatu/Nuevas Hébridas (VU)
VC (San Vincente/ Granadinas)
VE (Venezuela)
Venezuela (VE)
VG (Islas Vírgenes Británicas)
VI (Islas Vírgenes Estadounidenses)
Vietnam (VN)
VN (Vietnam)
VU (Vanuatu/Nuevas Hébridas)

WK (Isla Wake)
WS (Samoa)
WS (Samoa Occidental)

YE (Yemen)
Yemen (YE)

ZA (Sudáfrica)
Zaire (ZR)
Zambia (ZM)
Zimbabwe (ZW)
ZM (Zambia)
ZR (Zaire)
ZW (Zimbabwe)

8.2 Códigos institucionales del Proyecto F/FRED

Zonas húmedas y subhúmedas

Principal investigador	Institución institucional	Código
Kamis Awang	Universiti Pertanian Malaysia (UPM) Serdang 43400, Selangor, Malasia	MP
Suree Bhumibhamon	Kasetsart University Bangkok 10903, Tailandia	TK
Boonchoob Boontawee	Royal Forest Department Bangkok 10900, Tailandia	TS
Enrique Crizaldo	Ecosystems Research and Development Bureau (ERDB) Laguna 3720, Filipinas	FF
Muhammad Hafeez	Punjab Forestry Research Institute P.O. Box. 1513 Nishatabad, Faisalabad, Pakistán	PK
Ta-Wei Hu	Chinese Cultural University Hwa Kang, Yang Ming Shan Taipei, Taiwán (República de China)	CH
Mohd. Lokmal B. Hj. Ngah	Forest Research Institute Malaysia (FRIM) P. O. Box 201, Kepong 52109 Kuala Lumpur, Malasia	MF
Fuh-Juinn Pan	Taiwan Forestry Research Institute (TFRI) Botanical Garden, 53 Nan-Hai Road Taipei, Taiwán (República de China)	CF
Siriphong Pattanavibul	Thailand Institute of Scientific and Technology Research (TISTR) 196 Phaholyothin Road Bangkok 10900, Tailandia	TH
Romeo S. Raros	Visayas State College of Agriculture (VISCA) Baybay, Leyte, Filipinas	PV
K.M.Siddiqui	Pakistán Forest Institute Peshawar, NWFP, Pakistán	PF
Komar Soemarna	Forest Research and Development Center (FRDC) P. O. Box 66 Bogor, Indonesia	IF

Zonas áridas y semiáridas

Principal investigador	Institución institucional	Código
Rafiq Ahmed	University of Karachi Karachi 32, Pakistán	UK
Ghulam Akbar	Pakistán Agricultural Research Council (PARC) 20, G-5/1; P. O. Box 1031 Islamabad, Pakistán	PA
Raziuddin Ansari	Atomic Energy Agricultural Research Centre Tando Jam, Pakistán	AE
A.N. Chaturvedi	TATA Energy Research Institute 90, Jor Bagh Nueva Delhi 110 003, India	TA
K.R. Dahal	Institute of Agriculture and Animal Sciences Central Campus, Rampur, Chitwan, Nepal	NS
Muhammad Hafeez	Punjab Forestry Research Institute P. O. Box 1513 Nishatabad, Faisalabad, Pakistán	PK
N.G. Hedge	Bharatiya Agro-Industries Foundation (BAIF) Kamadhenu, Senapati Bapat Rd. Pune 411 016, India	BA
R.B. Joshi	Forest Research Division Department of Forest and Plant Research Babar Mahal Katmandú, Nepal	NF
Noor Mohammad	National Agricultural Research Centre (NARC) Park Road Islamabad, Pakistán	NA
Ching Ong	ICRISAT Patancheru Post Office, Hyderabad Andhra Pradesh 502 324, India	IC
R.K. Rao	Indian Forest Service 5th floor, Gaganvihar M.J. Road, Nampalli Hyderabad 500 001, India	IF

Zonas áridas y semiáridas

Principal investigador	Institución institucional	Código
J.S. Rawat	Madurai Kamaraj University Department of Plant Sciences School of Biological Sciences Madurai 625 021, Tamil Nadu, India	MK
J.N. Rayamajhi	Institute of Forestry P. O. Box 43 Pokhara, Nepal	NI
Shams-ur-Rehman	Pakistán Forest Institute Peshawar, NWFP, Pakistán	PF
F. Thapa	Institute of Agriculture and Animal Science Department of Horticulture Rampur, Chitwan Narayani, Nepal	NS
N.D. Weerawardane	Community Forestry Project Passara Rd. Badulla, Sri Lanka	SL

8.3 Códigos de las especies

Los códigos de las especies constan normalmente de las cuatro primeras letras del género más las dos primeras letras de la especie. Por ejemplo, codifique *Pinus caribaea* como PINUs CAribaea o sea PINUCA. Las variedades van después del código de la especie y se designan con las dos primeras letras. Por ejemplo, *Pinus caribaea* variedad *hondurensis* se codificaría como PINUCAHO.

Para mantener la singularidad de los códigos, se puede emplear otra letra como sustituto de la cuarta, la sexta o la octava letra, cuando sea necesario. Esos códigos deberán llevar un asterisco (*). Mantenga el código y el nombre real en el mismo orden alfabético, si es posible.

Las especies enumeradas a continuación son las comúnmente usadas o que tienen más posibilidades de usarse en el futuro próximo.[19] Sírvase comunicar los códigos al Proyecto F/FRED a medida que agregue otras especies.

Código	Género	Especie	Familia
ABELES	*Abelmoschus*	*esculentus* Moench.	*Malvaceae*
ABUTIN	*Abutilon*	*indicus*	*Malvaceae*
ACACAL	*Acacia*	*albida* = FAIDAL	
ACACAM	*Acacia*	*ampliceps* B.R. Maslin	*Mimosaceae*
ACACAN	*Acacia*	*aneura* F. Muell.	*Mimosaceae*
ACACAP*	*Acacia*	*angustissima*	*Mimosaceae*
ACACAR	*Acacia*	*arabica* = ACACNI	
ACACAS*	*Acacia*	*aulacocarpa*	*Mimosaceae*
ACACAU	*Acacia*	*auriculiformis* A.Cunn.	*Mimosaceae*
ACACCA	*Acacia*	*catechu* Willd.	*Mimosaceae*
ACACCE	*Acacia*	*centralis*	*Mimosaceae*
ACACCI	*Acacia*	*cincinnata*	*Mimosaceae*
ACACCO	*Acacia*	*confusa* Merr.	*Mimosaceae*
ACACCR	*Acacia*	*crassicarpa*	*Mimosaceae*
ACACCY	*Acacia*	*cyanophylla* Lindl.	*Mimosaceae*
ACACDA*	*Acacia*	*dealbata* Link	*Mimosaceae*
ACACDD*	*Acacia*	*deanii* W.C.McG.	*Mimosaceae*
ACACDE	*Acacia*	*decurrens* Willd.	*Mimosaceae*
ACACDI	*Acacia*	*difficilis* Maiden	*Mimosaceae*
ACACFE	*Acacia*	*ferruginea*	*Mimosaceae*
ACACFI	*Acacia*	*filicifolia* Bth.	*Mimosaceae*
ACACHO	*Acacia*	*holosericea* A.Cunn.	*Mimosaceae*
ACACLC*	*Acacia*	*leptocarpa*	*Mimosaceae*
ACACLE	*Acacia*	*leucophloea* Willd.	*Mimosaceae*
ACACMA	*Acacia*	*mangium* Willd.	*Mimosaceae*
ACACME	*Acacia*	*mearnsii* De Willd.	*Mimosaceae*
ACACMF*	*Acacia*	*melanophloia*	*Mimosaceae*
ACACML*	*Acacia*	*melanoxylon* R.Br.	*Mimosaceae*
ACACMO	*Acacia*	*modesta*	*Mimosaceae*
ACACNI	*Acacia*	*nilotica* Willd.	*Mimosaceae*
ACACOR	*Acacia*	*oraria*	*Mimosaceae*
ACACPA	*Acacia*	*paramattensis* Tind.	*Mimosaceae*

[19] Véase una lista de las principales fuentes de información sobre especies en el Apéndice D.

Código	Género	Especie	Familia
ACACPE	*Acacia*	*pennatula*	*Mimosaceae*
ACACPL	*Acacia*	*planiformis*	*Mimosaceae*
ACACPM*	*Acacia*	*polyacantha* = ACACCA?	
ACACPN*	*Acacia*	*polybotrya*	*Mimosaceae*
ACACPO	*Acacia*	*polystachya*	*Mimosaceae*
ACACRO	*Acacia*	*rothii*	*Mimosaceae*
ACACSA	*Acacia*	*saligna* Wendl.	*Mimosaceae*
ACACSE	*Acacia*	*senegal* Willd.	*Mimosaceae*
ACACSL*	*Acacia*	*seyal* Del.	*Mimosaceae*
ACACST	*Acacia*	*stenophylla*	*Mimosaceae*
ACACSZ*	*Acacia*	*sylvestris*	*Mimosaceae*
ACACTO	*Acacia*	*tortilis* Hayne	*Mimosaceae*
ACACTU	*Acacia*	*tumida*	*Mimosaceae*
ACACVC*	*Acacia*	*victoriae* Bth.	*Mimosaceae*
ACACVI	*Acacia*	*villosa* Willd.	*Mimosaceae*
ACROFR	*Acrocarpus*	*fraxinifolius* W.&A.	*Caesalpiniaceae*
ACTIDE	*Actinidia*	*deliciosa* CFL&ARF	*Actinidiaceae*
ADANDI	*Adansonia*	*digitata* L.	*Bombacaceae*
ADENPA	*Adenanthera*	*pavonina* L.	*Mimosaceae*
AFROEL	*Afrormosia*	*elata* = PERIEL	
AFZESP	*Afzelia*	spp.	*Caesalpiniaceae*
AGATAL	*Agathis*	*alba* Foxw.	*Araucariaceae*
AGATDA	*Agathis*	*dammara*	*Araucariaceae*
AGAVSI	*Agave*	*sisal* Perrine	*Agavaceae*
AGUICR	*Aguilaria*	*crassna*	
AGUIMA	*Aguilaria*	*malaccensis* Lamk.	
AILAAL	*Ailanthus*	*altissima*	*Simaroubaceae*
AILAEX	*Ailanthus*	*excelsa*	*Simaroubaceae*
AILAGL	*Ailanthus*	*glandulosa*	*Simaroubaceae*
ALBIAD	*Albizia*	*adinocephala*	*Mimosaceae*
ALBIAM	*Albizia*	*amara* Boiv.	*Mimosaceae*
ALBIFA	*Albizia*	*falcataria* = PARAFA	
ALBIGU	*Albizia*	*guachapele*	*Mimosaceae*
ALBILE	*Albizia*	*lebbek* Bth.	*Mimosaceae*
ALBILK*	*Albizia*	*lebbekioides* Bth.	*Mimosaceae*
ALBILO	*Albizia*	*longipedata*	*Mimosaceae*
ALBILP*	*Albizia*	*lophantha* Bth.	*Mimosaceae*
ALBIOD	*Albizia*	*odoratissima* Bth.	*Mimosaceae*
ALBIPR	*Albizia*	*procera* Bth.	*Mimosaceae*
ALBISA	*Albizia*	*saman*	*Mimosaceae*
ALBIST	*Albizia*	*stipulata* Boiv.	*Mimosaceae*
ALEUFO	*Aleurites*	*fordii* Hemsl.	*Euphorbiaceae*
ALEUMO	*Aleurites*	*moluccana* Willd.	*Euphorbiaceae*
ALLIAS	*Allium*	*ascalonicum*	*Amaryllidaceae*
ALLISA	*Allium*	*sativum*	*Amaryllidaceae*
ALLODE	*Allocasuarina*	*decalsneana*	*Casuarinaceae*
ALNIJAC	*Alnus*	*acuminata* Kunth	*Betulaceae*
ALNUGL	*Alnus*	*glutinosa*	*Betulaceae*

Código	Género	Especie	Familia
ALNUNE	*Alnus*	*nepalensis* D.Don.	*Betulaceae*
ALOCSP	*Alocasia*	spp.	*Araceae*
ALTIEX	*Altingia*	*excelsa*	
AMARSP	*Amaranthus*	spp.	*Amaranthaceae*
AMOMCA	*Amomum*	*cardamomum* Willd.	*Zingiberaceae*
AMORFR	*Amorpha*	*fruticosa*	*Papilionaceae*
ANACOC	*Anacardium*	*occidentale* L.	*Anacardiaceae*
ANANCO	*Ananas*	*comosus* Merr.	*Bromeliaceae*
ANNOCH	*Annona*	*cherimolia* Mill.	*Annonaceae*
ANNOMU	*Annona*	*muricata* L.	*Annonaceae*
ANNORE	*Annona*	*reticulata* L.	*Annonaceae*
ANNOSQ	*Annona*	*squamosa* L.	*Annonaceae*
ANTHCH	*Anthocephalus*	*chinensis* A.Rich	*Rubiaceae*
ANTIBU	*Antidesma*	*bunius* Spreng.	*Euphorbiaceae*
ARACHY	*Arachis*	*hypogaea* L.	*Papilionaceae*
ARECCA	*Areca*	*catechu* L.	*Aracaceae*
ARENPI	*Arenga*	*pinnata* Merr.	*Aracaceae*
ARTOAL	*Artocarpus*	*altilis* Fosb.	*Moraceae*
ARTOBL	*Artocarpus*	*blancoi*	*Moraceae*
ARTOCO	*Artocarpus*	*communis* Forst.	*Moraceae*
ARTOHE	*Artocarpus*	*heterophyllus* Lam.	*Moraceae*
ARTOIN	*Artocarpus*	*integra* = ARTOHE	
ARTOIT*	*Artocarpus*	*integrifolia* = ARTOHE	
ARTOLA	*Artocarpus*	*lakoocha* Roxb.	*Moraceae*
ARTORI	*Artocarpus*	*rigida*	*Moraceae*
ASPAOF	*Asparagus*	*officinalis* L.	*Lillaceae*
AVERBI	*Averrhoa*	*bilimbi* L.	*Oxalidaceae*
AVERCA	*Averrhoa*	*carambola* L.	*Oxalidaceae*
AVICAL	*Avicennia*	*alba* = AVICMA	
AVICIN	*Avicennia*	*intermedia*	*Avicenniaceae*
AVICMA	*Avicennia*	*marina* Vierh.	*Avicenniaceae*
AVICOF	*Avicennia*	*officinalis* L.	*Avicenniaceae*
AZADIN	*Azadirachta*	*indica* A. Juss.	*Meliaceae*
BACCMO	*Baccaurea*	*motleyana*	*Euphorbiaceae*
BACTGA	*Bactris*	*gasipaes* H.B.K.	*Aracaceae*
BALAAE	*Balanites*	*aegyptica* Delille	*Balanitaceae*
BAMBAR	*Bambusa*	*arundinacea*	*Gramineae*
BARRAS	*Barringtonia*	*asiatica* Kurz.	*Barringtoniaceae*
BARRPR	*Barringtonia*	*procera* Kunth	*Barringtoniaceae*
BASSBU	*Bassia*	*butyracea*	*Chenopodiaceae*
BAUHPU	*Bauhinia*	*purpurea* L.	*Caesalpiniaceae*
BAUHVA	*Bauhinia*	*vahlii*	*Caesalpiniaceae*
BAUHVG*	*Bauhinia*	*variegata* L.	*Caesalpiniaceae*
BERTEX	*Bertholettia*	*excelsa* Humb.&Bonpl.	*Lecythidaceae*
BETUAL	*Betula*	*alnoides*	*Betulaceae*
BIXAOR	*Bixa*	*orellana* L.	*Bixaceae*
BOEHNI	*Boehmeria*	*nivea*	*Urticaceae*
BOEHRU	*Boehmeria*	*rugulosa*	*Urticaceae*
BOMBQU	*Bombacopsis*	*quinatum*	*Bombacaceae*

Código	Género	Especie	Familia
BOMXCE*	*Bombax*	*ceiba*	*Bombacaceae*
BOMXMA*	*Bombax*	*malabaricum*	*Bombacaceae*
BORAAE	*Borassus*	*aethiopium* C.Mart.	*Palmaceae*
BRACBR	*Brachiaria*	*brizantha*	*Poaceae*
BRACHU	*Brachiaria*	*humidicola*	*Poaceae*
BRAPGL*	*Brassaiopsis*	*glomerulata*	
BRAPHA*	*Brassaiopsis*	*hainia*	
BRASJU	*Brassica*	*juncea*	*Cruciferae*
BROSAL	*Brosimum*	*alicastrum* Swartz	*Moraceae*
BROSUT	*Brosimum*	*utile* Pitt.	*Moraceae*
BROUPA	*Broussonetia*	*papyrifera* Vent.	*Moraceae*
BUTEFR	*Butea*	*frondosa* = BUTEMO	
BUTEMO	*Butea*	*monosperma* Taub.	*Papilionaceae*
BUTYPA	*Butyrospermum*	*paradoxum* Hepper	*Sapotaceae*
CAESBO	*Caesalpinia*	*bonducella*	*Caesalpiniaceae*
CAESER	*Caesalpinia*	*eriostachys*	*Caesalpiniaceae*
CAESSA	*Caesalpinia*	*sappan* L.	*Caesalpiniaceae*
CAESVE	*Caesalpinia*	*velutina*	*Caesalpiniaceae*
CAJACA	*Cajanus*	*cajan* Millsp.	*Papilionaceae*
CALASP	*Calamus*	*rotang* L., et al.	*Palmaceae*
CALLCA	*Calliandra*	*calothyrsus* Meiss.	*Mimosaceae*
CALLHO	*Calliandra*	*houstoniana* Bth.	*Mimosaceae*
CALLTE	*Calliandra*	*tetragona*	*Mimosaceae*
CALOPR	*Calotropis*	*procera* Aiton.	*Asclepiadaceae*
CAMESI	*Camellia*	*sinensis* L.	*Theaceae*
CANAOD	*Cananga*	*odorata* Hook&Th.	*Anonaceae*
CANICO*	*Canarium*	*comune* L.	*Burseraceae*
CANIIN*	*Canarium*	*indicum* L.	*Burseraceae*
CANIOV*	*Canarium*	*ovatum* Engl.	*Burseraceae*
CANLEN*	*Canavalia*	*ensiformis* DC.	*Papilionaceae*
CANNED*	*Canna*	*edulis* Ker.	*Cannaceae*
CAPPDE	*Capparis*	*decidua* Edgew.	*Capparidaceae*
CAPSAN	*Capsicum*	*anuum* L.	*Solanaceae*
CAPSFR	*Capsicum*	*frutescens* L.	*Solanaceae*
CARIPA	*Carica*	*papaya* L.	*Caricaceae*
CARSCA*	*Carissa*	*carandas* L.	*Apocynaceae*
CARSCI*	*Carissa*	*congesta* Wight	*Apocynaceae*
CARSMA*	*Carissa*	*macrocarpa* A.DC.	*Apocynaceae*
CARSSP*	*Carissa*	*spinarum*	*Apocynaceae*
CARUVI*	*Caryocar*	*villosum* Pers.	*Caryocaraceae*
CARYOR	*Caryodendron*	*orinocense* Karst.	*Euphorbiaceae*
CARZCU*	*Caryota*	*cumingii*	*Palmaceae*
CASIED	*Casimiroa*	*edulis* Llave&Lex.	*Rutaceae*
CASIAL*	*Cassia*	*alata* L.	*Caesalpiniaceae*
CASIFI*	*Cassia*	*fistula* L.	*Caesalpiniaceae*
CASIGR*	*Cassia*	*grandis* L.	*Caesalpiniaceae*
CASIJA*	*Cassia*	*javanica* L.	*Caesalpiniaceae*

Código	Género	Especie	Familia
CASISI*	*Cassia*	*siamea* Lam.	*Caesalpiniaceae*
CASISP*	*Cassia*	*spectabilis* DC.	*Caesalpiniaceae*
CASPIN*	*Castanopsis*	*indica*	*Fagaceae*
CASPTR*	*Castanopsis*	*tribuloides*	*Fagaceae*
CASTAU	*Castanospermum*	*australe* A.Cunn.	*Papilionaceae*
CASUCU	*Casaurina*	*cunninghamiana*	*Casuarinaceae*
CASUDE	*Casuarina*	*decaisneana* = ALLODE	
CASUEQ	*Casuarina*	*equisetifolia* L.	*Casuarinaceae*
CASUGL	*Casuarina*	*glauca* Sieb.	*Casuarinaceae*
CASUJU	*Casuarina*	*junghuhniana* Miq.	*Casuarinaceae*
CATABI	*Catalpa*	*bignonioides*	*Bignoniaceae*
CATALO	*Catalpa*	*longissima*	*Bignoniaceae*
CEDROD	*Cedrela*	*odorata* L.	*Meliaceae*
CEDRTO	*Cedrela*	*toona* = TOONCI	
CEIBPE	*Ceiba*	*pentandra* Gaertn.	*Bombacaceae*
CELTAU	*Celtis*	*australis*	*Ulmaceae*
CENTPU	*Centrosema*	*pubescens* Bth.	*Papilionaceae*
CERASI	*Ceratonia*	*siliqua* L.	*Caesalpiniaceae*
CHAMPA	*Chamaecytisus*	*palmensis*	
CHAMPR	*Chamaecytisus*	*proliferus*	
CHLOGA	*Chloris*	*gayana*	*Graminae*
CHOEAX	*Choerospondias*	*axillaris*	*Anacardiaceae*
CHROOD	*Chromolaena*	*odorata*	
CHRYCA	*Chrysophyllum*	*cainito* L.	*Sapotaceae*
CICEAR	*Cicer*	*arietinum* L.	*Papilionaceae*
CINNVE	*Cinnamomum*	*verum*	*Lauraceae*
CITRAF*	*Citrus*	*aurantifolia* Sw.	*Rutaceae*
CITRAU	*Citrus*	*aurantium* L.	*Rutaceae*
CITRCI	*Citrus*	*citrofortunella* J&H	*Rutaceae*
CITRGR	*Citrus*	*grandis*	*Rutaceae*
CITRLA	*Citrus*	*latifolia* Tan.	*Rutaceae*
CITRLI	*Citrus*	*limettioides* Tan.	*Rutaceae*
CITRMA	*Citrus*	*maxima* Merr.	*Rutaceae*
CITRME	*Citrus*	*medica* L.	*Rutaceae*
CITRMI	*Citrus*	*microcarpa*	*Rutaceae*
CITRPA	*Citrus*	*paradisi*	*Rutaceae*
CITRRE	*Citrus*	*reticulata* Blanco	*Rutaceae*
CITRSI	*Citrus*	*sinensis* Osbeck	*Rutaceae*
CLEYOC	*Cleyera*	*ochnacea*	*Theaceae*
COCCUV	*Coccoloba*	*uvifera*	*Polygonaceae*
COCONU	*Cocos*	*nucifera* L.	*Palmaceae*
COFFAR	*Coffea*	*arabica* L.	*Rubiaceae*
COFFCA	*Coffea*	*canephora* Pierre	*Rubiaceae*
COFFRO	*Coffea*	*robusta*	*Rubiaceae*
COLOES	*Colocasia*	*esculenta* Schott	*Araceae*
COLUAR	*Colubrina*	*arborescens*	*Rhamnaceae*
COLUFE	*Colubrina*	*ferruginosa*	*Rhamnaceae*
COMBQU	*Combretodendron*	*quadrialat* = PETEQU	

Código	Género	Especie	Familia
CONOLA	*Conocarpus*	*lancifollus*	*Combretaceae*
CORAED*	*Cordeauxia*	*edulis* Hemsley	*Caesalpiniaceae*
CORDAL	*Cordia*	*alliodora* Cham.	*Boraginaceae*
CORDDE	*Cordia*	*dentata*	*Boraginaceae*
CORDSE	*Cordia*	*sebestena*	*Boraginaceae*
CORDSU	*Cordia*	*subcordata* Lamk.	*Boraginaceae*
COULED	*Coula*	*edulis* Baill.	*Coulacaceae*
CRESAL	*Crescentia*	*alata*	*Bignoniaceae*
CRESCU	*Crescentia*	*cujete* L.	*Bignoniaceae*
CROTJU	*Crotalaria*	*juncea* L.	*Papilionaceae*
CTENPH	*Ctenolophon*	*philippinensis*	
CUCUSA	*Cucumis*	*sativus* L.	*Cucurbitaceae*
CUPRLU	*Cupressus*	*lusitanica* Mill.	*Cupressaceae*
CYBIDO	*Cybistax*	*donnell*-smithii	*Bignoniaceae*
CYMBCI	*Cymbopogon*	*citratus*	*Gramineae*
CYMBFL	*Cymbopogon*	*flexuosa*	*Gramineae*
CYMBNA	*Cymbopogon*	*nardus*	*Gramineae*
CYPHBE	*Cyphomandra*	*betacea* Sendt.	*Solanaceae*
DACRED	*Dacryodes*	*edulis*	*Burseraceae*
DALBCO	*Dalbergia*	*cochinchinensis* P.	*Papilionaceae*
DALBCU	*Dalbergia*	*cubilquitensis* Pier.	*Papilionaceae*
DALBLA	*Dalbergia*	*latifolia* Roxb.	*Papilionaceae*
DALBME	*Dalbergia*	*melanoxylon* Guil.&P.	*Papilionaceae*
DALBPI	*Dalbergia*	*pinnata*	*Papilionaceae*
DALBRE	*Dalbergia*	*retusa* Hemsl.	*Papilionaceae*
DALBSI	*Dalbergia*	*sissoo* Roxb.	*Papilionaceae*
DENDHA	*Dendrocalamus*	*hamiltonii*	*Gramineae*
DENDLO	*Dendrocalamus*	*longispathis*	*Gramineae*
DENDST	*Dendrocalamus*	*strictus*	*Gramineae*
DERRIN	*Derris*	*indica* Bth.	*Papilionaceae*
DESHVI*	*Desmanthus*	*virgatus* Willd.	*Mimosaceae*
DESMHE	*Desmodium*	*heterophyllum* DC.	*Papilionaceae*
DESMOV	*Desmodium*	*ovalifolium* Wall.	*Papilionaceae*
DESMRE	*Desmodium*	*renssoni*	*Papilionaceae*
DESMTR	*Desmodium*	*triflorum* DC.	*Papilionaceae*
DETAMI	*Detarium*	*microcarpum*	*Caesalpineaceae*
DIMOLO	*Dimocarpus*	*longan* Lour.	*Sapindaceae*
DINIEX	*Dinizia*	*excelsa* Ducke	*Mimosaceae*
DIOCSP*	*Dioscorea*	spp.	*Dioscoreaceae*
DIOSEB	*Diospyros*	*ebenaster* Retz.	*Ebenaceae*
DIOSKA	*Diospyros*	*kaki* L.	*Ebenaceae*
DIOSPH	*Diospyros*	*philippinensis*	*Ebenaceae*
DIPLPA	*Diplodiscus*	*paniculatus* Turc.	*Tiliaceae*
DIPTGR	*Dipterocarpus*	*grandiflorus* Bl.	*Dipterocarpaceae*
DODOVI	*Dodonea*	*viscosa*	*Sapindaceae*
DOVYCA	*Dovyalis*	*caffra* Warb.	*Flacourtiaceae*
DOVYHE	*Dovyalis*	*hebecarpa* Warb.	*Flacourtiaceae*

Código	Género	Especie	Familia
DRACDA	*Dracontomelon*	*dao* M.&R.	*Anacardiaceae*
DURIZI	*Durio*	*zibethinus* Murr.	*Bombacaceae*
ELAEGU	*Elaeis*	*guineensis* Jacq.	*Aracaceae*
ELEAAN	*Eleagnus*	*angustifolia*	*Eleagnaceae*
ELEALA	*Eleagnus*	*latifolia* L.	*Eleagnaceae*
ENTECY	*Enterolobium*	*cyclocarpum* Griseb.	*Mimosaceae*
ERIODU	*Eriobotrya*	*dubia*	*Rosaceae*
ERIOJA	*Eriobotrya*	*japonica* Lindl.	*Rosaceae*
ERYTBE	*Erythrina*	*berteroana* Urb.	*Papilionaceae*
ERYTED	*Erythrina*	*edulis* Triana	*Papilionaceae*
ERYTFU	*Erythrina*	*fusca* Lour.	*Papilionaceae*
ERYTIN	*Erythrina*	*indica*	*Papilionaceae*
ERYTOR	*Erythrina*	*orientalis*	*Papilionaceae*
ERYTPO	*Erythrina*	*poeppigiana* O.F. Cook	*Papilionaceae*
ERYTVA	*Erythrina*	*variegata* L.	*Papilionaceae*
ETLIEL	*Etlingera*	*elatior*	*Zingiberaceae*
EUCAAL	*Eucalyptus*	*alba* Reinw.	*Myrtaceae*
EUCAAS	*Eucalyptus*	*astringens*	*Myrtaceae*
EUCACA	*Eucalyptus*	*camaldulensis*	*Myrtaceae*
EUCACI	*Eucalyptus*	*citriodora* Hook.	*Myrtaceae*
EUCACL	*Eucalyptus*	*cladocalyx*	*Myrtaceae*
EUCACO*	*Eucalyptus*	*cloeziana*	*Myrtaceae*
EUCACR	*Eucalyptus*	*crebra*	*Myrtaceae*
EUCADE	*Eucalyptus*	*deglupta* Bl.	*Myrtaceae*
EUCADU	*Eucalyptus*	*dunii*	*Myrtaceae*
EUCAGL	*Eucalyptus*	*globulus* Labill.	*Myrtaceae*
EUCAGR	*Eucalyptus*	*grandis*	*Myrtaceae*
EUCAHO	*Eucalyptus*	*houseana*	*Myrtaceae*
EUCAKI	*Eucalyptus*	*kirtoniana*	*Myrtaceae*
EUCAMA	*Eucalyptus*	*maculata*	*Myrtaceae*
EUCAMI	*Eucalyptus*	*microtheca* F.Muell.	*Myrtaceae*
EUCAMO	*Eucalyptus*	*moluccana*	*Myrtaceae*
EUCAPA	*Eucalyptus*	*paniculata*	*Myrtaceae*
EUCAPB*	*Eucalyptus*	*papuana*	*Myrtaceae*
EUCAPE	*Eucalyptus*	*pellita*	*Myrtaceae*
EUCAPI	*Eucalyptus*	*pilularis*	*Myrtaceae*
EUCAPO	*Eucalyptus*	*populnea*	*Myrtaceae*
EUCARE	*Eucalyptus*	*resinifera*	*Myrtaceae*
EUCARO	*Eucalyptus*	*robusta*	*Myrtaceae*
EUCASA	*Eucalyptus*	*saligna* Smith	*Myrtaceae*
EUCASM*	*Eucalyptus*	*salmonophloia*	*Myrtaceae*
EUCAST	*Eucalyptus*	*staigerana*	*Myrtaceae*
EUCATE	*Eucalyptus*	*tereticornis*	*Myrtaceae*
EUCATO	*Eucalyptus*	*torelliana*	*Myrtaceae*
EUCAUR	*Eucalyptus*	*urophylla*	*Myrtaceae*
EUGEAR	*Eugenia*	*aromatica* = SYZYAR	
EUGEBR	*Eugenia*	*brasilensis* Lam.	*Myrtaceae*

Código	Género	Especie	Familia
EUGEJA	*Eugenia*	*jambolana* = SYZYCU	
EUGEJB*	*Eugenia*	*jambos* = SYZYJA	
EUGELU	*Eugenia*	*luschnathiana* Kl.	*Myrtaceae*
EUGEUN	*Eugenia*	*uniflora* L.	
EUPHLO	*Euphoria*	*longan* = DIMOLO	*Myrtaceae*
EURYAC	*Eurya*	*acuminata*	*Theaceae*
EURYJA	*Eurya*	*japonica* Thunb.	*Theaceae*
FAIDAL	*Faidherbia*	*albida*	*Mimosaceae*
FEIJSE	*Feijoa*	*sellowiana* Berg.	*Myrtaceae*
FICUAU	*Ficus*	*auriculata*	*Moraceae*
FICUBE	*Ficus*	*bengalensis*	*Moraceae*
FICUBJ*	*Ficus*	*benjamina* L.	*Moraceae*
FICUCA	*Ficus*	*carica* L.	*Moraceae*
FICUCL	*Ficus*	*clavata* Wall.	*Moraceae*
FICUCU	*Ficus*	*cunia* Ham.	*Moraceae*
FICUGL	*Ficus*	*glaberrima*	*Moraceae*
FICUHI	*Ficus*	*hispida* L.	*Moraceae*
FICUIN	*Ficus*	*indica*	*Moraceae*
FICUIR*	*Ficus*	*infectoria* Roxb.	*Moraceae*
FICULA	*Ficus*	*lacor* Buch.-Ham.	*Moraceae*
FICUNE	*Ficus*	*nemoralis* Wall.	*Moraceae*
FICURE	*Ficus*	*religiosa* L.	*Moraceae*
FICURO	*Ficus*	*roxburghii* Wall.	*Moraceae*
FICUSE	*Ficus*	*semicordata* Buch.-Ham.	*Moraceae*
FICUSP*	*Ficus*	*septica*	*Moraceae*
FLEMCO	*Flemingia*	*congesta* Roxb.	*Papilionaceae*
FLEMMA	*Flemingia*	*macrophylla*	*Papilionaceae*
FLUEFL	*Flueggea*	*flexuosa* Willd.	*Euphorbiaceae*
FORTSP	*Fortunella*	spp.	*Rutaceae*
FRAGVE	*Fragaria*	*vesca* L.	*Rosaceae*
FRAXFL	*Fraxinus*	*floribunda* Wall.	*Oleaceae*
FRAXUH	*Fraxinus*	*uhdei*	*Oleaceae*
GARCMA	*Garcinia*	*mangostana* L.	*Guttiferae*
GARUPI	*Garuga*	*pinnata* Roxb.	*Burseraceae*
GENIAM	*Genipa*	*americana* L.	*Rubiaceae*
GLIRSE	*Gliricidia*	*sepium* Steud.	*Papilionaceae*
GLYCMA	*Glycine*	*max* Merr.	*Papilionaceae*
GLYCWI	*Glycine*	*wightii* Verdc.	*Papilionaceae*
GMELAR	*Gmelina*	*arborea* Roxb.	*Verbenaceae*
GNETGN	*Gnetum*	*gnemon* L.	*Gnetaceae*
GREVRO	*Grevillea*	*robusta* A.Cunn.	*Proteaceae*
GREWOP	*Grewia*	*oppositifolia*	*Tiliaceae*
GREWOT*	*Grewia*	*optiva* Drummond	*Tiliaceae*
GREWSU	*Grewia*	*subinaequalis* DC.	*Tiliaceae*
GREWTI	*Grewia*	*tiliaefolia*	*Tiliaceae*
GUAZUL	*Guazuma*	*ulmifolia* Lamk.	*Sterculiaceae*
GUILGA	*Guilielma*	*gasipaes* = BACTGA	
HAEMBR	*Haematoxylon*	*brasiletto* Karst.	*Caesalpiniaceae*
HAEMCA	*Haematoxylon*	*campechianum* L.	*Caesalpiniaceae*
HARDBI	*Hardwickia*	*binata* Roxb.	*Caesalpiniaceae*

Código	Género	Especie	Familia
HEVEBR	*Hevea*	*brasiliensis* Muel.	*Euphorbiaceae*
HIBISA	*Hibiscus*	*sabdariffa* L.	*Malvaceae*
HIBITI	*Hibiscus*	*sabdariffa* L.	*Malvaceae*
HOPPAC	*Hoppea?*	*acuminata*	*Gentianaceae*
HYLOUN	*Hylocereus*	*undatus* Britt&Rose	*Cactaceae*
HYMECO	*Hymenaea*	*courbaril* L.	*Caesalpiniaceae*
HYMEEX	*Hymenolobium*	*excelsum* Ducke	*Papilionaceae*
ILEXDI	*Ilex*	*dipyrena*	*Aquifoliaceae*
ILEXDO	*Ilex*	*doniona*	*Aquifoliaceae*
INGADU	*Inga*	*dulce*	*Mimosaceae*
INGAED	*Inga*	*edulis* Mart.	*Mimosaceae*
INGAPA	*Inga*	*paterna*	*Mimosaceae*
INGASP	*Inga*	*spectablis*	*Mimosaceae*
INGAVE	*Inga*	*vera* Willd.	*Mimosaceae*
IPOMBA	*Ipomea*	*batatus* Poir.	*Convolvulaceae*
JATRCU	*Jatropha*	*curcas* L.	*Euphorbiaceae*
JUGLSP	*Juglans*	*neotropica* Diels	*Juglandaceae*
KHAYSE	*Khaya*	*senegalensis*	*Meliaceae*
LACTSA	*Lactuca*	*sativa* L.	*Compositae*
LAGESP	*Lagerstroemia*	*speciosa* Pers.	*Lythraceae*
LANNAC	*Lannea*	*acida* A.Rich.	*Anacardiaceae*
LANSDO	*Lansium*	*domesticum* Corr.	*Meliaceae*
LECYMI	*Lecythis*	*minor* Jacq.	*Lecythidaceae*
LECYOL	*Lecythis*	*ollaria*	*Lecythidaceae*
LEUCCO	*Leucaena*	*collinsii*	*Mimosaceae*
LEUCCU	*Leucaena*	*cunninghamia*	*Mimosaceae*
LEUCDI	*Leucaena*	*diversifolia*	*Mimosaceae*
LEUCES	*Leucaena*	*esculenta* Bth.	*Mimosaceae*
LEUCLA	*Leucaena*	*lanceolata*	*Mimosaceae*
LEUCLE	*Leucaena*	*leucocephala* de Wit	*Mimosaceae*
LEUCMA	*Leucaena*	*macrophylla*	*Mimosaceae*
LEUCPA	*Leucaena*	*pallida*	*Mimosaceae*
LEUCPU	*Leucaena*	*pulverulenta* Bth.	*Mimosaceae*
LEUCSA	*Leucaena*	*salvadorensis* Stand.	*Mimosaceae*
LEUCSH	*Leucaena*	*shannoni* D.Smith	*Mimosaceae*
LEUSCA*	*Leucosyke*	*capitellata*	
LICAPL	*Licania*	*platypus* Fritsch.	*Chrysobalanaceae*
LITCCH	*Litchi*	*chinensis* Sonn.	*Sapindaceae*
LITSCI	*Litsea*	*citrata*	*Lauraceae*
LITSMO	*Litsea*	*monopetala*	*Lauraceae*
LITSPO	*Litsea*	*polyantha*	*Lauraceae*
LUCUMA	*Lucuma*	*mammosa* Gaertn.	*Sapotaceae*
LYCOES	*Lycopersicon*	*esculentum* Mill.	*Solanaceae*
LYSIBA	*Lysiloma*	*bahamensis* Bth.	*Mimosaceae*
LYSILA	*Lysiloma*	*latisiliqua* Bth.	*Mimosaceae*
MACAIN	*Macadamia*	*integrifolia* Maid.&Betche	*Proteaceae*
MACATE	*Macadamia*	*ternifolia* F.V.Muell.	*Proteaceae*
MACATF*	*Macadamia*	*tetraphylla* L.Johnson	*Proteaceae*

Código	Género	Especie	Familia
MACGTA*	*Macaranga*	*tanarius*	*Euphorbiaceae*
MACHGA	*Machilus*	*gamblei*	*Lauraceae*
MACHOD	*Machilus*	*odoratissima* Nees.	*Lauraceae*
MAESEM	*Maesopsis*	*eminii* Engl.	
MALLPH	*Mallotus*	*philippinensis* Mu.	*Euphorbiaceae*
MALPPU	*Malpighia*	*punicifolia* L.	*Malpighiaceae*
MAMMAM	*Mammea*	*americana* L.	*Guttiferae*
MANGIN	*Mangifera*	*indica* L.	*Anacardiaceae*
MANIDU	*Manihot*	*dulcis*	*Euphorbiaceae*
MANKKA*	*Manilkara*	*kauki* Dubard	*Sapotaceae*
MANKZA*	*Manilkara*	*zapota* van Royen	*Sapotaceae*
MELALE	*Melaleuca*	*leucadendra* L.	*Myrtaceae*
MELAQU	*Melaleuca*	*quinquenervia*	*Myrtaceae*
MELIAZ	*Melia*	*azedarach* L.	*Meliaceae*
MELIDU	*Melia*	*dubia* Cav.	*Meliaceae*
MELOBI*	*Melicoccus*	*bijugatus* Jacq.	*Sapindaceae*
MESUFE	*Mesua*	*ferrea* L.	*Guttiferae*
MICHCH	*Michelia*	*champaca*	*Magnoliaceae*
MIMOSC	*Mimosa*	*scabrella*	*Mimosaceae*
MITROR	*Mitragyna?*	*orientales*	*Rubiaceae*
MORAEX	*Mora*	*excelsa* Bth.	*Caesalpiniaceae*
MORIOL	*Moringa*	*oleifera* Lamk.	*Moringaceae*
MORUAL	*Morus*	*alba* L.	*Moraceae*
MORUIN	*Morus*	*indica*	*Moraceae*
MUCUMA	*Mucuna*	*macrocarpa*	*Papilionaceae*
MUNTCA	*Muntingia*	*calabura* L.	*Elaeocarpaceae*
MUSAPA	*Musa*	*paradisiaca* L.	*Musaceae*
MUSASA	*Musa*	*sapientum* L.	*Musaceae*
MYRCSP	*Myrciaria*	spp.	*Myrtaceae*
MYRIFR	*Myristica*	*fragrans* Houtt.	*Myristicaceae*
MYRSCA	*Myrsine*	*capitellata*	*Myrsinaceae*
MYRSSE	*Myrsine*	*semiserrata*	*Myrsinaceae*
NAUCOR	*Nauclea?*	*orientales* = MITROR?	
NEPHLA	*Nephelium*	*lappaceum* L.Ramb.	*Sapindaceae*
NEPHMU	*Nephelium*	*mutabile* Bl.Pula.	*Sapindaceae*
NICOTA	*Nicotiana*	*tabacum*	
OLEAFE	*Olea*	*ferruginea*	*Oleaceae*
OPUNSP	*Opuntia*	spp.	*Cactaceae*
ORBIMA	*Orbignya*	*martiana* Barb.Rod.	*Aracaceae*
ORYZSA	*Oryza*	*sativa* L.	*Graminae*
OUGEDA	*Ougeinela*	*dalbergioides*	*Papilionaceae*
PAHURH	*Pahudia*	*rhomboidea*	
PALILU	*Paliquium*	*luzoniense* Vidal	*Sapotaceae*
PANDGR	*Pandanus*	*graminifolius*	*Pandanaceae*
PANDTE	*Pandanus*	*tectorius* Sol.	*Pandanaceae*
PANIMA	*Panicum*	*maximum* Jacq.	*Poaceae*
PARAFA	*Paraserianthes*	*falcataria*	*Mimosaceae*
PARALO	*Paraserianthes*	*iophantha*	*Mimosaceae*
PARKBI	*Parkia*	*biglobosa* Bth.	*Mimosaceae*
PARKCL	*Parkia*	*clappertoniana* Keay	*Mimosaceae*
PARKJA	*Parkia*	*javanica* Merr.	*Mimosaceae*

Código	Género	Especie	Familia
PARKRO	*Parkia*	*roxburghii*	*Mimosaceae*
PARKSP	*Parkia*	*speciosa* Hassk.	*Mimosaceae*
PARNAC*	*Parkinsonia*	*aculeata* L.	*Caesalpiniaceae*
PARTAR	*Parthenium*	*argentatum*	*Compositae*
PASPDI	*Paspalum*	*dilatatum* Poir.	*Poaceae*
PASSED	*Passiflora*	*edulis* Sims.	*Passifloraceae*
PASSLA	*Passiflora*	*laurifolia* L.	*Passifloraceae*
PASSLI	*Passiflora*	*ligularis* Jull.	*Passifloraceae*
PASSMA	*Passiflora*	*maliformis* L.	*Passifloraceae*
PASSMO	*Passiflora*	*mollisima* Bailey	*Passifloraceae*
PASSQU	*Passiflora*	*quadrangularis* L.	*Passifloraceae*
PAULEX	*Paulownia*	*excelsa*	*Scrophulariaceae*
PAULFO	*Paulownia*	*fortunii*	*Scrophulariaceae*
PAULTA	*Paulownia*	*taiwanii*	*Scrophulariaceae*
PAULTO	*Paulownia*	*tomentosa*	*Scrophulariaceae*
PELTIN	*Peltophorum*	*inerme* Roxb. = PELTPT	
PELTPT	*Peltophorum*	*pterocarpum* Naves	*Caesalpiniaceae*
PENNCL	*Pennisetum*	*clandestinum*	*Poaceae*
PENNPU	*Pennisetum*	*purpureum* S.&T.	*Graminae*
PENTMA	*Pentaclethra*	*macroloba* Ktze.	*Mimosaceae*
PENTMC*	*Pentaclethra*	*macrophylla* Bth.	*Mimosaceae*
PEREAC	*Pereskia*	*aculeata* Mill.	*Cactaceae*
PERIEL	*Pericopsis*	*elata* van Meeuw.	*Papilionaceae*
PERSAM	*Persea*	*americana* Mill.	*Lauraceae*
PETEQU	*Peterslanthus*	*quadrialatus* Merr.	*Lecythidaceae*
PHASVU	*Phaseolus*	*vulgaris* L.	*Papilionaceae*
PHOEDA	*Phoenix*	*dactylifera* L.	*Palmaceae*
PHYLAC	*Phyllanthus*	*acidus* skeels	*Euphorbiaceae*
PHYLEM	*Phyllanthus*	*emblica* L.	*Euphorbiaceae*
PIMEDI	*Pimenta*	*dioica*	*Myrtaceae*
PIMERA	*Pimenta*	*racemosa*	*Myrtaceae*
PINUCA	*Pinus*	*caribaea* Morelet	*Pinaceae*
PINUCAHO	*Pinus*	*caribaea* v *hondurensis*	*Pinaceae*
PINUIN	*Pinus*	*insularis*	*Pinaceae*
PINUKE	*Pinus*	*kesiya* Royle	*Pinaceae*
PINUME	*Pinus*	*merkusii* Jung&V.	*Pinaceae*
PINUOC	*Pinus*	*occidentalis*	*Pinaceae*
PINUOO	*Pinus*	*oocarpa*	*Pinaceae*
PINUTE	*Pinus*	*tecunumanii*	*Pinaceae*
PISOAL	*Pisonia*	*alba*	*Nyctaginaceae*
PISTVE	*Pistacia*	*vera*	*Anacardiaceae*
PITHDU	*Pithecellobium*	*dulce* Bth.	*Mimosaceae*
PITHSA	*Pithecellobium*	*saman* = ALBISA	
PLATOC	*Platanus*	*occidentalis* L.	*Platanaceae*
PLATOR	*Platanus*	*orientalis*	*Platanaceae*
PLAVIN*	*Platonia*	*insignis* Mart.	*Guttiferae*
PLAYPI*	*Platymiscium*	*pinnatum*	*Papilionaceae*
POLYPE	*Polyalthia*	*pendula*	*Annonaceae*

Código	Género	Especie	Familia
PONGPI	*Pongamia*	*pinnata* Pierre	*Papilionaceae*
POPUEP*	*Populus*	*euphratica* Olivi.	*Salicaceae*
POPUEU	*Populus*	*euramericana*	*Salicaceae*
POURCE	*Pourouma*	*cecroplaefolia* M.	*Moraceae*
POUTCA	*Pouteria*	*caimito* Radlk.	*Sapotaceae*
POUTCP*	*Pouteria*	*campechianum* Baehni	*Sapotaceae*
POUTSA	*Pouteria*	*sapota* HEM&Stearn	*Sapotaceae*
PREMBE	*Premna*	*bengalensis*	*Verbenaceae*
PREMIN	*Premna*	*integrifolia*	*Verbenaceae*
PREMLA	*Premna*	*latifolia*	*Verbenaceae*
PROSAF	*Prosopis*	*africana* Taub.	*Mimosaceae*
PROSAL	*Prosopis*	*alba*	*Mimosaceae*
PROSCH	*Prosopis*	*chilensis* Stuntz	*Mimosaceae*
PROSCI	*Prosopis*	*cineraria* Druce	*Mimosaceae*
PROSJU	*Prosopis*	*juliflora* DC.	*Mimosaceae*
PROSPA	*Prosopis*	*pallida*	*Mimosaceae*
PROSTA	*Prosopis*	*tamarugo*	*Mimosaceae*
PRUNCE	Prunus	*cerasoides*	*Rosaceae*
PRUNSA	*Prunus*	*salicifolia* H.B.K.	*Rosaceae*
PSIDCA	*Psidium*	*cattleianum* Sab.	*Myrtaceae*
PSIDFR	*Psidium*	*friedrichsthalianum*	*Myrtaceae*
PSIDGU	*Psidium*	*guajava* L.	*Myrtaceae*
PTECIN*	*Pterocarpus*	*indicus* Willd.	*Pterocarpaceae*
PTERJA	*Pterospermum*	*javanicum* Jungh.	*Sterculiaceae*
PUERJA	*Pueraria*	*javanica* Bth.	*Papilionaceae*
PUNIGR	*Punica*	*granatum* L.	*Punicaceae*
PUTRRO	*Putranjiva*	*roxburghii*	*Euphorbiaceae*
PYRUCO	*Pyrus*	*communis*	*Rosaceae*
QUARCO	*Quararibea*	*cordata* Vischer	*Bombacaceae*
QUERFE	*Quercus*	*fenestrata*	*Fagaceae*
QUERIN	*Quercus*	*incana*	*Fagaceae*
QUERLA	*Quercus*	*lamellosa*	*Fagaceae*
QUERLN*	*Quercus*	*lanata*	*Fagaceae*
QUERLP*	*Quercus*	*leucotrichophora*	*Fagaceae*
QUERLT*	*Quercus*	*lineata*	*Fagaceae*
QUERSE	*Quercus*	*semicarpifolia*	*Fagaceae*
RHIZAP	*Rhizophora*	*apiculata*	*Rhizophoraceae*
RHIZMA	*Rhizophora*	*mangle*	*Rhizophoraceae*
RHIZMU	*Rhizophora*	*mucronata* Lamk.	*Rhizophoraceae*
RHIZST	*Rhizophora*	*stylosa* Griff.	*Rhizophoraceae*
RHUSJA	*Rhus*	*javanica*	*Anacardiaceae*
RHUSSU	*Rhus*	*succedanea*	*Anacardiaceae*
RICICO	*Ricinus*	*communis* L.	*Euphorbiaceae*
ROBIPS	*Robinia*	*pseudoacacia* L.	*Papilionaceae*
ROLLMU	*Rollinia*	*mucosa* Baille	*Annonaceae*
RUBUNI	*Rubus*	*niveus* Thunb.	*Rosaceae*

Código	Género	Especie	Familia
SALIBA	*Salix*	*babylonica*	*Salicaceae*
SALMMA	*Salmalia*	*malabarica*	*Bombacaceae*
SALVOL	*Salvadora*	*oleoides*	*Salvadoraceae*
SALVPE	*Salvadora*	*persica* L.	*Salvadoraceae*
SAMASA	*Samanea*	*saman* = ALBISA	
SANDIN	*Sandoricum*	*indicum* Cav.	*Meliaceae*
SANDKO	*Sandoricum*	*koetjape* Merr.	*Meliaceae*
SANTAC	*Santalum*	*acuminatum* A.DC.	*Santalaceae*
SANTAL	*Santalum*	*album* L.	*Santalaceae*
SAURNA	*Saurauia*	*napaulensis* DC.	*Saurauiaceae*
SAUSAN*	*Sauropus*	*androgynus*	*Euphorbiaceae*
SCHIWA	*Schima*	*wallichii*	*Theaceae*
SCHLOL	*Schleichera*	*oleosa* Merr.	*Sapindaceae*
SCHNMO*	*Schinus*	*molle* L.	*Anacardiaceae*
SECUFL	*Securinega*	*flexuosa* = FLUEFL?	
SESAIN	*Sesamum*	*indicum* L.	*Pedaliaceae*
SESBAE	*Sesbania*	*aegypticum* Pers.	*Papilionaceae*
SESBAR	*Sesbania*	*arboreum*	*Papilionaceae*
SESBBI	*Sesbania*	*bispinosa* W.F.Wight	*Papilionaceae*
SESBFO	*Sesbania*	*formosa*	*Papilionaceae*
SESBGR	*Sesbania*	*grandiflora* Poir.	*Papilionaceae*
SESBSE	*Sesbania*	*sesban* Merr.	*Papilionaceae*
SETAAN	*Setaria*	*ancep*	*Poaceae*
SHORGI	*Shorea*	*gisok*	*Dipterocarpaceae*
SHORMA	*Shorea*	*malibato*	*Dipterocarpaceae*
SHORRO	*Shorea*	*robusta*	*Dipterocarpaceae*
SHORSP	*Shorea*	spp.	*Dipterocarpaceae*
SOLAME	*Solanum*	*melongena* L.	*Solanaceae*
SOLAQU	*Solanum*	*quitoense* Lamk.	*Solanaceae*
SOLASE	*Solanum*	*sessiliflorum* Dun.	*Solanaceae*
SOLATO	*Solanum*	*topiro* H.B.K.	*Solanaceae*
SOLATU	*Solanum*	*tuberosum* L.	*Solanaceae*
SORGVU	*Sorghum*	*vulgare* Pers.	*Graminae*
SPONCY	*Spondias*	*cytherea* Sonn.	*Anacardiaceae*
SPONDU	*Spondias*	*dulcis* Forst.	*Anacardiaceae*
SPONMO	*Spondias*	*mombin* L.	*Anacardiaceae*
SPONPI	*Spondias*	*pinnata* Kurz.	*Anacardiaceae*
SPONPU	*Spondias*	*purpurea* L.	*Anacardiaceae*
STERAP	*Sterculia*	*apetala*	*Sterculiaceae*
STYLGU	*Stylosanthes*	*guienensis*	*Papilionaceae*
STYLHA	*Stylosanthes*	*hamata* Taub.	*Papilionaceae*
STYLSC	*Stylosanthes*	*scabra*	*Papilionaceae*
SWIEMC*	*Swietenia*	*macrophylla* King	*Meliaceae*
SWIEMH*	*Swietenia*	*mahogani*	*Meliaceae*
SYMPCR	*Symplocos*	*crataegoides*	*Symplocaceae*
SYNCGL	*Syncarpia*	*glomulifera*	*Myrtaceae*
SYZYAR	*Syzygium*	*aromaticum*	*Myrtaceae*
SYZYCU	*Syzygium*	*cuminii* Skeels	*Myrtaceae*

Código	Género	Especie	Familia
SYZYJU	*Syzygium*	*jambos* Alston	*Myrtaceae*
SYZYMA	*Syzygium*	*malaccense* Merr.&Perry	*Myrtaceae*
SYZYPO	*Syzygium*	*polyantha* Wight	*Myrtaceae*
SYZYUN	*Syzygium*	*uniflora* L.	*Myrtaceae*
TABERO	*Tabebuia*	*rosea*	*Bignoniaceae*
TAMAIN	*Tamarindus*	*indica* L.	*Caesalpiniaceae*
TAMXAP*	*Tamarix*	*aphylla* Karsten	*Tamaricaceae*
TECTGR	*Tectona*	*grandis* L.	*Verbenaceae*
TEPHCA	*Tephrosia*	*candida* DC.	*Papilionaceae*
TEPHVO	*Tephrosia*	*vogelii* Hook.	*Papilionaceae*
TERMAR	*Terminalia*	*arjuna*	*Combretaceae*
TERMBE	*Terminalia*	*belerica*	*Combretaceae*
TERMCA	*Terminalia*	*catappa* L.	*Combretaceae*
TERMCH	*Terminalia*	*chebula*	*Combretaceae*
TERMTO	*Terminalia*	*tomentosa*	*Combretaceae*
THEOCA	*Theobroma*	*cacao* L.	*Sterculiaceae*
THEVPE	*Thevetia*	*peruviana*	*Apocynaceae*
TOONCI	*Toona*	*ciliata*	*Meliaceae*
TOONSU	*Toona*	*sureni* Merr.	*Meliaceae*
TRIFAL	*Trifolium*	*alexandrianum*	*Papilionaceae*
TRISCO	*Tristania*	*conferta*	*Myrtaceae*
TRITSA	*Triticum*	*sativum* Lamk.	*Graminae*
VANIFR	*Vanilla*	*fragrans*	*Orchidaceae*
VETIZI	*Vetiveria*	*zizanioides* Stap.	*Graminae*
VIGNUN	*Vigna*	*unguiculata*	*Papilionaceae*
VITENE	*Vitex*	*negundo*	*Verbenaceae*
VITEPA	*Vitex*	*parviflora*	*Verbenaceae*
VITIVI	*Vitis*	*vinifera* L.	*Vitaceae*
VOANSU	*Voandzeia*	*subterranea* Thou.	*Papilionaceae*
VOCHHO	*Vochysia*	*hondurensis*	*Vochysiaceae*
WENDEX	*Wendlandia*	*exserta* DC.	*Rubiaceae*
WOODFR	*Woodfordia*	*fruticosa* S.Kurz	*Lythraceae*
WRIGAN	*Wrightia*	*antidysenterica*	*Apocynaceae*
WRIGTI	*Wrightia*	*tinctoria*	*Apocynaceae*
XANTSA	*Xanthosoma*	*sagittifolium* Schott	*Araceae*
XANTVI	*Xanthosoma*	*violaceum* Schott	*Araceae*
XYLOLA	*Xylosma*	*latifolium*?	*Flacourtaceae*
ZALAED	*Zalacca*	*edulis* Reinw.	*Palmaceae*
ZEAMAY*	*Zea*	*mays* L.	*Graminae*
ZINGOF	*Zingiber*	*officinale* Rosc.	*Zingiberaceae*
ZIZIIN	*Ziziphus*	*incurva*	*Rhamnaceae*
ZIZIJU	*Ziziphus*	*jujuba* Mill.	*Rhamnaceae*
ZIZIMA	*Ziziphus*	*mauritiana*	*Rhamnaceae*
ZIZITI	*Ziziphus*	*timorensis*	*Rhamnaceae*

8.4 Símbolos estandarizados[20]

Puntos que se deben recordar:

- o Use el Sistema Internacional de Pesas y Medidas adoptado en Francia en 1960.[21]
- o Use solo unidades del sistema métrico.
- o Use minúsculas para designar los nombres de unidades, excepto "Celsius."
- o Use minúsculas en los prefijos del sistema métrico, excepto "M" (millón).
- o Use minúsculas para designar las medidas directas, por ejemplo, v = el volumen de un árbol.
- o Use mayúsculas para indicar los totales por unidad de superficie, V = volumen por hectárea.
- o Use los mismos símbolos para designar el singular y el plural de los términos, por ejemplo, 1 mm y 21 mm.
- o No ponga punto después del símbolo, excepto al final de la frase.
- o Separe el número y el símbolo con un espacio, por ejemplo, 21 cm en lugar de 21cm.
- o Deje un espacio en blanco, sin poner ni punto ni coma para separar las agrupaciones de tres dígitos en las cifras grandes; por ejemplo, 1 000 000 y no 1,000,000 ni 1.000.000.
- o Si usa algún símbolo especial de medición, informe a todos los cooperadores y las redes.[22]

ap altura del pecho. En el sistema métrico, cuyo uso se prefiere, la altura del pecho es de 1,30 m sobre el nivel del suelo. Especifique cualquiera otro valor usado, por ejemplo, ap = 1,37 m (4,5 pies).

c circunferencia o contorno.

cc con la corteza.

cr cuello de la raíz. Las alturas más comunes son de 5 cm en el vivero y de 30 cm en el campo; sin embargo, no se han adoptado normas generales, de modo que se debe especificar la altura empleada.

---

[20] Las letras negritas son del código internacional.

[21] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, "Reglas principales para la consignación de unidades," *Desarrollo rural de las Américas* 13:3 (1981), págs. 182-89.

[22] Los símbolos de medición se basan generalmente en las recomendaciones dadas por la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal en 1956. Véase J. Van Soest y col., *La normalización de los símbolos en dasometría* (Roma: FAO, 1969).

d diámetro. El diámetro de los árboles o partes de árboles en pie incluye comúnmente la corteza. El diámetro de las trozas de árboles talados por lo general excluye la corteza.

dap diámetro a la altura del pecho.

dapcc diámetro a la altura del pecho con la corteza.

dapsc diámetro a la altura del pecho sin la corteza.

db diámetro en la base (este no es un término estándar).

dcc diámetro con la corteza.

dcr diámetro en el cuello de la raíz.

dec diámetro encima de los contrafuertes en la base del árbol (este no es un término estándar).

dk diámetro de la copa del árbol.

dpe diámetro en el punto de estrangulamiento, encima del raigal (este no es un término estándar).

dsc diámetro sin la corteza.

e espaciamiento. Se da comúnmente en metros o decímetros; por ejemplo, e = 1 x 2 m ó 10 x 20 dm. Primero se da el espaciamiento dentro de cada hilera y luego entre una y otra.

f factor de forma. Indica comúnmente la relación entre el volumen del tallo principal y el volumen de un cilindro con un diámetro igual al diámetro a la altura del pecho y una altura igual a la porción declarada de la altura del árbol, expresada como fracción decimal o porcentaje.

Por ejemplo, si el diámetro a la altura del pecho = 1 metro y la altura del tallo = 30 metros, un cilindro equivalente tiene un volumen de 0,5 al cuadrado multiplicado por pi multiplicado por 30 = 23,56 metros cúbicos. Si el volumen del árbol = 20 metros cúbicos, f = 20 dividida por 23,56 = 0,85. Para efectos de claridad, indique la derivación específica de **f**.

g superficie transversal del tallo o de los tallos del árbol a la altura del pecho ó 1,3 m.

G la suma de todos los factores g por hectárea, a menos que se especifique otra unidad de superficie.

h altura total del árbol, a menos que se especifique de otro modo.

hcom altura comercial de un árbol (altura hasta la parte superior de las trozas utilizables).

hdom altura media de todos los árboles dominantes. Por ejemplo, h100 = altura media de los 100 árboles de mayor diámetro a la altura del pecho por hectárea.

i incremento. Puede darse en cualquier unidad.

iac incremento anual corriente (para el año más reciente).

iam incremento anual medio.

iap incremento anual periódico.

k copa del árbol.

n número.

N número total por hectárea u otra unidad de superficie especificada.

sc sin la corteza.

t edad expresada en años desde la fecha de plantación (a menos que se especifique lo contrario).

v volumen de cada árbol o de un segmento de éste. Se debe describir la unidad a que se hace referencia, por ejemplo, tallo comercializable, tallo total, aéreo (sobre el suelo) o total (tallo + ramas + raíces).

V volumen total por hectárea.

8.5 Tratamientos silvícolas

Los tratamientos enumerados se destinan a los ensayos de campo. Como tales, no incluyen tratamientos destinados sobre todo a manipulación de la semilla o estudios en viveros. Se pueden agregar otros a medida que se necesiten.

Aunque se enumeran como tratamientos primarios y secundarios, el tipo de tratamiento empleado en un estudio dado puede pertenecer a una u otra lista. Sin embargo, se cree que la distinción es útil porque los tratamientos secundarios suelen tener una relación general subordinada con el primario.

Esta es una lista preliminar sujeta a revisiones en consulta con los grupos de la red de investigación.

Primario	**Secundario**
Clon CS	Identifíquelo con el código de la especie (véase la sección 8.3) más el código del clon o del lote de semillas de < de 9 caracteres
Cobertura CB	M = material (OR = orgánico, SI = sintético, IN = inorgánico. Otro_____) T = espesor en mm R = radio en cm
Cosecha CO	CB = corte a hecho en bloque + longitud en m multiplicada por la anchura en m por bloque CF = corte a hecho en fajas + anchura en m CP = corte del árbol portagranos + n de árboles port agranos por hectárea RC = regeneración bajo cubierta + % retirado S1 = selección de un árbol + criterios SG = selección de grupos + criterios Otros _____
Cultivo abajo CA	CI = cultivo inicial solamente (taungya) PA = cultivo permanente de especies anuales PP = cultivo permanente de especies perennes
Cultivo nutriz CN	E = especie P = periodicidad T = tipo: P = perenne A = anual F = fijador de nitrógeno N = no fijador de nitrógeno O = otros_____
Cultivos intercalados CI	EC = especies de cultivo MC = manejo de cultivo EA = especies de árboles MA = manejo de árboles
Desbrozo del sitio DS	LN = limpieza con niveladoras mecánicas TE = formación de terrazas CA = camas CM = corte manual AR = arado QU = quema (Separe los códigos múltiples con un subrayado, por ejemplo, LN_TE)

Primario	Secundario
Entresaca EN	M = método (S = árbol selecto, A = alto, B = bajo, M = mecánico, O = otro) P = peso (% retirado de A = árboles, G = superficie transversal, V = volumen) I = intervalo en años
Entresaca de brotes EB	N = número de residuos en el tocón M = mes del corte T = edad del retoño S = método de selección de brotes
Espaciamiento E	GE = geometría (CU = cuadrado, RE = rectangular, SI = sistemático = Nelder/abanico/cuadrícula) DI = distancia (entre un árbol en m x entre hileras en m)
Especies ES	Código de 6 caracteres (véase la sección 8.3)
Fertilización FE	CO = composición + (código químico/cantidad en g) AP = aplicación + S = superficie, I = incorporado
Formación FO	H = hilera única, como límite o postes vivo M = hilera múltiple, como rompevientos + n de hileras de árboles S = setos o cerca viva + n de hileras de árboles A = árboles aislados + espaciamiento R = rodal en grupo o bloque de árboles
inoculación IN	RH = Rhizobium FR = Frankia MI = micorrizas OT = otra _____
Limpieza LI	LC = limpieza completa Hn = limpieza de la hilera, n de metros de ancho Rn = limpieza radial, n de metros alrededor del árbol Tn = edad máxima, n de años F = frecuencia HM = herramienta manual (MA = machete, AZ = azadón, HE = herbicida, CV = combinación de varios) EM = equipo mecanizado (SC = suelo cultivado, CD = corte del piso dominado, HE = herbicida, CV = combinación de varios)
Lote de semilla LS	Identifíquelo con el código de la especie (véase la sección 8.3) más el código del lote de semilla de < de 9 caracteres.

Primario	Secundario
Plantación PL	ME = mecanizada MA = manual (¿herramienta?) R = en raja HP = en hueco pequeño HG = en hueco grande FE = fecha (año, mes) CU = cultivo L = limpieza R = riego F = fertilización P = poda Otro_____
Plántulas PS	RD = raíz desnuda BT = bola de tierra TO = tocón RE = recipiente EP = estaca pequeña EP = estaca de tamaño apropiado para postes SD = siembra directa CT = cultivo de tejidos Otros_____
Poda PO	H = altura del árbol en m SL = método de selección DS = diámetro superior MS = mes, 01-12 HP = altura de poda en metros o % MP = método de poda
Poda de la copa PO	H = altura en m F = frecuencia en meses E = edad
Procedencia PC	Identifíquela con el código de la especie más el código de procedencia de < de 9 caracteres.
Progenie PG	Identifíquela con el código de la especie más el código de la progenie de < de 9 caracteres. M = madre P = padre LS = lote de semilla
Protección PR	QU = química _____ SI = silvicultural _____ BI = biológica _____
Riego RI	F = frecuencia C = cantidad en cm
Siembra directa SD	IN = inoculación ME = método MS = mes
Silvicultura SV	LI = limpieza TL = tala FE = fertilización CI = cultivos intercalados RI = riego CO = cobertura PC = poda de la copa PO = poda EB = entresaca de brotes EN = entresaca

Primario	Secundario	
Silvopastoral SP	EA = especie de animales EF = especie de forrajes EA = especie de árboles	MP = manejo pecuario MF = manejo de forrajes MA = manejo de árboles
Sitio SI	PP = profundidad permeable XS = textura de la superficie del suelo ES = espesor del suelo superficial MS = materia orgánica del suelo superficial PS = pH de la superficie del suelo CS = color del suelo superficial NS = nitrógeno del suelo superficial FS = fósforo del suelo superficial KS = potasio del suelo superficial SS = salinidad del suelo superficial	DA = densidad aparente XP = textura del suelo profundo EP = espesor del suelo profundo MP = materia orgánica del suelo profundo PP = pH del suelo profundo CP = color del suelo profundo NP = nitrógeno del suelo profundo FP = fósforo del suelo profundo KP = potasio del suelo profundo SP = salinidad del suelo profundo
Tala TL	P = período del año + (F = frío, C = caliente, S = seco, LL = lluvioso, V = variable = transición) H = altura del tocón + h, cm T = edad del árbol en años D = diámetro del árbol + medida de la altura en m	
Variedad VA	Código de 2 caracteres junto al código de 6 caracteres de la especie cuando la variedad es conocida y relevante. De ordinario, los primeros dos caracteres del nombre de la variedad, por ejemplo *Pinus caribaea* variedad *hondurensis* sería PINUCAHO (véase también la introducción a la sección 8.3).	

Apéndices

Los apéndices A, B y C son versiones condensadas de los procedimientos recomendados para el Proyecto de Investigaciones y Desarrollo de Dasonomía y Producción de Leña (al 15 de diciembre de 1989).

Los ensayos de la red de investigación en las regiones húmedas y subhúmedas se iniciaron en 1987 y en las las regiones áridas y semiáridas, en el transcurso de 1989.

El apéndice D contiene el material recomendado para lecturas suplementarias.

Apéndice A

Ensayos de la red de investigación: zona húmeda y subhúmeda

(Resumen de los procedimientos recomendados)

Objetivos:

- o Ampliar los conocimientos sobre el crecimiento, los requisitos en cuanto a sitios y las prácticas de manejo de los árboles prioritarios de usos múltiples (AUM) para poder atender la demanda de leña, forraje y otros productos arbóreos por parte de los pequeños agricultores de las regiones húmedas y subhúmedas del Asia.
- o Proporcionar un punto de enfoque para el desarrollo de la red de investigación.
- o Ayudar a mejorar la metodología empleada en investigaciones dasonómicas.

Diseño experimental

El diseño consiste en un arreglo en bloques completos al azar con 4 repeticiones, empleando tres factores de 3 especies x 2 procedencias en cada una x 3 tratamientos de manejo. Esto equivale a 18 combinaciones de tratamiento por bloque x 4 repeticiones ó 72 parcelas (véase el cuadro A.1). En la figura A.1 se presenta un alineamiento de muestra en bloque y en la A.2 uno de una parcela normal.

Alineamiento

Los tratamientos se asignan al azar a parcelas en bloques completos de 18 parcelas. Cada una de éstas recibe un número único y consta de 7 hileras sembradas a 2 m de distancia unas de otras. Cada hilera contiene 7 árboles a un metro de distancia unos de otros; 7 hileras x 7 árboles = 49 árboles/parcela x 72 parcelas = 3.528 árboles/3 = 1.176 árboles de cada especie. Hay dos procedencias de cada especie; 1.176/2 = 588 árboles de cada procedencia y especie. El tamaño de la parcela es de 7 x 14 m = 98 m^2/parcela x 72 parcelas = 7.056 m^2 de zona experimental.

Los árboles se numeran comenzando en la esquina del noroeste y yendo hacia el este de 1 a 7. El primer árbol de la segunda hilera y de hileras sucesivas está bajo el árbol número 1. Los 9 árboles centrales (3 x 3) se miden cada seis meses. Las dos hileras externas de cada parcela son amortiguadoras; si alguno de los árboles escogidos para medición muere antes de los 24 meses, se selecciona uno de reemplazo en la hilera adyacente de amortiguadores. Después de los 24 meses, no se reemplazan los árboles muertos escogidos para medición.

Se escogen al azar dos árboles (de números pares o impares) de una hilera amortiguadora externa cada seis meses para muestreo destructivo del follaje, del peso de la madera y del peso específico (figura A.3). Si no hay suficientes árboles en las hileras externas, los árboles se seleccionan en forma similar de las hileras amortiguadoras internas.

Cuadro A.1. Especies, genotipos y tratamientos en los ensayos de la red de investigación en 1987

Factor A Especie y código	Factor B Procedencia y lote de semilla	Factor C* Manejo de cortes T	PC	P
Acacia mangium	Iron Range QLD, #15677	1	2	3
ACACMA	Boite PNG, #15642	4	5	6
Acacia auriculiformis	Morehead QLD, #15477	7	8	9
ACACAU	Bensbach/ Balamuk PNH, #15648	10	11	12
Leucaena diversifolia	Hawaii K156	13	14	15
LEUCDI	Hawaii híbrido KX3 (K743)	16	17	18

*T = testigo (sin corte)
PD = poda de la copa (a 2 m a los 24 meses)
P = poda (50% de la altura a los 18 meses)

TRT 12 Aric-PNG Poda Parcela 1	TRT 6 Mang-PNG Poda Parcela 2	TRT 16 Leu K156 Testigo Parcela 3	TRT 18 Leu K156 Poda Parcela 4	TRT 11 Aric-PNG Poda de la copa Parcela 5	TRT 3 Mang-QLD Poda Parcela 6
TRT 17 Leu K156 Poda de la copa Parcela 7	TRT 9 Aric-QLD Poda Parcela 8	TRT 1 Mang-QLD Testigo Parcela 9	TRT 15 Leu KX3 Poda Parcela 10	TRT 4 Mang-PNG Testigo Parcela 11	TRT 8 Aric-QLD Poda de la copa Parcela 12
TRT 10 Aric-PNG Testigo Parcela 13	TRT 14 Leu KX3 Poda de la copa Parcela 14	TRT 2 Mang-QLD Poda de la copa Parcela 15	TRT 7 Aric-QLD Testigo Parcela 16	TRT 13 Leu KX3 Testigo Parcela 17	TRT 5 Mang-PNG Poda de la copa Parcela 18

Figura A.1. Ejemplo del trazado de bloques

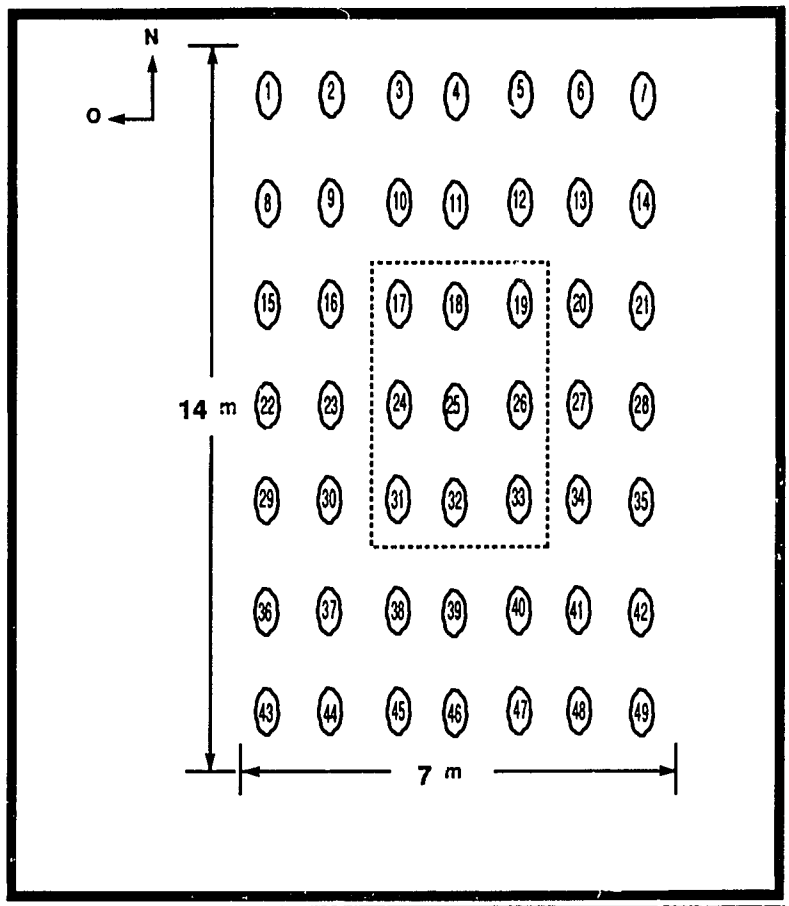


Figura A.2. Alineamiento de los árboles en las parcelas

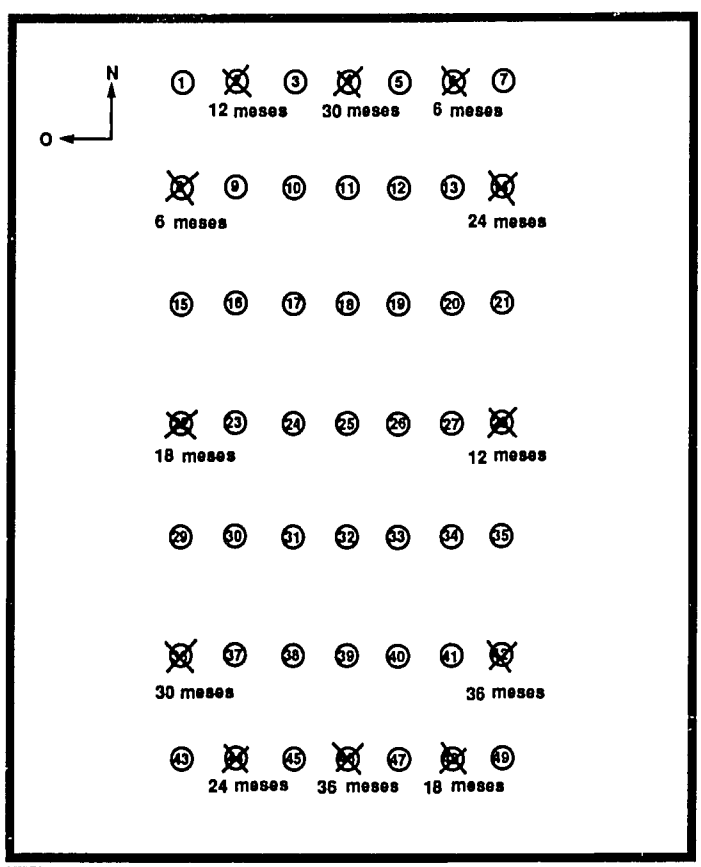


Figura A.3. Ejemplo de la toma de muestras para determinacion de biomasa

Producción de plántulas

Los recipientes de plástico tienen un tamaño de 10 x 15 cm con 8 a 12 perforaciones como mínimo. Se llenan con un medio de 50% de arcilla, 40% de arena y 10% de abono orgánico por volúmenes, con 30 a 50 g de un fertilizante de 12-24-12 bien mezclado con 10 litros de medio. El pH debe ser de 6,0 a 7,5. Los recipientes se pueden colocar en encima de telas de plástico si no hay problemas de inundación.

Ponga semilla de *Leucaena diversifolia* (LEUCDI) en agua a 80°C, luego remójela por 24 horas en agua del grifo; siembre las semillas hinchadas. Ponga semilla de *Acacia auriculiformis* (ACACAU) y *Acacia mangium* (ACACMA) 30 segundos en agua a 80°C, remójela por 10 minutos en agua del grifo; repita la operación tres veces, luego séquela al aire y siémbrela. Inocúlela con *Rhizobium*.

Siembre LEUCDI directamente en bolsas. Siembre ACACAU y ACACMA en semilleros, luego transplántelas a bolsas cuando tengan erguido el hipocótilo pero antes de que se desprenda el tegumento de la semilla.

Cuando se dé sombra, debe ser de menos de 76%. Retire las plántulas de la sombra, como mínimo, dos semanas antes de plantarlas.

Riegue bien por la mañana si la parte superior de los recipientes está seca. Controle la necrosis (damping-off) y la pudrición de la raíz con fungicidas, si es necesario.

Elimine las malezas de los recipientes tan pronto se observen, cuando el suelo esté húmedo.

Pode cualquier raíz que se salga del recipiente periódicamente con tijeras.

Seleccione las plántulas sanas y que tengan una altura de 30 cm para plantación.

Establecimiento y cuidado en el campo

Retire toda la vegetación de la zona experimental. Cultívela en forma adecuada. Cave huecos de 25 x 25 x 25 cm. Cultive la capa superior del suelo en un radio de 15 cm del hueco. Coloque de 20 a 30 g de un fertilizante de 12-24-12 en el fondo del hueco y cúbralo con suelo.

Remoje el suelo de los recipientes inmediatamente antes del transporte. Apriételo para evitar las sacudidas. Colóquelo en una zona protegida donde haya sombra hasta el momento de plantarlo. Riéguelo diariamente.

Distribuya las plántulas menos de cuatro horas antes de plantarlas. No desmorone la tierra de las raíces. Coloque la plántula con el cuello de la raíz en el nivel del suelo. Apriete el suelo firmemente con la parte plana del pie. Cubra con pasto seco. Reemplace las plántulas muertas solo durante los dos primeros meses.

Cada dos o tres meses, corte todas las malezas de la zona experimental y arranque las que estén dentro de un radio de 50 cm de las plántulas para evitar la competencia. Desmalece cuando sea necesario, de ahí en adelante.

Despeje espacios de protección contra el fuego de más de 19 m de ancho antes de la temporada de incendios y corte y retire regularmente la vegetación de esos espacios durante la estación seca. Vigile las plagas y las enfermedades y contrólelas según sea necesario, sobre todo la psila de la Leucaena, hasta la edad de un año.

Para evitar el daño causado a los árboles por el hombre y los animales, indique a todos los vecinos los objetivos del estudio y su importancia a largo plazo para la población local.

Medición y registro

Véase una discusión detallada sobre la medición, el registro de ésta y algunas observaciones en las secciones 6.0 y 7.0. Véase además la publicación titulada *IADSS User's Manual*, edición correspondiente a la versión 2.0, 1990.

Apéndice B

Ensayos de la red de investigación: zona árida

(Resumen de los procedimientos recomendados)

Objetivos:

- Ampliar los conocimientos sobre el crecimiento, los requisitos en cuanto a sitios y las prácticas de manejo de los árboles prioritarios de usos múltiples (AUM) para poder atender la demanda de leña, forraje y otros productos arbóreos por parte de los pequeños agricultores de las regiones áridas del Asia.

- Proporcionar un punto de enfoque para el desarrollo de la red de investigación.

- Ayudar a mejorar la metodología empleada en investigaciones dasonómicas.

Diseño experimental

El diseño consiste en un arreglo en bloques completos al azar con solo tres repeticiones, empleando dos factores de 4 especies x 2 regímenes de poda = 8 combinaciones de tratamiento por bloque; cada una de las 8 con 3 repeticiones = 24 parcelas.

Tratamientos

Los factores de tratamiento son las especies y la poda (véase el cuadro B.1). Además de las tres especies comunes en todos los lugares, cada cooperador debe seleccionar una o más especies, ya sean nativas o exóticas. Esta selección puede incluir una fuente local de una de las tres selecciones de la red de investigación. Una selección útil sería una especie o variedad de plantación intensiva en la localidad para que sirva de norma de comparación.

Alineamiento

Los bloques se colocan subjetivamente para minimizar la variación dentro de cada uno y las parcelas se arreglan de forma de maximizar la variación inevitable dentro de cada parcela de ese bloque. Los tratamientos se asignan al azar a las parcelas en bloques completos de ocho parcelas (véase la figura B.1).

Cada parcela tiene una numeración particular y consta de ocho hileras con 12 árboles cada una. Las hileras están a 2 m de distancia unas de otras y lo mismo los árboles dentro de cada hilera (véase la figura B.2); 8 hileras x 12 árboles = 96 árboles por parcela; 96 árboles x 24 parcelas = 2.304 árboles de 4 especies; 2.304/4 especies = 576 árboles de cada especie.

La longitud de la hilera es de 12 árboles x 2 m de espaciamiento = 24 m; la profundidad de la parcela es de 8 hileras x 2 m de espaciamiento = 16 m; la superficie de la parcela es de 24 x 16 = 384 m^2; la zona de estudio es de 384 m^2 x 24 parcelas = 9.216 m^2, más los alrededores. En la periferia del experimento se sembrará una hilera amortiguadora de una especie local.

Los árboles se numeran en serie comenzando en la esquina del noroeste y siguiendo en dirección del este de 1 a 12. El primer árbol de la segunda hilera y de hileras sucesivas se alinea debajo del árbol número uno (figura B.2).

Cuadro B.1. Tratamientos empleados en los ensayos de la red de investigación en las zonas áridas

Especie y código	Corte*	Tratamiento No.
Acacia nilotica		
ACACNI	Testigo	1
A. nilotica		
ACACNI	Poda	2
Prosopis cineraria		
PROSCI	Testigo	3
P. cineraria		
PROSCI	Poda	4
P. pallida		
PROSPA	Testigo	5
P. pallida		
PROSPA	Poda	6
Especie local		
(véase la sección 8.3)	Testigo	7
Especie local		
(véase la sección 8.3)	Poda	8

*Testigo = sin poda. Poda = retiro de todas las ramas hasta 1/3 de la altura total o 2 metros del tronco por encima del nivel del suelo (lo que sea menos) al comienzo de cada invierno.

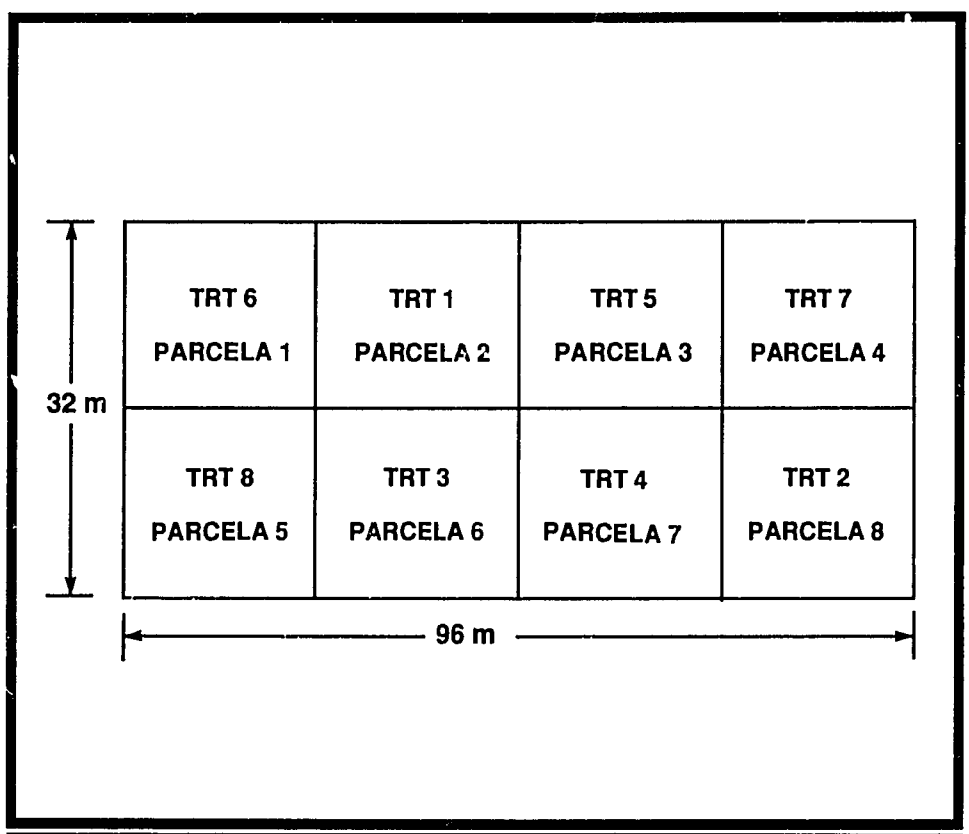


Figura B.1. Ejemplo del trazado de bloques

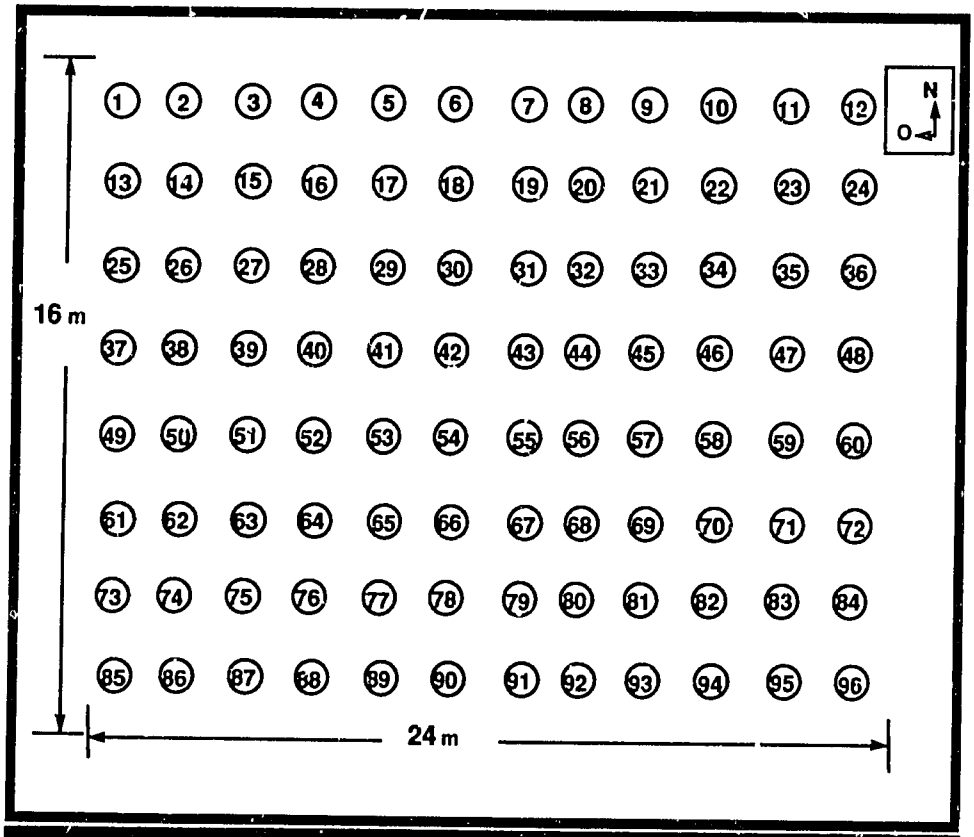


Figura B.2. Alineamiento de los árboles en las parcelas.

Manejo en el vivero

Los recipientes deben ser bolsas de plástico de 10 x 15 cm cuando están vacías, al menos con 8 perforaciones en la parte inferior. Llénelas con suelo local de calidad comprobada o con una mezcla de 50% de arcilla, 40% de arena y 10% de abono orgánico o estiércol podrido recogido en la finca, a lo que se agrega hexacloruro de benceno (HCB) para controlar el comején. Si no hay problemas de inundación, los recipientes se pueden colocar sobre telas de plástico para evitar que las raíces penetren en el suelo.

Trate las semillas de *Acacia nilotica* (ACACNI), *Prosopis cineraria* (PROSCI) y *P. pallida* (PROSPA) remojándolas por 30 segundos en agua a 100°C y poniéndolas inmediatamente después por 12 a 24 horas en agua limpia a la temperatura ambiente. Si las semillas se hinchan, están listas para inoculación con comprimidos de *Rhizobium* o inmersión en una mezcla de agua, *Rhizobium* y goma arábiga, para luego sembrarlas directamente en semilleros o recipientes. Si no se han hinchado, repita el tratamiento hasta tres veces. Siembre la semilla residual en un semillero y transplante las plántulas obtenidas a recipientes cuando estén erguidas pero antes de que se desprenda el tegumento de la semilla.

Riegue bien por la mañana si el suelo de la parte superior de los recipientes está seco. Si hay escasez de agua, riegue al atardecer, pero tenga cuidado de no hacerlo en exceso. La necrosis y la pudrición de la raíz se pueden controlar con fungicidas si es preciso. A menos que sea particularmente necesario, no dé sombra a las plántulas.

Retire las malezas de los recipientes tan pronto las observe, cuando el suelo esté húmedo.

Mueva los recipientes periódicamente, de preferencia una vez al mes, para evitar que las raíces penetren en el suelo; pode cualquier raíz fuera del recipiente con tijeras. Arregle las plántulas por tamaño y colóquelas en orden descendente en el semillero. En el momento de plantar, asigne las de una altura uniforme a una determinada parcela. Si hay suficientes plántulas, deseche todas las que tengan un diámetro de menos de 6 mm en el cuello de la raíz (dcr).

Establecimiento

Limpie los sitios nivelados por completo, luego árelos o cultívelos con azadón. Donde el viento es un problema grave o en una pendiente, deje bandas de vegetación a nivel y apile la vegetación cortada a lo largo de la curva de nivel. Despeje un espacio de protección contra el fuego alrededor del área experimental antes de la estación seca. Haga huecos de 30 cm de diámetro y 45 cm de profundidad antes de la época de plantación.

Moje el suelo de los recipientes de las plántulas (sin saturarlo) inmediatamente antes del transporte. Colóquelos sobre una capa de pasto y empáquelos bien para evitar las sacudidas. Transporte las plántulas en un vehículo cubierto. Guárdelas a la sombra hasta el momento de plantarlas.

Retire el recipiente con cuidado y pode las puntas de la raíz si se han enrollado. Llene el hueco con tierra solo hasta que falten 15 cm para llegar al nivel natural del suelo y siembre la plántula con el cuello de la raíz un poco abajo de la superficie de la tierra de relleno. Esto da protección inicial y una cuenca para riego. Apriete firmemente el suelo sin desmoronar la tierra de la bola de la raíz ni la del recipiente. Riegue inmediatamente, a menos que el suelo haya absorbido agua casi al máximo de su capacidad de retención. Cubra el suelo con pasto seco, si lo hay, o piedras. Reemplace las plantas muertas periódicamente solo por los primeros dos meses.

Mantenimiento

Desmalece periódicamente según sea necesario. Durante el primer año, mantenga el suelo húmedo. Si no hay lluvia, riegue con cerca de 7 litros por árbol al menos una vez cada dos semanas. Modifique la cantidad según lo exijan las condiciones del sitio. Proteja a las plantas contra insectos, enfermedades, roedores, animales salvajes, ganado y las personas durante el estudio. Comunique a los vecinos y empleados los objetivos del estudio y su importancia a largo plazo para la población local.

En todas las parcelas, entresaque la mitad de los árboles a la edad de tres años retirando cada hilera alterna que va de noroeste a sudeste, incluso las hileras diagonales de los árboles 1-92, 3-94, 5-96, 7-72, 9-48, 11 y 24, 25-90, 49-88 y 73 y 86 (véase la figura B.2). Si un árbol que debe retirarse está muerto o ha desaparecido, no retire el árbol adyacente para compensar.

A los seis años, entresaque la mitad de los árboles restantes retirando cada hilera diagonal alterna restante que va de nordeste a sudoeste, incluso los árboles 4-37, 8-85, 12-89 y 60-93.

A la edad de nueve años, entresaque la mitad de los árboles restantes retirando cada árbol alterno en las diagonales que van de nordeste a sudoeste que no se cortaron a la edad de seis años; es decir, los números 6, 13, 21, 28, 36, 43, 50, 58, 65, 80, 87 y 95.

Todos los retoños que aparezcan después de la entresaca se retiran al mismo tiempo que las malezas.

En las parcelas respectivas, pode todos los árboles sobrevivientes al comienzo de cada invierno al máximo posible sin dañar el cámbium del tallo. Pode todos los tallos hasta 1/3 de la altura total o a 2 m del suelo, lo que sea menos, con tijeras si las hay y si resulta práctico.

Medición y registro

Todas las medidas se expresan en unidades del sistema métrico.

La medición es anual e incluye árboles no retirados en ninguna de las operaciones de entresaca. Estos árboles son los números 2, 10, 17, 32, 39, 47, 54, 61, 69, 76, 84 y 91 (véase la figura B.2). No se sustituye ninguno de los árboles muertos.

El diámetro (d) se mide anualmente a la altura del pecho del sistema inglés (1,37 m) y a la altura del tocón (10 cm). También se mide cualquier tallo que se origine debajo del punto de medición. Cuando se trata de árboles con muchos tallos, el diámetro del árbol se considera igual a la raíz cuadrada de la suma del cuadrado del diámetro de cada uno de los tallos. Si es difícil decidir si el eje es un tallo o una rama (es decir, el eje no es ni vertical como un tallo ni semihorizontal), recuerde que cualquier eje cuyo diámetro en la altura de medición sea inferior a 1/2 del diámetro del tallo principal a esa misma altura se considera como rama.

La longitud (l) se mide a lo largo del tallo principal a partir del nivel del suelo (en el lado ascendente de las pendientes) hasta el extremo superior del tallo principal. La longitud de los tallos secundarios no se mide.

La altura total (h) es una medición opcional y es la distancia vertical desde el extremo superior hasta la base del árbol a nivel del suelo. Cuando los árboles están erguidos y derechos, $h = l$; cuando están inclinados o torcidos, $h < l$.

Se seleccionan al azar cuatro árboles para determinación de biomasa a partir de los retirados en cada operación de entresaca. Conviene dividir a los árboles que se pretende entresacar en cuatro clases según el diámetro y luego seleccionar un árbol al azar de cada una. El peso de la madera (tallos más ramas) y del forraje (follaje más fruto) se determina por separado. El material se pesa fresco, tan pronto se tala el árbol y luego después de secarlo a 60°C hasta que el peso sea constante.

Véanse una discusión detallada sobre la medición, el registro de ésta y algunas observaciones en las secciones 6.0 y 7.0. Véase también la publicación *IADSS User's Manual*, edición correspondiente a la versión 2.0, 1990.

Apéndice C

Ensayos de la red de investigación: zona semiárida

(Resumen de los procedimientos recomendados)

Objetivos:

- o Ampliar los conocimientos sobre el crecimiento, los requisitos en cuanto a sitios y las prácticas de manejo de los árboles prioritarios de usos múltiples (AUM) para poder atender la demanda de forraje, leña y otros productos arbóreos por parte de los pequeños agricultores de las regiones semiáridas del Asia.
- o Proporcionar un punto de enfoque para el desarrollo de la red.
- o Ayudar a mejorar la metodología empleada en investigaciones dasonómicas.

Diseño experimental

El diseño básico consiste en un arreglo en bloques completos al azar con solo tres repeticiones, empleando dos factores de 4 especies x 2 regímenes de corte = 8 combinaciones de tratamiento; cada una de las 8 con 3 repeticiones = 24 parcelas (véase el cuadro C.1).

Tratamientos

Los factores de tratamiento son la especie y la poda (véase el cuadro C.1). Además de las especies comunes en todos los lugares, cada cooperador debe seleccionar una o más especies nativas o exóticas. Estas pueden incluir una fuente local de una de las selecciones de árboles de la red de investigación. Sería útil seleccionar una especie o variedad de siembra intensiva en la localidad como norma de comparación.

Alineamiento

Los bloques se colocan subjetivamente para minimizar la variación dentro de cada uno y las parcelas se arreglan para maximizar la variación inevitable dentro de cada parcela de ese bloque. Los tratamientos se asignan al azar a las parcelas en bloques completos de ocho parcelas (figura C.1).

Cada parcela tiene un número singular y consta de 3 hileras de 10 árboles cada una = 30 árboles por parcela x 24 parcelas = 720 árboles de 4 especies; 720/4 especies = 180 árboles de cada una (figura C.2).

Las hileras están a 10 m una de otra y los árboles a un metro uno de otro dentro de las hileras. La longitud de la hilera es de 10 árboles x 1 m de espaciamiento = 10 m; la profundidad de la parcela es de 3 hileras x 10 m de espaciamiento = 30 m; la superficie de la parcela es de 10 x 30 m = 300 m^2; la superficie de estudio es de 300 m^2 x 24 parcelas = 7.200 m^2, más los alrededores.

Los árboles se numeran en serie comenzando en la esquina noroeste y siguiendo en dirección del este de 1 a 10. La numeración de las hileras 2 y 3 también se hace de oeste a este.

Cuadro C.1. Tratamientos empleados en los ensayos de la red de investigación en las zonas semiáridas.

Especie y código	Poda*	Tratamiento No.
Acacia nilotica		
ACACNI	Testigo	1
A. nilotica		
ACACNI	Poda	2
Dalbergia sissoo		
DALBSI	Testigo	3
D. sissoo		
DALBSI	Poda	4
Eucalyptus camaldulensis		
EUCACA	Testigo	5
E. camaldulensis		
EUCACA	Poda	6
Especie local		
(véase la sección 8.3)	Testigo	7
Especie local		
(véase la sección 8.3)	Poda	8

*Testigo = sin poda. Poda = retiro de todas las ramas hasta 1/3 de la altura total o 2 metros del tronco por encima del nivel del suelo (lo que sea menos) al comienzo de cada invierno.

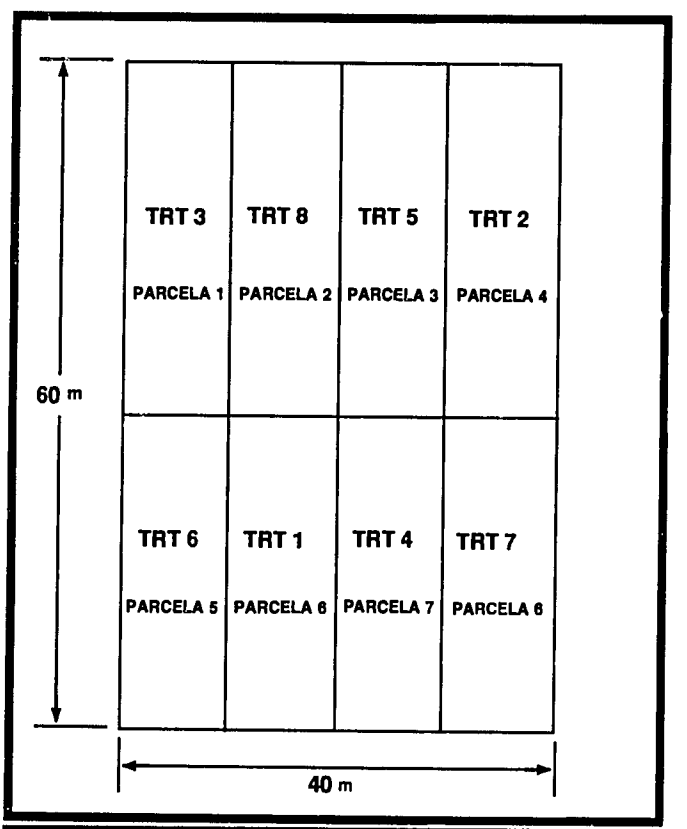


Figura C 1 Ejemplo del trazado de bloques

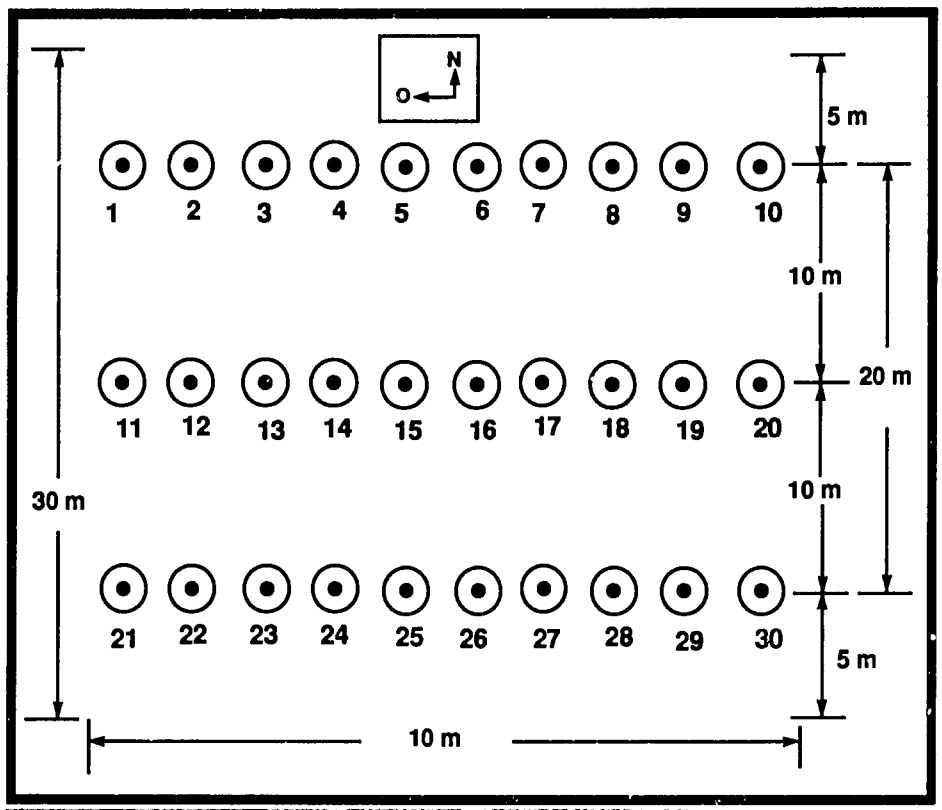


Figura C.2. Alineamiento de los árboles en las parcelas (no se ha dibujado a escala)

Manejo del vivero

Los recipientes deben ser bolsas de plástico de 10 x 15 cm cuando están vacías, por lo menos con 8 perforaciones en el fondo. Llénelas con suelo local de calidad comprobada o una mezcla de 50% de arcilla, 40% de arena y 10% de abono orgánico o de estiércol podrido de la finca, al que se debe agregar hexacloruro de benceno (HCB) para control del comején. Si no hay problemas de inundaciones, los recipientes se pueden colocar en telas de plástico para evitar que las raíces penetren en el suelo.

Trate las semillas de *Acacia nilotica* remojándolas 30 segundos en agua a 100°C y luego por 12 a 24 horas en agua limpia a la temperatura ambiente. Si las semillas se hinchan, inocúlelas con *Rhizobium* en comprimidos o sumérjalas en una mezcla de agua, *Rhizobium* y goma arábiga. Enseguida, siémbrelas en semilleros o directamente en recipientes. Si no se hinchan, repita el tratamiento hasta tres veces. Siembre la semilla residual en un semillero. Cuando las plántulas estén erguidas (y antes de que arrojen el tegumento de la semilla), transplántelas a recipientes.

Trate las semillas de *Dalbergia sissoo* remojando los fragmentos de la vaina que contengan semillas por 24 horas en agua a la temperatura ambiente e inocúlelas como se indicó antes. Siémbrelas directamente en recipientes o en un semillero y transplante las plántulas como en el caso de *Acacia nilotica*.

La semilla de *Eucalyptus camaldulensis* no requiere remojo previo ni inoculación. Espársala en un medio desinfectado y transplante las plántulas cuando tengan de dos a cuatro hojas verdaderas.

Riegue bien por la mañana si el suelo de la superficie de los recipientes está seco. Si hay escasez de agua, riegue al atardecer, pero cuídese de no hacerlo en exceso. Se pueden controlar la necrosis y la pudrición de la raíz con fungicidas, si es preciso. A menos que sea particularmente necesario, no dé sombra a las plántulas.

Retire las malezas de los recipientes tan pronto las observe, cuando el suelo esté húmedo. Tenga particular cuidado de evitar daño a las plantas jóvenes de *Eucalyptus camaldulensis* mientras desmalece.

Mueva los recipientes periódicamente (de preferencia una vez al mes) para evitar que las raíces penetren en el suelo. Pode cualquier raíz que esté fuera del recipiente con unas tijeras. Arregle las plántulas por altura y colóquelas en orden descendente en el semillero. En el momento de plantar, asigne las de una altura uniforme a una parcela dada. Si hay suficientes plántulas, deseche las que tengan un diámetro de menos de 6 mm en el cuello de la raíz (dcr).

Establecimiento

Limpie por completo los sitios nivelados, luego áreios o cultívelos con azadón. Donde el viento causa graves problemas o en una pendiente, deje bandas de vegetación a nivel y apile la vegetación cortada a lo largo de la curva de nivel. Despeje un espacio de protección contra el fuego alrededor del área experimental antes de la estación seca. Cave huecos de 30 cm de diámetro y 45 cm de profundidad antes plantar.

Humedezca el suelo de los recipientes de las plántulas, sin saturarlo, inmediatamente antes de transportarlas al campo. Colóquelas sobre una capa de pasto y empáquelas bien para evitar las sacudidas. Transporte las plántulas en un vehículo cerrado. Manténgalas a la sombra hasta el momento de plantar.

Retire el recipiente con cuidado. Pode las puntas de las raíces si se han enrollado. Llene el hueco con tierra solo hasta que falten 15 cm para llegar al nivel natural del suelo y siembre la plántula con el cuello de la raíz un poco abajo de la superficie de la tierra de relleno. Esto dará protección inicial y una cuenca para riego. Apriete firmemente el suelo sin desmoronar la tierra de la bola de la raíz ni la del recipiente. Riegue inmediatamente, a menos que el suelo haya absorbido agua casi al máximo de su capacidad de retención. Cubra el suelo con pasto seco, si lo hay, o con piedras. Reemplace los árboles muertos solo durante los primeros dos meses.

Como cobertura vegetal se sembrarán 8 de los 10 metros entre hileras con *Stylosanthes hamata* aproximadamente al mismo tiempo que se siembren los árboles, dejando un metro sin plantar en cada lado de las tres hileras de cada parcela. Para mantener un tratamiento uniforme de todas las hileras, deje una faja de un metro sin cultivo de cobertura alrededor de los árboles plantados y siembre el cultivo de cobertura 4 metros fuera de cada fila externa y a un metro a ambos lados de cada parcela.

Mantenimiento

Desmalece periódicamente según se necesite. Mantenga húmedo el suelo de la zona superior de enraizamiento durante el primer año. Si no hay lluvia, riegue con unos 7 litros por árbol al menos una vez cada dos semanas. Modifique la cantidad según lo exijan las condiciones del sitio en particular. Proteja las plántulas contra los insectos, enfermedades,

roedores, animales salvajes, ganado y la acción del hombre durante el estudio. Comunique a los vecinos y empleados los objetivos del estudio y su importancia a largo plazo para la población local.

Entresaque la mitad de los árboles a la edad de tres años (retirando los árboles 1, 3, 5, 7 y 9 de la hilera 1, los árboles 12, 14, 16, 18 y 20 de la hilera 2 y los árboles 21, 23, 25, 27 y 29 de la hilera 3 (véase la figura B.2 del apéndice B). Retire todos los retoños de los tocones producto de la entresaca al mismo tiempo que las malezas.

En las parcelas que lo necesiten, pode todos los árboles sobrevivientes al comienzo de cada invierno, lo más que se pueda sin dañar el cámbium del tallo. Pode todos los tallos hasta 1/3 de la altura total o a 2 m por encima del nivel del suelo, lo que sea menos, con tijeras si las hay y si resulta práctico.

Medición y registros

Todas las medidas deberán expresarse en unidades del sistema métrico.

Los árboles que se deben medir anualmente son los que no se retiran en las operaciones de entresaca: los números 2, 4, 6, 8, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 22, 24, 26, 28 y 30 (véase la figura B.2 del apéndice B). No se reemplaza ninguno de los árboles que mueren después de los primeros dos meses.

Mida el diámetro (d) anualmente a la altura del pecho inglesa (1,37 m) y la altura del tocón (10 cm). Mida también cualquier tallo que se origine debajo del punto de medición. Cuando se trata de árboles de tallos múltiples, el diámetro del árbol se considera igual a la raíz cuadrada de la suma del cuadrado de las medidas de diámetro de cada tallo. Si es difícil decidir si el eje es un tallo o una rama, cualquier eje con un diámetro a la altura de medición de menos de 1/2 del diámetro del tallo principal a esa misma altura se considera una rama.

Mida la longitud (l) a lo largo del tallo principal desde el nivel del suelo (en el lado ascendente de las pendientes) hasta el extremo superior del tallo principal. No mida la longitud de los tallos secundarios.

La altura total (h) es una medida opcional y es la distancia vertical desde el extremo superior hasta el nivel del suelo en la base del árbol. En árboles erguidos y derechos, $h = l$; en árboles inclinados o torcidos, $h < l$.

Seleccione cuatro árboles al azar al hacer la entresaca para determinar la biomasa. Divida los que se van a entresacar en cuatro clases según el diámetro y seleccione al azar uno de cada una. Determine por separado el peso de la madera (tallo más ramas), el peso específico de la madera y el peso del forraje (follaje más fruto). Pese el material fresco tan pronto se tale el árbol y de nuevo después de secarlo a 60°C hasta que el peso sea constante.

Véase una discusión detallada sobre la medición y el registro de ésta y algunas observaciones en las secciones 6.0 y 7.0. Véase también la publicación titulada *IADSS User's Manual*, edición correspondiente a la versión 2.0, 1990.

Apéndice D
Lecturas complementarias

Allen, O. N. y E.K. Allen. 1981. *The* Leguminosae. Madison: University of Wisconsin Press.

Andrew, I. 1986. *Simple experimental design for forestry field trials.* Edición revisada, Boletín 71, Forestry Research Institute, Roturua, Nueva Zelandia: Forestry Research Institute.

Bailey, L.H. 1949. *Manual of cultivated plants most commonly grown in the continental United States and Canada.* Edición revisada. Nueva York: MacMillan Publishing Co.

Barker, K.M., ed. 1988. *Manual for multipurpose tree species research cooperators.* Manual No. 2, Serie de la red de investigación sobre árboles de usos múltiples, Arlington, Virginia: Proyecto F/FRED.

Burley, J. y P. J. Wood. 1976. *A manual on species and provenance research with particular reference to the tropics.* Documento No. 10 sobre dasonomía tropical. Londres: Commonwealth Forestry Institute.

Carter, E.J. 1987. *From seed to trial establishment.* Serie para usuarios, DFR No. 2. Australia: CSIRO.

Cochran, W.G. y G.M. Cox. 1957. *Experimental designs.* 2a ed. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.

Ford-Robertson, F.C., ed. 1971. *Terminology of forest science, technology practice and products.* Serie de terminología forestal multilingüe, No. 1, FAO/IUFRO. Washington, D.C.: Society of American Foresters.

Guzmán, E.D. de, R. M. Umali y E.D. Sotalbo. 1986. *Guide to the Philippine flora and fauna, vol. III.* Los Baños: Centro de Ordenación de Recursos Naturales y Universidad de las Filipinas.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 1981. Reglas principales para la consignación de unidades. *Desarrollo rural de las Américas* 13:3, págs. 182-89.

Jackson, J.K. 1987. *Manual of afforestation in Nepal.* Katmandú: Proyecto de Investigaciones Forestales de Nepal y el Reino Unido, Departamento de Dasonomía.

Liegel, L. H. y C. R. Venator, 1987. *A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America.* Informe técnico general SO-67. Nueva Orleans, Louisiana: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Nelder, J.A. 1962. New kind of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics* 18:283-307.

Personal encargado de levantamiento de suelos. 1975. *Soil taxonomy - a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* Manual de agricultura No. 436. Washington, D.C.: Servicio de Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Proyecto F/FRED, 1990. *IADSS user's manual.* Versión 2.0. Manual No. 1, Serie de la red de investigación sobre árboles de usos múltiples. Maui, Hawaii: Unidad de Investigaciones Mundiales del Proyecto F/FRED.

Sommer, A. y T. Dow. 1978. *Compilation of indicative growth and yield data from fast-growing exotic tree species planted in tropical and subtropical regions.* Documento FO:MISC/78/11, Roma: Departamento de Dasometría de la FAO.

Stewart, R.R. 1972. *Flora of West Pakistan,* eds. E. Nasir y S.I. Ali. Islamabad: Herbario Nacional, Consejo de Investigaciones Agrícolas de Pakistán.

Turnbull, J.W., ed. 1986. *Multipurpose Australian trees and shrubs: Lesser-known species for fuelwood and agroforestry.* Canberra: Centro Australiano de Investigación Agrícola Internacional.

UNESCO. 1982. *ISO standards handbook no. 1.* ISO 3166-1981 (inglés y francés). Francia: UNESCO.

Van Soest, J., P. Ayral, R. Schober y F.C. Hummel. 1969. *La normalización de los símbolos en dasometría.* Roma: FAO.

Von Carlowitz, P.G. 1986. *Multipurpose tree and shrub seed directory.* Nairobi, Kenya: Consejo Internacional de Investigaciones sobre Agrosilvicultura.

Willan, R.L. 1985. *A guide to forest seed handling with special reference to the tropics.* Documento sobre dasonomía, 20/2, FAO. Roma: FAO.

Webb, D.B., P.J. Wood y J. Smith. 1980. *A guide to species selection for tropical and subtropical plantations.* Londres: Administración de Desarrollo de Ultramar.

Weber, F. R. y C. Stoney. 1986. *Reforestation in arid lands.* Arlington, Virginia: Volunteers in Technical Assistance.

INDICE ALFABETICA

Acacia auriculiformis, 123,125
A. manglum, 40, 47, 123, 125
A. nilotica, 128-129, 133-134
Adiestramiento
de plantadores, 42
Agradecimientos, 10
Agrosilvicultura
definida según los objetivos del trabajo con AUM, 9
investigaciones, 47
A guide to forest seed handling, 23, 138
A guide to species selection, 138
Albizia lebbek, 49
Ali, S.I., 138
Allen
E.K., 137
O.N., 137
Altura. *Véase también* Altura del pecho; Altura total; Copa; Medición de la altura y la longitud
comercializable, 64
definición, 64
medición, 64-66
Altura comercial. *Véase* Altura
Altura del pecho
de AUM, 73
y medida del diámetro, 68-69, 71
Altura total
definición, 66; **Fig. 6.3** (67)
e investigaciones sobre poda, 47
medida en los AUM, 73
A manual on species and provenance reserach 11, 137
Análisis
estadístico, 11
método, 7
Andrew, Ian, 7, 137
Animales. *Véase también* Animales que ramonean
forma de pesarlos, 80
sustitutos de las medidas, 80
Animales que ramonean
en caminos de la plantación, 44
y cantidad limitada de forraje, 43
y la poda de la copa, 49, 53; **Fig. 5.11** (52)
Anthocephalus spp., 29
Arbol(es)
alineamiento en las parcelas, **Fig. A.2** (124); **Fig. B.2** (129); **Fig. C.2** (134)
copa, 64
dominantes con poco espacio, 36
medición del diámetro, 66; **Fig. 6.4** (67)
medidas de altura y diámetro (Formulario N-1), **Fig. 7.2** (87)
valor, 69, 73, 75
volumen, 72, 75-78
Arboles de usos múltiples. *Véase* AUM
Arboles fijadores de nitrógeno. *Véase también* Micorrizas
e inoculación con *Rhizobia* o *Frankia*, 26
y aplicación de bacterias, 27
y mezclas de suelo, 27
Arboles que forman bordes. *Véase* Cultivos en callejones; Cosecha
A technical guide for forestry nuresery management, 21, 137
AUM. *Véase también* Productos
cosecha, 60-61
efectos de la entresaca, 60
mediciones, 73-81
tratamientos de la red de investigación, 52
y cuidados en el campo, 43-61
y experimentos de la red de investigación, 8
y metodología uniforme, 73
y regeneración, 43
y tamaño de plantación, 27
Ayral, P., 138
Bacillus thuringensis, 30
Barker, K.M., 137
Benlato, 31
Bixa orellana, 31
Bloques. *Véase también* Bloques completos al azar
comparación con las repeticiones, 17
en las curvas de nivel, **Fig. 2.4** (16)
trazado, **Fig. A.1** (123); **Fig. B.1** (128); **Fig. C.1** (133)
Bloques completos al azar
definición, 15
ejemplos, **Fig. 2.3** (15)
y tratamientos, 16-17
y uniformidad, 16
Burley, J., 11, 137

Calibrador de corredera
medición del diámetro, **Fig. 6.5** (68)
uso, 66, 68
Capa vegetal (protectora)
alrededor de la plántula, 44; **Fig. 5.2** (45)
de la superficie del suelo, 29
no orgánica, 44
orgánica, 44
Captán, 31
Carter, E.J., 21, 137
Cassia siamea, 49
Casuarina equisetifolia, 16-17
Cedrela spp., 22
Clases de copas, **Fig. 5.14** (55)
Clasificación de plantones
morfológica, 32
pautas para la plantación, 31-32
según el tamaño, 31
Cochran, W.G., 7, 137
Códigos
criterios a los que deben ceñirse, 93
especies, 100-113
institucionales, 97-99
países, 94-96
símbolos estandarizados, 114-116
tratamientos silvícolas, 117-120
Competencia
control de la copa, 44
diámetro de la copa como indicador, 69
entre plantas, 34
retiro de plantas indeseables, 34
Competencia de las raíces
limitación, 44
Compilation of indicative growth, 138
Composición genética
control, 82
Conjunto mínimo
absoluto de datos, **Cuadro 7.3** (91)
preferido, **Cuadro 7.4** (92)
Control de plagas y enfermedades
con uso alternado de pesticidas, 31
métodos empleados en las plántulas, 30-31
Copa
definición de la altura, 66
definición de la longitud, 66
medición del diámetro, 71; **Fig. 6.8** (71)
y control de la competencia, 44
Corrección de la medida
definición, 63
factores para determinarla, 63
y modelos matemáticos, 81-82
Corte a matarrasa. *Véase también* Cultivos intercalados
comparado con la poda de la copa, 49; **Fig. 5.9** (51)
de acuerdo con los productos deseados, 43
definición, 49
en cultivos en callejones, 52-53
en relación con el espaciamiento, 36

Corte y quema
método de preparación del sitio, 34
Cosecha
árboles que forman bordes, 60
de acuerdo con los productos deseados, 43
objetivos, 60
pautas, 60-61
tipos, 60-61
y las características de la especie, 43
Cox, G.M., 7, 137
CSIRO, 83
Cuello de la raíz
empleado para medir el diámetro, 69
Cuidados en el campo, 43-61
Cultivos en callejones
árboles que forman bordes, 53
poda de la copa y corte a matarrasa, 49-53
Cultivos intercalados. *Véase también* Muestreo
relacionados con la poda de la copa y el corte a matarrasa, 52-53
Curva sigmoidea, 12; **Fig. 2.2** (13)

Dalbergia sissoo, 133-134
Dasometría. *Véase* Dasonomía
Dasonomía
definida según los objetivos del trabajo con AUM, 9
Dasonomía tradicional
tipos de medición, 64-72
y desrame, 49
DATACHAIN, 83
Desmalezamiento. *Véase* Instrucciones para la limpieza
Desplazamiento
medida del volumen de pedazos grandes, 75; **Fig. 6.13** (77)
medida del volumen de pedazos pequeños, 75; **Fig. 6.12** (76)
Desrame
clases, 49; **Fig. 5.7** (50)
definición, 49
objetivos, 49
y la dasonomía tradicional, 49
y leyes inequitativas,49
Determinación del nivel del suelo, 64; **Fig. 6.1** (65)
Diámetro. *Véase también* Cuello de la raíz; Poda;
a la altura del pecho, 68-69
con la corteza, 68
del tallo del árbol, 66, 68
en el cuello de la raíz y supervivencia de plantones, 32
medición con calibrador, 66; **Fig. 6.5** (68)
medición del, de la copa, 69, 71; **Fig. 6.8** (71)
medición del, de los AUM, 73, 75
sin la corteza, 68
Diámetro basal
forma de medirlo en los AUM, 73
Dipterocarpus spp., 26
Diseño de investigación. *Véase* Diseño experimental
Diseño experimental
requisitos, 11
sencillez, 14
y aleatorización, 14-17
y análisis estadístico, 11
y rango de inferencia, 12, 14
Dow, T., 138

Ejes múltiples. *Véase también* Tallo(s)
determinación del diámetro combinado, 73, 75
medición, 71
Ensayos de la red de investigación. *Véase* Ensayos en zonas húmedas y suhúmedas; Procedimientos en zonas áridas; Procedimientos en zonas semiáridas
Ensayos en zonas húmedas y subhúmedas
procedimientos, 122-126
tratamientos, 52
Entresaca. *Véase también* Medidor de ángulo
árboles selectos, **Fig. 5.15** (57)
control del peso, 56; **Fig. 5.16** (57)
definición, 53
entre retoños del mismo tocón, 60
intensa, 54
intensidad, 58
leve, 54
mecánica, 56
método de vara, 58
objetivos, 54; **Fig. 5.13** (55)
pautas, 58
peso que afecta el ciclo, 58
peso y rango de inferencia, 12
reglas, 54
rodal, 56
según los productos deseados, 58
tipos clásicos, 54
Entresaca por el método de vara, 58; **Fig. 5.17** (59)
Entresaca por selección, 54
Error estándar, 17-18
Errores de medición
aleatorios, 63
cometidos durante el registro, 63-64
reducción, 81
Escarificación
con agua caliente, 24
mecánica, 25
según la forma de la semilla, 25; **Fig. 3.2** (25)
Espaciamiento
comparación entre rectangular y cuadrado, 36
con la rueda de Nelder, 37-40; **Fig. 4.5** (39)
efectos en los setos, 36
en relación con el tamaño y el tipo de producto, 36
mayor y menor, 35-36
factores determinantes, 33
pautas, 35-37
Especies
asignación, 38, 40
comparación con parcelas de varios radios, 38
requisitos de cada una en el vivero, 22
Establecimiento
puntos generales para recordar, 33
Esterilización, 29
Estimación. *Véase* Precisión de la estimación
Eucalytus camaldulensis, 16-17, 133, 135
E. deglupta, 26
Eucalyptus spp. 31, 56
Experimentos de la red de investigación
e investigaciones cooperativas, 8
objetivos, 8
y AUM, 8
y colaboración mundial, 90
Experimental designs, 7, 137
Experimentos. *Véase* Experimentos de la red de investigación

Factores no experimentales. *Véase* Factores no relacionados con el tratamiento
Factores no relacionados con el tratamiento
división, 15
manejo, 14
F/FRED
dirección de la Oficina de Administración, 93
dirección de la Unidad Global de Investigación, 93
experimentos de la red de investigación
proyecto, 83, 138
Field trials manual for MPTS. *Véase* Manual de ensayos de campo
Fisher, R.A., **Cuadro 2.1** (18)

Flora of West Pakistan, 138
FMOD, 83
Follaje. *Véase* Forraje
Ford-Robertson, F.C., 45, 49, 53-54, 137
Formularios. *Véase* Registro(s)
Forraje. *Véase también* Animales que ramonean
  poso, 78
  selección de muestras, 78; **Fig. 6.14** (79)
  suplementación, 81
Frankia. *Véase* Arboles fijadores de nitrógeno
From seed to trial establishment, 21, 137
Fuego. *Véase también* Incendio
  preparación del sitio, 34

Germinación
  métodos para mejorarla, 41
Gliricidia spp., 60
Gmelina arborea, 11, 40, 47
Gmelina spp., 26, 31, 60
Grados de libertad, 17-18; **Cuadro 2.1** (18)
Guide to Philippine flora and fauna, 137
Guzmán, E.D. de, 137

Hevea spp., 26
Hipsómetro, 66
Hummel, F.C., 138

IADSS. *Véase también* Códigos
  definición, 9
  disponibilidad de un programa lógico, 9
  registros, 83-92
IADSS user's manual, 83, 87, 126, 131, 136, 138
ICRAF, 83
Idiomas
  su empleo para el registro de medidas, 64
Incendio
  reducción, daños, 45; **Fig. 5.4** (46)
Información sobre el sitio del ensayo (Formulario C), **Fig. 7.1** (84)
Informes sumarios, 90-92
Inóculo
  selección, 26-27
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 137
Instrucciones para la limpieza, 43-45; **Fig. 5.1** (44)
Investigaciones cooperativas
  elementos, 8
  metas, 8
  selección de lugares específicos, 12
ISO standards handbook no. 1, 94, 138

Jackson, J.K., 137

La normalización de los símbolos en dasometría, 138
Leguminosas. *Véase The Leguminosae*
Lepidópteros
  control de ataques, 30
Leucaena diversifolia, 123, 125
Leucaena spp., 31, 60
Liberación de árboles selectos
  medida de la respuesta, 56
  peso, 56
  y entresaca, 54, 56
Liegel, L.H., 21, 137
Longitud del tallo
  medida en los AUM, 73
Lotes de semilla
  repetición en el vivero, 22

MADELEÑA, 83
Malatión, 31
Malezas
  exterminación, 34
Manual de ensayos de campo
  materia tratada, 9
  fin, 9
  usuarios, 9-10
Manual for multipurpose tree species research cooperators, 10, 137
Medición(es). *Véase también* Arbol(es); Calibrador de corredera; Copa; Dasonomía tradicional; Desplazamiento; Errores de medición; Observaciones fenológicas; Precisión de la medición; Poda; Suelo;
  con la corteza, 68
  de ejes múltiples, 71
  de un árbol inclinado, **Fig. 6.2** (65)
  de la altura, 64-66
  de la circunferencia con cinta, 68
  de la copa, 71
  del alargamiento de las puntas, 81
  de la variación del dap, 81
  del diámetro, **Fig. 6.4** (67)
  del diámetro antes y después de la poda, **Fig. 5.6** (48)
  de los efectos de la poda, 69; **Fig. 6.7** (70)
  del peso específico, 72
  estudio, **Cuadro 7.2** (89-90)
  medidas subsiguientes, 81
  no tradicional(es), 73-81
  objetivos, 63
  personal, 64
  registro, 64
  sin la corteza, 68
  y tratamiento de manejo, 69
  y uso del tronco, 69
Medición de la altura y la longitud. *Véase también* Diámetro basal
  de los AUM con tallos principales viejos y nuevos, 73; **Fig. 6.10** (74)
  de los AUM inclinados, 23; **Fig. 6.9** (74)
Medida. *Véase también* Arbol(es)
  altura total de los AUM, 73
  diámetro de los AUM, 73
  longitud del tallo de los AUM, 73-75
  volumen de la leña apilada, 75; **Fig. 6.11** (76)
  volumen de leña de los AUM, 75-78
Medida de la circunferencia con cinta, 66, 68
Medidor de ángulo
  empleado para entresaca, 58; **Fig. 5.18** (59)
Mejora del rodal
  definición, 53
  pautas, 53-54
Metodología uniforme. *Véase también* Métodos uniformes
  necesidad, 63, 73
  y AUM, 73
Métodos uniformes
  e investigaciones, 8
Microcuencas
  en las curvas de nivel; **Fig. 4.1** (35)
  en sitios áridas, 34-35, 44
Micorrizas
  aplicación, 27
  y áboles fijadores de nitrógeno, 26-27
Modelos. *Véase también* FMOD
  experiencia práctica, 82
  influencia de los factores ambientales, 82
  procedimientos, 82
  requisitos, 81-82
  y precisión de las medidas, 82
Modelos matemáticos. *Véase* Modelos
Moringa oleifera, 60

Muestreo
de árboles para determinación de biomasa, **Fig. A.3.** (124)
de madera, 75-78
rendimiento de los cultivos intercalados, 79; **Fig. 6.15** (80)
Muestreo de cultivos, 78. *Véase también* Muestreo
Multipurpose Australian trees and shrubs, 138
Multipurpose tree and shrub seed directory, 138

Nasir, E., 138
Nelder, J.A., 137

Observaciones fenológicas, 81

Parcela
alineamiento de la rueda de Nelder, 37-40
comparación del tamaño, 33-34
determinación del tamaño, 33-34
Personal
sus deberes en el registro de las medidas de los árboles, 63-64, 81
Peso
control del, de entresaca, 55; **Fig. 5.16** (57)
de la entresaca del rodal, 56
de liberación de árboles selectos, 56
determinación del, seco, 77-78
Peso específico
cálculo, 72
clase de muestras para su determinación, 78
definición, 72
variaciones, 77
Picado de las plántulas y reducción de la mortalidad, 30
Pinus albicaulis, 11
P. caribaea hondurensis, 31
P. contorta, 11
P. kesiya, 40
Pinus spp., 22
Planes de investigación. *Véase también* Investigaciones cooperativas
y especificaciones para el tratamiento, 7
y explicación de los objetivos, 7
y método de análisis, 7
Plantación
comparación de métodos, 41-42
en suelo anegado, 42
profundidad y erosión de la superficie, 41
recomendaciones, 41-42
Plántulas. *Véase también* Capa vegetal; Control de plagas y efermedades; Picado de las plántulas; Poda aérea; Raíces
problemas con la raíz expuesta, 41
tipos, **Fig. 3.1** (23)
Poda
corte en un punto inferior al de una rama, 49
definición, 45
demorada, 47
de ramas grandes, 49; **Fig. 5.8** (50)
en el cuello de la rama, 47; **Fig. 5.5** (48)
investigaciones, 47, 49
para obtener madera sin nudos, **Fig. 5.3** (46)
ramas muertas, 45, 47
temprana, 47
y mayor crecimiento del diámetro, 69
zona de medición del diámetro antes y después, **Fig. 5.6** (48)
zona para medir los efectos, **Fig. 6.7** (70)
Poda aérea. *Véase también* Raíces
de plántulas, 27-28; **Fig. 3.3** (28)
y prevención del enrollamiento, 42
Poda de la copa. *Véase también* Cultivos intercalados
comparación con el corte a matarrasa, 49-50; **Fig. 5.9**
definición, 49
objetivos, 49, 52
pautas documentadas en cultivos en callejones, 52-53
retoños que crecen muy por encima del nivel del suelo, **Fig. 5.10** (51)
según los productos deseados, 49, 52
y protección contra el ramoneo de los animales, **Fig. 5.11** (52)
Precisión de la estimación
definición, 17
mejora, 17-18
Precisión de la medición
definición, 63
y los modelos matemáticos, 82
Preparación del sitio. *Véase también* Información sobre el sitio del ensayo; Rentabilidad; Suelo
definición, 34
en las zonas áridas, 34-35
métodos, 34-35
Preparación y transporte
principios básicos, precauciones, 32, 41
Probabilidad de tener razón, 17-18
Procedencias
comparación con la rueda de Nelder, 38
Procedimientos en zonas áridas, 127-131
Procedimientos en zonas semiáridas, 132-136
Producción animal
definición, 80
Productos
clasificación de los AUM, 75
Prosopis cineraria, 128-129
P. pallida, 128-129
P. tamarugo, 15
Proyecto de Investigaciones y Desarrollo de Dasonomía/Producción de Leña. *Véase* F/FRED

Raíces
de los árboles sembrados directamente en comparación con las de las plántulas de los viveros, 41
enrollamiento de las, de crecimiento excesivo, 42
necesidades de humedad durante el transporte, 32
necesidades de humedad durante la plantación, 41
y penetración en el suelo, 27-28
y retiro del recipiente, 41
Rama. *Véase también* Poda
clasificación, 49
desrame, 49; **Fig. 5.7** (50)
Rango de inferencia
límites, 12
y diseño del ensayo, 12
y selección de muestras, 12
Recipientes
clases seleccionadas para siembra de semilla, 27
empleo para evitar el enrollamiento de las raíces, 42
retiro para plantación, 41
Reforestation in arid lands, 34, 138
Regeneración
y cosecha, 60-61
Regeneración bajo cubierta, 60
Regiones áridas
preparación del sitio, 34-35
y siembra en camellones, 42
y siembra en huecos, 42
Registro(s)
establecimiento y manejo, 83-92
formularios, 84, 87
información descriptiva, **Cuadro 7.1** (85-86)
mantenimiento de registros adecuados, 19
Reglas principales para la consignacón de unidades, 137

Relaciones curvilíneas
comparación con la relación lineal, 12
del rendimiento con la densidad del rodal, **Fig. 5.12** (54)
y definición de una curva simple, **Fig. 2.1** (13)
Rentabilidad
como resultado de mayor espaciamiento, 35
y preparación intensiva del sitio, 34-35
Repetición. *Véase también* Tratamiento
criterios, 17
en comparación con bloques, 17
para medir el error aleatorio, 17-18
tratamientos, 17
y requisitos de las especies, 22
Rhizobia. Véase Arboles fijadores de nitrógeno
Rhizophora spp., 15
Riego
con regadera, 34
manual, 29
por capilaridad, 29
problemas afines, 29
Rodal
peso de la entresaca, 56
relación entre el rendimiento y la densidad, 53; **Fig. 5.12** (54)
Rueda de Nelder. *Véase también* Parcela; Procedencias
alineamiento en las parcelas, 38; **Fig. 4.5** (39)
con parcelas de un solo radio, 38; **Fig. 4.4** (39)
con parcelas de varios radios, 38; **Fig. 4.3** (38)
espaciamiento, 37; **Fig. 4.2** (37)

Schober, R., 138
Semilla
almacenamiento, 26
clasificación para plantación, 31
cuidado, 29-32
ensayos de germinación, 26
escarificación, 25; **Fig. 3.2** (25)
fecha de siembra, 27
inoculación, 26
métodos de siembra, 30
origen, 23
poda aérea, 27-28
preparación, 32
remojo, 24
remojo en agua hirviendo, 24
transporte, 32
tratamiento, 23-27
Siembra
directa, 40-41
importancia de la humedad, 40
Simple experimental design, 7, 137
Sistema de Información y Apoyo a la Decisiones. *Véase* IADSS
Sistema MIRA, 83
Sistema uniforme de Malaya, 60
Smith, J., 138
Soil taxonomy, 137
Sommer, A., 138
Sotalbo, E.D., 137
Spondias spp., 26
Suelo
calidad en los viveros permanentes, 27
métodos de esterilización, 23
mezclas preferidas, 28
personal investigador, 137
y métodos de preparación del sitio, 34
Statistical tables for biological, agricultural, and medical research, **Cuadro 2.1** (18)
Stoney, C., 34, 138
Stylosanthes hamata, 135
Swietenia spp., 26

Tallos
definición, 75
Tectona grandis, 11
Tectona spp., 32, 60
Terminology of forest science, 45, 49, 53-54, 137
The Leguminosae, 137
Transporte. *Véase* Preparación y transporte; Raíces
Tratamiento
aplicación dentro de los bloques, 16-17
especificaciones, 7
limitaciones, 14
preferido, 7
silvícola, 117-120
testigo, 7
vivero, 22-32
y repetición, 17-18
TREDAT, 83
Turnbull, J.W., 138

Umali, R.M., 137
UNESCO, 94, 138

Valores t de Student
definición, 17
relación de costos y confiabilidad, 17-18; **Cuadro 2.1** (18)
Van Soest, J., 138
Venator, C.R., 21, 137
Viveros. *Véase también* Tratamiento
ensayos de campo, trabajo, 22
medidor de diámetro, 69; **Fig. 6.6** (70)
procedimientos, 21-32
protección, 30-31
requisitos de las especies, 22
trabajo hecho por mujeres, 29
Volumen. *Véase* Arbol(es); Volumen de leña
Volumen de leña. *Véase también* Desplazamiento
determinación del, de los AUM, 75-78
Von Carlowitz, P.G., 138

Webb, D.B., 138
Weber, F.R., 34, 138
Willan, R.L., 23, 138
Wood, P.J., 11, 137

Yates, R.A., **Cuadro 2.1** (18)

Zona cosechada
dimensión mínima, 61

El Proyecto de Investigaciones y Desarrollo de Dasonomía y Producción de Leña (F/FRED) se ha instituido con el fin de ayudar a los científicos a atender la demanda de leña y otros productos arbóreos por parte de los pequeños agricultores del mundo en desarrollo. Ofrece los servicios de una red de intercambio de planes, métodos y resultados de investigación sobre la producción y el uso de árboles que permiten satisfacer las necesidades de las familias campesinas. En este proyecto se da a esas especies el nombre de árboles de usos múltiples (AUM).

La realización del Proyecto F/FRED está a cargo del Winrock International Institute for Agricultural Development. Este instituto se estableció en 1985 tras la fusión del Agricultural Development Council (A/D/C), el International Agricultural Development Service (IADS) y el Winrock International Livestock Research and Training Center. Su misión es mejorar la agricultura para beneficio de los pueblos–ayudar a incrementar la productividad, mejorar la nutrición y fomentar el bienestar de la población del mundo. Su trabajo se concentra sobre todo en recursos humanos y renovables, política alimentaria, sistemas de producción agrícola y pecuaria e investigaciones y extensión agrícolas.

Global Research Unit
F/FRED Management Office
Winrock International
1611 N. Kent St., Suite 600
Arlington, VA 22209
EE.UU.

Teléfono: 703/525-9430
Télex: 248589 WIDC
Facsímile: 703/525-1744

F/FRED Coordinating Unit
c/o Faculty of Forestry
Kasetsart University
P.O. Box 1038
Kasetsart Post Office
Bangkok 10903, Thailand

Teléfono: 66-2/670-1977
Télex: 788/2134 WINROCK TH
Facsímile: 66-2/561-1041