

técnicas de establecimiento de plantaciones forestales

por

g. w. chapman

y

t. g. allan

**dirección de recursos forestales
departamento de montes**

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-31

ISBN 92-5-300535-1

Este libro es propiedad de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, y no podrá ser reproducido, ni en su totalidad ni en parte, por cualquier método o procedimiento, sin una autorización por escrito del titular de los derechos de autor. Las peticiones para tal autorización especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

© FAO 1978

PRESENTACION

La FAO tiene un deber de gratitud con los Sres. G.W. Chapman y T.G. Allan por la preparación de este documento sobre técnicas de establecimiento de plantaciones forestales. El primer borrador fué preparado por el Sr. Chapman, oficial forestal con muchos años de experiencia en las regiones del Mediterráneo y del Próximo Oriente, y se basó en gran parte en los documentos presentados al Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial, celebrado en Canberra, Australia, en 1967, y se complementó con otras informaciones disponibles. El borrador se distribuyó ampliamente y se recibieron muchas sugerencias útiles para su perfeccionamiento. A la luz de estos comentarios y con ayuda de publicaciones más recientes, el Sr. Allan revisó y actualizó el documento en 1977, aportando también su larga experiencia sobre repoblación forestal en Africa.

Hay que expresar también el agradecimiento a los Sres. H.C. Dawkins, L.R. Letourneau, A.I. Fraser y B. Kingston, cuyos trabajos se reproducen en los apéndices.

Louis Huguet
Director
Dirección de Recursos Forestales

PRESENTACION

La FAO tiene un deber de gratitud con los Sres. G.W. Chapman y T.G. Allan por la preparación de este documento sobre técnicas de establecimiento de plantaciones forestales. El primer borrador fué preparado por el Sr. Chapman, oficial forestal con muchos años de experiencia en las regiones del Mediterráneo y del Próximo Oriente, y se basó en gran parte en los documentos presentados al Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial, celebrado en Canberra, Australia, en 1967, y se complementó con otras informaciones disponibles. El borrador se distribuyó ampliamente y se recibieron muchas sugerencias útiles para su perfeccionamiento. A la luz de estos comentarios y con ayuda de publicaciones más recientes, el Sr. Allan revisó y actualizó el documento en 1977, aportando también su larga experiencia sobre repoblación forestal en Africa.

Hay que expresar también el agradecimiento a los Sres. H.C. Dawkins, L.R. Letourneau, A.I. Fraser y B. Kingston, cuyos trabajos se reproducen en los apéndices.

Louis Huguet
Director
Dirección de Recursos Forestales

INDICE

	<u>Página</u>
Presentación	
Prólogo	
Preparación de la estación	1
Consideraciones generales	1
Métodos manuales	3
Mecanización y métodos mecanizados	11
Animales de tiro	34
Métodos químicos	35
Siembra directa	47
Consideraciones generales	47
Tratamiento de la semilla antes de la siembra	48
Revestimiento de la semilla y preparación en gránulos	51
Preparación de la estación	51
Epocas de siembra	52
Métodos de siembra directa	52
Plantación y cuidados culturales	57
Plantación	57
Cuidados culturales	74
Técnicas especiales para estaciones difíciles	85
Estaciones en las cuales las medidas de conservación del suelo y del agua son factores críticos para el establecimiento del bosque	85
Estaciones regadas o regables	97
Estaciones con dumas	107
Estaciones húmedas o anegadas	112
Estaciones con residuos de minas y escombros	121
Protección	131
Condiciones meteorológicas	132
Plagas de insectos y hongos	132
Daños causados por los animales	136
Protección contra incendios	139
Planificación de la plantación	147
Introducción	147
Planificación de la ordenación de las plantaciones	148
Recolección de datos para el plan de ordenación de las plantaciones	149
Plan de ordenación de las plantaciones	152
Programa anual de trabajo	159

	<u>Página</u>
Apéndices	
A. Criterios para realizar con éxito una plantación en líneas	163
B. Orientaciones para el diseño y establecimiento de carreteras de plantación.	165
C. Esquema del equipo y materiales para un proyecto de repoblación forestal	175
D. Planificación de la recolección y manipulación de semillas	177
E. Análisis reticular	181
F. Previsión del trabajo a medio plazo	187
G. Ejemplo de distribución de necesidades mensuales de trabajo	189
H. Diagrama de flujo de los registros de costos	191
Bibliografía general	193
Glosario	197

PROLOGO

El Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial, celebrado en Canberra, Australia, en 1967, llamó la atención sobre la contribución creciente de los bosques artificiales en el campo del desarrollo forestal y de la producción maderera. Las estimaciones realizadas con ocasión del Simposio indicaban que se habían plantado en todo el mundo, hasta 1965, unos 80 millones de ha de bosques artificiales y que para 1985 podían llegarse a alcanzar los 200 millones de ha (FAO, 1967). En algunos países del mundo, una parte importante del consumo nacional de madera se satisface ya mediante la producción maderera procedente de plantaciones y en otros países se reconocen cada vez más las posibilidades y ventajas que ofrecen los bosques artificiales, incluso donde existen reservas considerables de bosques naturales.

Este documento pretende servir como libro de referencia sobre algunos de los principales métodos de establecimiento de plantaciones forestales. Su alcance es global, con cierto hincapié en técnicas adecuadas para las regiones tropicales y subtropicales.

Para los fines de esta publicación, se considera que la fase de establecimiento de la plantación es el período que va desde la preparación inicial de la estación hasta el momento en que la plantación cierra sus copas. Por lo tanto, comprende la preparación de la estación, la plantación y la siembra directa, los cuidados culturales iniciales y las operaciones de protección, así como las necesarias medidas de planificación de las operaciones para asegurar la terminación de las actividades con oportunidad y eficacia. Se han excluido las prácticas subsiguientes de ordenación que se realizan después de cerrarse la cubierta de copas, y las operaciones que se hacen antes de la preparación de la estación, tales como la producción de dinero y la elección de especies y sitios.

La materia se trata de una forma amplia, incluyendo las principales técnicas y los principios generales de establecimiento de la plantación y de planificación de las operaciones. Pueden encontrarse mayores detalles sobre sistemas específicos para áreas determinadas consultando guías o manuales preparados para regiones o proyectos en particular, muchas de las cuales se enumeran en la extensa bibliografía que se acompaña al final de cada capítulo. Al final del libro se da una bibliografía adicional sobre fuentes generales y completas de información.

CAPITULO 1

PREPARACION DE LA ESTACION

CONSIDERACIONES GENERALES

La preparación de la estación, tal como se analiza en este capítulo, se limita a estaciones con terrenos bien drenados o generalmente secos, ocupadas por una cubierta vegetal normalmente indígena (en el Capítulo 4 se trata de estaciones más difíciles). Esta cubierta vegetal puede impedir a veces el establecimiento con éxito de una nueva masa arbolada de plantación por ocupar y utilizar la tierra necesaria, por ocasionar una competencia excesiva respecto a la humedad o a los elementos nutritivos disponibles, por quitar la luz a las pequeñas plantas o por impedir la introducción de las técnicas necesarias para un establecimiento con éxito. En tales condiciones un primer requisito es determinar métodos eficaces y económicos para eliminar la competencia perjudicial. A veces, la extracción de la vegetación crea sin ayuda adicional unas condiciones suficientemente favorables para el establecimiento de los árboles, pero en otras áreas el objetivo principal es crear unas condiciones que permitan controlar con facilidad los rebrotes y las malas hierbas durante el período de establecimiento, que puede abarcar cierto número de años. La preparación de la estación es una inversión inicial que representa con frecuencia una proporción importante de los costes totales de establecimiento. El hecho de que tales costes influyen considerablemente en la viabilidad financiera, subraya la necesidad de utilizar métodos eficientes y económicos.

Teniendo en cuenta que la extracción de la cubierta vegetal indígena constituye un gran cambio ecológico, no debe realizarse el despejado completo de la estación sin conocer cuáles son los probables efectos y sin una planificación cuidadosa que garantice que el terreno despejado se utiliza cuidadosa y eficientemente y que se toman las precauciones necesarias para evitar la degradación o erosión del suelo.

En ciertas circunstancias favorables puede resultar factible establecer la plantación con un trastorno mínimo de la cubierta natural y con un laboreo mínimo o nulo del suelo. Por ejemplo, cuando se plantan pinos tropicales de rápido crecimiento en sitios con herbáceas de poca altura, es un sistema corriente el plantar las plantitas sin laboreo previo, siendo el único trabajo preparatorio el quemar la hierba en la estación seca que precede a la plantación. En el otro extremo, existen ejemplos en que hay que eliminar un bosque higrofitico tropical denso, frecuentemente con condiciones difíciles de clima y terreno, antes de poder comenzar la plantación. Con frecuencia los suelos de tales bosques son

frágiles, debiendo ponerse gran cuidado si no se quiere provocar una erosión excesiva. Entre ambos extremos, existe una gran variedad de estaciones y condiciones que ofrecen numerosas opciones sobre la forma de realizar la preparación de la estación.

La preparación de la estación con mano de obr. y herramientas manuales es el sistema más antiguo y sigue siendo el método más corriente. Más recientemente, en especial cuando la mano de obra disponible es limitada o costosa, se han desarrollado numerosas técnicas mecanizadas, muchas de las cuales incluyen equipos especializados para el aclareo y el laboreo del terreno. La preparación de la estación en bosques o terrenos arbolados, particularmente en climas cálidos, es extremadamente dura, pudiendo realizarse la parte más penosa de este trabajo mediante unidades de gran potencia. La maquinaria ofrece altos rendimientos por hora o por día, pero representa un elevado costo de capital y exige capacitación especial para su funcionamiento y mantenimiento. Una innovación adicional es el desarrollo de herbicidas químicos que se pueden utilizar en selvicultura para controlar o eliminar la vegetación indeseable. Algunos métodos químicos se utilizan a escala operativa, pero otros se quedan en la etapa experimental; de muchos de ellos sólo hay una información incompleta sobre sus posibles efectos perjudiciales para el medio ambiente en general.

En todo proyecto de repoblación forestal se deben investigar, desarrollar y evaluar los métodos de preparación de la estación antes de iniciar el proyecto. En muchos países están ya establecidos y se conocen técnicas manuales adecuadas pero para algunas operaciones la utilización de técnicas mecanizadas o químicas puede ofrecer una mayor eficacia en cuanto a costes o la oportunidad de ampliar la dimensión del proyecto. A falta de investigación previa sobre la preparación de la estación, se necesita una serie de ensayos para comparar las técnicas locales corrientes con otros métodos que parezcan convenientes para las estaciones que se estén repoblando. Deben hacerse comparaciones con estaciones iguales o muy similares, no debiendo limitarse únicamente a la preparación de la estación sino referirse también a las operaciones subsiguientes de establecimiento, cuidados culturales y desarrollo de la plantación.

Los objetivos generales de la preparación de la estación, que incluye el aclareo de la vegetación y el laboreo, son:

- 1) limpiar la estación de la vegetación existente a fin de reducir o eliminar la competencia que podría impedir el establecimiento adecuado de la plantación o afectar negativamente a ésta y
- 2) labrar el terreno
 - a) para facilitar la plantación y su establecimiento y para estimular el rápido desarrollo de las raíces,
 - b) para reducir la cubierta de malas hierbas,
 - c) para reducir la erosión, proporcionando barreras físicas a la escorrentía superficial y,
 - d) cuando está programado el deshierbe mecanizado, después de la plantación, eliminar en el momento de labrar o antes, todos los obstáculos superficiales o subterráneos que dificulten las operaciones de deshierbe.

En condiciones determinadas sólo algunos de estos objetivos pueden aplicarse a un área o proyecto específico.

MÉTODOS MANUALES

Los métodos manuales de aclareo de la cubierta del terreno y de preparación del suelo se utilizan predominantemente en las circunstancias siguientes:

- 1) cuando la cubierta del terreno exige que la perturbación sea mínima antes de la plantación o la siembra,
- 2) cuando hay mano de obra abundante, barata y eficiente o, en algunos casos, cuando sería deseable, desde el punto de vista social, emplear mano de obra con preferencia a otras alternativas y
- 3) cuando no se dispone de maquinaria o cuando el terreno es demasiado pendiente, demasiado rocoso, demasiado húmedo, o por cualquier otra causa, inadecuado para el funcionamiento de las máquinas.

Estaciones cubiertas de hierbas o arbustos

Plantación directa sin aclareo

En algunas estaciones, cuya cubierta vegetal está constituida sobre todo por especies herbáceas o arbustos de poca altura, puede hacerse la plantación directa con una mínima preparación previa de la estación. Tal es el caso en las plantaciones de pino de Zululandia en Africa del Sur, donde los pinos procedentes del Sur de los E.U.A. (*Pinus elliottii*) han demostrado una notable capacidad para crecer en medio de la hierba adulta e intacta, siempre que sus guías terminales queden libres mediante desbroce. No se precisa ninguna forma de preparación del suelo y las plantas se introducen simplemente en hoyos o hendiduras hechas con un desplantador.

También en muchos países de la zona templada del hemisferio norte se practica la plantación directa sin preparación previa de la estación, por ejemplo, en un viejo bosque de coníferas después de una corta rasa o bien en brezales secos, donde los elementos nutritivos y la humedad del suelo son suficientemente abundantes para los arbolitos recién plantados y la vegetación nativa. A veces es incluso deseable mantener la cubierta del terreno debido a su beneficioso efecto para la protección de los arbolillos contra la helada y la intemperie o para disminuir el peligro de erosión en estaciones pendientes o accidentadas. La característica esencial del método de plantación directa es que el forestal confía sobre todo en el deshierbe y desbroce posterior de la plantación para evitar que las plantas forestales sean dominadas por la vegetación nativa.

Aclareo en fajas y manchas

En aquellos casos en que la competencia de la vegetación herbácea o arbustiva es perjudicial para el nuevo bosque, como sucede frecuentemente en la región mediterránea y en otras zonas sujetas a estaciones de fuerte sequía, es necesario aclarar la vegetación antes de plantar. Cuando no se puede manejar la quema con seguridad y cuando resulta demasiado costoso el labrar por completo toda la superficie, la limpieza de vegetación se limita a manchas relativamente pequeñas o a fajas estrechas donde se plantan después las pequeñas plantitas forestales. Las manchas o fajas aclaradas no deben ser de menos de un metro de anchura, preferiblemente 1,5 m, y deben labrarse bien con buena pendiente lateral antes de la siembra o plantación. Las herramientas más corrientemente utilizadas para este trabajo son el zapapico, el azadón pesado y el escoarificador. El más eficaz es el zapapico que tiene una azada u hoja de cavar en un lado y un pico u hoja cortante en el otro.

En colinas susceptibles a la erosión, las manchas y fajas aclaradas se sitúan normalmente en curvas de nivel, amontonándose la vegetación desarraigada a lo largo del borde inferior, como precaución contra el lavado del suelo. Cuando las condiciones del suelo lo permiten, pueden labrarse las fajas en curvas de nivel.

En Marruecos, el método más utilizado para la preparación del suelo, en colinas cubiertas de matorrales, para la plantación de Eucalyptus gomphocephala y Pinus halepensis es el de aclarar y labrar, mediante zapapico, manchas del terreno (potets) de 50 a 70 cm². Frecuentemente estas labores se combinan con ciertas medidas de conservación del suelo y el agua como la apertura de zanjas siguiendo curvas de nivel o la construcción de terrazas estrechas (gradoni o banquettes).

Quema

La quema controlada antes de la plantación en estaciones cubiertas de herbáceas o pequeños arbustos es una práctica corriente en muchos países, pudiendo decirse que es el método más antiguo para aclarar el terreno y puede ser el más barato. La quema controlada exige una planificación cuidadosa. El procedimiento general incluye el laboreo o aclareo de una faja cortafuegos o trinchera alrededor del área y la quema inicial de una faja de 50 m de anchura como mínimo en la dirección del viento, manteniendo el fuego bajo control mediante batidores. Una vez que se ha limpiado de material combustible una faja suficientemente ancha en la dirección del viento, el resto del perímetro se mantiene encendido, permitiendo que el fuego avance con la brisa. Esta quema principal es mejor hacerla a la caída de la tarde o por la noche, cuando generalmente disminuyen los vientos y hay menos probabilidad de que el fuego llegue a descontrolarse.

La quema en algunos casos puede ser perjudicial, por ejemplo, por estimular la regeneración del suelo o por favorecer la aparición de enfermedades producidas por hongos (por ejemplo Rhizina undulata en el Pinus sylvestris)

Estaciones cubiertas de matorrales o árboles

En estaciones cubiertas de vegetación leñosa hay dos técnicas principales de aclareo: 1) corta, cuando se dejan las raíces en el terreno o 2) destocoado, cuando se extraen las raíces.

Corta sin extracción de raíces

Corta total

El aclareo de una tierra cubierta, en forma más o menos densa, de matorrales o de árboles resulta casi invariablemente muy costoso en mano de obra, aunque el coste financiero de un proyecto puede reducirse si una buena proporción de la madera apeada tiene valor comercial como leña, carbón vegetal, postes, pilotes, madera para pasta o incluso como madera de construcción. En tales casos, la operación de aclareo del terreno se suele contratar. Las formas de tales contratos varían mucho como es natural en todo el mundo, dependiendo mucho del valor y utilidad del material que se corta. En circunstancias favorables, el aclareo puede rendir un ingreso neto, que puede recibirse en efectivo o a cambio de un trabajo adicional de preparación de la estación, como por ejemplo, cercas, desagües o construcción de vías de acceso.

En otras áreas, la estación a preparar para la plantación puede ser un bosque previamente explotado en el cual todo el material utilizable o la mayor parte ya ha sido extraído, quedando únicamente despojos de corta mezclados con troncos no comerciales, malezas, rebrotes de monte bajo, un subpiso forestal o bambúes. No queda entonces otra alternativa que eliminarlo con cuadrillas de trabajadores que cortan y despejan la vegetación para su quema esparcida o para apilarla en montones o hileras donde se puede quemar o dejarlo para que se pudra.

En Papua Nueva Guinea, el bosque higrofitico nativo se corta totalmente en las estaciones de plantación mediante métodos manuales. Los trabajadores recorren primero el área cortando toda la vegetación superficial y los troncos hasta de 7,5 cm de diámetro. Esto prepara el terreno a la siguiente cuadrilla que corta todos los troncos de diámetro superior a aquél y al mismo tiempo desraman los árboles grandes apeados. De 6 a 8 semanas después,

y cuando haya unos días de tiempo seco, se procede a quemar sistemáticamente las áreas desmontadas, consumiéndose generalmente todas las trozas excepto las más pesadas. Solamente el trabajo de desbroce y apeo requiere hasta 50 días-hombre por hectárea.

En Ghana, el bosque alto tropical también se suele aclarar a mano para la plantación. Después de una explotación selectiva, las estaciones que tienen pocas existencias se limpian de sotobosque y de pequeños árboles mediante cuadrillas de trabajadores que utilizan machetes. Los árboles mayores se apean con sierras mecánicas o se envenenan. Se hace algo de desramado al mismo tiempo que se realiza la corta para facilitar una buena quema pero no se practica ni el apilado ni la disposición en hileras. La quema esparcida se hace en la estación seca. La operación de apeo y quema exige un promedio de 86 días-hombre por hectárea.

En el proyecto del Río Jari, en la región amazónica de Brasil, se hace en gran escala un aclareo similar a mano del bosque higrofitico tropical de tierras bajas, que es comercialmente pobre, mediante grandes cuadrillas de obreros contratados y estrechamente supervisados que han reemplazado a los tractores pesados (Palmer, 1977).

En Papua Nueva Guinea, Ghana y el Brasil, las especies que se plantan seguidamente son heliófilas. Estas exigen el apeo total de la vegetación existente, pero con especies más tolerantes a la sombra puede no ser necesario, e incluso resultar inconveniente, extraer de la estación toda la vegetación forestal indígena. Como consecuencia, se han desarrollado sistemas de aclareo parcial que pueden denominarse "aclareo en fajas o líneas" mediante los cuales se despeja por completo la vegetación siguiendo líneas o bandas a intervalos fijos, y el "aclareo de despeje para plantación bajo cubierta" en el cual la vegetación superficial y las especies del sotobosque se eliminan totalmente mientras que los fustes más grandes, que forman el piso superior, se aclaran sistemáticamente para que las copas de los fustes restantes proyecten una especie de mosaico de luz y sombra sobre el terreno.

Aclareo en fajas

El aclareo en fajas se ha utilizado extensamente en los trópicos en relación con: 1) la plantación de enriquecimiento, destinada a mejorar la proporción de especies madereras deseables del bosque natural, sin eliminar los árboles útiles existentes y 2) la plantación de conversión, destinada a la sustitución completa de la vegetación existente por un bosque artificial totalmente nuevo (FAO, 1970). Aunque estos dos métodos de reforestación difieren en cuanto a su finalidad, las técnicas utilizadas son con frecuencia muy similares. En ambas, se plantan especies de crecimiento rápido y exigentes en luz en las líneas despejadas del bosque existente después de reducciones diversas en la cubierta de copas; en la plantación de enriquecimiento se intenta conservar algunos de los árboles del bosque natural mientras que en la plantación de conversión todos se extraen con el tiempo. La anchura de las fajas aclaradas y su frecuencia varían pero el método de ejecutar el trabajo es esencialmente el mismo.

El primer paso consiste en establecer una línea base aclarada (si no existen caminos o senderos apropiados) formando ángulo recto con la dirección de las líneas de la futura plantación. Esta dirección puede determinarse teniendo en cuenta la topografía, las futuras vías de extracción o bien la sombra lateral (en muchos países de África Occidental se prefiere la orientación este-oeste). A continuación se "marcan" las líneas de plantación en ángulo recto con la línea base por medio de un equipo de cortar malezas, manteniéndose la dirección adecuada con una brújula de reflexión o con un simple instrumento de puntería. Las líneas marcadas las aclaran luego brigadas de corta y apeo hasta obtener la anchura requerida. El material cortado se apila para que se pudra a lo largo del borde de la faja o, preferiblemente, se quema si las condiciones atmosféricas lo permiten. Las fajas aclaradas se cavan en líneas o en casillas listas para la plantación o la siembra. Los árboles situados en las fajas de bosque que quedan entre las líneas aclaradas, y que pueden proyectar sombra vertical o lateral sobre los árboles plantados, o bien se apean o se anillan mediante descortezado (es decir se circundan) o se envenenan, dependiendo la intensidad de la eliminación de si el objetivo es de enriquecimiento o de conversión.

Aunque la plantación en líneas se ha practicado ampliamente en los trópicos, ha conseguido niveles variables de éxito. Ha habido numerosos intentos de determinar las razones de los éxitos y fracasos (Catinot 1969; Dawkins (ex Lamb, 1967; Groulez, 1976; Jackson, 1974 y Lamb, 1969). Las que han dado mejor resultado han sido las plantaciones de conversión en líneas en el Africa Occidental de lengua francesa. Por el contrario, la plantación de enriquecimiento en líneas ha sido abandonada en algunos países, después de haberla practicado durante bastantes años. En algunos casos esto se debe a que las técnicas utilizadas no dieron buen resultado; pero muchos de estos fallos podrían haberse evitado si se hubieran seguido criterios generales respecto a su éxito, de acuerdo con los formulados por Dawkins (ex Lamb, 1967), y reproducidos en el Apéndice A. En particular, se necesita una apertura inicial y completa de la cubierta superior de copas y la utilización de especies que tengan un crecimiento inicial rápido y que toleren la competencia de la malezas (Jackson, 1974). En otros casos, la demanda creciente de productos forestales, especialmente los procedentes de claras, han hecho que las plantaciones densas sean más atractivas que las plantaciones en línea. En conjunto, la tendencia actual es la de cambiar las plantaciones en líneas por formas más intensivas de ordenación forestal, tales como las plantaciones densas o las plantaciones mediante el sistema taungya. Sin embargo, la plantación en líneas se utiliza todavía extensamente en algunos países y se sigue estudiando en muchos otros. Puede ser todavía muy valiosa para la regeneración de bosques explotados cuando resulta antieconómica una ordenación más intensiva o cuando deben mantenerse las condiciones del bosque natural para proteger el medio ambiente.

Por ejemplo, en el Protectorado Británico de las Islas Salomón, la plantación en líneas se ha convertido en la técnica normal para la repoblación forestal en gran escala de bosques nativos explotados (Jackson, 1974). Las líneas se abren con 3 m de anchura y a intervalos de 13 m y las plantas se colocan en las líneas a 3,6 m de distancia. Todos los fustes que quedan del piso dominante con más de 5 cm de diámetro y que no pueden cortarse económicamente con machete, se envenenan mediante entalladuras y arsenito de sodio dos meses después de plantar. Las dos primeras limpiezas de las líneas se hacen a nivel del terreno con intervalos de dos a tres meses. Las limpiezas subsiguientes se hacen a la altura de la rodilla con intervalos de 3 a 4 meses durante los primeros 18 meses. A partir de entonces se hacen cortas de trepadoras de acuerdo con las necesidades. Las necesidades de mano de obra en 1970, sin contar la supervisión, fueron de 55 días-hombre/ha, descompuestos en la forma siguiente:

<u>Operación</u>	<u>Días-hombre/ha</u>
Preparación de la estación (aclareo de las líneas, envenenamiento, caminos de regeneración)	19
Plantación y producción de plantas	11
Cuidados culturales (limpiezas, corta de trepadoras, mantenimiento de límites) durante tres años	25

Aclareo para despejar en plantación bajo cubierta

Este método puede considerarse como extensión o derivación del sistema europeo de regeneración por aclareos sucesivos. Tiene aplicación especialmente cuando:

- 1) la especie a introducir necesita (o tolera) una cubierta superior en los primeros años después de la plantación,
- 2) el bosque existente contiene un número relativamente elevado de pies grandes e indeseables, cuya extracción sería con seguridad costosa o difícil, o bien
- 3) el bosque existente contiene un cierto número de especies madereras valiosas que es conveniente mantener, siendo el objetivo de la nueva plantación o bien el enriquecimiento del bosque con la misma especie o la introducción de otro que la sustituya compuesto de otras especies.

El procedimiento normal consiste en desbrozar o quitar toda la vegetación baja (monte bajo pequeño y árboles de menos de 10 cm de diámetro) que se apila a continuación y, cuando es posible, se quema, dejando la superficie del terreno más o menos libremente accesible para la plantación de los árboles. Algunos de los árboles restantes se anillan quitando la corteza, y se dejan pies suficientes en el piso dominante para producir el mosaico deseado de luz y sombra en el suelo del bosque. El resto del piso dominante se mata en forma selectiva mediante anillado de la corteza en los años siguientes, dependiendo del desarrollo de la plantación realizada bajo cubierta. La densidad ideal del piso dominante es aquella que mantiene suficiente sombra para que el terreno forestal quede razonablemente libre de malezas y del rebrote del monte bajo, pero que permita al propio tiempo una penetración suficiente de la luz para el establecimiento satisfactorio de la nueva masa forestal.

El anillado de la corteza es muy eficaz si se realiza en la estación de actividad vegetativa. Hay que tener cuidado de extraer una faja completa de corteza, llegando hasta la madera a fin de asegurarse de que se ha quitado todo el "cambium". Hay muchas especies que no se mueren totalmente en el primer año después del anillado de la corteza y tardan varios años en morir. Cada vez se ha hecho más corriente el anillar los árboles mediante métodos químicos tal como se describe después en este capítulo.

A menos que los pies del piso superior tengan valor comercial, en cuyo caso deberían apearse y extraerse a través del joven bosque plantado bajo cubierta, la práctica normal consiste en dejar los pies muertos del piso superior para que se "pudran en pie"; las ramas laterales caen gradualmente cuando se pudren y finalmente cae el armatoste del viejo tronco; el daño a la nueva plantación suele ser despreciable. Sin embargo, en pendientes escarpadas la experiencia ha demostrado que el tronco, cuando finalmente cae, puede rodar y ocasionar daños considerables a la plantación joven. Existe también el problema del peligro de las ramas que caen de los árboles muertos lo que motiva el que la mano de obra se resista a trabajar en áreas tratadas.

Un ejemplo de plantación bajo cubierta después de una clara de liberación, puede hallarse en el Reino Unido, donde se planta con frecuencia la *Tsuga heterophylla* bajo la cubierta existente de frondosas como el abedul (*Betula*), el roble (*Quercus*), o el monte bajo de fresno (*Fraxinus*).

Destoconado

El destoconado es necesario cuando se prevé que se va a realizar un laboreo subsiguiente mecanizado, que exige la eliminación de las raíces. El destoconado manual es el método más antiguo y más corriente, pudiendo hacerse el trabajo mediante mano de obra directa o contratada que utiliza sobre todo palas, azadones, zapapicos y hachas. La operación incluye excavación, corta de raíces y apeo y, en la mayoría de los casos, comprende también la extracción de todo el árbol; en pie en el momento de destoconar. Se cava el suelo alrededor del árbol; la profundidad y anchura de la excavación varía con el tamaño del árbol y del sistema radical. Al terminar la excavación se cortan las raíces laterales y seguidamente se apea el árbol cortando la raíz principal. En Nigeria la producción variaba con el área basimétrica unitaria; en la sabana, con un área basimétrica de 9 m²/ha se necesitó un promedio de 65 días-hombre para destoconar una ha, mientras que en terrenos arbolados más densos, con 13 m²/ha, se necesitaron 123 días-hombre (Allan y Akwada, 1977).



El destocoado manual es una tarea dura y con fuerte exigencia de mano de obra, que se practica todavía en las sabanas africanas. (Cortesía de T.G. Allan)

Disposición de los residuos

Cuando la vegetación cortada es suficientemente densa para sostener una quema intensa, se la puede quemar en el lugar, sin apilarla o disponerla en fajas. En otras zonas, los trabajadores cortan y limpian el material apeado y lo apilan en montones o hileras fuera de las líneas de plantación, donde se puede quemar o dejarlo para que se pudra. Si no se queman las hileras amontonadas, deben dejarse vacíos a intervalos con el fin de permitir un acceso fácil para los cuidados selvícolas o para la lucha contra incendios. Para quemar se suelen apilar los residuos en fajas, o se cortan en rollizos que se amontonan en pilas apretadas alrededor de la madera más gruesa para facilitar el encendido y la quema. En la pág. 24 se describe la quema de las fajas y en las páginas 63 y 155 se trata de la operación subsiguiente de trazado de la plantación.

Cuando el aclareo tiene lugar cerca de centros de población, puede ocurrir que sea posible distribuir los residuos como leña, lo que constituye no sólo una conveniente utilización del recurso sino también un beneficio social y económico para el proyecto de plantación. El abrir ciertas áreas para la producción de carbón vegetal es otra posibilidad. La producción de carbón vegetal permite una utilización más completa de los desechos que la leña y siendo más ligero, se puede ampliar la distancia económica de transporte.

Sistema Taungya

La agrosilvicultura puede definirse como un sistema que combina cosechas agrícolas y ganadería con la producción de árboles, con el fin de obtener el mejor valor posible de la producción total por unidad de superficie, compatible con el objetivo principal y con el uso prudente de la tierra. Dentro de este concepto puede incluirse el sistema de plantación taungya, o shamba, en el cual se desarrolla una plantación forestal en combinación con una cosecha agrícola transitoria. En este sistema, la preparación de la estación se hace a mano mediante agricultores que utilizan la tierra para la producción de alimentos durante el período en que se establecen las plantaciones.

Taungya es una palabra birmana que sirve para designar una parcela de cultivo del tipo de las que se forman en la agricultura migratoria practicada en las zonas de bosques higrofiticos de colinas. Shamba es una palabra kiswahili que se aplica a un aclareo similar en la sabana o en el bosque del Africa Oriental.

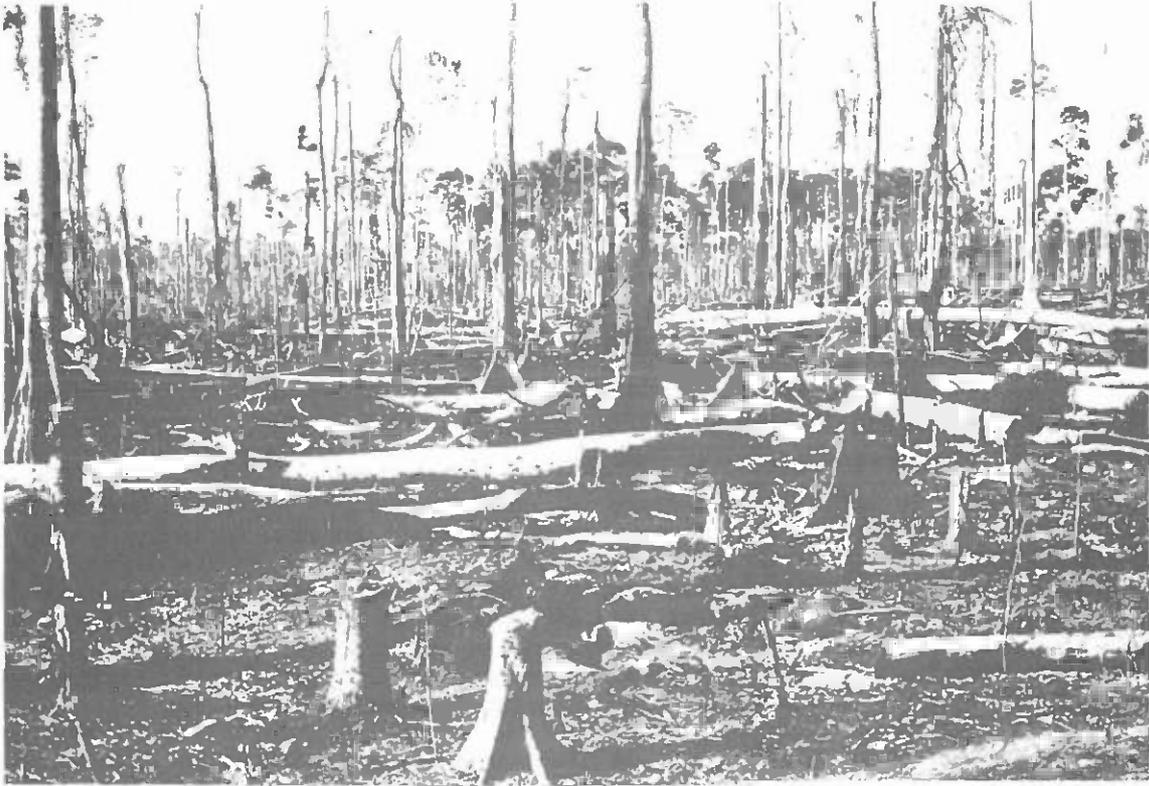
El sistema de plantación taungya se practica con mucha frecuencia en las áreas tropicales donde es corriente la agricultura migratoria, que es una forma primitiva pero eficaz de agricultura cuando la tierra es ilimitada. Sus características esenciales son: que la tierra disminuye rápidamente de fertilidad cuando se somete al cultivo, y que aunque sea eficaz el uso de fertilizantes artificiales, los agricultores son demasiado pobres para soportarlo. En vez de fertilizantes, se utiliza un barbecho de árboles para reponer la fertilidad. Sin embargo, cuando la tierra es limitada en relación con la población, que suele ir además en aumento, el ciclo de cultivo se acorta, con la consiguiente pérdida de fertilidad, produciéndose con frecuencia la degradación del suelo.

La aplicación del sistema tradicional de plantación taungya sólo es posible cuando existe hambre de tierra y hay agricultores laboriosos carentes de tierras. En este sistema se asigna una superficie de bosque natural a un agricultor que la limpia mediante destocado, corta y quema. La parcela se labra totalmente con herramientas manuales y se utiliza para la producción de alimentos para el agricultor y su familia; el sobrante de producción se vende como fuente de ingresos. Las plantitas de la plantación forestal se introducen con la cosecha agrícola en una etapa tal que permita su deshierbe por lo menos durante un año, debiendo estar bien arraigadas cuando el agricultor abandona la parcela para la producción agrícola y se traslada para aclarar otra zona de taungya.

En ciertas áreas del sudeste de Asia, se utiliza extensamente el sistema tradicional taungya para realizar plantaciones de teca. En Tailandia el sistema va aparejado con el establecimiento de poblados forestales, mientras en Indonesia, en la cabecera de la cuenca del río Solo la producción de árboles se combina con pastos de gramíneas. En Sierra Leona el cultivo agrícola taungya se limita a un año y los árboles se incorporan tan pronto como se termina el aclareo. En el sistema shamba de Kenia, los agricultores eran empleados por el departamento forestal anualmente durante nueve meses o más.

Una variante del sistema tradicional taungya que se utiliza extensamente en Nigeria (donde se denomina "agricultura para pagar" o "taungya directa") y en Ghana (donde se denomina "taungya departamental") tiene las siguientes características principales (Olawoye, 1975).

- 1) Los agricultores empleados se reclutan como empleados asalariados del departamento forestal.
- 2) El hambre de tierra no es un requisito previo para el sistema taungya.
- 3) El departamento forestal es propietario tanto de la cosecha agrícola como de la masa forestal.
- 4) No hay asignación de parcelas agrícolas individuales.



En Ghana la mayor parte de los residuos pesados que quedan en las estaciones de plantación, después de una corta selectiva, aclareo manual y quema esparcida del bosque alto tropical, se utiliza para la producción de carbón. La plantación y los cuidados culturales subsiguientes se hacen a mano, (Cortesía de D.A. Harcharik)



Aunque existen muchas variaciones del sistema taungya, los incentivos influyen mucho en la participación; los insumos y beneficios generales pueden ser los que se expresan en el cuadro siguiente:

	Insumos	Beneficios
Agricultores	Mano de obra (a cambio del uso de la tierra y de los salarios)	Ingresos del empleo o incentivos. Alimento para la familia. Dinero procedente de la venta de cosecha excedente. Vivienda, servicios, instalaciones educativas e infraestructura.
Organismo forestal o gobierno	Tierra. Dirección, herramientas y equipo. Viviendas y servicios. Empleo.	Costes directos reducidos de establecimiento de la plantación. Producción de madera a largo plazo. Reducción de la agricultura migratoria.

No todos estos factores se aplican a cada caso pero constituyen una descripción de carácter general. Para los agricultores migratorios carentes de tierras la provisión de tierra para la producción de alimentos es uno de los principales incentivos que influyen en su participación en las plantaciones taungya.

Los orígenes del sistema taungya están en el deseo de eliminar los daños de la agricultura migratoria y en la reducción de los costos de establecimiento de las plantaciones forestales. Como una forma de agricultura migratoria controlada, que reduce al mínimo el daño al suelo, al proporcionarle una eficaz cubierta arbórea, el sistema no ocasiona las tensiones que podría producir un cambio demasiado drástico en el sistema agrícola, a los agricultores tradicionales. En el pasado el sistema taungya ha reducido el coste de establecimiento de las plantaciones. Más recientemente, algunos de estos ahorros, o todos se han aplicado al desarrollo de las comunidades forestales, como en Tailandia y en Kenia, a fin de asegurar que la comunidad quede recompensada en cierta medida por sus contribuciones al sistema. El sistema tradicional taungya puede considerarse como una forma intermedia de uso de la tierra en el proceso que va de la agricultura migratoria a la agricultura sedentaria o bien al pleno empleo (forestal), o posiblemente a una combinación de pequeña propiedad y empleo a tiempo parcial.

El cultivo intensivo de las parcelas taungya reduce la fertilidad del suelo, sobre todo porque rara vez se aplica un fertilizante y los cultivos alimenticios compiten con los árboles de la plantación. Por ejemplo, en Kenia los árboles desarrollados en terreno totalmente labrado mostraron un crecimiento en altura un 15% mejor que los desarrollados en una shamba de maíz y un 8% de aumento respecto al correspondiente a una shamba de frejoles (Departamento Forestal de Kenia, 1967). En otra región, la de Turbo, no se registró una caída análoga en el crecimiento con maíz fertilizado.

MECANIZACION Y METODOS MECANIZADOS

La mano de obra puede hacer casi todo el trabajo de establecimiento de una plantación forestal, e incluso en gran escala puede ser eficiente y económica. Por ejemplo, en Brasil el aclareo del bosque natural se hacía inicialmente mediante tractores, pero los elevados costes y la baja producción llevaron al empleo de métodos manuales y en la actualidad casi todas las operaciones de campo se ejecutan mediante grandes brigadas de mano de obra contratada que trabaja bajo supervisión de los directivos del proyecto (Palmer, 1977). Sin embargo, en otras zonas el tamaño y el coste total de la mano de obra necesaria para proyectos en gran escala, pueden impedirlo como posibilidad realista. En tal caso, la mecanización es una importante alternativa.

Muchas de las operaciones de preparación de la estación descritas en las secciones precedentes pueden mecanizarse, existiendo una variedad de máquinas y equipos para tales operaciones. El principal objeto de la mecanización en las plantaciones es realizar ciertas operaciones de una manera eficaz y económica mediante el empleo de máquinas. Cuando las operaciones se hacen satisfactoriamente y económicamente mediante mano de obra y cuando existe oferta abundante de mano de obra apropiada, sólo se deben mecanizar aquellas operaciones que sobrepasan la capacidad de la mano de obra y de los servicios de supervisión.

Con frecuencia se aduce que la mecanización disminuye las oportunidades de empleo. Cuando se comparan las ventajas relativas del empleo de mano de obra y de la mecanización, es necesario pesar los beneficios sociales frente a los beneficios de costes de utilizar alternativas más eficientes. Por ejemplo, un proyecto bien basado y con éxito, ya sea mecanizado o con una fuerte proporción de mano de obra, proporcionará a largo plazo más empleo permanente directo, y empleo adicional indirecto en las industrias de transformación de la madera, que una empresa que no sea viable. Por lo tanto, en general, cuando la mecanización de un proyecto de plantación en gran escala reduce los costos y es un factor favorable para su viabilidad, rara vez se traduce en la pérdida de puestos de trabajo sino que más bien aumenta las posibilidades de empleo dentro de los criterios económicos establecidos por la ordenación y la planificación.

La mecanización en sentido estricto se refiere a la introducción de máquinas para suplementar la mano de obra empleada en la ejecución de operaciones seleccionadas. En esta publicación este término se utiliza en primer lugar para referirse a unidades móviles motorizadas, como los tractores, pero incluye también la utilización de sierras de cadenas y otras unidades manuales con motor, cuyo funcionamiento requiere mucha mano de obra. La utilización de animales de tiro se trata por separado.

Principios de la mecanización

Cuando se planifica la mecanización hay ciertos principios básicos que deben considerarse y que se aplican no sólo a la fase de preparación del terreno, sino también al turno completo de la plantación.

Al seleccionar las máquinas y los accesorios para las plantaciones, es esencial que el equipo sea totalmente adecuado para las operaciones en que se utiliza. Puede, por ejemplo, parecer ventajoso comprar una máquina o un equipo que sea capaz de ejecutar numerosas operaciones, pero si tal condición se traduce en la selección de un equipo que no es totalmente adecuado para la tarea esencial, en tal caso su utilidad real puede ser poca o en la mayoría de los casos perder algo de valor. Esta idea subraya la necesidad de realizar ensayos para determinar los tipos de equipo mejor adaptados y más eficientes para determinadas operaciones.

La planificación de las operaciones de campo debe tratar de conseguir el máximo uso efectivo de las máquinas elegidas. En el proyecto y diseño de una plantación, los lotes grandes ofrecen mayores posibilidades de eficiencia que las áreas pequeñas y esparcidas. La disposición de los caminos y senderos debe permitir acceso fácil y espacio para la maniobra del equipo mecánico. A fin de reducir la proporción de tiempo improductivo de maniobra de los tractores, el proyecto debe permitir grandes recorridos de tractor, preferiblemente en dos direcciones. El espaciamiento es otro factor fundamental que afecta a las producciones forestales y a la eficacia del equipo, ofreciendo una variedad de alternativas de ordenación que hay que evaluar y elegir. Por ejemplo, un espaciamiento menor de 2,8 m rara vez es posible cuando se utilizan tractores agrícolas normales.

Un requisito importante es que el operario de cada máquina sea absolutamente competente en el funcionamiento de la máquina o el equipo que se emplee. El manejo inadecuado y el mal uso del equipo suelen reducir normalmente la productividad del tractor más del cincuenta por ciento. En muchos países en desarrollo donde hay escasez de obreros especializados, se necesitan medios de capacitación si se quieren alcanzar los niveles necesarios de destreza en las operaciones. Para que los conductores adiestrados mantengan y mejoren

su trabajo es necesario darles incentivos económicos o de otro tipo, basados en el grado de eficiencia y productividad del equipo utilizado.

Tiene una importancia fundamental para la mecanización el contar con una organización adecuada de reparaciones y servicios, que cuente con personal especializado y el suministro asegurado de recambios y piezas de repuesto para garantizar un mantenimiento rápido y eficaz. Como en el caso de los conductores, en muchas partes del mundo existe la necesidad de contar con capacitación en materia de reparaciones y mantenimiento. Una máquina sólo tiene valor real cuando puede cumplir de modo eficiente el trabajo previsto.

La mecanización es un proceso costoso, y su introducción exige una comprensión clara, sobre cuáles son los objetivos que debe lograr el proyecto en forma eficiente y económica. Para una administración efectiva, es necesario calcular los costos de varios métodos o alternativas de mecanización para ejecutar determinadas operaciones de plantación. Para mantener con éxito los incentivos, hay que organizar las operaciones mecanizadas sobre una base comercial lo más sólida posible.

En las primeras etapas de desarrollo de la plantación, la mecanización puede hacerse y de hecho se hace sin que se cumplan totalmente los principales requisitos antes analizados, pero, naturalmente, no sin crear problemas y alguna pérdida de eficacia. Sin embargo, el comenzar operaciones en gran escala sin dar la debida consideración a los principios descritos, sólo puede llevar a la creación de una empresa mecanizada ineficiente y anti-económica.

Ventajas y desventajas de la preparación mecanizada del terreno

Las principales razones para mecanizar en forma selectiva las operaciones de aclareo del terreno se refieren generalmente a la disponibilidad de mano de obra, eficiencia en cuanto a costes, escala de la operación, oportunidad de la operación y calidad del trabajo realizado.

Disponibilidad de mano de obra

La falta o escasez de mano de obra adecuada puede ser un factor principal que exija la introducción de la mecanización. El tiempo mejor para llevar a cabo una gran parte del trabajo de preparación del terreno es cuando los suelos están húmedos, que coincide en muchas regiones con el período de máxima actividad agrícola, con la consiguiente escasez de mano de obra local y estacional. Asimismo, muchas de las actividades de preparación del terreno representan un trabajo duro y difícil y la aplicación de una mecanización selectiva elimina la parte manual dura de tales tareas.

Eficiencia de costes

En general, el aclareo en gran escala del terreno puede hacerse con una mayor eficiencia de costes mediante técnicas mecanizadas que con métodos manuales. Otro factor, especialmente en los países en desarrollo, es la tendencia de la mano de obra a aumentar sus costes más rápidamente que los de las máquinas, tendencia que aumenta la eficiencia comparativa de costes de los métodos mecanizados. Sin embargo, cuando existe desempleo en gran escala, la aplicación de costes-sombra para la mano de obra puede indicar beneficios en cuanto a costes sociales que favorecen los métodos intensivos de mano de obra.

Escala

La escala de la operación está relacionada con la eficiencia. No existen reglas fijas y rápidas en cuanto al nivel o escala en que debe o puede introducirse la mecanización. Para los proyectos elegidos hay que estudiar y evaluar todos los factores pertinentes antes de poder adoptar cualquier decisión sobre la programación en el tiempo y el nivel de mecanización. En general, en proyectos en gran escala los problemas de control y productividad de la mano de obra tienden a justificar la introducción de una mecanización selectiva. La economía derivada de un mayor uso de las máquinas cuanto mayor es la escala favorece aún más el desarrollo mecanizado.

Oportunidad

En el desarrollo de una plantación la oportunidad de la operación suele ser fundamental. Por ejemplo, una preparación tardía del terreno puede ocasionar retrasos en las operaciones subsiguientes, lo que suele tener efectos adversos tanto sobre la producción de la plantación como sobre la eficiencia de costes. Cuando la mano de obra o los elementos relacionados con ella, limitan los niveles de producción, la mecanización, con sus ritmos de trabajo generalmente rápidos, es un método de acelerar la productividad y terminar las operaciones en tiempo oportuno.

Calidad

Como consecuencia de la notable potencia y peso de las máquinas, la calidad del aclareo mecanizado del terreno tiende a ser superior que con el trabajo manual. El destocado mecanizado o apeo mediante tumba generalmente extrae una mayor proporción de raíces a una mayor profundidad que las operaciones manuales semejantes. Análogamente, el laboreo mediante arado o rastra es más eficaz que el laboreo mediante azada.

Las limitaciones normales para la mecanización en un programa de plantaciones incluyen:

- 1) un terreno difícil, donde la inclinación, los barrancos o los afloramientos rocosos impiden el uso eficiente de las máquinas;
- 2) el elevado coste inicial, frecuentemente en moneda extranjera, del establecimiento de una operación mecanizada, junto con el coste elevado y creciente de funcionamiento por combustibles y aceites;
- 3) la mala calidad del servicio de los tractores debido a la falta de personal capacitado que maneje, haga funcionar y mantenga los equipos, agravada con frecuencia por:
 - a) la falta de piezas de repuesto,
 - b) los retrasos burocráticos en los pedidos o en los pagos de repuestos o servicios,
 - c) una mala limpieza del terreno que se traduce en el daño al equipo de laboreo en las operaciones subsiguientes y
 - d) la falta de incentivos al personal;
- 4) el mal funcionamiento de las máquinas que con frecuencia se traduce en un daño innecesario del terreno o en una compactación que es perjudicial para el desarrollo subsiguientes de las plantas y
- 5) la opinión, a veces ilógica, de que la mecanización ocasiona paro obrero o pérdidas de oportunidades de trabajo.

Operaciones de preparación del terreno

Esta sección se refiere en primer termino a los métodos mecanizados para la extracción o destrucción de la cubierta vegetal y al laboreo de los suelos antes de plantar o sembrar. En muchas partes del mundo, particularmente en áreas con una estación seca acusada como las sabanas, el establecimiento con éxito de una plantación exige una destrucción completa de las malezas en las etapas iniciales. Excepto en pequeñas áreas o cuando es posible el sistema taungya, una destrucción completa de las malezas exige un considerable aporte de laboreo mecanizado. Para poder realizar una destrucción mecanizada eficaz de las malezas, el terreno debe estar libre de toda clase de vegetación leñosa en su superficie y de toda clase de raíces y tocones hasta la máxima profundidad de penetración de los aperos de destrucción de las malezas, lo que exige el destocado de todos los árboles en pie y la extracción de todos los tocones, raíces y otros desperdicios leñosos de la estación.

Las principales operaciones son:

- 1) apeo o destocoado de la vegetación leñosa natural mediante tumba,
- 2) disposición en montones alargados,
- 3) limpieza,
- 4) quema o extracción de los residuos,
- 5) trazado y
- 6) laboreo del suelo previo a la plantación.

Las operaciones 1 a 4 presuponen la existencia de una cubierta vegetal natural leñosa que hay que extraer o destruir antes de poder continuar el desarrollo de la plantación. En estaciones con pastizales el desarrollo se iniciaría con las operaciones 4, 5 o 6, limitándose la quema, cuando se emplee, a la eliminación de la cubierta herbácea en la estación seca anterior a la plantación. La limpieza, la quema y el trazado son generalmente operaciones manuales, aunque puede necesitarse algún aporte suplementario de carácter mecanizado.

Extracción de la cubierta natural leñosa

Hay una considerable variedad de técnicas mecanizadas para aclarar el terreno; los principales métodos están adaptados al tipo y densidad de vegetación, a la topografía, al clima y a las técnicas subsiguientes de establecimiento. Por ejemplo, en zonas en que no está programada la destrucción de malezas mecanizadas, la extracción de las raíces es opcional pudiendo apearse los árboles a nivel del suelo o más arriba. Sin embargo, cuando se pretende realizar el deshierbe mediante gradas, además de toda la vegetación leñosa, deben quitarse las raíces y los tocones hasta la profundidad máxima del laboreo. La densidad de la vegetación es importante, ya que cuanto más pesada es la cubierta arbórea mayor es la potencia necesaria para extraerla. De aquí se deduce que los equipos y las técnicas variarán de acuerdo con los tipos de vegetación, como el monte bravo, el terreno boscoso o el bosque higrofitico. La pendiente y el terreno determinan el límite de lo que puede aclararse con seguridad y de cómo debe aplicarse la técnica elegida. La lluvia también influye en muchas facetas del aclareo pero es decisiva para la oportunidad de las operaciones. Se recomienda que el aclareo tenga lugar únicamente cuando los suelos estén húmedos ya que las raíces se extraen con mayor facilidad en tales condiciones y además los troncos de los árboles están entonces llenos de savia y están menos expuestos a romperse.

Apeo sin extracción de raíces

La corta mecanizada emplea tractores de cadenas con hojas afiladas montadas en el extremo delantero para cortar y apear los árboles al nivel del terreno o cerca de él. Una hoja angular y afilada del tipo K.G. es adecuada para cortar monte bravo o árboles de terrenos arbolados hasta de 30 cm de diámetro o mayores; la hoja en forma de V es adecuada para árboles forestales mayores.

En zonas más pequeñas o con pendientes que no permiten utilizar los tractores, los árboles pueden cortarse utilizando una gran variedad de sierras de cadena. Para zonas de matorral o de monte bravo es útil el cortador de maleza portátil, que consiste en una pequeña sierra circular situada en el extremo de una barra metálica y accionada mediante un pequeño motor de gasolina que se lleva a la espalda.

En los E.U.A. está muy extendido el cortar el matorral o el monte bravo utilizando unas máquinas trituradoras pesadas, de rodillos, que incluyen un gran tambor con hojas cortantes remolcado por un tractor de cadenas. Estas cortan la vegetación leñosa en pequeños trozos e incorporan los desechos al suelo. Hay una variedad de marcas y tipos de trituradoras, desde las de tambor pequeño hasta las de tambor muy grande e incluso las de tambores múltiples que son arrastrados uno tras otro. El efecto de cortar y machacar puede

aumentarse llenando el tambor con agua. En general, a menos que se mantenga una velocidad de unos 8 km/hora o más, los tambores ruedan sobre la vegetación y producen un machaqueo inadecuado. Para mantener la velocidad, se necesita un grupo motor de acción directa.

La trituradora de tipo ligero, de 4,5 toneladas, llena de agua requiere una potencia de tracción en la barra de 35 a 60 hp y es eficaz con pies leñosos hasta de 5 cm de diámetro. El modelo de 8 Tm requiere una tracción en la barra de 50 a 75 hp y es eficaz con arbustos hasta de 8 cm de diámetro. El modelo de 11 Tm necesita una tracción en la barra de 70 a 125 hp y es eficaz para triturar monte de frondosas hasta de 10 cm de diámetro. Hay disponibles incluso modelos mayores hasta de 16 Tm que exigen una tracción en la barra de 250 hp y que se utilizan para matorrales densos y de superficies extensas. El tamaño de la trituradora necesaria para una tarea en especial viene determinado sobre todo por la densidad y tamaño de las especies arbustivas de frondosas. En ensayos realizados sobre suelos arenosos del sudeste de los E.U.A. (Burns y Hebb, 1972) se encontró que el modelo de 11 Tm era más eficaz que cualquiera de los tipos más ligeros y que destruía más frondosas de todo tamaño dando como resultado una mayor supervivencia de los pinos plantados. Estos ensayos fueron limitados y no incluyeron trituradoras de peso superior a 16 Tm.

La Fleco Corporation (1968) da las siguientes estimaciones de productividad de trituración:

Unidad de aclareo	Producción en ha por hora
385 HPV ^{1/} + trituradora de 16 pies (4,9 m)	De 1,5 a 4,1
216 HPB ^{2/} + trituradora de 14 pies (4,3 m)	De 1,3 a 2,3
52 HPB + trituradora de 7 pies (2,1 m)	De 0,7 a 1,4

Un solo tratamiento de trituración no proporciona un control suficiente de las frondosas sin considerar el tamaño o peso del equipo utilizado. Se desarrollan brotes en el cuello de la raíz, lo que exige una segunda operación. Esto es aplicable a todas las operaciones de corta de árboles y, a menos que se realice un esfuerzo subsiguiente para matar los tocones, se producirá un brote de monte bajo o un nuevo crecimiento de remuevos y se establecerá de nuevo rápidamente la cubierta leñosa.

En Turquía, se utilizó una "trituradora" o "acondicionadora de terreno" de fabricación australiana, para macerar el matorral de maquis (Quercus coccifera, Arbutus unedo y Erica spp.) hasta de 8 cm de diámetro (Devería, 1977). La trituradora es una máquina remolcada para aclarar el matorral, de diversas anchuras; la que se probó en Turquía era de 1,58 m de ancho. Es accionada por una toma de fuerza del tractor remolcador mediante correas en forma de V, exigiendo una caja de cambios de 100 hp y una caja de reducción de velocidades. La máquina rompe la vegetación leñosa mediante la acción de un martillo golpeador, dejando sobre el suelo una capa de vegetación triturada. Su resultado depende del tamaño de la vegetación y de su densidad y de la velocidad de recorrido del tractor siendo el tamaño del material que puede triturar inversamente proporcional a la velocidad. Para el típico maquis de Turquía se logró una velocidad media de aclareo de 0,28 ha por hora.

Remoción cuando se extraen las raíces

En los sistemas mecanizados de destocoado o tumba de árboles, se utilizan tractores de cadenas con el equipo correspondiente para empujar o tirar de los árboles en pie, extrayéndose las raíces en la misma operación. Uno de los objetivos principales de estas operaciones mecanizadas es reducir al mínimo la perturbación del suelo; por ello, ninguna de las técnicas incluye la apertura de zanjas o el arado del suelo.

1/ HPV = Caballos de potencia al volante.

2/ HPB = Caballos de potencia en la barra.



En Turquía se utiliza un tractor de ruedas County de 4 x 4, con un triturador que va acoplado detrás, para pulverizar maquis en la preparación del terreno para su laboreo con arado. Un obrero colocado en el exterior vigila la existencia de piedras. (Cortesía de E.N.G. Cooling)

1. Técnicas con un sólo tractor

Una de las mejores unidades para la tumba de árboles consiste en un tractor de cadenas con un rastrillo montado en la parte delantera y con una barra empujadora elevada. En zonas arboladas, por ejemplo, el tractor se coloca frente a un árbol en pie, sitúa la barra empujadora lo más alto posible contra el fuste y empuja el árbol para tumbarlo. Se baja entonces el rastrillo y se aplica al sistema radical que ha quedado al aire; las raíces y las principales ramas laterales son arrancadas del terreno, pudiendo empujar el árbol para disponerlo en montones alargados. Seguidamente, el tractor da marcha atrás antes de avanzar hacia el próximo árbol donde se repite la operación. Cuando un árbol grande no se rinde fácilmente ante el empujador, se hunden en el suelo unos arados de desfonde que van montados detrás y se da una pasada circular alrededor del árbol para cortar las raíces laterales. Lo normal es que dicho árbol pueda ser tumbado después con bastante facilidad.

El sistema puede adaptarse para vegetación gruesa o selva tropical realizando el trabajo en dos etapas. En la primera, un tractor equipado con hoja topadora angular (una hoja K.G. sin afilar es suficiente) y con accionadores hidráulicos de inclinación avanza por el bosque tumbando toda la vegetación del sotobosque y los árboles pequeños. A continuación, cuando ya se ha mejorado la visibilidad, un tractor equipado con empujador de árboles avanza por la zona y tumba todos los árboles grandes que quedan. En la práctica, el trabajo se suele realizar mediante dos tractores que trabajan en el bosque en forma circular. Los tractores funcionan por separado, yendo normalmente el tractor que elimina el sotobosque por lo menos 100 m delante del tractor que empuja los árboles.



El rastrillo frontal es adecuado para el aclareo total con disposición de los restos en fajas. En Turquía se acopla al bastidor en forma de C de un tractor, utilizándose para aclarar y apilar en monte bajo degradado de roble y con vegetación análoga de pequeño diámetro y gran masa radical. (Cortesía de E.N.G. Cooling).

Un tractor de cadenas equipado con hoja topadora recta accionada hidráulicamente era antes la máquina utilizada más corrientemente para limpiar el matorral. Aunque todavía se utiliza, especialmente en superficies pequeñas, la hoja topadora es bastante menos eficaz para limpiar que el empujador y el rastrillo. En monte bravo o de matorral muy espeso, el rastrillo reforzado para aclarar o descuajar es un aditamento mejor para extraer con facilidad raíces y troncos.

2. Técnicas con cadenas

El sistema de cadenas utiliza dos tractores de oruga con hojas o rastrillos frontales y entre ellos una cadena de anclaje pesada de enganche trasero de 90 m o más de longitud. En zonas con árboles grandes o de sistema radical resistente es necesario disponer de tractores adicionales o de seguidor equipado con un empujador de árboles para tumbar cualquier árbol que impida el avance del sistema de cadena.



El tractor de cadenas equipado con empujador de árboles puede utilizarse para la tumba de árboles de terrenos arbolados o selvas tropicales que son demasiado grandes para una limpieza eficaz con unidades de cadenas o con medios más corrientes como las hojas topadoras rectas o angulares.
(Cortesía de T.G. Allan)

En zonas arboladas los dos tractores de oruga avanzan a una velocidad igual y constante, con unos 15 a 25 m de separación, arrastrando la cadena que va detrás. Esta distancia de separación varía con la densidad de árboles; cuanto mayor es ésta más cerca tienen que funcionar los tractores. El tractor que va por la parte de fuera sigue por el borde exterior del bosque sin limpiar y el tractor interior va a unos 15 o 25 m por dentro del bosque, avanzando paralelamente al tractor exterior y siguiendo una línea lo más recta posible. Es importante que los conductores de los tractores puedan verse entre sí y que el conductor del tractor que va por fuera mantenga la misma velocidad que el que va por dentro. Los tractores avanzan a una velocidad moderada y la cadena arrastrada avanza en forma ondulada, siendo raro que golpee más de dos árboles al mismo tiempo, transmitiendo pocos tirones a los tractores. Es fundamental que la cadena se mantenga moviéndose sobre el terreno a un ritmo razonable ya que es su impacto el que desprende los árboles y con ello se afloja y extrae el sistema radical. La cadena suele rodar libremente sobre los árboles derribados. Cuando se tumban los árboles se extraen simultáneamente las raíces principales y las laterales. En los árboles grandes, las raíces laterales que se extienden en la misma dirección de caída sólo se extraen parcialmente, pero tales raíces empotradas en el suelo suelen arrancarse al realizar el trabajo de disposición de los restos en fajas. Si no se prescribe esta disposición en fajas o hileras, el paso de la cadena puede hacer una extracción adicional de tales raíces.



Una unidad eficiente para el aclareo en gran escala de zonas arboladas de sabana comprende dos tractores normales D-8, equipados con cabina protectora, que tira de una pesada cadena de anclaje de 90 m de longitud como mínimo. Un tercer tractor, equipado con empujador de árboles, ayuda al equipo anterior empujando y tumbando los árboles grandes. (Cortesía de T.G. Allan)



Las cadenas de anclaje van equipadas con rótulas pesadas cerca de los tractores que tiran de ellas a fin de evitar que se retuerzan las cadenas. (Cortesía de T.G. Allan)

Los recorridos del tractor deben ser lo más largos posibles, ya que el tiempo de maniobra es en gran parte improductivo. Al final de cada recorrido, se da la vuelta a la unidad del tractor para volver por una nueva pasada de corta, inmediatamente adyacente al recorrido anterior. Al dar la vuelta, los tractores invierten sus posiciones interior y exterior, a fin de distribuir equilibradamente el trabajo de los conductores de los tractores, ya que en la posición interior suele ser más difícil el trabajo.

El sistema de cadenas es el más adecuado para la limpieza en gran escala de terrenos con árboles o con una vegetación del tipo de sabana. Sin embargo, no es adecuado para algunos tipos de monte bravo cuyos árboles tienden a curvarse frente a la cadena haciendo difícil su extracción; tampoco puede usarse en bosque denso o en selva tropical debido a que la visibilidad es tan mala que impide el trabajo en equipo que es necesario para realizar con éxito la operación.

El tamaño de la cadena depende de la potencia disponible del tractor y del tipo de vegetación, pero la longitud debe ser por lo menos dos veces y media la altura de los árboles mayores. Una cadena de 90 m de longitud y con eslabones de 5 cm, con un peso de unos 500 kg, es adecuada para montes de leña delgada. Hay cadenas más pesadas para tipos de arbustos más pesados.



Un tractor de cadenas con arado de raíces acoplado detrás es eficaz para aclarar montes bravos con sistemas radicales extensos. El arado se introduce en el suelo a una profundidad predeterminada, cortando las raíces que son forzadas a salir a la superficie mediante paletas especiales. (Cortesía de T.G. Allan)

Condiciones especiales

Zonas cubiertas con monte bajo, arbustos o monte bravo con sistemas radicales completos situados por debajo del terreno, se encuentran con frecuencia cerca de centros de población donde los bosques han sido cortados para leña. Tales áreas pueden destocarse a mano o mecánicamente utilizando un tractor de cadenas y un arado para raíces acoplado detrás. Este arado consiste en una hoja cortadora en forma de V que al llevarla lateralmente por el suelo se mantiene a una profundidad determinada, cortando con eficacia todas las raíces que encuentra. Detrás de un tractor de cadenas de 180 hp, este apero funciona con eficacia hasta una profundidad de 42 cm. Unas paletas llevan las raíces cortadas a la superficie con una perturbación mínima del suelo. Si se mantiene bien afilado el borde cortante es la herramienta más eficaz para destocar y subsolar. Puede utilizarse con facilidad para limpiar de tocones zonas anteriormente explotadas.

Disposición de los restos en fajas o hileras

A continuación de la tumba, es necesario ordenar los despojos de corta que se extienden por la superficie. Los mismos tractores de oruga que fueron utilizados para la tumba pueden equiparse fácilmente con rastrillos acoplados delante para efectuar la disposición mecanizada en hileras y, en ciertas condiciones, se pueden utilizar grandes tractores de ruedas. En terreno llano las hileras pueden ser lineales y paralelas, mientras que en pendiente pueden situarse siguiendo curvas de nivel. La disposición en hileras puede hacerse en cualquier época del año. En terrenos con arbolado es conveniente situar las hileras a distancias de 50 m. En esta operación el rastrillo delantero se baja hasta el nivel del terreno y todos los despojos situados en una pesada de 25 m de longitud se empujan en ángulo recto con la línea de la hilera hasta colocarlos en ésta. Seguidamente el tractor da marcha atrás 25 m y repite el proceso de rastrillado. Este acarreo empujando los despojos se repite después por el otro lado de la hilera o montón alargado, dejando unos 50 m entre hileras. Es importante el apretar fuertemente las hileras incluyendo la menor cantidad posible de suelo. A fin de permitir el acceso, deben dejarse vacíos de 5 m en las hileras con intervalos de 100 a 200 m. En bosque denso con despojos abundantes, las hileras pueden estar a 25 m solamente.

Otro método de disponer los despojos es apilarlos alrededor de los mayores árboles apeados. Esto se traduce en una disposición irregular de los montones, tendiendo a ocupar un margen mayor que la disposición en hileras longitudinales.

El equipo normal para la disposición de los restos en hileras se compone de un tractor pesado de oruga o de ruedas, preferiblemente con control de cambio de velocidades y con rastrillo delantero. Los dientes reforzados del rastrillo se introducen en el suelo y al empujar hacia delante se saca la mayor parte de la vegetación lenosa superficial y parte de la situada por debajo, mientras la mayor parte del suelo cae entre los dientes o puás del rastrillo, pero, incluso con una operación cuidadosa, parte de la capa superior del suelo se mezcla con los despojos lenosos y se deposita en las hileras o en sus proximidades.



Rastrillo montado en la parte delantera de un tractor de oruga que se utiliza en la Costa de Marfil para disponer en hileras los despojos de la selva tropical, después de la tumba de árboles. (Cortesía de T.G. Allan)



Este rastrillo, montado en la parte delantera, es un apero útil para extraer rocas y raíces y para apilar matorral pesado. (Cortesía de T.G. Allan)

Limpieza de repaso

Con independencia de que la tumba y la disposición de los despojos en hileras hayan sido bien ejecutadas, normalmente quedan algunos despojos o tocones en la zona aclarada. Los tocones que quedan en el terreno deben señalarse o marcarse. Cuando no hay mucho que limpiar, el sistema corriente es utilizar mano de obra para recoger los despojos que quedan y colocarlos en montones o hileras procediendo análogamente con los tocones que es necesario excavar. Cuando hay mucho que limpiar la operación puede mecanizarse utilizando tractores de oruga con extractores de tocones o rastrillos de acoplamiento delantero. Si hay agujeros donde se han excavado los tocones, deben llenarse y nivelarse.

Quema

Quando las hileras o montones de despojos se han secado, deben quemarse cuando las condiciones son adecuadas. El objetivo debe ser quemarlos lo más tarde posible en la estación seca. Esto puede exigir el proteger los montones contra una quema anterior incompleta y accidental durante la estación seca. En zonas de selva tropical donde son cortos los períodos secos, puede ser necesario el suplementar o intensificar la quema con petróleo, e incluso así puede resultar difícil el obtener una quema total satisfactoria. La finalidad es lograr un fuego lo más intenso posible, por cuya razón la quema debe hacerse durante el día, preferiblemente cuando haya viento. El fuego debe prenderse por el lado de barlovento de las hileras, donde se desarrollará su propio tiro. Cuando la quema es incompleta, es aconsejable tener preparado un tractor de cadenas con rastrillo acoplado para volver a apilar los despojos. Cuando el fuego ha perdido su mayor intensidad, las trozas y los tocones humeantes deben volverse a apilar para mantener la concentración de calor y de material combustible.

Productividad del aclareo del terreno y selección del equipo

Los datos de productividad constituyen la base para la planificación y selección de los métodos de aclareo del terreno. Cualquier rendimiento o coste de carácter general del aclareo de la tierra por hectárea tiene poco valor a menos que se relacione con la densidad de la vegetación y con la potencia del tractor. El área basimétrica de las plantas leñosas, expresada en metros cuadrados por ha, da una evaluación razonable de la densidad forestal (aunque hay que aplicar un factor para las diferencias importantes de altura). El trabajo realizado en Nigeria (Allan, 1977) demuestra que:

- 1) en sabana de escasa densidad con $9 \text{ m}^2/\text{ha}$ de área basimétrica, la productividad mediante el sistema de cadenas fué de $5,5 \text{ ha/hora}$ para una unidad de aclareo consistente en dos tractores de 180 hp; la tumba con un solo tractor y la disposición de los despojos en hileras, utilizando un tractor de cadenas de 65 hp, necesitaron $0,48 \text{ ha/hora}$ y $0,49 \text{ ha/hora}$ respectivamente; mientras tanto, el destocado y el apilado a mano utilizaron 69 días-hombres y 63 días-hombre/ha respectivamente;
- 2) en sabana más densa, con $13 \text{ m}^2/\text{ha}$ de área basimétrica, la productividad mediante el método de cadenas fué de $2,8 \text{ ha/hora}$, utilizando una unidad de aclareo consistente en tres tractores de 180 hp (dos para el trabajo con la cadena y uno para la tumba subsiguiente con un empujador de árboles); la disposición de los despojos en hileras utilizando un tractor de oruga de 180 hp fué de $0,57 \text{ ha/hora}$, mientras que el destocado y el apilado manual emplearon por hectárea 134 días-hombre y 99 días-hombre respectivamente.

Esto da una idea de la variación de productividad y del tipo de opciones que se ofrecen para la organización de estos trabajos. Convirtiendo estas productividades en costes y tomando las operaciones manuales como 100%, los costes del sistema de cadenas en la sabana de Nigeria son del orden del 5%, la tumba de árboles con un sólo tractor son alrededor del 10% y la disposición mecanizada de los despojos en hileras, menos del 12%. Datos similares pueden obtenerse mediante pruebas para cualquier proyecto de plantación. En el "cerrado" brasileño, la productividad de una unidad con cadenas, consistente en dos tractores de oruga de 160 hp, varió con la densidad del terreno arbolado desde $0,5 \text{ ha/hora}$ (Terenci da Silva y Lourenço, 1977).

En la selva tropical de la Costa de Marfil, el promedio de horas de tractor por ha para aclarar, utilizando tractores pesados de oruga de 180 a 220 hp, fue de 8 a 12; la cifra inferior se distribuyó en 3 horas para la tumba de árboles, 3 horas para la disposición de despojos en hileras y 2 horas para la limpieza de repaso (Allan, 1973a). No se dispuso de cifras sobre áreas basimétricas.

Al seleccionar los métodos de aclareo del terreno, las opciones que se presentan a la dirección son la manual, la técnica de un solo tractor, el sistema de cadenas o una combinación de estas técnicas. Si uno de los principales objetivos del proyecto es proporcionar empleo, todas las operaciones de aclareo pueden hacerse a mano, mientras que si se considera fundamental la reducción de los costes al mínimo, puede ser preferible la mecanización. Desgraciadamente, la decisión entre las opciones disponibles rara vez es tan sencilla o está tan claramente definida. El primer requisito es determinar la disponibilidad de recursos. En relación con la mano de obra, ¿se dispone de la cantidad necesaria, cómo y cuándo se precise? Para las operaciones mecanizadas, algunas de las consideraciones esenciales son:

- 1) experiencia anterior en trabajos mecanizados;
- 2) disponibilidad de equipo en la zona o en la localidad;
- 3) eficiencia del equipo disponible para las operaciones necesarias;
- 4) disponibilidad de operarios con la especialización necesaria, y
- 5) existencia de la infraestructura requerida, o posibilidad de establecerla con facilidad.

Las decisiones exigen datos locales e información local. La escala de la operación influirá grandemente en la selección. Los proyectos de pequeña escala se abordan con más facilidad mediante aclareo manual, mientras que en proyectos en gran escala la mecanización suele ser más económica y eficiente. Los proyectos de pequeña escala no suelen prestarse a la mecanización porque no permiten el funcionamiento de los tractores durante períodos suficientemente largos para que sean eficientes en cuanto a costes. Por ejemplo, en general una unidad mecanizada para el aclareo del terreno sólo puede justificarse si cada tractor puede operar en alguna otra parte de la región durante 1 250 horas o más por año. Aunque no existen normas estrictas y fijas en cuanto a la escala, una cifra del orden de las 4 000 ha/año, si se mantiene, constituye ciertamente una escala grande. Tal programa podría componerse de numerosas áreas o proyectos más pequeños o de programas combinados forestales y agrícolas.

Una unidad con cadena, consistente en cuatro tractores de 180 hp, y equipados con cadenas, rastrillos, empujadores de árboles, arados para raíces y otro equipo necesario, podría afrontar la siguiente escala anual de trabajo:

- 1) tumba de árboles - 4 000 a 6 000 ha durante 4 meses de estación húmeda;
- 2) disposición de despojos en hileras - 5 000 a 6 000 ha durante 6 meses de estación seca;
- 3) revisiones principales, mantenimiento y reparaciones - 2 meses.

Todo el tiempo no empleado en la forma anterior podría utilizarse para laboreo, construcción de carreteras u otras obras esenciales.

Con respecto a la selección del equipo, hay una considerable variedad de tractores de oruga; lo esencial es elegir aquel modelo o modelos que sean más convenientes para las operaciones planeadas. El aclareo del terreno puede ser peligroso, y todos los tractores deben tener cabinas reforzadas y otras características protectoras. En el bosque, las abejas y otros insectos pueden ocasionar problemas pudiendo necesitarse protección contra ellos.

Los principales aperos del tractor para el aclareo del terreno son los siguientes:

empujador de árboles,	arado para raíces,
rastrillo de acoplamiento delantero,	cadena de anclaje,
combinación de rastrillo y barra empujadora o pluma para árboles,	tritadora rodante,
hoja topadora recta,	destocadores,
hoja K.G.,	rastrillo remolcado para raíces,
hoja topadora en V,	acondicionador de terreno.
arados de desfonde,	

La selección de los tractores y del equipo correspondiente es una decisión importante de la dirección del proyecto. Por ejemplo, la adaptación cuidadosa de las máquinas y los equipos a las condiciones locales puede fácilmente traducirse en ahorros de más del 50% de los costes totales de mecanización, en comparación con el uso de maquinaria menos adecuada o peor acoplada.

La disponibilidad de servicio para la maquinaria es también un criterio importante, debiendo recibir atención preferente aquella agencia local que proporcione el mejor servicio de apoyo y suministro de repuestos. Todos los accesorios deben acoplarse a los equipos mecánicos que se posean. Como hay una considerable variedad de equipos, es necesario recopilar cuidadosamente las especificaciones y con frecuencia es aconsejable obtener asesoramiento de especialistas.

Trazado de la plantación

El trazado es una operación en la cual se reconocen y delimitan en el terreno los tramos, los cuarteles, las carreteras, senderos y cortafuegos. Como el diseño del trazado de una plantación es una consideración importante de la planificación, se trata también de ello en el Capítulo 6. Los principales elementos mecanizados de la operación son el laboreo de los cortafuegos y la explanación, desagüe y afirmado de las carreteras. Los cortafuegos se labran fácilmente utilizando tractores de cadenas y arados pesados de gradas de discos inclinados, iguales a los que se emplean en el laboreo de desmonte. Los tractores de oruga para aclareo del terreno con hojas topadoras rectas se pueden utilizar para preparar caminos y atajos que, cuando se les dota de puentes y alcantarillas, sirven como carreteras de tercera clase o como caminos para la plantación. La explanación de carreteras y la provisión de firmes para toda época correspondientes a las carreteras de clase 1 y 2, con especificaciones superiores, exige una mecanización adicional a base de niveladoras, cargadores frontales y camiones basculantes. En el Apéndice B se dan notas más completas sobre el establecimiento de carreteras de plantación.

Laboreo mecanizado previo a la plantación

El principal objetivo de extraer las raíces y los despojos leñosos en ciertas estaciones seleccionadas, es hacer posible el laboreo del suelo antes y después de la plantación. El aclareo y el laboreo se traducen en condiciones de la estación especialmente favorables para el bosque artificial creado al eliminar o reducir la competencia de la vegetación y al aumentar la percolación, lo que puede reducir la pérdida de humedad del suelo. Estas características favorables respecto a la provisión de agua son particularmente importantes en zonas con lluvias limitadas o estacionales. La necesidad de reducir la competencia se aplica también a ciertas estaciones con herbáceas densas o altas donde la falta de laboreo

se traduce en el establecimiento inadecuado de la plantación.

El laboreo puede ser parcial, como el laboreo en fajas y el arado en surcos, total, como el arado completo o suplementario, como el subsolado o laboreo profundo.

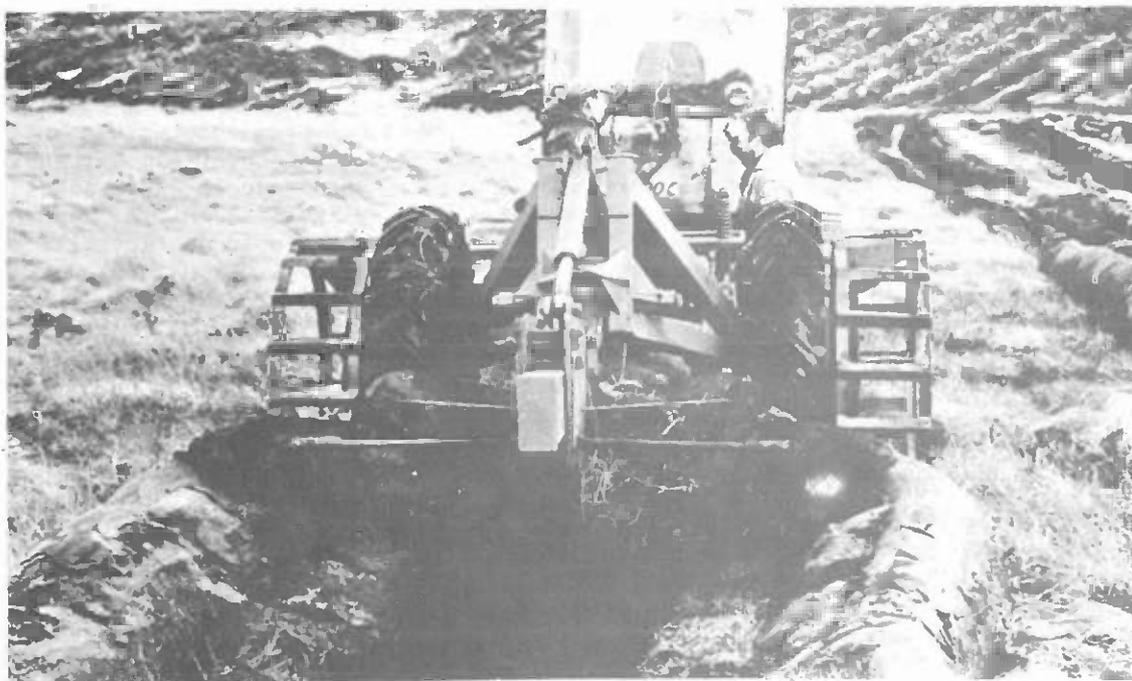
Laboreo en fajas

En ciertas condiciones de estación, en las que algunas especies sólo exigen un deshierbe localizado para permitir un crecimiento y desarrollo adecuado, puede ser suficiente el labrar únicamente una banda estrecha (1 a 2 m de anchura), siguiendo la línea de plantación, suficiente para liberar a los árboles de competencia en el período inicial después de la plantación. Con frecuencia esto puede lograrse mediante el efecto de rastrillado de una máquina plantadora de árboles (véase, por ejemplo, la página 68). El material de plantación utilizado en estas condiciones debe ser vigoroso. Si es necesario se realizará un laboreo adicional en forma de operación manual suplementaria. El laboreo en fajas, abriendo sólo una parte de la estación, puede tener una importancia especial cuando hay un elevado riesgo de erosión.

El arado en fajas en terreno suave siguiendo curvas de nivel, se utiliza extensamente en la plantación de Pinus patula en la Meseta Viphya en Malawi. Se utiliza un arado reversible de tres discos, tirado por un tractor de ruedas de 70 hp, para romper la delgada cubierta de herbáceas de montaña. El laboreo inicial se hace en profundidades de menos de 30 cm; un gradeo subsiguiente mejora la inclinación del suelo. En suelos más someros sobre una capa endurecida de cuarcita meteorizada, donde la penetración del arado es ligera, se hace necesario el subsolado siguiendo la dirección de la línea de plantación. En estaciones sin piedras, se utiliza a veces un "rotavator" que puede labrar una profundidad de 12,5 cm siempre que se queme previamente la hierba. La apertura de hoyos con zapapico es necesaria en estaciones más duras e inclinadas, pero los datos recogidos demuestran que su costo es casi el doble que el del arado en fajas.



Estación con pastizales en terrenos suaves de la Meseta de Viphya en Malawi, que se preparan para la plantación mediante el laboreo en fajas de 1,2 m de anchura siguiendo curvas de nivel, con un arado mecánico de discos. (Cortesía de D.A. Harcharik).



El drenaje de estaciones muy húmedas del Reino Unido puede mejorarse mediante el laboreo con un arado de vertedera. El que aparece aquí se utiliza con un carrito normal de los utilizados en parques, tirado por un tractor Fiat de 100 hp. (Cortesía de D.A. Thompson).

Arado en surcos o arado de tepes

El arado en surcos se utiliza extensamente en el Reino Unido y en otras zonas templadas con tierras altas, especialmente en suelos húmedos y terrenos pantanosos de turba. Un arado especial de vertedera, tirado generalmente por un tractor pesado de cadenas, se utiliza para dar vuelta a una tira ancha de tepes dando lugar a un surco profundo y limpio que ayuda a desaguar la estación. En sitios difíciles con turba profunda, los surcos se espacian a intervalos de 1,5 a 1,8 m. En sitios mejores, menos húmedos, los surcos se hacen con separaciones de 5,0 a 6,5 m. Los tepes se cortan seguidamente a mano en cuadrados que se distribuyen con el espaciamiento que se precise para las plantas. En la plantación se colocan las plantitas en los tepes.

En estaciones más secas de marjales, especialmente en terrenos eriales de Galluna, el problema es reducir la competencia del matorral y la compactación del suelo y romper la capa dura de arcilla cuando existe. Se hacen surcos sencillos con el espaciamiento que necesiten las plantas, utilizando ya sea un arado sencillo de vertedera o un arado especial con púas. Al plantar, se colocan las plantas mediante incisiones ya sea en el fondo del surco o en el lateral, entre el surco y el borde del caballón.

Laboreo total

El laboreo total de la estación con anterioridad a la plantación se hace necesario cuando el deshierbe subsiguiente se va a hacer de forma mecánica. Este sistema es corriente, por ejemplo, en regiones con una estación seca prolongada donde se necesita hacer un deshierbe total para evitar una competencia excesiva de las gramíneas con el bosque plantado respecto a la limitada humedad del suelo. El laboreo total suele incluir dos operaciones principales: 1) arado de desmonte, y 2) gradeo previo a la plantación.

1. Arado de desmonte

El objetivo del arado de desmonte es romper el suelo por primera vez y enterrar con el arado todas las malezas o la vegetación. Es esencialmente una operación basta y el laboreo no tiene que ser de la misma precisión o calidad que el que se necesita en agricultura. El arado debe generalmente hacerse cuando el suelo está húmedo, pero no saturado de humedad y con una profundidad superior a la que alcanzan los aperos ligeros utilizados en las operaciones subsiguientes de deshierbe; normalmente se necesitan más de 20 cm. La penetración suele ser difícil en suelos secos.

La operación puede hacerse eficazmente con un tractor de cadenas equipado con un arado de discos reforzado que lleva pesados discos de acero de más de 75 cm de diámetro. Este arado de grada inclinada da una profunda penetración de más de 30 cm en condiciones ideales, y aunque en realidad es más un gradeo que una labor de arar, en la práctica ha dado buenos resultados para las operaciones subsiguientes de plantación. Aunque estas gradas reforzadas son suficientemente fuertes para destrozarse la mayoría de los tocones y pueden, por lo tanto, utilizarse para arar terrenos sin destocoñar, tan dura operación es probable que reduzca la duración del equipo, aumentando el costo de la operación.



Para el arado de desmonte se utiliza el arado reforzado de grada de discos con inclinación tirado por un tractor de cadenas. (Cortesía de T.G. Allan).

El arado de desmonte puede realizarse también mediante un tractor mediano de ruedas con un arado de discos acoplado. El laboreo es bueno, pero generalmente con una profundidad más somera que el arado de grada. En estaciones difíciles, el arado de discos es menos resistente que la grada pesada.

En terrenos inclinados, en Turquía, el arado Clark de vertedera doble y con púas se utiliza para el arado de desmonte siguiendo curvas de nivel (Deveria, 1977). Este arado de subsolado produce un efecto de montículo y surco, con un montículo en el lado de abajo, de anchura aproximada de 1,5 m y 0,5 m de altura, y una zanja en el lado de arriba con 0,3 m de profundidad y 0,5 m de anchura. La zanja tiene una zona de subsolado que se extiende 0,3 m más de profundidad.

2. Gradeo previo a la plantación

El gradeo previo a la plantación normalmente tiene lugar inmediatamente antes de plantar. El objetivo es romper los terrones y dar una inclinación lateral, nivelar la superficie del suelo, enterrar cualquier brote de malezas y mantener el terreno limpio para la plantación. Un terreno libre de malezas, con el suelo desmenuzado y labrado por lo menos en 15 cm facilita considerablemente la plantación y el deshierbe mecanizado subsiguiente. La operación se realiza generalmente mediante un tractor de ruedas de tamaño mediano con una grada de discos acoplada de tipo agrícola. La operación debe hacerse en la misma dirección que el arado. Si está justificado por la cantidad de trabajo, puede usarse específicamente para esta tarea una grada de discos reforzada y ancha o, como otra alternativa, se pueden emplear gradas de deshierbe más pequeñas. El cultivo puede hacerse también con un "rotavator", o con una binadora rotatoria, pero este apero exige una mayor experiencia para su funcionamiento. Hay también numerosas gradas grandes y pesadas que pueden utilizarse con tractores de cadenas, pero ciertos aperos como la grada de pulverizar (arado pulverizador) producen un laboreo tan fino que es preciso tener un gran cuidado en su utilización, sobre todo en áreas con riesgo de erosión.



A continuación del arado, el laboreo puede mejorarse mediante un gradeo previo a la plantación con una grada de discos inclinados. Un tractor de ruedas es un equipo propulsor conveniente para esta operación. (Cortesía de T.G. Allan).

En partes del sudeste de los E.U.A. y en otras zonas en que existe una capa freática elevada durante gran parte del año, la preparación de bancales elevados o montículos en las estaciones que se plantan facilita la plantación y dan como resultado un mejor desarrollo de los árboles al mejorar el desagüe y el ambiente del pequeño espacio de plantación. La operación se hace con una grada de discos para la preparación de los montículos diseñada para concentrar el suelo de la superficie, el mantillo y los restos vegetales en bancales elevados unos 15 a 30 cm de altura y con 1,2 m de anchura aproximada en la base. Se suele usar un tambor rodante en forma de reloj de arena, con una reja montada en el centro, detrás de la grada, para dar forma y apretar el bancal de plantación. La estación debe estar suficientemente libre de desechos de explotación forestal y de vegetación para poder hacer un bancal bien conformado. Los bancales deben estar orientados de tal modo que canalicen la escorrentía hacia las cunetas y los cursos naturales de agua y, con excepción de los terrenos llanos, deben seguir las curvas de nivel. La operación no es conveniente allí donde las plantitas puedan sufrir debido a la sequía estacional. (Haines et al., 1975 y Balmer et al., 1976).

Subsolado o desfonde

En suelos poco profundos que yacen sobre roca meteorizada, en suelos compactados o en aquéllos que tienen una capa subyacente dura donde se limita el desarrollo de las raíces, es frecuente que se pueda mejorar la infiltración del agua y la penetración de las raíces mediante el subsolado o el desfonde. La operación incluye el laboreo del suelo situado debajo de la superficie, sin invertirlo, mediante puas de subsolado o arados de desfonde acoplados detrás de tractores de ruedas o de cadenas. Los subsoladores pueden ser o de un solo diente o de dientes múltiples. Con tractores y equipos apropiados es posible realizar el subsolado con profundidades de más de un metro, pero es más corriente una operación más superficial de unos 60 a 70 cm. El subsolado se suele hacer después de un arado normal, y en tierras inclinadas debe hacerse siguiendo curvas de nivel. En Cuba (Masson, 1973) se encontró que el subsolado durante la estación seca daba una fragmentación lateral mucho mejor que cuando se ejecutaba con suelo húmedo y que el efecto en general era muy beneficioso para la plantación subsiguiente.



Las capas de suelo endurecidas pueden romperse mediante subsolado para mejorar la infiltración del agua y la penetración de las raíces de las plantitas. No se voltea la superficie del suelo. (Cortesía de T.G. Allan).



El drenaje superficial y las condiciones de la micro-estación pueden mejorarse utilizando una grada y un rodillo para la preparación de bancales elevados para la plantación. (Cortesía de T.G. Allan).



Productividad del laboreo y elección del equipo

Los datos prácticos registrados sobre arado y gradeo indican productividades del orden siguiente:

<u>Operación y equipo</u>	<u>Producción en ha/hora</u>	
	<u>Tropical 1/</u>	<u>Templado 2/</u>
<u>Arado</u>		
tractor de ruedas de 65 hp con arado acoplado de 3 discos	0,35 a 0,40	0,46 a 0,56
tractor de cadenas de 80 a 100 hp con arado acoplado de grada reforzada	0,5 a 0,75	=
<u>Gradeo previo a la plantación</u>		
tractor de ruedas de 65 hp con grada de disco de 2 m	0,5 a 0,9	1,0 a 0,2
tractor de ruedas de 65 hp con grada de discos de 3 m	0,9 a 1,1	1,1 a 1,7
tractor de cadenas de 80 a 100 hp con grada pulverizadora	1,0 a 1,2	=

- 1/ Las cifras para los trópicos están basadas en ensayos prácticos de campo en Africa oriental y occidental.
- 2/ Las cifras para regiones templadas están basadas en Culpin (1975) para tierras agrícolas.

Nota: La productividad es un factor dependiente de tantas variables, tales como el estado del equipo, la eficiencia del conductor, el tipo y las condiciones del suelo, que las cifras señaladas son solamente indicativas. Las producciones en zonas tropicales tienden a ser menores porque se refieren a operaciones de colonización en condiciones duras mientras que las cifras correspondientes a las zonas templadas se basan en procedimientos agrícolas.

Hay una extensa variedad de tractores y de aperos adecuados para el laboreo de las plantaciones; la elección principal está entre las unidades de ruedas o las de cadenas. En relación con el arado las unidades de tractores de ruedas tienden a ser marginalmente más eficientes en cuanto a costes, pero las grandes unidades de cadenas, labran a mayores profundidades y arrancan las raíces escondidas y otros obstáculos movibles. En lo que se refiere al equipo para el aclareo del terreno, las decisiones sobre el equipo de laboreo deben basarse en la experiencia y conocimiento local y cuando haya vacíos, pueden obtenerse datos a partir de ensayos o de proyectos que funcionen en condiciones similares.

Si se considera que la oportunidad es el factor principal en el laboreo previo a la plantación, deben preferirse las unidades que dan la mayor productividad. Sin embargo, la eficiencia y la utilización pueden ser importantes pudiendo ser factible el reducir los costes mediante un uso más completo en el laboreo del equipo pesado de aclareo o aumentando el empleo de unidades de desbroce con tractor de ruedas en la fase de laboreo.

Sucesión de las operaciones de preparación del terreno

Como ya se ha señalado, el clima influye considerablemente en las operaciones de preparación del terreno. Lo que viene a continuación es un esquema de la sucesión de operaciones para una zona con una estación seca de 6 meses, suponiendo que el terreno aclarado durante una estación húmeda será plantado al principio de la próxima. La sucesión puede adaptarse a otros modelos climáticos y puede incluso extenderse a dos años, pero cualquier período más largo trae consigo problemas de rebrote o de malezas.

<u>Estación</u>	<u>Operación</u>
Comienzo de las lluvias (después de registrados 100 mm), año 0	Comienzo de la tumba o destocoado. Puede comenzar también la preparación de hileras de despojos, la limpieza de repaso y el arado entre hileras.
20 días después del fin de las lluvias, año 0	Parar la tumba o el destocoado. Terminación de las hileras de despojos. Limpieza de repaso entre hileras.
Antes de terminar la estación seca, año 0	Quema de las hileras.
Comienzo de las lluvias, año 1	Terminación del arado. Gradeo previo a la plantación.
Comienzo de las lluvias (después de registrados 100 mm), año 1	Comienzo de la plantación. Comienzo de la tumba y del arado de la zona de plantación del año 2.

ANIMALES DE TIRO



El laboreo mediante bueyes, con equipos acoplados de arados y gradas de púas elásticas, es una posibilidad viable y económica para el desarrollo de plantaciones en pequeña escala en estaciones seleccionadas. (Cortesía de T.G. Allan)

Para plantaciones en pequeña escala en suelos ligeros, los ensayos realizados en el norte de Nigeria empleando bueyes con arados acoplados y gradas de púas elásticas han indicado que tales unidades pueden funcionar en forma práctica y económica para el arado de desmonte y para el gradeo previo a la plantación (Alan, 1973b). Tales unidades exigen, sin embargo, mucha capacitación previa, y rara vez se utilizan en silvicultura.

MÉTODOS QUÍMICOS

El principal uso de productos químicos en la preparación del terreno es para eliminar hierbas, matorrales, árboles o tocones. Bajo ciertas condiciones, la aplicación de productos químicos puede dar lugar por sí sola a una preparación adecuada de la estación, pero lo más frecuente es que los productos químicos se utilicen en combinación o como suplemento de otras técnicas de aclareo del terreno. Por ejemplo, en áreas de pastizales puede matarse la vegetación mediante herbicidas pudiendo, de esta forma, quemarlos cuando la vegetación circundante está verde. Los productos químicos pueden utilizarse también para matar el rebrote que sale después de la corta, el destocoado o el triturado.

Además de usarse para preparar la estación, los productos químicos se utilizan también mucho para controlar las malezas durante el establecimiento de la plantación. Para el deshierbe después de la plantación es importante aplicar los productos químicos de tal modo y en tal época que se reduzca al mínimo el peligro de dañar a los árboles plantados.

Se utilizan diversos términos para determinar los productos químicos empleados en la preparación de la estación y en los cuidados culturales. "Fitocida" es un término general para cualquier preparación química que se utiliza para matar o impedir el crecimiento de las plantas. Este término incluye los "arboricidas"; "selvicidas" o destructores de arbustos, matorrales y otras plantas leñosas; "herbicidas", que se utilizan contra las hierbas; y los "fungicidas" que se aplican contra los hongos. Sin embargo, el término "herbicida" es de uso corriente en la actualidad para referirse a todas las sustancias químicas empleadas para eliminar plantas, especialmente malezas, sin considerar si se trata de herbáceas o leñosas, y en este sentido se emplea en esta publicación.

Los herbicidas se venden normalmente en el comercio con los nombres del fabricante, pudiendo tener el mismo compuesto químico distintos nombres en diferentes partes del mundo. Algunos son venenosos para toda la vegetación, mientras que otros son selectivos, afectando, por ejemplo, solamente a las plantas dicotiledóneas, sólo a las herbáceas, o sólo a ciertos géneros botánicos.

Para eliminar las plantas, los herbicidas actúan en las siguientes formas:

- 1) Los herbicidas de "contacto" envenenan las partes de las plantas que entran en contacto con el producto químico.
- 2) Los productos químicos de "translocación" son absorbidos por las raíces, por las hojas o por los tallos y se difunden mediante el xilema o el floema.
- 3) Los productos químicos de acción edáfica o de pre-emergencia son tóxicos en el suelo para las semillas en germinación.
- 4) Los matamalezas "totales", como el clorato de sodio, matan toda la vegetación cuando se aplican al suelo. Este queda envenenado durante varios meses después de la aplicación.

La eficacia de los herbicidas depende de numerosas variables, como la época de aplicación, la especie y el tamaño de las plantas, la estructura del bosque, la humedad del suelo y las condiciones meteorológicas. Generalmente, las aplicaciones de herbicidas realizadas durante el período vegetativo dan mejores resultados. El final de la primavera o el comienzo del verano, cuando las reservas de las raíces son escasas, son períodos

especialmente favorables. En general, los árboles grandes son más difíciles de matar que los pequeños, resultando más difícil cuanto más vigoroso es el árbol. Los arbolitos de menos de un año son especialmente sensibles a los herbicidas. Las masas forestales con dos o más estratos arbóreos requieren, o dos tratamientos distintos o dos aplicaciones del mismo tratamiento y las masas especialmente densas pueden impedir la utilización de herbicidas con buenos resultados. La humedad del suelo influye en el éxito de los herbicidas de "translocación". Aunque una disponibilidad reducida o deficiente de agua del suelo no afecta a la absorción, puede dificultar la translocación en las frondosas. La lluvia puede tener efectos adversos al lavar las pulverizaciones de la corteza y del sistema foliar y los vientos fuertes hacen ineficaces las aplicaciones a voleo o las distribuyen a manchas. Unas temperaturas moderadamente calientes y una humedad elevada se consideran condiciones favorables para la pulverización, pero las temperaturas elevadas pueden afectar físicamente al herbicida, ya que incluso los esteres poco volátiles comienzan a volatilizarse por encima de los 32°C. Estas son sólo algunas de las posibles variantes que influyen en la aplicación de los herbicidas.

En algunos países se ha hecho bastante trabajo sobre los tipos de herbicidas y sus usos, pudiendo establecerse las intensidades y métodos de aplicación para tipos específicos de vegetación. En muchas otras áreas el trabajo se encuentra en la etapa experimental quedando mucho por hacer para desarrollar las técnicas mejores y más seguras. Como consecuencia de las muchas variables existentes en la aplicación de herbicidas y de los efectos tóxicos colaterales de muchos de los productos químicos, hay una necesidad evidente de realizar estudios e investigaciones detallados antes de aplicar tales técnicas en nuevas áreas. Kimmins (1975) ha hecho una recopilación muy útil titulada "Análisis del efecto ecológico del uso de herbicidas en silvicultura" que contiene una amplia lista de referencias.

Principales herbicidas utilizados en silvicultura

Los apartados que vienen a continuación proporcionan una descripción resumida de los principales herbicidas que han encontrado aplicación en el campo forestal. La lista dista mucho de ser exhaustiva; para lograr un conocimiento más completo de los tipos de herbicidas existentes e información más detallada sobre su empleo, el lector debe consultar uno de los numerosos manuales disponibles sobre control de malezas, como los de Crafts (1975), Fryer y Evans (1970) y Fryer y Makepeace (1972).

Herbicidas para la lucha contra las malezas leñosas y herbáceas

2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)

Se trata de un herbicida de translocación especialmente eficaz contra las especies leñosas latifoliadas. Aunque la mayoría de las coníferas son resistentes durante la época de reposo vegetativo, algunas especies son sensibles, como los alerces y algunos pinos (v.g. Pinus radiata).

Hay disponibles diversas formas del 2,4,5-T, de las cuales las más corrientes son: 1) las sales amónicas, 2) los esteres sin mezclar y, 3) los esteres mezclados o emulsionables. Las aminas vienen en forma líquida y las hay solubles en agua o en aceite para rociado foliar. Los esteres sin mezclar son adecuados para su empleo exclusivo en aceite (tóxicos para los árboles) lo que limita su uso para la lucha contra la vegetación a antes de haber realizado la plantación forestal, o para aplicarlo a tocones, troncos y anillos descortezados. Los esteres mezclados o emulsionables del 2,4,5-T se preparan para su emulsión en agua. Normalmente se diluyen en agua para su rociado, y aunque son más caros, su uso está más generalizado.

La mayoría de las especies leñosas corrientes de frondosas, en todas las regiones climáticas, son susceptibles al rociado foliar con 2,4,5-T, algunas más que otras, por cuya razón éste se ha convertido en uno de los herbicidas más ampliamente ensayados y utilizados. En las zonas templadas, los géneros más sensibles son: Alnus, Aesculus, Acer, Betula, Corylus, Carpinus, Populus, Prunus, Salix, Sambucus y Ulex. Los géneros resistentes son: Ilex, Ligustrum y Rhododendron. Los Quercus spp., aunque son parcialmente resistentes a las

aspersiones foliares, pueden controlarse mediante el rociado de la corteza. Con frecuencia, un herbicida fenoxílico afín, denominado silvex 2 (ácido 2,4,5 triclofenoxipropiónico) es más eficaz que el 2,4,5-T para controlar ciertas plantas leñosas, especialmente los robles.

En los Estados Unidos el 2,4,5-T ha sido utilizado ampliamente para la preparación de la estación y para el desmalezado. Las dosis de aplicación son del orden siguiente:

<u>Método</u>	<u>Dosis a aplicar</u>
Aspersiones foliares	2,5 a 0,5 kg de equivalente ácido (e.a.) por ha
Aspersiones en brotes	5 a 7,5 kg de e.a. por ha
Tratamientos de corteza en la base y de tocones cortados	6 a 8 kg e.a. por 450 litros de aceite.

Según la información disponible, en Australia el 2,4,5-T es eficaz para controlar el rebrote del monte bajo de eucalipto en las plantaciones de pino.

2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético)

Se trata de un herbicida de translocación útil para la lucha contra una amplia variedad de malezas herbáceas de frondosas. Existe en las mismas formas que el 2,4,5-T. En silvicultura el 2,4-D ha encontrado un uso especial para la eliminación de brezales (v.g. especies de Calluna, Erica y Rubus). Para este fin resulta apropiado el monil-ester poco volátil del 2,4-D con un contenido de 500 gr de ácido por litro; preparado en emulsión acuosa puede utilizarse para el rociado foliar. Las coníferas jóvenes son sensibles al 2,4-D durante el período vegetativo. La preparación de sal amónica se utiliza sin diluir para aplicarla en cortes hechos en la corteza de los árboles.

La combinación de esteres emulsionables del 2,4-D y del 2,4,5-T forma un líquido para rociar de doble finalidad para la lucha contra la vegetación de frondosas que contiene especies leñosas y herbáceas. Las aplicaciones suelen ser de 2 a 5 kg por ha e.a., pero las especies difíciles o persistentes pueden exigir aplicaciones especialmente fuertes.

Sulfamato de amonio (AMS o Amato)

Se trata de un producto químico muy soluble y cristalino, que mata muchas especies leñosas. Se usa principalmente para la aplicación a tocones cortados o a los fustes de especies resistentes al 2,4,5-T. Normalmente se emplea una solución de 400 gr de AMS por litro de agua, pero también es eficaz la aplicación de pequeñas cantidades del producto químico en forma cristalizada directamente sobre el tocón recién cortado o en el anillo de descortezamiento. También se puede aplicar como rociador foliar. Las zonas rociadas o nebulizadas con AMS no deben plantarse hasta que hayan transcurrido 12 semanas después del tratamiento.

Este producto químico corroe rápidamente todos los metales y por ello sólo debe almacenarse en recipientes de plástico; el equipo de rociado debe limpiarse a fondo inmediatamente después de utilizarlo.

Arsenito de sodio

Este producto químico, sumamente tóxico, ha encontrado una extensa aplicación en zonas tropicales en el anillado de troncos indeseables que son demasiado grandes para cortarlos y extraerlos económicamente. El anillado y tratamiento con arsenito de sodio es un sistema corriente, especialmente en el método de plantación en líneas en zonas de selva tropical. Por ejemplo, en las Islas Salomón este método se suele emplear para envenenar troncos del piso superior, utilizando como promedio 170 gr de arsenito de sodio por ha. Sin embargo, su gran toxicidad para los mamíferos constituye un grave riesgo para el personal que lo maneja, estando prohibido en muchos países su empleo como herbicida.

Es peligroso para el ganado mayor o para los animales de caza, debido a su atractivo para lamerlo como si se tratase de sal.

Pentaclorofenol (PCP)

Este producto químico se ha empleado en Papúa, Nueva Guinea, (se puede obtener en concentración al 15%) para rociados foliares a fin de eliminar malezas de frondosas anuales y herbáceas tanto en los viveros como en el terreno.

Picloram (4-amino-3,5,6-ácido tricloropicalínico)

El picloram, o tordon, es un herbicida de translocación para después del brote de las plantas, que es extremadamente eficaz contra las plantas leñosas y especialmente útil para evitar el crecimiento del monte bajo. La mayoría de las herbáceas son tolerantes. Se ha utilizado en el sudoeste de Australia para impedir el crecimiento del eucalipto en las plantaciones de Pinus radiata, que es menos sensible al picloram que al 2,4,5-T. Se usa también para controlar el matorral en las zonas de ocupación de las carreteras, en las cunetas y en los cortafuegos, pudiendo obtenerse como un producto soluble en agua para su aplicación aérea o en gránulos para su aplicación a mano o a máquina.

Triazinas

Las triazinas, incluyendo la simazina y la atrazina, actúan sobre las plantitas que brotan al interferirse con los procesos asociados a la fotosíntesis. Como falta la movilidad del floema, se aplican al suelo, donde son rápidamente absorbidas por las raíces y transportadas a las hojas mediante el xilema. Generalmente son muy eficaces con una buena preparación del suelo.

La atrazina es probablemente la triazina que se usa más en agricultura. En silvicultura se utiliza como herbicida de pre-emergencia, o uso previo a la germinación, en viveros y plantaciones.

La simazina también es un herbicida de pre-emergencia, pero es más persistente en los suelos que la atrazina. Suele venderse en forma de polvo humectable que contiene de 50 a 80 por ciento de simazina, y se aplica generalmente al suelo antes de la plantación. En los Estados Unidos la simazina se ha utilizado con éxito para controlar pratenses y malezas herbáceas rociando las líneas de plantación a principios de primavera, antes de plantarlas con pino silvestre (P. silvestris). Sin embargo, donde más se utiliza es en los viveros forestales para eliminar las malezas en las eras de transplante.

Clorato de sodio

Es un herbicida "total" que se aplica al suelo para matar la vegetación perenne en caminos, senderos y cortafuegos, en los depósitos y patios de almacenamiento, etc. El suelo continúa envenenado en forma eficaz durante muchos meses y en el caso de algunas especies la toxicidad dura un año o más.

Herbicidas específicos para el control de gramíneas

La competencia de gramíneas perennes en las plantaciones jóvenes es un problema muy extendido, que a menudo retrasa el desarrollo de la plantación y da lugar a elevados costos de deshierbe. Hasta el momento actual hay dos productos químicos para rociado que han dado resultados satisfactorios: el Dalapón y el Paraquat.

Dalapón (Dowpon)

Se trata de un herbicida de translocación que afecta solamente a las monocotiledóneas. Algunas especies de gramíneas son más susceptibles que otras: las especies de Agrostis, Deschampsia, Molinia y Nardus son muy sensibles, mientras que las especies de Agropyron y Holcus lo son menos. Para el control previo a la plantación en estaciones con gramíneas se aplica por rociado una solución de 8 a 17 kg de Dalapón en 350 a 450 litros de agua por hectárea, no más de seis semanas ni menos de tres antes de la plantación. Esto permite poder plantar los arbolitos entre la hierba recién muerta.

En las zonas ya plantadas, el Dalapón puede ser eficaz para controlar las gramíneas que crecen entre las hileras de coníferas jóvenes con una dosis de aplicación de 11 kg de Dalapón por ha, sin dañar a las coníferas siempre que el rociado se limite a los períodos en que los árboles están en reposo vegetativo. El rociado de control debe repetirse a intervalos que dependerán del vigor del rebrote.

El Dalapón es uno de los pocos productos químicos que pueden utilizarse para eliminar las monocotiledóneas acuáticas en cunetas, cursos de agua y estanques, sin perjudicar a los peces u otras formas de vida acuática. Su eficacia contra las malezas, juncos y ciperáceas en sitios húmedos se suele mejorar mezclándolo con ácido 2,2,3-tricloropropiónico.

Paraquat (Gramoxone)

Este producto pertenece al grupo Bipiridilio de sustancias químicas y actúa por translocación. Es absorbido rápidamente y su acción es rapidísima casi contra todo crecimiento verde. El Paraquat es especialmente eficaz para eliminar las hierbas anuales, las especies con raíces fibrosas o las estoloníferas. Puede defoliar especies leñosas, pero rara vez las mata, por lo cual su uso se limita sobre todo a las estaciones donde las malezas de pratenses o herbáceas plantean problemas. Este producto químico generalmente pierde su actividad en contacto con el suelo y, por ello, la plantación puede hacerse poco después del rociado.

El Paraquat puede emplearse en plantaciones jóvenes, siempre que las plantas estén bien protegidas contra el rociado. Resulta muy eficaz a principios de primavera, antes de que hayan crecido las malezas por encima de los 20 a 25 cm.

La dosis que se aplica normalmente es de 11 litros de Gramoxone en 550 litros de agua por hectárea tratada. El producto químico es muy venenoso y su manipulación requiere mucho cuidado.

Métodos de aplicación de herbicidas

Los métodos principales para aplicar los herbicidas se basan en un aparato llevado por un operario, o en un equipo mecanizado o en la aplicación aérea. Los equipos más corrientes consisten en diversos pulverizadores de mochila que se llevan a la espalda del operario, que emplean el sistema de compresión y emiten un rociado fino a través de un surtidor. La dirección, el tiempo y el tipo de gotitas del rociado, pueden ser controlados por el operario. Otros tipos afines de aplicadores incluyen sopladores motorizados de mochila para nebulización que aplican pequeños volúmenes de líquido y un sistema similar diseñado para aplicar herbicidas granulados.

Los rociadores de volumen mínimo (U.L.V.) constituyen un avance más reciente que distribuyen el herbicida produciendo un gran número de gotitas de tamaño relativamente uniforme que se esparcen por igual en la superficie tratada mediante un ventilador o por gravedad y con el movimiento natural del aire. El aplicador básico consiste en un tubo de plástico, que actúa como empuñadura de carga, y un asa para la cabeza del aplicador. Esta cabeza contiene un disco de dos pisos accionado eléctricamente, el cual se carga con herbicida a partir de un depósito de un litro. El disco tiene un borde aserrado y cuando se le hace girar a gran velocidad (hasta 6 000 revoluciones por segundo) produce una dispersión extremadamente fina. La principal ventaja del aplicador U.L.V. es que se puede

lograr la misma dispersión de ingrediente activo con 2 a 10 litros de concentrado que la que se lograría con 100 a 700 litros de herbicida diluido, utilizando los pulverizadores normales. Al utilizar la técnica U.L.V. es indudable que se obtiene un ahorro en el transporte de disolvente, lo que ofrece nuevas oportunidades en zonas áridas donde la disponibilidad de agua es una limitación para el empleo del rociado normal. La utilización de las técnicas de U.L.V. está progresando en silvicultura, realizándose diversas investigaciones en numerosos países.

Se utilizan herramientas variadas para inyectar herbicidas en los tejidos de árboles o arbustos indeseables. Los equipos comprenden normalmente un hacha o cabeza biselada mediante la cual se inyecta el herbicida procedente de un depósito al aplicar el borde cortante al "cambium". Estas herramientas representan una versión más complicada del anillado de descortezamiento que puede complementarse, si es necesario, mediante la aplicación de herbicida por rociado o con una brocha.

Se ha diseñado una amplia variedad de equipos para operaciones en mayor escala que pueden funcionar montados sobre tractor o remolcados por éste. Las principales clases de equipos son los pulverizadores de bobina móvil, los nebulizadores y los aplicadores de gránulos. Se encuentra en etapa de investigación y desarrollo el funcionamiento de un aparato U.L.V. montado sobre tractor. La aplicación aérea que generalmente se hace mediante avión de alas fijas, es quizás el mejor método para abarcar con rapidez grandes superficies. Sin embargo, el gran riesgo de la aplicación aérea está en el desplazamiento del herbicida a las tierras adyacentes, cursos de agua o cultivo, factor que limita seriamente su empleo.

Muchos herbicidas producen efectos peligrosos o irritantes para los operarios si no se adoptan medidas de protección o de seguridad. Por ello es esencial que antes de su uso, se estudien a fondo los posibles efectos de cualquier producto químico y que se apliquen todas las medidas de seguridad recomendadas o legalmente obligatorias. La utilización de cualquier herbicida exige llevar ropa protectora que incluye frecuentemente guantes y protectores de cara. Tales requisitos han limitado el empleo de herbicidas en climas calientes o tórridos.

Características del control de la vegetación mediante herbicidas

Una de las principales ventajas de la preparación química de la estación con éxito es que el efecto puede durar más que con otros métodos y que disminuye el problema del rebrote indeseable. En áreas susceptibles a la erosión, la vegetación muerta muchas veces actúa como una capa de mantillo, reduciendo la intensidad de la erosión y además no representa una competencia para la plantación forestal, aunque en zonas más secas tal materia muerta contribuye al riesgo de incendio. El aclareo químico puede utilizarse en terrenos demasiado difíciles para los métodos mecanizados. Aunque el aclareo químico puede resultar con frecuencia más costoso que otros métodos, se han desarrollado técnicas de anillado por descortezamiento y pulverización en la zona basal para eliminar troncos indeseables, que se pueden emplear económicamente en numerosos países. Un inconveniente importante es que la necesidad de transportar o tener a disposición en el sitio grandes cantidades de disolventes ha limitado el uso y variedad de los pulverizadores ordinarios. Afortunadamente, es probable que el desarrollo de los aplicadores de volumen mínimo disminuya este problema.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- Adams, J.L. Prescribed burning techniques for site preparation in cut-over jack pine in
1966 southeastern Manitoba. Pulp and Paper Magazine of Canada. Diciembre. 8 p.
- Akwada, E.C.C. Report on tour to Ivory Coast to witness land clearing in rain forest
1973 conditions. (Documento sin publicar). 4 p.
- Aldhous, J.R. Chemical control of weeds in the forest. Segunda edición. Her Majesty's
1969 Stationery Office. Forestry Commission Leaflet N° 51. Londres. 49 p.
- Allan, T.G. Notes on a visit to Ivory Coast with particular reference to land-clearing.
1973a (Documento sin publicar). 4 p.
- Allan, T.G. Trial use of bullocks for cultivation in establishment of small-scale
1973b plantations or woodlots in Nigerian savanna areas. Savanna Forestry Research
Station. Research Paper N° 13. Samaru. Nigeria.
- Allan, T.G. Handbook of plantation establishment techniques in the Nigerian savanna.
1977 Savanna Forestry Research Station. Nigeria. DP: NIR/73/007. Documento de
Trabajo del Proyecto. FAO. Roma. 64 p.
- Allan, T.G. y Akwada, E.C.C. Land clearing and site preparation in the Nigerian savanna.
1977 In Savanna afforestation in Africa. FOR: TF-RAF 95 (DEN). FAO. Roma.
p. 123-138.
- Allison, C.E. Provisional standard times for operations in industrial plantations. FAO.
1970 Zambia. (mimeografiado).
- Ball, J.B. Notes on chemical weed control in savanna plantation forestry. In Savanna
1977 afforestation in Africa. FOR: TF-RAF 95 (DEN). FAO. Roma. p. 149-151.
- Balmer, W.E. et al. Site preparation - why and how. U.S.D.A., Forest Service. Forest
1976 Management Bulletin. Atlanta. Georgia. EE.UU. 8 p.
- Bennouna, A. La mecanisation dans l'implantation du rideau forestier de l'oriental
1967 marocain. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre bosques artificiales y
su importancia industrial. Vol. 2. FO/MMF: 67-9a/3. FAO. Roma. p. 1099-1120.
- Blatchford, O.N. (ed.) Chemical control. The Entopath News. Octubre. British Forestry
1976 Commission. 88 p.
- Bol, M. The role of mechanization in small-scale forestry. In Proceedings of Joint
1976 IUFRO/FAO meeting on ways and means of reconciling silvicultural and operational
methods in modern forestry. FAO. Oslo. p. 48-64.
- British Forestry Commission. The safety of the herbicides 2,4-D and 2,4,5-T. Forestry
1977 Commission Bulletin N° 57. En prensa.
- Brown, A.G. Soil preparation for plantation establishment in Australia. Paper for 15th
1971 IUFRO Congress. Cainesville. EE.UU. 11 p. (mimeografiado).
- Brown, R.M. Chemical control of weeds in the forest. Her Majesty's Stationery Office. Londres.
1975 Forestry Commission Booklet 40. 65 p.

- Brown, R.M. y Thomson, J.H. Trials of ULV applications of herbicides in British forestry.
1975 Commonwealth Forestry Review, 54 (1): 38-44.
- Bunk, F. L'utilisation de phytocides dans les pépinières et plantations forestières tropicales. Revue bois et Forêts des Tropiques. N° 141: 31-39.
1972
- Burns, R.M. y Hebb, E.A. Site preparation and reforestation of droughty, acid sands.
1972 Government Printing Office. U.S.D.A. Agricultural Handbook N° 426. Washington D.C. EE.UU. 61 p.
- Caterpillar Tractor Co. The clearing of land for development. 111 p.
1974
- Caterpillar Tractor Co. Land improvement contractors, application handbook. Caterpillar Tractor Co. AEO-30049-01. EE.UU. 36 p.
- Catinot, R. Formes especiales de boisement-plantations en ligne, plantations d'enrichissement, rideaux coupe-vent et brise-vent. In Actas del Simposio de la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial. Vol. I. FO/MMF: 67-11c/1. FAO. Roma. p.529-550.
1967
- Catinot, R. Results of enrichment planting in the tropics. In Report of the Second Session of the FAO Committee on Forest Development in the Tropics. FAO. Roma. p.38-43.
1970
- Centre Technique Forestier. Débroussaillage et destruction de la végétation indésirable en forêt. Inventaires des matériels et des techniques. Cahier N° 78, Série II, Exploitations forestières et scieries. Paris.
1968
- Chavasse, C.G.R.(comp.) Proceedings of the Symposium on Mechanization of Nursery Production, Forest Establishment and Tending in New Zealand. Forest Research Institute. Vol. 1: proceedings and papers. 239 p. Vol. 2: apéndices, 119 p. Forest Research Institute Symposium N° 13. Rotorua. Nueva Zelandia.
1973
- Chavasse, C.G.R. A review of land clearing for site preparation for intensive plantation forestry. In Proceedings of the IUFRO Symposium on Stand Establishment. Wageningen. Países Bajos. p.109-132.
1974
- Chavasse, C.G.R. y Fitzpatrick, J. Weed control in forest establishment in New Zealand. Proceedings of the Fourth Asian-Pacific Weed Science Society Conference. Rotorua. Nueva Zelandia. p. 267-273.
1973
- Cheney, N.P. Guidelines for fire management on forested watersheds, based on Australian experience. In FAO Conservation Guide N° 4. FAO. Roma. En prensa.
1977
- Council for Agricultural Science and Technology, Department of Agronomy, Iowa State University. The phenoxy herbicides. Weed Science, 23(3): 253-263.
1975
- Crafts, A.S. Modern weed control. University of California Press. Berkeley. EE.UU.
1975 440 p.
- Crowther, R.E. Guidelines to forest weed control. Her Majesty's Stationery Office. Forestry Commission Leaflet N° 66. Londres. 7 p.
1976
- Culpin, C. Farm mechanization. Crosby Lockwood and Son, Ltd. Londres.
1975
- Deval, J.L. Mise au point sur l'utilisation de nouvelles armes chimiques en sylviculture tropicale. Revue Bois et Forêts des Tropiques, N° 132: 23-29.
1970

- Devéria, N.E. Final (technical) report: plantation mechanization. Industrial Forestry
1977 Plantations, Turkey. FO: DP/TUR/71/521. Working Document 27. FAO. Roma. 115 p.
- FAO. Informe de la Segunda Sesión del Comité de la FAO para el Desarrollo Forestal de los
1970 Trópicos. FAO. Roma. 162 p.
- FAO. Some aspects of earth-moving machines as used in agriculture. Agricultural Services
1975 Bulletin 27. FAO. Roma. 56 p.
- FAO. Mechanization of irrigated crop production. Proceedings of an expert consultation held
1977 in Adana, Turkey, 5-9 abril 1976. FAO Agricultural Services Bulletin 28. 404 p.
- FAO/ECE Culture mécanique du sol forestier. Comisión Económica para Europa. Ginebra.
1963 49 p. FAO/ECE/LOG/112.
- Fleco Corporation. Land clearing equipment. (catálogo de equipos).
1968
- Foot, D.L. Nursery and establishment technique on the Vipya Plateau, Malawi, with special
1967 reference to the formation of a man-made pulpwood forest. In Actas del Simposio
Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su importancia industrial. Vol. 3.
FO/MMF: 67-5b/c. FAO. Roma. p. 1545-1554.
- Fryer, J.D. y Evans, S.A. Weed control handbook. Vol.II: Recommendations. Oxford.
1970 Blackwell.
- Gratkowski, H. Silvicultural use of herbicides in Pacific Northwest forests. Pacific
1975 Northwest Forest and Range Experiment Station. USDA Forest Service General
Technical Report PNW-37. Portland. EE.UU. 44 p.
- Groulez, J. Conversion planting in tropical moist forests. Documento para la Cuarta
1976 Sesión del Comité de la FAO para el Desarrollo Forestal de los Trópicos. FAO.
Roma. 22 p.
- Groupement Technique Forestier. Reboisement: Application des traitements par produits
1974 chimiques phytocides pour le reboisement. Centre technique du génie rural,
des eaux et des forêts, Ministère de l'agriculture. Nogent-sur-Vernisson.
France. 39 p. Note technique N° 26.
- Groupement Technique Forestier. Reboisement: matériels mécaniques, 2nd ed. Centre
1975 technique du génie rural, des eaux et des forêts, Ministère de l'agriculture.
Nogent-sur-Vernisson. France. 51 p. Note technique N° 29.
- Haines, L.W. et al. The effect of mechanical site preparation treatments on soil
1975 productivity and tree (*Pinus taeda* L. and *P. elliottii* Engelm. var. *elliottii*)
growth. In Bernier, B. and Winget, C.H. (eds.) Forest soils and forest
land management. Les Presses de l'université Laval. Québec. p. 379-395.
- Harrington, G. y Carter, N. Clearing bush in Uganda with tordon 101 mixture herbicide.
1972 Down to Earth, 28(3): 10-11.
- Helgeson, E.A. Methods of weed control. FAO Agricultural Studies N° 36. FAO, Roma.
1957 189 p.
- Institut pour le Développement forestier. L'emploi des phytocides en sylviculture.
1971 Bulletin de la vulgarisation forestière N° 71/1. Paris. 8 p.

- Jackson, J.K. Enrichment planting. Nota de la Secretaría para la Tercera Sesión del 1974 Comité para el Desarrollo Forestal de los Trópicos. FAO. Roma. 66 p.
- Kenya Forest Department. Taungya in Kenya: the "shamba system". In Actas del Simposio 1967 Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su importancia industrial. Vol. 2. FAO. Roma. p. 1057-1068. FO/MMF: 67-6/4.
- Kimmins, J.P. Review of the ecological effects of herbicide usage in forestry. Canadian 1975 Forestry Service. Information Report N° BC-X-139. Victoria. Columbia Británica. 44 p.
- King, K.F.S. Agrisilviculture (the taungya system). Depart. of Forestry, University of 1968 Ibadan. Bulletin N° 1. Ibadan. Nigeria. 109 p.
- Lamb, A.F.A. Artificial regeneration within the humid lowland tropical forest. In 1968 Informe de la Primera Sesión del Comité de la FAO para el Desarrollo Forestal de los Trópicos. FAO. Roma. p. 73-88.
- Lamb, A.F.A. Enrichment planting in English-speaking countries of the tropics. In 1970 Informe de la Segunda Sesión del Comité de la FAO para el Desarrollo Forestal de los Trópicos. FAO. Roma. p. 44-56.
- Little, E.C.S. e Ivens, G.W. The control of brush by herbicides in tropical and subtropical 1965 grassland. Herbage Abstracts. Vol. 35(1): 1-11.
- Moir, T. Burning off for planting. New Zealand Journal of Agriculture. Noviembre. 5 p. 1970
- Masson, J.L. Subsólación. Informe sin publicar. Centro de Investigaciones y Capacitación 1973 Forestales. Cuba. 14 p.
- Nash, C.A.M. Mechanization in other parts of the world with particular reference to 1968 Africa. Paper for Group Study Tour on Mechanization of Forest Site Preparation. U.R.S.S. FAO. Roma. (mimeografiado).
- Navarro Garnica, M. y Molina Rodríguez, J.J. Técnicas de forestación. Instituto Nacional 1975 para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura. Monografía 9. Madrid. 201 p.
- Norris, L.A. Behavior of pesticides in plants. Pacific Northwest Forest and Range 1974 Experiment Station. USDA Forest Service General Technical Report PNW-19. Portland. EE.UU. 6 p.
- Olawoye, O.O. The agri-silvicultural system in Nigeria. Commonwealth Forestry Review. 1975 Vol. 54 (3 and 4). N° 161 y N° 162. p. 229-236.
- Packer, P.E. Site preparation in relation to environmental quality. In Proceedings of 1971 Annual Meeting of Western Reforestation Coordinating Committee. Western Forestry and Conservation Association. Portland. EE.UU. p. 23-28.
- Palmer, J.R. Forestry in Brazil - Amazonia. Commonwealth Forestry Review. Vol. 56(2): 1977 115-130.
- Post, B.W. Soil preparation in stand establishment. In Proceedings of IUFRO Symposium on 1974 Stand Establishment. Wageningen. Países Bajos. p. 141-176.
- Roche, L. The practice of agrisilviculture in the tropics with special reference to 1974 Nigeria. In Shifting cultivation and soil conservation in Africa. Soils Bulletin 24. FAO. Roma. p. 179-190.

- Rogers, E.V. Ultra low volume herbicide spraying. Her Majesty's Stationery Office,
1974 Forestry Commission Leaflet 62. Edinburgo. Escocia. p. 20.
- Röhring, E. Herbicides for site preparation with stand establishment. In Proceedings of
1974 IUFRO Symposium on Stand Establishment. Wageningen. Países Bajos. p. 133-140.
- Romancier, R.M. 2,4-D, 2,4,5-T and related chemicals for woody plant control in the
1965 southeastern United States. Georgia Forest Research Council. Report Number 16.
Macon, Georgia. EE.UU. p. 46.
- Sampson, A.W. y Schultz, A.M. Control of brush and undesirable trees. FAO. Roma. p. 49.
1957
- Shipman, R.D. Preparing planting sites with herbicides. Tree Planters' Notes. 26(1): 1-4.
1974
- Tarrant, R.F. et al. The future role of chemicals in forestry. Pacific Northwest Forest
1973 and Range Experiment Station. USDA Forest Service General Technical Report
PNW-6. Portland. EE.UU.
- Terêncio da Silva, F. y Lourenço, M. The importance of the utilization of bulldozers in
1977 the development of cerrado soils in Brazil. In Mechanization of irrigated crop
production. Agricultural Services Bulletin 28. FAO. Roma. p. 165-177.
- Walstad, J.D. Weed control for better southern pine management. Weyerhaeuser Company.
1976 Weyerhaeuser Forestry Paper N° 15. Hot Springs. EE.UU.
- White, K.J. Notes on enrichment planting in lowland rain forests of Papua New Guinea.
1976 Office of Forests. Tropical Forestry Research Note S.R. 31. Boroko, Papúa
Nueva Guinea. 13 p.
- Williston, H.L. et al. Chemical control of vegetation in southern forests. Southeastern
1976 Area State and Private Forestry. USDA Forest Service. Forest Management
Bulletin. Atlanta. EE.UU. 6 p.
- Wittering, W.O. Weeding in the forest: a work study approach. Her Majesty's Stationery
1974 Office. Forestry Commission Bulletin N° 48. 168 p.

CAPITULO 2

SIEMBRA DIRECTA

CONSIDERACIONES GENERALES

Una vez preparada la superficie a repoblar, se introduce el nuevo bosque ya sea mediante siembra directa de las semillas o por plantación de material de vivero forestal, plántones, plantitas silvestres o estaquillas. La elección entre sembrar o plantar depende de numerosos factores. Los que favorecen la elección de la siembra directa son:

- 1) Costo. La siembra directa, cuando da resultado, suele ser más barata que la plantación; evita el coste de producir plantas de vivero y es generalmente una operación menos costosa que la plantación. Los costes pueden reducirse aún más si se pueden aplicar los métodos de siembra aérea, especialmente en zonas de difícil acceso.
- 2) Abundancia de semilla barata. La siembra directa requiere cantidades mucho mayores de semillas para garantizar una densidad aceptable que la que se necesita plantando material de vivero. Por lo tanto, un factor esencial es el poder conseguir con facilidad gran cantidad de semillas, y a costo reducido, como suele suceder cuando se utilizan especies locales.
- 3) Semillas que no se desarrollan bien en los viveros. Las semillas de ciertas especies (por ejemplo, el Pinus roxburghii del Himalaya) son difíciles de cultivar en los viveros, dando mejores resultados la siembra directa. Las plantas de la mayoría de las especies sufren un trauma al trasladarlas del vivero al sitio de plantación, y en algunos casos la siembra directa puede dar mejores resultados. Por ejemplo, las plantas resultantes de la siembra directa, especialmente en suelos de textura fina, suelen tener mejor desarrollo radical que las plantitas criadas en vivero y plantadas en el campo en hendiduras, cuyo desarrollo radical suele limitarse al plano de tales hendiduras de plantación.
- 4) Semillas de especies de crecimiento rápido y de fácil establecimiento, o de especies que crecen en estaciones donde es insignificante la vegetación competidora. Se prefiere la siembra directa cuando las plantitas crecen con suficiente rapidez para sobrevivir y para superar a la vegetación competidora en la estación, lo que hace innecesario el realizar cuidados culturales y deshierbes durante un período prolongado; en caso contrario se pierde la ventaja económica de la siembra. La siembra directa desde el aire se ha empleado con mucho éxito en el caso del

Pinus radiata en estaciones con hierba corta de algunas partes de Nueva Zelandia y con otros pinos en el sur de los Estados Unidos y en las provincias con grandes praderas de Canadá. En Finlandia es una práctica corriente la siembra directa del pino silvestre en algunos tipos de turberas recientemente avenadas y sin otra preparación del suelo, (la superficie húmeda ofrece un buen substrato para la germinación, la vegetación competidora es menos abundante y hay menos plagas y enfermedades que en los suelos minerales).

- 5) Germinación adecuada. Las especies seleccionadas deben dar una germinación segura y previsible en ciertas condiciones de campo. Con frecuencia se prefieren las especies de semillas grandes porque dan plantitas mayores que resisten mejor que las más pequeñas a las condiciones ambientales adversas.

Los principales inconvenientes de la siembra directa son:

- 1) Las cantidades relativamente grandes de semilla que se necesitan para compensar las pérdidas debidas a los pájaros, roedores e insectos que comen semillas, así como las pérdidas debidas al clima, al suelo y al desarrollo de malezas competidoras. Otras causas de la pérdida de plantitas son la helada, que congela las plantitas o las descalza del terreno (es decir, levantamiento por congelación) y los animales, que escarban o patean las pequeñas plantitas. Si el costo de obtención de la semilla es elevado, por ejemplo, cuando se emplea semilla importada o semilla de procedencias especiales o de huertos semilleros, o cuando es difícil obtener suministro adecuado, es con frecuencia más económico y eficaz producir material de vivero.
- 2) La densidad irregular de la masa resultante, especialmente cuando la siembra se hace a voleo y, por lo tanto, el aprovechamiento menos eficaz del espacio productivo, en comparación con los métodos de plantación. El exceso de densidad exige una pronta limpieza o una operación de reducción. Este fue el caso en Nueva Zelandia, donde tal trabajo adicional redujo una gran parte del beneficio del coste de la siembra directa. Por el contrario, los cambios continuos en la estación (por ejemplo, la fertilidad del suelo) se utilizan más eficazmente cuando se usa la siembra directa.

Las economías que pueden lograrse sembrando desde el aire, han estimulado la investigación sobre los métodos de introducir la semilla en gránulos que contienen productos químicos contra plagas e ingredientes diseñados para ayudar a la germinación. Los logros obtenidos en este campo han convertido la siembra directa en un método práctico de repoblación forestal utilizado corrientemente en muchas partes del mundo. A pesar de todo, la tendencia favorece a la plantación que, aunque más costosa, es generalmente más segura y permite un mayor control del repoblado.

TRATAMIENTO DE LA SEMILLA ANTES DE LA SIEMBRA

Algunas semillas pueden sembrarse en cuanto se recogen del árbol padre; otras pasan por una etapa de latencia durante la cual el embrión completa su desarrollo. Es frecuente utilizar un tratamiento previo para acelerar la germinación o para que ésta sea más uniforme. Los tipos de tratamiento varían con los diferentes tipos de latencia de las semillas de los árboles; los principales tipos de latencia son:

- 1) Latencia exógena, relacionada con las propiedades del pericarpio o del tegumento de la semilla (mecánica, física o química);
- 2) Latencia endógena, que está determinada por las propiedades del embrión o del endospermo (morfológica o fisiológica), y
- 3) Latencia combinada.

Métodos de tratamiento previo para superar la latencia exógena

Remojo en agua fría

Con un gran número de especies, el remojo en agua fría durante uno o varios días es suficiente para asegurar la germinación. El mejoramiento de la germinación mediante el remojo en agua caliente o fría es debido al ablandamiento del tegumento de la semilla y a la posibilidad de una absorción adecuada del agua por parte de los tejidos vivos. El remojo en agua fría se utiliza, por ejemplo, para los pinos del Himalaya y, en el Japón, para las de pino y de picea. Cuando se aplican largos períodos de remojo, se recomienda cambiar el agua periódicamente. Suele ser importante el sembrar la semilla inmediatamente después de tenerla en remojo, sin secarla, ya que el secado generalmente reduce mucho la viabilidad de la semilla. Una excepción a esta regla es la Acacia mearnsii, en el sur de Africa, que se seca después de tratarla con agua caliente y se almacena durante tres semanas. En algunos países también se da a la semilla de teca un tratamiento alternativo de remojo y secado.

Remojo en agua caliente o hirviendo

Las semillas de muchas especies de leguminosas tienen tegumentos externos extremadamente duros que pueden retrasar la germinación durante meses o años después de sembrarlas a menos que se las someta a un tratamiento previo de inmersión en agua hirviendo. Son ejemplos la Acacia decurrens, la A. mearnsii y la A. arabica. Las semillas se sumergen dos o tres veces su volumen de agua hirviendo, dejándolas en remojo hasta que el agua esté fría. Las exudaciones mucilaginosas y pegajosas del tegumento de la semilla se lavan seguidamente batiéndolas en varias tandas de agua limpia.

A veces, las bellotas, las castañas y otras semillas carnosas similares, germinan mejor si se las escalda, o sea, si se las sumerge en agua hirviendo sólo por 15 a 30 segundos, con lo que se queman los insectos y larvas que hay frecuentemente en ellas. Sin embargo, si el escaldado se prolonga por más de un minuto, puede morir la semilla.

Tratamiento con ácido

El remojo en soluciones de ácido se utiliza en el caso de semillas con cubiertas muy duras, como las de Acacia nilotica y de Albizia lebbek. El ácido sulfúrico concentrado es el producto químico que más se emplea. Después del remojo, hay que lavar inmediatamente la semilla con agua limpia. Deben hacerse pruebas para determinar el período óptimo de tratamiento para cada especie e incluso para distintas procedencias, ya que un exceso de tratamiento puede dañar fácilmente a las semillas.

Como ejemplo de los tiempos recomendables de tratamiento con ácido están los siguientes, para semillas de algunas especies de Acacia (Laurie, 1974):

<u>Especies</u>	<u>Tiempo (minutos)</u>
<u>A. albida</u>	20
<u>A. nilotica</u>	60 a 80
<u>A. senegal</u>	40

Otros tratamientos

En casos especiales hay que escarificar las semillas, por ejemplo, en tambores rotatorios, para romper o desgastar el tegumento. A veces hay que romper o cortar totalmente la semilla o bien cortarla parcialmente a mano (Pterocarpus angolensis y el P. pedatus) para conseguir una buena germinación. La germinación del Pinus lambertiana se mejoró

quitando el tegumento y la membrana de la semilla. En algunos países (por ejemplo India y Sudán) las semillas de ciertas especies de Acacia y Prosopis hay que darlas como alimento a las cabras, recogiénolas después de sus excrementos; la digestión parcial en el intestino favorece la germinación, pero el método tiene dificultades indudables de aplicación, utilizándose en la actualidad únicamente cuando no es posible el tratamiento ácido.

Métodos de tratamiento previo para superar la latencia endógena

Estratificación

La estratificación consiste en almacenar las semillas en un medio húmedo, por ejemplo turba o arena, con el fin de mantener su viabilidad y superar la latencia. Si la semilla se almacena húmeda a temperaturas próximas a la de congelación, el método se denomina de estratificación en frío o de preenfriamiento, aunque no se utilice ningún medio como vehículo. La estratificación se utiliza corrientemente con semillas grandes y carnosas, como las bellotas, las castañas y las de teca. La semilla se suele almacenar en un foso o zanja, en capas alternadas con otras de arena, turba, hojas o paja humedecidas, y el montón se cubre para resguardarlo de la lluvia y protegerlo contra el ataque de los roedores.

La estratificación húmeda en frío se utiliza corrientemente para romper la latencia o mejorar la germinación de diversas semillas de pino (Schubert y Adams, 1971). En este método:

- 1) Las semillas se mezclan cuidadosamente con arena húmeda esterilizada de río, o vermiculita;
- 2) La mezcla se vierte en bandejas o botes de lata con agujeros de desagüe en el fondo, y
- 3) Los recipientes se colocan en refrigeradores a temperaturas de 0,5° a 2,0°C durante el período necesario para romper la latencia.

El medio ha de mantenerse húmedo durante el período de estratificación. A fin de reducir al mínimo la formación de mohos, la semilla debe tratarse con un fungicida, como el Captan, antes de la estratificación. Otro método alternativo consiste en poner la semilla en remojo durante uno o dos días y, después de dar salida al exceso de humedad, guardarla en sacos de polietileno herméticamente cerrados para su almacenamiento a temperaturas de 0° a 2°C. El tiempo necesario para vencer la latencia es variable, por ejemplo en el caso de la Pseudotsuga menziesii lleva de 40 a 150 días, dependiendo del origen de la semilla y el Pinus ponderosa requiere unos 30 días, por lo que se necesitan realizar ensayos e investigaciones para determinar los períodos óptimos para cada especie en áreas seleccionadas.

En el Japón se practica un sistema de estratificación bajo nieve para acelerar la germinación de ciertas especies (v.g. Abies sachalinensis, A. homolepis, A. firma). Después de un breve humedecimiento la semilla se esparce uniformemente en un lugar ya preparado y cubierto de arena de río limpia. Luego se cubre la arena con paja sobre la cual se apila la nieve en una capa de 1,5 a 2 m de espesor. Se vuelve a rellenar la nieve de cuando en cuando hasta que llega la primavera, y entonces las semillas están ya listas para la siembra.

Se ha comprobado que la estratificación en caliente seguida por la estratificación en frío resulta eficaz para un considerable número de especies (v.g. Fraxinus excelsior). Las semillas se mantienen a la temperatura de germinación durante uno a varios meses, después de lo cual se cambian a cámaras frías o refrigeradores donde se mantienen a bajas temperaturas por un período adicional de uno o varios meses.

Tratamiento con productos químicos

Se ha comprobado que ciertas sustancias químicas, como el peróxido de hidrógeno, ejercen una acción eficaz para interrumpir el período de latencia de la mayoría de las semillas (Pseudotsuga, Abies y pinos del sur de los EE.UU). Se ha demostrado que el ácido giberélico aumenta la capacidad de germinación, llegando incluso a estimular el aumento de los índices de crecimiento meristemático. Hay algunas semillas de árboles forestales que responden bien al tratamiento con diversos compuestos orgánicos, incluidos el ácido cítrico y el ácido tartárico. Entre otros procedimientos ensayados y considerados como eficaces figuran los tratamientos con nitrato potásico (1 a 4 % en 24 horas) y con polvos de óxido rojo de cobre y de óxido de zinc.

Métodos de tratamiento previo para superar la latencia doble

Para superar la latencia doble es necesario someter la semilla a un tratamiento que haga permeable su tegumento y estimule en el embrión los cambios que son esenciales para la germinación. A veces es suficiente la estratificación en frío, pero es más frecuente el tener que recurrir a la inmersión en agua caliente, al tratamiento con ácidos o a la escarificación antes de proceder a la estratificación. La estratificación en caliente seguida de la estratificación en frío también ha dado buenos resultados en muchos casos.

REVESTIMIENTO DE LA SEMILLA Y PREPARACION EN GRANULOS

Cuando los insectos que se alimentan de semillas causan grandes pérdidas, hay que tratar las semillas con insecticidas y sustancias repelentes para roedores y pájaros, antes de sembrarlas. Contra los insectos y roedores se utilizan productos químicos como el arsenate y el endrín y contra los pájaros y hongos son eficaces el arasan y el anthraquinone.

El desarrollo de la siembra desde el aire ha estimulado los experimentos dirigidos a recubrir las semillas con sustancias higroscópicas que contienen nutrientes y repelentes tóxicos. Estos recubrimientos artificiales proporcionan un peso adicional a las semillas más livianas, mejorando así la distribución de la siembra desde el aire. Una fórmula para revestimiento consistente en endrín y arasan como repelentes, junto con un adhesivo de látex que actúa como aglomerante, ha sido empleada con éxito con el Pinus palustris y el P. taeda en el sur de E.U.A. Los rendimientos en plantitas de acuerdo con estudios de campo para comparar la semilla con revestimiento con la semilla sin tratar, resultaron en la relación de 55 : 1 para el P. palustris y de 12 : 1 para el P. taeda (Derr y Mann, 1971). Se ha comprobado que el polvo de aluminio es un buen lubricante para los gránulos de semillas. En el este de Africa se utiliza el Rhizoctol combi en la preparación de gránulos con semilla de P. patula, como sistema de protección contra el "damping off".

PREPARACION DE LA ESTACION

En la mayoría de los casos la siembra directa no da buenos resultados, a menos que la semilla esté en contacto con un suelo mineral preferiblemente cubierto por una capa delgada de tierra protectora. La exposición del suelo mineral se puede lograr mediante quema o mediante aclareo y laboreo. La quema controlada es un importante método de preparación de la estación para los eucaliptos en Australia, especialmente en los tipos de bosque más húmedos y también se utiliza extensamente para la siembra aérea de pinos en el sur de los EE.UU.

La limpieza del terreno y su laboreo antes de sembrar puede hacerse en toda la superficie a sembrar o puede limitarse a fajas o manchas. En terreno inclinado el laboreo se hace generalmente en bandas (continuas o interrumpidas) siguiendo las curvas de nivel. Cuando hay peligro de erosión, se suele dejar sin tocar la vegetación nativa en las bandas que quedan entre las fajas labradas.

En Tanzania se ha demostrado la eficacia del método denominado "caballones conectados", especialmente en plantaciones con Cassia siamea. En este método se labra toda la zona y se construyen caballones a determinados intervalos con azadón. Este sistema de caballones conectados se aplica generalmente en tierras de escasa inclinación donde los compartimientos son muy eficaces para regular la escorrentía superficial. La semilla se siembra en los caballones, habiendo dado muy buenos resultados. Cuando existe tal posibilidad se combina el cultivo de árboles forestales con el de productos alimenticios.

El método "rab" de la India se utiliza también en algunas regiones más secas, del tipo de sabana. El método consiste en apilar en hileras o montones los despojos de corta recogidos del terreno, quemándolos cuando están ya secos. La semilla se siembra directamente en la ceniza inmediatamente después de la quema. La ventaja de este método es que el fuego esteriliza parcialmente el suelo, matando todas las malezas y la población superficial de termitas y hormigas. Las hileras se mantienen libres de malezas durante un período apreciable y la ceniza constituye un fertilizante conveniente para los brinzales. En Zambia se empleó un método similar denominado "citemene" pero se ha abandonado debido a los problemas que representa el realizar una quema oportunamente en grandes superficies protegiendo del fuego al joven repoblado.

EPOCAS DE SIEMBRA

En general, la siembra debe realizarse cuando el suelo tiene humedad y temperatura suficientes para que pueda comenzar la germinación y para estimular el pronto y rápido desarrollo de los brinzales, es decir en la primavera o al comienzo de las lluvias. La humedad y la lluvia son los factores más decisivos, por lo cual las fechas reales de siembra pueden variar de un año a otro. Si se prescribe la siembra para una fecha elegida de antemano, sin tener en cuenta la humedad del suelo, existe el riesgo de que las primeras lluvias sean suficientes para que comience la germinación pero no para sostenerla. El suelo debe estar también libre de heladas y tratándose de ciertas especies, se necesita incluso que la tierra registre temperaturas más elevadas para la germinación.

En las zonas en que nieva, especialmente en regiones secas, es a veces ventajoso sembrar antes de la época de nieve. La semilla queda protegida por la nieve durante el invierno contra los pájaros y otros animales que se la comen y germina en cuanto se derrite aquella y las condiciones son favorables, lo que representa una ventaja cuando llega la estación estival seca poco después del deshielo. En otros casos, la semilla se siembra inmediatamente después de desaparecer la nieve o, en ocasiones, en la propia superficie de ésta tan pronto como llega el deshielo.

En el sur de los EE.UU. (Derr y Mann, 1971) la siembra se puede hacer durante la primavera o el otoño, pero los mejores resultados suelen obtenerse sembrando al principio de la primavera. Sin embargo, en California si se siembra a finales de otoño se cuenta con un período más largo para esta operación, lo que evita la necesidad de estratificar, y se traduce en el adelanto de la germinación en primavera.

MÉTODOS DE SIEMBRA DIRECTA

Siembra a voleo

La siembra a voleo puede hacerse a mano o mediante una araña giratoria montada en un tractor similar a la que se utiliza en agricultura para la aspersion completa de fertilizantes o bien utilizando aviones o helicópteros. La siembra a voleo se utiliza con muchas especies, pero exige mucha más semilla por unidad de superficie sembrada (el doble o más de la cantidad utilizada en los otros métodos mencionados). Se aplica en circunstancias en que el suministro de semillas es abundante y barato y presupone que sólo un porcentaje relativamente pequeño (30% o menos) de las semillas que germinan sobreviven en la etapa de

establecimiento. Si las condiciones de germinación y supervivencia son satisfactorias, puede ocurrir que la siembra a voleo dé como resultado una densidad de masa demasiado alta, lo que exigirá una fuerte reducción subsiguiente de la densidad, ya sea a mano o mediante procedimientos mecánicos. En tales condiciones, la siembra en líneas, en surcos o incluso en casillas, da lugar a un menor desperdicio de semilla. Sin embargo, cuando se puede sembrar desde el aire, se considera a veces aceptable el exceso de densidad del diseminado, que deberá tratarse mediante aclareos de los brinzales.

En Nueva Zelandia se han establecido repoblaciones extensas de Pinus radiata mediante siembra a voleo desde el aire y en Canadá se utiliza mucho la siembra directa de Pinus contorta, Pinus banksiana y Picea glauca, en parte desde el aire y en parte utilizando sembradoras montadas sobre tractor, gracias a los avances logrados en las técnicas de revestimiento de la semilla. En Canadá se utilizan de 150 a 450 g/ha de semilla en la siembra a voleo dependiendo de la especie y del lugar de siembra.

La siembra a voleo desde el aire ha tenido también mucho éxito en una siembra en gran escala con Pinus elliottii y otros pinos de crecimiento rápido en los estados del sur de los Estados Unidos. Se trata del método más rápido y barato, ya que una avioneta puede sembrar 600 ha al día y un helicóptero hasta 1 000 ha. La siembra a voleo con máquina es mucho más lenta, pues sólo alcanza a 35 ha por día, mientras que la siembra a mano viene a ser como máximo de 8 ha diarias por hombre.

En el Capítulo 4 se mencionan las posibilidades de rescatar zonas de dunas mediante la siembra desde el aire seguida de una aspersión del terreno con una sustancia química coagulante para estabilizar la arena movediza.

Siempre que se pueda hay que cubrir la semilla, para protegerla, con una capa de suelo de un espesor equivalente a dos o tres veces su diámetro. Cuando la tierra ha sido sometida a un laboreo de limpieza, esto puede lograrse apisonando las semillas con un rodillo de labranza tirado por un tractor, o arrastrando sobre la tierra un tronco o viga redonda con cuerdas o cadenas en sus extremos y acoplado a un tractor o a animales de tiro. El recubrimiento de la semilla tiene efecto notable sobre el aumento del porcentaje de supervivencia en la germinación.

Siembra en líneas o hileras

La siembra en líneas puede aplicarse convenientemente en estaciones donde se ha realizado un laboreo de limpia o en tierras donde se ha labrada en hileras o fajas. La semilla se siembra a mano o puede dejarse caer con una sembradora agrícola modificada. La siembra con este método emplea de la mitad a la tercera parte de las cantidades de semilla necesarias para la siembra a voleo. Es también el método más apropiado cuando se trata de semillas de gran tamaño. La distancia de separación entre líneas puede elegirse basándose en la velocidad de crecimiento o en los métodos a emplear en los tratamientos culturales y el espaciamiento de la semilla dentro de la línea debe ser tal que garantice una densidad conveniente de la masa.

La siembra a mano en líneas se utiliza todavía corrientemente en muchos países sobre todo en proyectos de repoblación forestal en pequeña escala. Es el único método posible en estaciones de plantación preparadas mediante caballones conectados y con zanjas siguiendo curvas de nivel y con terrazas en laderas inclinadas. A veces se hace un surco poco profundo dentro del cual se dejan caer las semillas, antes de cerrarlo con un azadón o un rastrillo.

Las semillas muy grandes se pueden dejar caer en agujeros hechos en el suelo con ayuda de un punzón. En Brasil las semillas de Araucaria angustifolia se siembran en agujeros de 10 a 20 cm de profundidad, con espaciamentos de 1 a 3 m dentro de las líneas y de 1 a 3 m entre líneas (Ntima, 1968). En cada agujero se siembran de 1 a 3 semillas. Un método similar se emplea con esta especie en Argentina, donde las líneas se separan un metro, siendo el espaciamiento dentro de las líneas de 0,5 m. Este espaciamiento tan cerrado exige de 40 a 120 kg de semilla por ha. Al año tercero se aclaran los brinzales dejándolos a razón de

2 500 plantas por ha. La siembra en líneas es también el método generalmente empleado en Italia para las plantaciones de Pinus picea, en las que se utilizan de 50 a 120 kg de semillas por hectárea enterrándose las semillas a "un dedo de profundidad".

Cuando es posible, la siembra mediante aperos tirados por tractor es mucho más rápida y eficaz que la realizada a mano. Un tractor con sembradora puede sembrar 5 ha por día para lo cual se necesitan 25 trabajadores en el mismo tiempo. En Canadá se ha comenzado a usar hace poco tiempo una sembradora de diseño especial que va arrastrada por un tractor de oruga provisto de una hoja empujadora en forma de V. El empleo de esta máquina permite realizar en una sola operación la escarificación del suelo y la siembra.

Siembra en casillas

En este método la semilla se siembra en manchas relativamente pequeñas de tierra labrada y espaciadas a intervalos regulares, que corresponden al espaciamiento previsto para la repoblación. La siembra en casillas se suele utilizar en los trópicos para géneros como Swietenia o Gmelina colocando dos o tres semillas en cada casilla.

En Nueva Gales del Sur, Australia, la siembra en casillas es el método normal para establecer plantaciones de Eucalyptus pilularis y E. grandis. Para ello se aclara primero el terreno y la vegetación eliminada se quema in situ. La semilla se coloca en el terreno en pequeñas manchas de 20 cm de diámetro a intervalos de 2,80 x 2,80 m o de 3 x 3 m utilizando un espolvoreador o "pimentero" de semillas que consiste en un jarro de tapa roscada o en un recipiente de plástico con la tapa con perforaciones a través de las cuales se arrojan las semillas mediante sacudidas, no pudiendo salir con facilidad. La cantidad de semilla para estas especies varía entre 250 y 500 gr por hectárea. El mismo método se emplea para la siembra de Eucalyptus en Zambia y en el Congo; sin embargo, el éxito no ha sido igual al obtenido en Nueva Gales del Sur, donde las especies mencionadas son nativas. En general, las especies de Eucalyptus en lugares exóticos dan mejores resultados mediante plantación.



La sembradora directa de Panamá es una herramienta manual ligera que se utiliza para sembrar en casillas directamente en el suelo mineral. Tiene un distribuidor de gatillo y un agujero de tamaño ajustable que permite al operario controlar el número de semillas que caen en cada casilla. (Cortesía del Servicio Forestal de EE.UU.)

El método de siembra en casillas se utiliza corrientemente para el establecimiento de plantaciones de coníferas en regiones montañosas, sobre todo en algunos países mediterráneos, en el Himalaya y en el Japón. En este último país las casillas tienen aproximadamente medio metro de diámetro y se siembran con unas 50 semillas de Pinus densiflora cubriendo luego la casilla con un rastrillado ligero.

Las casillas pueden tener forma de rectángulos que son con frecuencia de 1,5 m de anchura y 2 a 4 m de longitud aproximadamente, con el eje mayor orientado a lo largo de la curva de nivel. Estas casillas rectangulares se limpian de vegetación de matorrales y se labran con un zapapico o un azadón. En Italia el Pinus pinaster y el P. laricio se siembran normalmente de esta forma o en fajas completamente labradas, empleando de 6 a 15 kg de semilla por hectárea. El mismo procedimiento se utiliza mucho en Chipre para la resiembra de P. brutia en los bosques quemados. Se han utilizado con éxito métodos similares para repoblar con Cedrus deodara, Pinus griffithii y P. roxburghii, utilizando 2,1 kg de semilla de Cedrus y 1,5 kg de semilla de pino por hectárea. Casi el doble de esta cantidad de semilla se necesita para sembrar a lo largo de líneas continuas en curvas de nivel.

Otra variante es la siembra en "montículos", especialmente en lugares húmedos o con suelos de drenaje insuficiente, para lo cual se excava la tierra y se deposita en una serie de pequeños montículos con la parte superior plana, donde la semilla se siembra a mano o con un punzón.

La siembra en casillas se aplica a veces en las plantaciones forestales taungya, señalando con una estaca las casillas a fin de que el agricultor tome las precauciones necesarias para evitar dañar a las plantitas durante el trabajo de deshierbe o de recolección.

Resiembra

Los fallos que se registran en las operaciones de siembra se corrigen por medio de la resiembra al año siguiente o mediante el transplante de brinzales que han crecido en número excesivo en otros sitios de la zona. En el caso de especies de crecimiento rápido, es aconsejable rellenar los lugares vacíos con plantitas de vivero en lugar de intentar la resiembra. Es esencial determinar la razón de cualquier fallo con el fin de asegurarse de que ningún factor casual afectará análogamente a la resiembra.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- Appelroth, S.E. Work study aspects of planting and direct seeding in forestry. In IUFRO
1974 Symposium on Stand Establishment. Wageningen, Países Bajos. pp. 202-275.
- Cayford, J.H. (ed.) Direct seeding symposium. Department of the Environment, Ottawa,
1974 Canadá. Canadian Forestry Service Publication No. 1339. 178 p.
- Derr, H.J. y Mann, W.F. Jr. Direct seeding pines in the South. USDA Forest Service,
1971 Washington, D.C. Agriculture Handbook No. 391. 68 p.
- Hadri, H. y Tschinkel, H. Semis direct de pin d'Alep. Institut national de recherches
1975 forestières, Ariana, Túnez. Note de recherche No. 5. 26 p.
- Kerr, E. Can direct seeding bridge the South's "regeneration gap"? Journal of Forestry.
1975 Noviembre. pp. 720-723.
- Laurie, M.V. Sistemas de plantación en las sabanas africanas. Documento de FAO sobre
1974 desarrollo forestal No. 19. FAO, Roma. 185 p.
- Lohrey, R.E. Site preparation improves survival and growth of direct-seeded pines.
1974 Southern Forest Experiment Station. USDA Forest Service Research Note
50-185. Nueva Orleans. EE.UU. 4 p.
- Mann, W.F. Jr. et al. Status of aerial row seeding. Forest farmer 34(2): 12-13, 38-40.
1974
- Ntima, O.O. The araucarias. Commonwealth Forestry Institute. Oxford. Fast growing
1968 timber trees of the lowland tropics. No. 3. 139 p.
- Rietveld, W.J. y Hiedmann, L.J. Direct seeding ponderosa pine on recent burns in Arizona.
1976 Rocky Mountains Forest and Range Experiment Station, Fort Collins,
USDA Forest Service Research Note RM-312. EE.UU. 8 p.
- Schubert, G.H. y Adams, R.S. Reforestation practices for conifers in California.
1971 Division of Forestry, Sacramento, California. EE.UU. 359 p.
- USDA Forest Service. Pine seed drill. Equipment Development Centre, San Dimas, California.
1967 Equipment Development and Test Report 2400-1. EE.UU. 24 p.
- Williston, H.L. y Balmer, W.E. Direct seeding of southern pines - a regeneration
1977 alternative. Southeastern Area State and Private Forestry. USDA Forest
Service. Forest Management Bulletin. Atlanta. EE.UU. 6 p.

CAPITULO 3

PLANTACION Y CUIDADOS CULTURALES

PLANTACION

La decisión de llevar a cabo una repoblación forestal en gran escala debe basarse siempre en una serie de experimentos o investigaciones que determinen los métodos eficaces de establecimiento. Debe considerarse tanto la siembra directa, sobre todo por su posible baratura, como la plantación con material de vivero, aunque ésta es, con gran diferencia, la más utilizada.

La plantación permite lograr un espaciamiento regular que favorece la buena utilización de la estación y facilita los trabajos culturales subsiguientes así como la ordenación de la plantación. En estaciones difíciles, especialmente en regiones secas, la plantación ha demostrado ser, con mucho, el método más eficaz e incluso con frecuencia el único método para establecer las plantaciones. También suele ser el método de mejores resultados para estaciones fértiles donde es muy fuerte la competencia de las malezas. Cuando el suministro de semillas es limitado o costoso, la producción en vivero y la plantación ofrecen la mejor oportunidad de utilizar eficientemente la semilla; por otra parte, en aquellas circunstancias en que las plantas se reproducen vegetativamente, como los álamos híbridos, o con aquellas especies que producen poca semilla viable o ninguna, no existe otra alternativa que la plantación.

Los principales inconvenientes de la plantación, en comparación con la siembra directa, son el costo y el tiempo necesario para producir las plantas en el vivero, los elevados costos y problemas del transporte para llevar el material de vivero a las estaciones de plantación sin perturbaciones y las mayores necesidades en cuanto a número y especialización de los equipos de plantación. La plantación efectuada por personal no capacitado o descuidado suele traducirse en una escasa supervivencia o en la deformación de las raíces que influye negativamente en el crecimiento y estabilidad.

Los principios esenciales de la plantación son:

- 1) Que el material de plantación sea sano y fuerte;
- 2) Que los árboles elegidos sean adecuados para las estaciones de plantación y que éstas se preparen en condiciones favorables para el desarrollo del bosque, y
- 3) Que la plantación se ejecute en forma eficaz y oportuna y que los brinzales reciban el cuidado y la protección adecuados durante la operación de plantación y después de ella.

Clases de material de plantación

La clase del material de plantación que se emplea ejerce una influencia directa en el método de plantación. Las principales formas del material de plantación son las plantas con raíz desnuda, las plantas con cepellón, las plantas en macetas y entubadas, los tocones, las estaquillas y las estacas.

Plantas con raíz desnuda

Las plantas con raíz desnuda se envían desde el vivero después de sacudir el exceso de tierra de las raíces, dejando sólo una capa fina para protegerlas. Se atan en manojos y se protegen contra su desecación durante el tránsito, cubriendo las raíces con musgo u hojas húmedas o bien metiendo los manojos en barro arcilloso o en mezclas especialmente preparadas. Los manojos se colocan, para su envío, en sacos de papel o de plástico, en cajas de cartón, etc. Los sacos de plástico, o de papel revestido con una película de plástico, tienen la ventaja de ser permeables al bióxido de carbono pero impermeables al agua, con lo que se reduce al mínimo el peligro de desecación. Las plantas con raíz desnuda son las que más se usan en las regiones templadas o en aquellas en que el clima tiene una humedad atmosférica relativamente elevada durante la temporada de plantación. En las zonas templadas, los brinzales suelen estar en reposo vegetativo en la época de plantación, lo que facilita su empleo a raíz desnuda. Sin embargo, las plantas pueden perder su viabilidad, incluso en climas húmedos, si las raíces quedan expuestas al sol o al viento, por cuya razón deben mantenerse siempre cubiertas hasta que se entreguen en el lugar de destino en espera de que llegue el momento de plantarlas. Siempre que exista la posibilidad de que se produzca una demora de varias horas entre la entrega del material y su plantación, hay que "enterrar" los manojos, es decir, colocarlos en zanjas excavadas especialmente y cubrir las raíces con arena, turba o tierra ligera debidamente humedecidas. Las plantas que han sido enterradas y humedecidas convenientemente pueden sobrevivir varios días, o incluso semanas, sin sufrir ningún daño.

Los "plantones" son grandes plantas de vivero con un sólo brote de 1 a 2 m al que se le quitan las hojas antes de enviarlo para el lugar de plantación. La corta de las hojas reduce las pérdidas por transpiración. Estas plantas se utilizan principalmente en las zonas tropicales en donde el ramoneo de los animales constituye un peligro especial.

Las plantitas silvestres son brinzales forestales de origen natural o chirpiales que se utilizan a veces para plantar cuando el material de vivero es demasiado pequeño o escaso. Se utilizan sobre todo en trabajos de plantación de enriquecimiento.

Plantas con cepellón, en macetas o entubadas

En la plantación con cepellón, las plantas se envían desde el vivero con sus raíces envueltas en suelo de vivero, lo que evita que se sequen y reduce el daño físico de las raíces como consecuencia de su extracción del vivero o de los bancales en transplante. Un método desarrollado en el este de África, consiste por ejemplo en cortar el bancal del vivero en secciones y colocar éstas en cajas de poco fondo y con laterales, o en desarrollar directamente las plantitas en las cajas. En el lugar de plantación se sacan las plantitas de una en una, con pequeños trozos de tierra, desde la caja para plantarlas.

El principal problema de la plantación con cepellón es evitar que el suelo se desprenda de las raíces por sacudidas durante el transporte desde el vivero al lugar de plantación. Para evitarlo se han ensayado diversas técnicas, por ejemplo, colocar las raíces desnudas del material del vivero en bolsas o bloques de tierra especialmente mezclada y comprimida (consistente por lo general, en arcilla, tierra franca arenosa y turba o humus en partes iguales), o en recipientes llenos de tierra. El material de vivero así tratado se denomina "plantas con cepellón". En un método análogo desarrollado en Brasil, y utilizando al principio en gran escala, el suelo de las macetas se comprime mediante una máquina para formar un bloque denominado torraõ paulista, donde se siembra la semilla.

A escala mucho mayor, los problemas de la exposición de las raíces se han solucionado en gran parte utilizando brinzales desarrollados en alguna clase de recipiente. Los sistemas de plantación que utilizan plantas desarrolladas en recipientes son corrientes hoy día en casi todo el mundo, siendo empleados casi como el único sistema en zonas con una estación seca pronunciada o larga. Las plantas en recipientes tienen una capacidad considerable para soportar períodos de sequía limitados después de la plantación; su empleo puede prolongar, por tanto, la época de plantación, especialmente en zonas templadas, y en grado muy inferior en ambientes rigurosos.

Los recipientes pueden ser, o bien "macetas" de fondo cerrado o mejor con agujeros de drenaje, o "tubos", que no tienen fondo pero necesitan una tierra suficientemente adhesiva para que no se caiga al manipularlos.

La utilización de recipientes de polietileno se ha extendido mucho; sin embargo, antes de su desarrollo, se utilizaban mucho en distintas partes del mundo otros diversos materiales como metales, bambú, chapa de madera, hojas de banana o de palma, cartón y papel impermeable. Aunque todavía se emplean en algunas zonas, la mayoría de ellos son más costosos o menos apropiados que el polietileno, que tiene las ventajas de ser barato, ligero y fácil de manipular y ha demostrado en general su eficacia en una amplia variedad de condiciones. El polietileno utilizado para recipientes suele ser de 150 a 250 milímetros (con un espesor de 0,0375 a 0,0625) y generalmente negro o transparente, siendo más duradero el negro.

El tamaño del recipiente varía con la especie, con la edad y con el tamaño del material preferido para plantar y con la rigurosidad del sitio. Por ejemplo, en Nigeria, en zonas con menos de 800 mm de lluvia, y con una estación seca de seis meses como mínimo, se emplean macetas de 25 cm de longitud por 25 cm de circunferencia, mientras que en zonas con más de 800 mm de lluvia, se pueden emplear macetas más pequeñas, de 15 cm por 25 cm, y se siguen realizando con intensidad experimentos que utilizan macetas de 15 cm x 15 cm. En Zambia eran normales los tubos de 15 cm por 25 cm, pero se han desarrollado y se usan mucho las "minimacetas" de 15 cm por 15 cm. El tamaño del recipiente tiene un efecto indudable sobre su peso cuando se llena de tierra. Por ejemplo, en Nigeria, los distintos tamaños de macetas llenas de suelo pesan aproximadamente 1,9 kg las grandes, 1,1 kg las medianas y 0,4 kg las pequeñas. El trabajo empleado y el coste de transporte de las plantitas con recipiente, aumentan con el tamaño de éste, lo que subraya la fuerza con que se está investigando el empleo de minimacetas y "proyectiles". Uno de los objetivos de la plantación con recipiente debe ser el de utilizar el menor recipiente posible, compatible con un establecimiento con éxito y el subsiguiente crecimiento y desarrollo.

La utilización de recipientes ha ocasionado a veces la deformación de las raíces de las plantitas con un efecto adverso sobre su crecimiento y desarrollo subsiguientes, siendo un inconveniente de las macetas pequeñas el que pueden aumentar la probabilidad de tal deformación (Ball, 1976). Cuando las plantas se mantienen demasiado tiempo en recipientes, la limitación del desarrollo de las raíces laterales puede ocasionar su distorsión, el enrollado y formación de raíces en espiral, que pueden llegar después a una rotura basal del tallo, a la reducción de su resistencia al viento y a un crecimiento achaparrado y, en casos extremos, puede llegar incluso a la estrangulación mutua de las raíces y a la muerte del árbol. Sin embargo, estos síntomas pueden no presentarse siempre, o pueden no aparecer hasta algunos años después de la plantación. Por ejemplo, en Nigeria, en ensayos realizados quitando las bolsas de polietileno, quitándolas parcialmente o manteniéndolas en el momento de plantar, hubo indicaciones de que la mortalidad aumentaba en los pinos de cuatro años de edad cuando no se quitaban las bolsas de plástico, mientras que con eucaliptos hasta de siete años de edad, no se notaban más que pequeñas diferencias relacionadas con la eliminación de las bolsas de plástico (FAO, 1976). Para reducir el riesgo del enrollado de las raíces, es importante el programar en el tiempo las operaciones del vivero de modo que las plantas no se hagan demasiado grandes para sus recipientes antes de plantarlas; y para reducir los inconvenientes del enrollado de las raíces es aconsejable extraer por completo el recipiente en el momento de la plantación. Además, Ben Salem (1971), Stone (1971) y Donald (1968) recomiendan hacer dos o tres incisiones verticales de 1 cm aproximadamente de profundidad, de arriba a abajo, en el cilindro de tierra, con un instrumento cortante a fin de cortar todas las raíces enrolladas.

En los últimos años se han desarrollado en Norteamérica nuevos modelos de recipientes que están diseñados para reducir al mínimo el enrollado de las raíces (Timus y otros 1974). Las paredes internas de estos recipientes tienen nervios verticales que canalizan las raíces hacia un agujero central situado en el fondo. Manteniendo los recipientes por encima del terreno y separados de éste, las raíces que salen mueren por la "poda del aire", estimulando así el desarrollo de numerosas raíces laterales en forma cónica. La planta y el medio en que se desarrolla (llamados en conjunto "tapón") se extraen del recipiente en el momento de plantar y se introducen en el suelo con ayuda de un punzón de forma especial.

Tocones, estaquillas y estacas

"Tocón" es un término que se aplica al material de vivero de ciertas especies de frondosas que han sido sometidas a una poda radical tanto de las raíces como de los brotes. La parte aérea se corta generalmente hasta dejarla unos 2 cm y la raíz en unos 22 cm (Parry, 1956). La plantación con tocones es especialmente apropiada para especies con predominio de raíces primarias y se utiliza con frecuencia cuando se establece teca, gmelina y otros numerosos e importante géneros tropicales (v.g. Azalia, Cassia, Chlorophora, Entandrophragma, Khaya, Lova, Pterocarpus, Terminalia, Triplochiton, Bischofia, Dalbergia y muchas leguminosas). También se emplean tocones de Acacia cyanophylla en plantaciones de zonas áridas para estabilizar arenas movedizas. Durante el transporte los tocones normalmente se cubren con sacos mojados o capas de hojas grandes.

Las estaquillas y las estacas también se suelen utilizar como material de plantación en programas de repoblación forestal. Una estaquilla es una pieza de corta longitud procedente de un tallo joven o de una rama que se usa para propagación, o sea, para producir una nueva planta completa al plantarla en el campo. Una estaquilla con raíces es aquella que ha sido enraizada en el vivero antes de plantarla en el campo. Las estacas son trozos largos, relativamente delgados, resultantes de cortar tallos o bien ramas completas, como las que se utilizan a veces para propagar los sauces.

Entre los árboles que se propagan con facilidad y corrientemente mediante estaquillas están los álamos, los sauces y la gmelina. Para algunas especies más difíciles de enraizar, se emplean a veces estaquillas con raíces para la repoblación forestal con el fin de suplementar existencias escasas de semillas y como medio de mejoramiento de los árboles (Brix y Van dan Driessche, 1977). Las estaquillas con raíces de Cryptomeria japonica, por ejemplo, son corrientes en Japón, y en el Oeste de Alemania y Finlandia se utilizan también estaquillas con raíces de Picea abies. En Nueva Zelanda y Australia se está llevando a cabo una amplia investigación de estaquillas con raíces de Pinus radiata, en los Estados Unidos de Pseudotsuga menziesii, en Nigeria, de Triplochiton y, en el Congo, de Eucalyptus spp.

Tamaño y calidad del material de plantación

Hay una variación considerable sobre el tamaño que se considera óptimo de la plantita para su plantación. Este tamaño es variable y depende: 1) de que las plantitas sean a raíz desnuda o cultivadas en recipiente, 2) de la especie y 3) de las características de la estación de plantación.

En general se acepta que las plantas que tienen una relación bien proporcionada entre raíz y tallo representan un buen material de plantación, pero, a menos que se cuente con unas condiciones específicas bien detalladas, es difícil definir una relación óptima entre raíz y tallo. Una relación de tipo general que esté basada en la longitud, puede variar entre 0,4 y 1,0, aunque una relación de peso entre la raíz y el tallo daría una medida de equilibrio más aproximada. El diámetro del tallo y su altura constituyen otros criterios para clasificar el material de plantación que pueden permitir el establecimiento de unos límites mínimos aceptables. Por ejemplo, en el Reino Unido los brinzales se clasifican por la altura y el diámetro, variando generalmente las coníferas a raíz desnuda de 15 a 22 cm de altura mínima y de 2,5 a 4,0 mm de diámetro mínimo del tallo (Aldous, 1972). Tales plantas se suelen usar de uno a cuatro años de edad pudiendo haber estado durante uno o dos años en los bancales de transplante o plantales. En las zonas tropicales las plantas están

listas para su plantación entre los 3 y los 12 meses. La experiencia y la investigación indican que un material de tamaño medio, por ejemplo las coníferas entre 15 y 40 cm, con el cuello de la raíz leñoso, suelen tener un nivel de supervivencia mejor que las plantas más pequeñas.

La clasificación morfológica del material de plantación debe depender en gran medida de la investigación y la experiencia local y del establecimiento de normas locales. Los estudios realizados en Estados Unidos han dado lugar a ciertas dudas sobre la conveniencia de tal clasificación morfológica como índice de supervivencia y en la actualidad se están realizando investigaciones para determinar los criterios fisiológicos y en particular la capacidad para desarrollar raíces con rapidez después de la plantación (Kozłowski, 1973).

En el caso de material de vivero en tubos o macetas, el tamaño máximo para la plantación viene determinado en gran manera por el tamaño del recipiente. Cuanto mayor es el recipiente, mayor es la planta que se puede desarrollar en él, pero el período está limitado al tiempo en que la raíz está libre de restricciones perjudiciales. En el caso de los eucaliptos en el Sudán y en Nigeria, las plantas tienen normalmente de 20 a 30 cm de altura desde el cuello de la raíz hasta el ápice. En Zambia existe la tendencia en favor de plantas de eucaliptos más pequeñas, de 10 a 15 cm de altura, y en cuanto a los pinos, se especifican 15 a 20 cm para los tubos normales y 10 a 15 cm para las mini-macetas. Las plantas muy pequeñas pueden sufrir los efectos de descalce por la helada en regiones templadas, mientras que las plantas demasiado altas corren el peligro de ser derribadas por el viento o de soltarse sus raíces del terreno, con lo que el desarrollo de éstas puede limitarse a ser inadecuado para atender a la demanda producida por la fuerte transpiración de una gran copa.

El material de plantación debe haberse fortalecido todo lo posible en el vivero antes de plantarlo, pero esto no siempre es posible con especies de crecimiento rápido como los eucaliptos.

Otro factor adicional que influye en la calidad del material de plantación es el estado de la estación de plantación. Es posible, por ejemplo, plantar con éxito plantitas más pequeñas en estaciones donde se ha realizado un laboreo de limpieza que en terrenos sin labrar cubiertos de malezas. Un sistema de deshierbe posterior de buena calidad puede compensar también un material más pequeño de plantación.

Épocas de plantación

En general la mejor época para plantar es aquella en que el suelo está mojado y libre de heladas, cuando las condiciones atmosféricas son húmedas y los índices de evaporación son mínimos y si es posible, cuando los tallos de la planta están en reposo vegetativo. Deben evitarse los días secos, soleados y ventosos. En muchas de las regiones más frías de la zona templada la mejor época de plantación es la primavera cuando las temperaturas del suelo superan los 4° a 5°C. En las regiones templadas de Australia la plantación se hace principalmente en invierno; en California, a finales del otoño, en el invierno y a principios de primavera. La plantación de primavera limita generalmente el período apropiado para la plantación a un mes aproximadamente, excepto con plantas en recipiente, con las cuales el período de plantación puede ampliarse algo. Los retrasos en la plantación, que impiden aprovechar los períodos mejores reducen los resultados favorables y los retrasos prolongados pueden dar lugar a un fracaso total.

En algunas zonas tropicales húmedas o de climas semejantes, la plantación se puede realizar durante gran parte del año, pero en otras regiones donde hay estaciones húmedas y secas pronunciadas, las operaciones de plantación deben coincidir con la iniciación del período de lluvias regulares y continuas, debiendo comenzar tan pronto como esté el suelo suficientemente húmedo. En Zambia, por ejemplo, la plantación se comienza cuando el suelo está húmedo en una profundidad de 30 cm. En el Este de Africa se ha desarrollado una fórmula para determinar la acumulación de humedad en el suelo, basada en lecturas diarias de precipitaciones y temperaturas (Griffith, 1957). En forma resumida, este método determina la pérdida diaria de humedad del suelo por evaporación y da una medida de la ganancia diaria procedente de la lluvia. Se mantiene una contabilidad de ganancias y pérdidas y cuando se

ha acumulado una cierta cantidad de humedad en el suelo, se comienza la plantación. Esta cantidad hay que calcularla para cada localidad de plantación, y depende del tipo de suelo, de la altitud, de la probabilidad local de lluvia y de las especies de árboles que se estén plantando. Tal procedimiento proporciona una mayor seguridad sobre la decisión relativa al momento de comenzar a plantar, pero necesita además tener un criterio basado en el conocimiento de la distribución de la lluvia local.

En muchas zonas de sabana el período óptimo para plantar es sólo de un mes o menos. Para conseguir realizar grandes programas de plantación en tan limitado período se necesita una considerable preparación de la planificación y un cálculo cuidadoso de las fechas probables de plantación. Por ejemplo, en Nigeria, Kowal (1975) estimó las fechas de plantación para numerosas estaciones de sabana mediante la fórmula de Penman basada en estaciones sinópticas de confianza. Programando las tareas de vivero y de preparación del terreno para las fechas planeadas, debe ser posible el adelantar o retrasar ligeramente la plantación a fin de aprovechar las condiciones climáticas realmente favorables que se produzcan alrededor de las fechas estimadas.

El uso de material de plantación en recipientes permite ampliar la época de plantación, ya que las plantas son más tolerantes a las variaciones climáticas, especialmente a los períodos secos, que las plantas a raíz desnuda. Incluso en regiones más secas la plantación puede extenderse fuera de la época normal, siempre que las plantas se mojen o se rieguen hasta que se logre su establecimiento.

Distancia entre las plantas

Como el espaciamiento entre plantas varía con numerosos requisitos que son a menudo conflictivos, la distancia elegida debe ser un compromiso entre los objetivos selvícolas y los de organización. Por ejemplo, puede ser deseable el hacer una plantación a corta distancia para lograr lo antes posible el cierre de la cubierta de copas, con la supresión consiguiente de malas hierbas y la reducción del período de deshierbe, pero si la humedad del suelo es un factor limitante en ciertas épocas del año, puede ser necesario un espaciamiento mayor para evitar que la plantación se paralice debido a una falta de humedad. La pronta ocupación de la estación por la masa establecida no sólo suprime la competencia de malas hierbas sino que también reduce el peligro de incendio en una etapa en que la masa es especialmente vulnerable. No obstante, aunque una plantación cerrada produce un cierre temprano de la cubierta de copas, también puede ocasionar la necesidad de realizar pronto claras cuyos productos no son comerciales.

Algunos factores que influyen en la elección de las distancias de plantación son los siguientes:

- 1) La tasa de crecimiento de la especie plantada. Se tiende a plantar las de crecimiento más lento con espaciamientos menores que las especies de crecimiento más rápido, y por esta razón las distancias en los trópicos tienden a ser mayores que en las regiones templadas.
- 2) La forma de desarrollo de las especies plantadas. Algunas especies tienen una forma muy ramosa y deben plantarse a corta distancia para ayudar a la formación de un tronco principal bien definido. Otras especies, incluyendo muchas de las tropicales, se podan naturalmente por lo cual pueden plantarse a mayores distancias.
- 3) Los peligros que representa la competencia de las malezas. A pesar de que un menor espaciamiento reduce el tiempo de cierre de la cubierta de copas, puede también aumentar las dificultades y costos del deshierbe. El deshierbe mecanizado exige una distancia suficiente entre las hileras de árboles para permitir el paso de un tractor con su apero. Se considera necesaria una distancia mínima de 2,8 m. entre hileras para que el deshierbe sea mecanizado.

- 4) La disponibilidad de nutrientes y humedad en el suelo. En suelos poco profundos, o en estaciones con frecuentes afloramientos rocosos, el espaciamiento tenderá a ser mayor, dejando más espacio para el desarrollo de las raíces o puede ser irregular para adaptarse a la distribución de las depresiones formadas entre rocas. En zonas áridas, la humedad del suelo suele ser un factor limitante siendo la práctica general el emplear espaciamientos bastante distanciados, especialmente cuando se suele realizar el laboreo entre hileras para ayudar a la retención del agua de lluvia.
- 5) La influencia de los trabajos de drenaje o de riego. La disposición de las zanjias en suelos húmedos o de los canales de riego en las plantaciones con riego puede influir también en el espaciamiento de las líneas de plantación. Por ejemplo, en las plantaciones establecidas en turberas, donde los árboles se plantan a lo largo de los caballones formados por los arados de drenaje, el espaciamiento y la disposición del drenaje tienen que estar coordinados.
- 6) Sistema futuro de ordenación. Si la política que se sigue es la de reducir el número de claras tempranas cuyos productos no suelen ser comerciales, se recomienda un mayor espaciamiento, al igual que con las plantaciones de coníferas tropicales de crecimiento rápido, en las cuales se retrasa el cierre de la cubierta de copas a fin de estimular el incremento en diámetro. Los costos de realizar una poda alta de los pies que se dejan para la corta final significan un gasto adicional. Por el contrario, puede adoptarse un espaciamiento menor cuando el objetivo de la ordenación es la producción de postes de pequeño diámetro o de madera para pasta. En los bosques altos tropicales donde se realizan cortas se han adoptado espaciamientos amplios entre las líneas de plantación coincidiendo más o menos con el espaciamiento de la corta final, dejando bandas intermedias de regeneración natural y en las plantaciones taungya el espaciamiento de la masa tiene que ser suficiente para que el agricultor pueda realizar su cultivo durante un período razonable.
- 7) Aspectos financieros. Los costos de las plantas y de la mano de obra tienden a aumentar cuando disminuyen las distancias de plantación, mientras que los costos de deshierbe tienden a aumentar cuando las distancias de plantación aumentan.

Organización de las operaciones de plantación

Trazado general

La disposición general de toda la zona de plantación, con las subdivisiones, caminos, senderos y desagües programados, tendrán que representarse en los planos de plantación, tal como se señala en el Capítulo 6 sobre planificación de la plantación.

La superficie que se proyecta plantar en un año determinado deberá estar normalmente lista para plantar antes de la fecha estimada para esta operación. Los tramos se trazarán y delimitarán mediante carreteras, caminos, senderos o cortafuegos. Todas las esquinas y puntos de intersección deben indicarse mediante señales claramente visibles, y más o menos permanentes. Una circunstancia importante es que debe haber en la zona de plantación suficientes carreteras utilizables en todo tiempo para poder realizar el transporte de plantas y el acceso de la mano de obra para ejecutar la plantación y las operaciones subsiguientes. Cuando se planifican operaciones mecanizadas, como el deshierbe, debe dejarse espacio suficiente para que el tractor pueda dar vuelta, no necesariamente al final de cada tramo, sino en aquel límite que pueda servir como final de los recorridos de deshierbe.

Marcación para la plantación

Con la posible excepción de las plantaciones en terrenos montañosos, donde se necesitan trabajos de conservación de suelos siguiendo curvas de nivel, la plantación debe hacerse, en lo posible, en líneas rectas. Esta medida tiene principalmente por objeto facilitar las operaciones de deshierbe después de la plantación, siendo igualmente importante, cualquiera que sea el método que se aplique para ello, que puede ser manual, mecánico o químico. Las plantas que están sin alinear (y que a menudo quedan tapadas por la maleza) están más expuestas a que se las corte o dane durante el deshierbe. El mantenimiento de las líneas rectas no tiene las mismas consecuencias cuando no existe deshierbe posterior.

Salvo cuesta arriba o cuesta abajo de la ladera, no es posible la plantación en línea recta en terrenos inclinados, en los cuales los trabajos de conservación del suelo o del agua, siguiendo curvas de nivel, forman parte de la preparación de la estación. En tales estaciones las líneas de plantación siguen normalmente la dirección de los bancales, terrazas o caballones que van por curvas de nivel.

Hay muchas variaciones en la marcación de las líneas de plantación pero en las plantaciones en línea recta el sistema más corriente es el de cuadrados. Comenzando en un vértice de un tramo y usando una brújula o una escuadra de agrimensor, se trazan y marcan los vértices de un cuadrado exacto. Los lados de este cuadrado tendrán la longitud de la cadena de plantación y serán un múltiple exacto de la distancia de plantación. Las cadenas de plantación se marcan con el espaciamiento entre plantas teniendo por lo general una longitud de 30 a 80 m. Partiendo de las marcas externas del cuadrado original, se trazan dos líneas-base formando ángulos rectos y se colocan piquetes en el terreno en el extremo de la longitud de cada cadena de plantación. Volviendo al punto inicial, y empleando la cadena, se marcan los vértices de otros cuadrados a partir de los piquetes originales, hasta que queda cuadrícula toda la zona. Los tramos adyacentes deben tener sus marcaciones alineadas con la del tramo primero para facilitar las operaciones subsiguientes. Es importante realizar comprobaciones periódicas a fin de asegurarse de que la distancia entre piquetes se mantiene con precisión. Las cadenas deben comprobarse durante la operación para ver si se producen estiramientos. En los bordes irregulares de los tramos, con secciones de menos longitud que la cadena que se emplee, debe colocarse un piquete en la última marca de plantación que quede dentro de la zona a plantar. Cuando se prevé la realización de deshierbe mecanizado, las líneas-base deben dejar un margen de 2 m o más entre el borde de la carretera y la línea de plantación para poder realizar el deshierbe. Este sistema de cuadrícula suele bastar para el ahoyado o las operaciones de plantación subsiguientes, pero en algunas zonas la cadena de plantación con sus marcas se emplea también para marcar el espaciamiento de las plantas entre los lados opuestos de cada cuadrado.

Otro método de marcación consiste en el empleo de un tractor ligero provisto de un larguero con púas a intervalos determinados que van abriendo en el suelo surcos paralelos que indican la posición de las líneas de plantación. Cuando se repite en ángulo recto, las intersecciones marcan los puntos de plantación. Este método depende de la habilidad del tractorista para mantenerse en la dirección correcta indicada por la guía que le sirve de punto de mira y solo es posible en superficies relativamente llanas y sin obstáculos. Análogamente, cuando se realiza un subsolado durante los trabajos de preparación, las líneas de plantación corresponden a los surcos que hacen los dentones del subsolador o están próximas a ellos.

Cuando se prescribe el laboreo cruzado o el deshierbe mediante tractor con su apero como trabajo cultural después de la plantación, es importante asegurarse de que las estaquillas de plantación siguen líneas rectas en ambas direcciones.

Cuando se programa métodos de plantación en hoyos, estos pueden abrirse a continuación de la marcación o en el momento de plantar. Cuando se utilizan los métodos de plantación a golpe es corriente que los plantadores midan a pasos las distancias a medida que colocan las plantas, siendo capaz un plantador experimentado de mantener a ojo la línea de plantación. Sin embargo, es posible cometer errores cuando el plantador es descuidado o está cansado, de modo que cuando se decida realizar trabajos culturales entre hileras por medios mecánicos siempre es aconsejable tomarse la molestia de estaquillar las líneas de plantación.

Organización del trabajo de plantación

La secuencia de todas las operaciones que preceden a la verdadera labor de plantación debe ser programada en el tiempo de tal modo que la plantación pueda comenzar tan pronto como sean satisfactorias las condiciones de la estación. Si como ya se ha indicado, la temporada de plantación es relativamente corta, viene a ser importante el garantizar que se distribuya suficiente cantidad de material de plantación en depósitos fácilmente accesibles desde la zona de plantación.

El éxito o fracaso de una plantación depende en gran medida de la habilidad de los plantadores. Si no se dispone de personal capacitado para este trabajo, es aconsejable realizar su adiestramiento antes de comenzar la plantación.

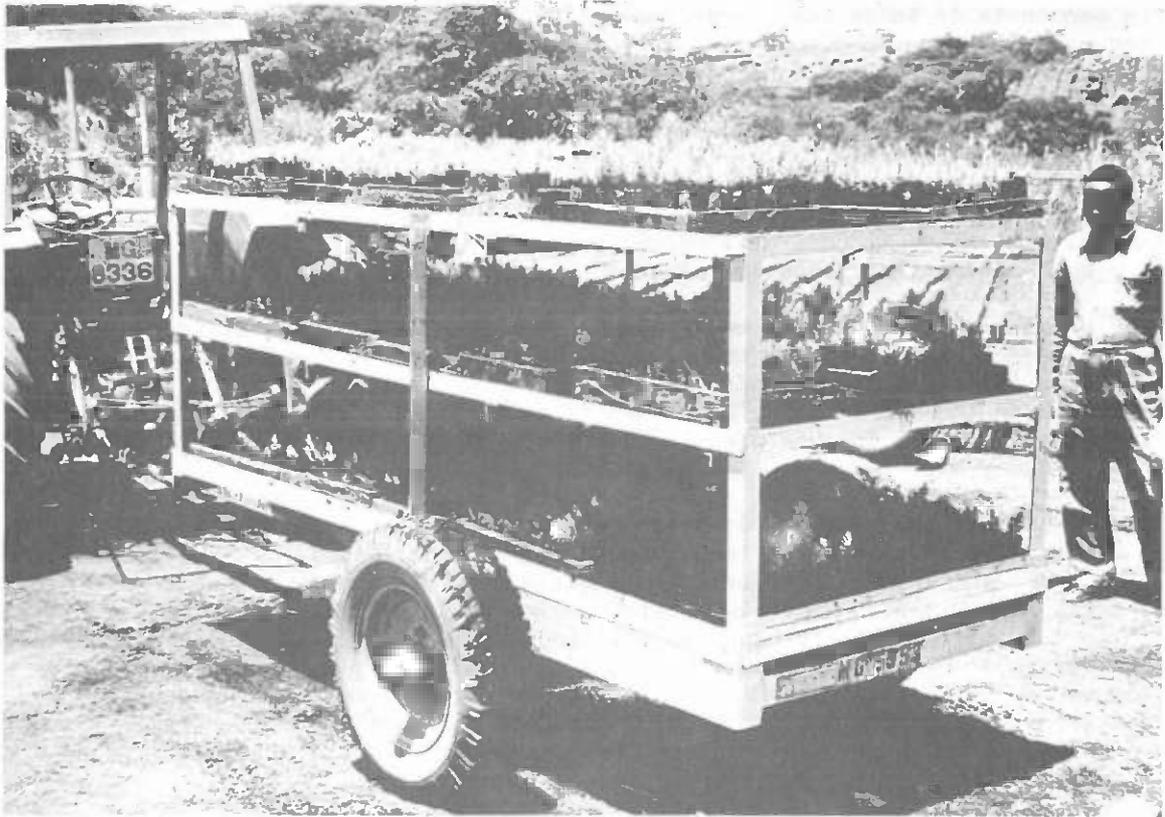
El forestal o el supervisor encargado de la operación debe garantizar que las remesas de plantas procedentes de los viveros lleguen en cantidades que permitan que las cuadrillas de plantación estén siempre ocupadas. Para ello es necesario conocer 1) el ritmo promedio de plantación de la mano de obra, 2) el método de plantación utilizado, 3) el tamaño y el tipo de plantas (a raíz desnuda o en recipientes), 4) el tipo de terreno y de suelo y 5) la habilidad y experiencia de los plantadores.

Como el material de plantación puede deteriorarse debido a su exposición a la intemperie, el forestal debe calcular las entregas de modo que el material se plante el mismo día que se entrega, aunque, por lo general, hay que contar con un pequeño remanente para hacer frente a los imprevistos. Todo el material que no ha de utilizarse inmediatamente para la plantación debe protegerse contra la exposición a la intemperie cubriéndolo con tierra, cuando se trate de plantas de raíz desnuda, o colocando las plantas con recipientes o con cepellón en depósitos donde las plantas pueden estar a la sombra y humedecerse. Las raíces de todas las plantas deben mantenerse bien húmedas. La posibilidad de tratar los tallos o las raíces del material de plantación con productos químicos antitranspirantes es una materia que se está investigando y ensayando en muchos países.

En casos excepcionales, por ejemplo cuando las plantas de vivero han de entregarse en el lugar de plantación antes de que la nieve bloquee las comunicaciones por carretera, debe estudiarse la conveniencia de establecer viveros temporales de almacenamiento.

Los medios para la distribución del material de plantación desde el punto principal de descarga o de entrega hasta las zonas en que se realiza la plantación, dependen en gran parte del terreno, de la disponibilidad de medios de transporte y del tipo de plantas. Los manojos de plantas de raíz desnuda pueden ser transportados al lugar de plantación por hombres, por transporte animal o por vehículos de doble tracción, dependiendo del terreno. Las plantas son recogidas a continuación por los plantadores que rellenan sus sacos o recipientes en los depósitos de material espaciados a cortos intervalos dentro de la zona de plantación asignada a cada día.

Las plantas en recipientes se despachan normalmente envasadas desde el vivero en bandejas o cajas de madera de dimensiones normales convenientemente manipuladas y transportadas por un solo trabajador. El número de plantas por recipiente también se puede acoplar convenientemente con el número de plantas necesarias entre los piquetes del cuadrulado. Las bandejas se cargan en remolques de tractor para su transporte a las zonas de plantación, o en terrenos muy inclinados donde se utilizan el transporte animal, en bastes diseñados especialmente. Las bandejas se descargan a intervalos siguiendo las líneas de plantación antes de la llegada de las cuadrillas de plantadores. La capacidad de transporte de los camiones y remolques puede aumentarse mucho si se les equipa con dispositivos especiales que permitan que las bandejas puedan colocarse en varios pisos.



Se pueden construir remolques de tractor de varios pisos y de distintos tamaños para el transporte de las plantitas o brinzales desde el vivero a las estaciones de plantación. El remolque de pequeña capacidad que se muestra aquí es adecuado para plantar zonas pequeñas cerca del vivero y para las plantaciones de reposición; para zonas más extensas, se puede lograr una mayor eficiencia de transporte usando remolques mayores. (Cortesía de D.A. Harcharik).

Métodos de plantación

El prestar la atención conveniente a los detalles de la plantación tiene con frecuencia mayor importancia que el método mismo. Ya se ha indicado (Wakely, 1954) que la profundidad de la plantación y el cierre apropiado del agujero de plantación son los factores más decisivos que influyen en la supervivencia.

Plantación manual

Las dos técnicas manuales más importantes son la plantación a golpe y la plantación en hoyos. La plantación a golpe se utiliza únicamente con plantas a raíz desnuda. En su forma más sencilla consiste en hacer una ramura en el suelo con una pala o un pico, ampliar dicha ramura lo suficiente para poder insertar las raíces de la planta y finalmente cerrarla apretando con el pie o con el tacón. Las variaciones consisten en hacer la ramura en forma de T o en forma de cruz (+). Ambas necesitan una ramura doble, lo que lleva más tiempo, a menos que se utilice una herramienta especial, pero las raíces de la planta se pueden extender mejor que con una sola ramura en la que tienden las raíces a situarse en un plano. Cuando la plantación se realiza en césped o en caballones y montículos de turba, la ramura debe penetrar en el caballón tan sólo hasta la capa original del suelo, pues la experiencia indica que los porcentajes de supervivencia son menos satisfactorios si las raíces se colocan a una profundidad mayor.

El sistema de punzón es una variante de la plantación a golpe, en el cual se introduce una barra de plantación o estaca con punzón en el terreno para hacer una ramura dentro de la cual se inserta la planta y se afirma golpeando con la barra alrededor de la planta y nivelando un poco el suelo contra ella. El método del punzón se usa principalmente con material de plantación a raíz desnuda, con estaquillas sin raíces, con estacas, y a veces con tocones.

Las plantas de vivero con cepellón o en recipientes sólo pueden plantarse en hoyos, que son con gran frecuencia de dimensiones mucho mayores que el cepellón o el recipiente. Se ha afirmado que con hoyos mayores pueden obtenerse resultados favorables en estaciones sin labrar debido a que proporcionan una zona mayor para la penetración rápida de la raíz. Sin embargo, en general, suele ser suficiente un hoyo que permita acomodar con facilidad las raíces de la plantita.



Para plantitas desarrolladas en recipientes, el cavado manual del agujero de plantación es la técnica corriente. Un azadón, como el que aparece en la figura utilizándose cerca de Ain Beida, en Argelia es una herramienta apropiada (Foto de la FAO).

Los hoyos se suelen cavar con distintos tipos de pala o con un zapapico de hoja ancha, manteniendo la capa superior del suelo separada del subsuelo para poder utilizarla al comenzar a rellenar el hoyo en el momento de plantar. En algunos países los hoyos se cavan varios meses antes de la plantación a fin de que los residuos y los lados externos del hoyo se humedezcan con la lluvia. En las estaciones que ya han sido aradas esta medida no es tan necesaria, excavándose los hoyos inmediatamente antes o al mismo tiempo de la plantación.

Los hoyos también pueden excavarse mediante perforadora o barrenas de acción mecánica que se llevan a mano o montadas sobre tractor; en este último caso van accionadas mediante una toma de fuerza. Las barrenas montadas sobre tractor pueden cavar a una velocidad 10 veces mayor que un hombre, pero sólo pueden trabajar en zonas llanas, y su funcionamiento es costoso. Sin embargo, las perforadoras montadas sobre tractor son muy convenientes para plantar álamos y otras plantas análogas de gran longitud, que exigen agujeros profundos (0,5 m o más). Un inconveniente de las perforadoras mecanizadas es el peligro de endurecer o compactar las paredes laterales de los hoyos de plantación.

Todos los tipos de material de plantación pueden plantarse en hoyos. Cuando se emplean plantas a raíz desnuda, se sostiene la planta en el hoyo de tal modo que quede colocada a la misma profundidad o a lo sumo 3 cm más honda que el nivel en que se desarrolló en el vivero, y que las raíces se puedan extender libremente. Empleando la otra mano, se llena la mitad del hoyo y se aprieta con suelo húmedo; a continuación el resto del hoyo se llena, se aprieta y se consolida. Al final de la operación la tierra del hoyo debe quedar a nivel o ligeramente más elevada que la superficie del terreno a fin de dejar que la tierra se hunda después de la lluvia o de humedecerla. Por esta razón es normal enterrar el cuello de la raíz unos pocos centímetros, de modo que después de la consolidación permanezca en la superficie del terreno o cerca de ella. Si se expone a la intemperie el cuello de la raíz, puede ponerse en peligro la supervivencia. En regiones secas es corriente no llenar el hoyo hasta el nivel del terreno, de modo que quede una depresión para recoger el agua de lluvia o el rocío, pero en suelos pesados, con niveles reducidos de percolación, tales depresiones pueden mantener el agua durante varias semanas, ocasionando un encharcamiento localizado que da como resultado la muerte de la planta.

La plantación profunda, en la cual la planta queda casi completamente enterrada, dejando al descubierto sólo la punta del tallo, se practica en zonas áridas sobre suelos de arenas movedizas o de textura suelta en los que las capas superficiales del suelo pueden secarse del todo durante el verano. Tales suelos presentan con frecuencia un estrato húmedo debajo de la zona de succión capilar (capa a que asciende el agua del suelo por capilaridad), en el cual deben plantarse las raíces.

Cuando se trata de plantar material en recipientes, se hace un hoyo ligeramente mayor que el recipiente con un desplantador, un punzón o un zapapico. Suele ser necesario extraer la planta del recipiente o bien rajar o cortar éste antes de plantar. Para la extracción completa de un tubo de polietileno, se utiliza un cuchillo o una navaja para rajar el tubo, se desgarran el fondo y el resto del tubo se desprende al colocar la plantita en el hoyo. La extracción parcial del tubo es similar excepto que se dejan unos 7 cm aproximadamente de la parte superior del tubo alrededor del cilindro de tierra. Esto forma una especie de cuello, del cual se dejan unos 3 cm por encima del terreno después de plantar. Este sistema es corriente en zonas donde existe el problema de las termitas, como en las sabanas africanas. La finalidad de dejar el cuello, es el evitar que la tierra del sitio cubra la tierra del tubo, tratada con insecticida, durante el deshierbe. Tal tierra, sin tratar, puede servir de puente para que las termitas ataquen a las especies sensibles. Una vez que la plantita está en el hoyo, la tierra excavada se emplea para llenar todos los huecos o agujeros y la planta se afirma fuertemente mediante presión con el pie.

La tierra situada alrededor de cualquier material recién plantado debe afirmarse pisotéandola a fin de evitar que se formen grandes espacios de aire en el terreno y para que la tierra esté en estrecho contacto con las raíces. El afirmado disminuye también el daño ocasionado por el viento que puede sacudir la planta y perturbar las raíces durante el período entre la plantación y la consolidación del suelo. Un material de plantación muy alto corre mucho más riesgo de daños por el viento, y cuando éste es problema puede ser necesario el clavar estacas de madera firmemente en el terreno junto a la planta y atar el tallo a las estacas. Es una práctica corriente el colocar estacas junto a los álamos recién plantados, que son con frecuencia de 2 a 3 m de altura.

Plantación mecánica

Las máquinas plantadoras se utilizan en la actualidad sobre todo con plantas a raíz desnuda. Si están bien ajustadas y se utilizan correctamente suelen dar una buena supervivencia, se reduce al mínimo la distorsión de las raíces y cubren rápidamente el terreno (hasta 12 000 plantas diarias y más por máquina), pero sólo se pueden utilizar económicamente en grandes superficies, estando limitadas por la topografía y la vegetación. Manejando principalmente planta a raíz desnuda, la plantación mecánica está limitada sobre todo a los climas templados, pero se están realizando investigaciones y trabajos para desarrollar máquinas plantadoras para plantas con recipiente pequeño y otras máquinas para estacas o estaquillas de álamo.

Las máquinas de plantar van montadas en un tractor o remolcadas por éste. Las plantadoras remolcadas son las de utilización más extendida, pero las que van montadas, que son de mayor peso, tienden a ser más eficaces para sitios difíciles y terrenos en pendiente. Las operaciones principales de la máquina son: 1) ejecución de un corte vertical en el terreno, 2) apertura del corte para recibir la plantita, y 3) cierre del corte y afirmado del suelo alrededor de la planta. Estas operaciones básicas pueden suplementarse con dispositivos para extraer la vegetación, con rociadores de agua o sistemas de fertilización o con un contador para lograr un espaciamento más exacto de las plantas. El corte vertical puede hacerse mediante el borde de un cuchillo o la reja de un arado pero la herramienta más corriente es un disco recto o un disco curvo de arado, que tiene la ventaja de reducir la potencia de arrastre necesaria, de saltar sobre los obstáculos y de cortar con facilidad



La mayoría de las máquinas plantadoras, como ésta que funciona en los EE.UU., están diseñadas para manejar plantitas a raíz desnuda. Se están desarrollando actualmente plantadoras mecánicas que pueden trabajar con plantas en recipientes. (Cortesía de K.P. Karamchandani)

la mayoría de los suelos. El dispositivo de apertura o "zapato de plantación" consiste en una pieza ramurada de chapa de acero, con el borde delantero apuntado, diseñada para introducirse en el corte y con la parte de atrás abierta para dejar que la plantita pase por ella. Un operario, en un asiento o soporte situado detrás del disco de la reja, va colocando plantitas en el "zapato de plantación" a la distancia necesaria. La operación final de cerrar la ramura se logra mediante dos ruedas giratorias inclinadas, equipadas normalmente con ruedas neumáticas. El material de plantación se lleva en bastidores sobre la máquina fácilmente accesibles al maquinista, tomándose las debidas precauciones para evitar que se sequen las plantitas.



Se pueden lograr altos índices de productividad mediante la plantación mecánica en zonas de terreno llano y con pocos obstáculos, como estos terrenos de pastizal de Venezuela que se están convirtiendo en plantaciones de Pinus caribaea. (Cortesía de B.J. Zobel)

Plantación de reposición

Plantación de reposición, de "relleno" o "de golpes" son términos utilizados para la sustitución de las plantas muertas en una plantación de creación reciente. En toda plantación debe aspirarse a no tener que hacer ninguna reposición, pero inevitablemente hay fallos debidos a factores tales como la plantación defectuosa, la sequía, la helada, o la rotura de las plantas. Cuando se producen muertes, es necesario evaluar la plantación a fin de determinar si los árboles que quedan son suficientes para establecer una masa satisfactoria. El momento de realizar un muestreo para la plantación de reposición, está generalmente relacionado con los ritmos de crecimiento, estando, en el caso de especies de crecimiento rápido, entre unas semanas y unos pocos meses después de la plantación, mientras que para especies de crecimiento lento resulta adecuado de seis meses a un año y a veces más después de la plantación.

El concepto de supervivencia satisfactoria varía entre distintas regiones. Por ejemplo, en California, en plantaciones de pino de madera de construcción, con espaciamento de 3 m x 3m, una supervivencia del 46% a los cinco años constituye una masa aceptable. Sin embargo, ésta es una norma mínima, siendo de desear una supervivencia con mayor densidad (Schubert y Adams, 1971). En la sabana nigeriana, es deseable una supervivencia del 90% para eucaliptos y pinos plantados a 3 m x 3 m, pero cuando ésta baja del 80% hay que hacer una evaluación para determinar si es necesaria una plantación de reposición o una nueva plantación total. Con una mortalidad elevada puede ocurrir que no se logre la finalidad de ocupar la estación y una fuerte competencia de las malezas puede tener un efecto adicional negativo sobre los árboles que quedan, motivando un riesgo inaceptable de incendios. En Gran Bretaña rara vez se considera que merece retocar una plantación si la supervivencia es del 80% o mayor.

La distribución de las bajas puede influir también sobre la necesidad de una plantación de reposición. Por ejemplo cuando los fallos están distribuidos uniformemente las cifras medias de supervivencia pueden ser aceptables, pudiendo no ser éste el caso cuando las muertes tienen lugar por grupos o manchas. Para que sea eficaz, la plantación de reposición debe realizarse lo antes posible después de la plantación y excepcionalmente después de un año, incluso con especies de crecimiento lento. En consecuencia es importante llevar a cabo esta operación con bastante cuidado y con plantas de gran calidad, por lo menos igual a la del material original.

Los fallos graves, aunque a veces pueden atribuirse a condiciones climáticas insólitas, se deben con frecuencia a errores de apreciación o técnicas durante el proceso de establecimiento, por ejemplo la selección equivocada de la estación o de la especie, la preparación inadecuada de la estación, el uso de un material de plantación de mala calidad, una manipulación descuidada, el exceso de exposición a la intemperie durante el transporte, una plantación defectuosa, ataques de plagas o depredadores o bien un descuido en las operaciones de mantenimiento. Cualquier fracaso grave requiere una investigación minuciosa para determinar las causas posibles de modo que pueda ponerse remedio en el futuro y antes de cualquier plantación de reposición.

Fertilizantes y micorrizas

Estado del suelo en lo que respecta a nutrientes

Los árboles, como las demás plantas, requieren que el suelo contenga en cantidades suficientes los trece elementos que son esenciales para un crecimiento sano y vigoroso. Estos elementos son los macrom nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y azufre; y los microm nutrientes u oligoelementos: boro, cobre, hierro, zinc, manganeso, molibdeno y cloro. Un crecimiento sin vigor e incluso la falta de crecimiento puede indicar carencia de uno o más de estos nutrientes, aunque un crecimiento insuficiente puede deberse a otras causas, entre ellas las siguientes:

- 1) Exceso o deficiencia de humedad en el suelo.
- 2) Aireación inadecuada del suelo.
- 3) Estado patológico (debido al ataque de insectos, hongos, bacterias, virus o nemátodos), o
- 4) Condiciones del suelo que inactivan la flora o la fauna del suelo.

Si se sospecha que la deficiencia de nutrientes en el suelo es el factor que ocasiona el crecimiento insuficiente, hay que analizar el suelo para descubrir cuáles son los elementos que faltan. El análisis foliar es otra técnica de diagnóstico que se está utilizando con más frecuencia. Los ensayos locales en el campo deben confirmar la composición y cantidad de fertilizante que se necesita para corregir la deficiencia y producir un crecimiento sano así como los métodos y épocas de aplicación.

Los elementos que suelen ser más deficientes son el fósforo y el nitrógeno, y en experimentos en que se añadieron estos elementos se obtuvieron casi siempre aumentos de crecimiento. Sin embargo, los fertilizantes nitrogenados a falta del fósforo necesario, ya sea en el suelo o en el fertilizante, han sido a veces perjudiciales e incluso con suficiente fósforo no siempre dan resultados positivos, a menos que haya habido la lluvia adecuada, prevaleciendo generalmente las condiciones de humedad. Parece que el potasio es raro que dé respuestas positivas. En zonas secas la aplicación de fertilizantes ocasiona a veces un aumento de mortalidad en zonas de reciente plantación, debido posiblemente a las elevadas concentraciones de las sales del fertilizante en la disolución del suelo, si no cae la lluvia adecuada. El daño peor se suele producir después de una lluvia ligera seguida de un período seco. Cuando las lluvias en la época de plantación son poco seguras, puede ser aconsejable el retrasar la aplicación de fertilizante hasta que se hayan afirmado las lluvias y no exista el peligro de que se seque el suelo (Laurie, 1974).

Aplicación de fertilizantes

Las principales razones para aplicar fertilizantes son:

- 1) Hacer posible la plantación y el desarrollo de los árboles elegidos en estaciones en que no se logra el desarrollo adecuado de los árboles debido a una falta general de fertilidad o a deficiencias específicas de nutrientes, y
- 2) Acelerar el ritmo de crecimiento de los árboles después de su plantación, aumentando las probabilidades de supervivencia y acortando la fase de establecimiento.

Los avances logrados por la ciencia y la tecnología de la fertilización forestal han sido bastante rápidos durante los últimos 20 años. El descubrimiento de deficiencias de fósforo y nitrógeno en los suelos de extensas zonas de plantación ha sido afrontado con prontitud y eficacia mediante la aplicación de la tecnología de fertilizantes adaptada de la agricultura (Bengston, 1973). Se han desarrollado y se siguen desarrollando tipos de fertilizantes de fósforo y nitrógeno adecuados para situaciones forestales específicas.

Es importante la época de aplicación del fertilizante. Con algunas especies y tipos de suelos puede ser beneficiosa la adición de fertilizantes en el momento de plantar o poco tiempo después; en otros casos, los fertilizantes se aplican años después de la plantación. Se han llevado a cabo numerosos experimentos sobre fertilizantes, a menudo con resultados conflictivos. Quizás esto sea lógico teniendo en cuenta la gran variedad de suelos y de especies, siendo difícil formular recomendaciones de carácter general ya sea en cuanto a especies o a recomendaciones.

La aplicación del fertilizante se hace frecuentemente a mano, pero se ha desarrollado una amplia variedad de equipos especialmente para aplicación en gran escala. Las distintas clases de equipos incluyen:

- 1) Distribuidores montados sobre tractor que utilizan sopladores de aire o distribuidores mecánicos para distribuir los fertilizantes y la cal.
- 2) Aplicadores montados sobre tractor que pueden medir y aplicar selectivamente los fertilizantes al mismo tiempo que se prepara la estación o al realizar las operaciones de plantación, y
- 3) Aplicación aérea mediante avionetas de ala fija o helicópteros.

La aplicación aérea es excelente para grandes superficies. La técnica ha avanzado rápidamente mediante el desarrollo de depósitos especiales de distribución o recipientes que se pueden acoplar y cambiar rápidamente. Sin embargo, desde 1974, la rápida subida de los costes de los fertilizantes han estimulado nuevas investigaciones y trabajos sobre equipos y técnicas que tienden a economizar las cantidades de fertilizante utilizadas mediante una colocación más precisa.

Reacción de los árboles a los fertilizantes

La aplicación de fertilizantes para remediar condiciones de deficiencia puede con frecuencia producir resultados notables. Por ejemplo, en muchas zonas de sabana, los eucaliptos, y en especial el Eucalyptus grandis, se ha encontrado que son muy sensibles a una fertilidad reducida, especialmente a la deficiencia de boro. Los síntomas de la deficiencia de boro son la deformación de las hojas, una notable muerte regresiva durante la estación seca y con frecuencia la muerte definitiva. Los experimentos realizados en Zambia, Nigeria, y otros lugares han confirmado la necesidad de aplicar fertilizante con boro en tales áreas, aplicándose en Zambia elevadas cantidades de borato, de 57 a 144 gr por planta (14%), dependiendo la cantidad de la estación. Las masas deficientes en boro no producen rendimientos comerciales mientras que el E. grandis con borato alcanza con frecuencia un incremento medio anual de más de 25 m³/ha.

Se han hecho muchos trabajos sobre la aplicación de fertilizantes a los pinos, especialmente fosfatos (Waring, 1973), y algunos de sus resultados son de aplicación bastante general. Con el P. radiata en Australia se encontró que para lograr la máxima producción es necesario fertilizar en el momento de la plantación y controlar las malezas. La primera reacción al fertilizante era aún evidente al cerrarse la cubierta de copas y aumentaba con el tiempo hasta 25 años por lo menos sin ningún estímulo adicional. El retraso de la aplicación del fertilizante puede reducir apreciablemente la productividad. La cantidad, la época y el tipo de fertilización, la clase y la calidad de preparación de la estación y el grado de control de las malezas están interrelacionados para influir en la reacción inicial y en la producción total consiguiente. La combinación óptima de estos diversos factores ofrece para una buena ordenación la oportunidad de lograr el incremento máximo. En Nigeria se encontró que una aplicación de 114 gr de fosfato aumentaba tanto la supervivencia como el crecimiento del P. caribaea (Jackson, 1974), y en el Oeste de Australia los fertilizantes de zinc mejoraron el crecimiento de las plantaciones de P. pinaster.

La deficiencia de nitrógeno es un factor limitante en algunas estaciones, con frecuencia en campos abandonados y degradados o en zonas con arenas movedizas. La adición de fertilizantes compuestos ricos en nitrógeno, urea o estiércoles orgánicos, es necesaria para conseguir un buen desarrollo inicial de los árboles en tales estaciones. Existe, sin embargo, el peligro de ocasionar un exceso de acidez en ciertos suelos por la aplicación excesiva de urea u otros fertilizantes nitrogenados. A veces se desarrollan plantaciones de árboles fijadores de nitrógeno, como los alisos (Alnus spp.), y muchas especies de leguminosas, ya sea como plantaciones pioneras iniciales o como un piso inferior mezclado con la masa arbolada principal. La alfalfa y otras leguminosas herbáceas, desarrolladas como fertilizante verde, pueden emplearse para aumentar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Micorrizas

La mayoría de los árboles forestales tienen hongos micorrícicos asociados con sus raíces y se piensa que los árboles no medrarían si no se desarrolla una simbiosis satisfactoria con una o más clases de micorrizas. Como resultado de ello, se ha extendido el sistema de inocular los suelos de viveros con tierra de bosque o de plantaciones infectada por micorrizas. Se tienen informes de Africa Oriental y de América Latina sobre ciertas plantaciones de pinos tropicales que no crecían y que han recuperado su salud y vigor después de inoculaciones con suelos procedentes de áreas donde el pino es indígena o se ha establecido bien. Muchas especies de Araucaria tienen fama de no crecer como exóticas si el suelo no contiene las formas ectotróficas y endotróficas de las micorrizas que están normalmente asociadas con sus raíces.

En investigaciones recientes se ha demostrado que en suelos muy fértiles las raíces de los árboles tienden a mantener una asociación mucho más limitada con las micorrizas o incluso ninguna; de acuerdo con ello, parece ser que la aplicación de fertilizantes reduce también la dependencia de los árboles respecto de los simbiosistas. Todavía no se ha llegado a determinar si la asociación con micorrizas es esencial para el desarrollo de los árboles o si éstos crean tal asociación como sistema para aumentar la disponibilidad de nutrientes en las estaciones menos fértiles. En años recientes, gran parte de la investigación se ha dedicado

a comparar los efectos de distintas especies de hongos formadores de micorrizas, habiendo obtenido frecuentes éxitos. Por ejemplo, Marx y Bryan (1975) han demostrado que los brinzales de Pinus taeda inoculados con Pisolithus tinctorius se desarrollan en estaciones difíciles, de poca fertilidad y deterioradas, con temperaturas periódicas elevadas en el suelo, mejor que los brinzales inoculados con Telephora terrestris, que es el hongo más común y característico de los viveros de pino del sudeste de los Estados Unidos. El P. tinctorius es prometedor también como inóculo del pino adecuado para temperaturas tropicales elevadas; en Nigeria, Momoh y otros (1977) descubrieron que era capaz de soportar mayores temperaturas que el Rhizopogon luteolus, que es el hongo micorrícico que se utiliza generalmente.

CUIDADOS CULTURALES

Los cuidados culturales son los necesarios para crear unas condiciones favorables para la supervivencia de las plantas después de la plantación y para estimular un crecimiento sano y vigoroso hasta que la plantación quede bien establecida. En la mayoría de las estaciones de plantación, los cuidados culturales protenden, sobre todo, evitar que las plantas sean dominadas por la competencia de la vegetación de malezas. Otros trabajos culturales consisten en el humedecimiento o riego de las plantas en zonas secas; en algunos casos puede ser necesaria también la poda o la conformación del árbol.

Deshierbe

El deshierbe de las plantaciones puede definirse de modo general como una operación cultural que elimina o suprime aquella vegetación indeseable que, si no se tomasen medidas, impediría el crecimiento de la plantación forestal. Las malezas compiten con el repoblado respecto a la luz, el agua y los nutrientes, y el deshierbe debe aumentar la disponibilidad de todos estos elementos que son decisivos para el nuevo bosque. El principal objetivo del deshierbe es estimular el crecimiento y desarrollo de la plantación manteniendo al propio tiempo los costos de la operación dentro de unos límites aceptables.

El principal factor que influye en la intensidad y duración del deshierbe es la interacción entre el repoblado y las malezas. En algunos sitios el repoblado llegaría con el tiempo a crecer entre las malezas, dominando la estación y llegando a estar firmemente establecido; en tales estaciones, la principal función del deshierbe es aumentar la uniformidad del repoblado y acelerar el proceso de su establecimiento. En otras estaciones, el tipo o la densidad de las malezas que se desarrollan es tal que en la primera etapa de la plantación ahogarían y matarían algunos de los árboles plantados o todos ellos. En tales áreas la principal finalidad del deshierbe es reducir la mortalidad y mantener una densidad adecuada de los árboles que se establecen. Cuando se logre determinar y comprender la interacción entre el repoblado forestal y el desarrollo de las malezas, la ordenación de la plantación contará con el conocimiento de los principios generales del deshierbe y sobre las opciones referentes a su frecuencia y duración; algunas de estas opciones son las siguientes:

- 1) La mayoría de las repoblaciones mejorarían si se realizase un deshierbe total, pero casi nunca es esto posible ni se puede justificar económicamente.
- 2) Con especies forestales que tengan cierta tolerancia a las malezas, se pueden aplicar distintas intensidades de deshierbe, hasta llegar a aquel nivel mínimo que permita lograr un establecimiento satisfactorio.
- 3) Las especies forestales que no toleran el desarrollo de las malezas exigen un deshierbe muy intenso hasta que el repoblado se apodere de la estación o la domine.



El deshierbe de limpieza no se limita a los trópicos. En el norte de Italia, por ejemplo, las plantaciones industriales de Pinus strobus se labran totalmente en forma mecánica durante la fase de establecimiento. (Cortesía del Instituto Nazionale per Piante de Legno, Torino).

Otros factores importantes que influyen en el deshierbe son: la lluvia, la temperatura, el espaciamiento inicial de la plantación, el tamaño de las plantas, la velocidad de crecimiento, las especies y densidades de las malezas, la facilidad de regeneración de éstas, ciertos factores de la estación, como la fertilidad, la disponibilidad de humedad y la pendiente, así como la habilidad de la mano de obra disponible para el deshierbe.

Métodos de deshierbe

Los principales métodos de deshierbe son los de contención y los de eliminación; ambos pueden hacerse a mano, a máquina o con procedimientos químicos. La contención de malezas se efectúa golpeándolas físicamente, machacándolas, cortándolas o descuajándolas hasta el nivel del terreno o por encima de él. La eliminación de las malezas se logra matándolas, destruyendo toda la planta mediante el laboreo del terreno o mediante la utilización de productos químicos. El deshierbe puede ser total o parcial; los principales métodos parciales pueden ser el deshierbe por manchas o por líneas.

Contención de las malezas

El método más sencillo de contención a mano es el de pisar o hundir las malezas fuera de los árboles de la plantación. Esta operación puede mecanizarse utilizando un rodillo remolcado por un tractor, pero tal apero no puede funcionar demasiado cerca de los árboles de plantación.

El método manual más corriente para la contención de malezas es el de cortarlas utilizando diversas herramientas cortantes como las hoces, los calabazos y las guadañas. En muchos países se utilizan los cuchillos para caña o machetes y aunque tales herramientas pueden no ser las ideales para ciertos tipos de vegetación, son utilizadas con gran habilidad y la mano de obra no necesita adaptarse al cambio de herramienta.

Hay una gran variedad de cortadoras mecánicas de malezas, tales como:

- 1) La cortadora portátil de malezas, como la indicada en el Capítulo 1.
- 2) Las máquinas de dos ruedas manejadas a pie como las guadañas de hojas alternativas o máquinas similares con cuchillas o flagelos giratorios.
- 3) Las máquinas para cortar matorral accionadas por tractor que son sobre todo de acoplamiento trasero y funcionan mediante toma de fuerza:
 - a) máquinas con cadena volteadora de giro horizontal,
 - b) máquinas con cuchilla de giro horizontal, y
 - c) máquinas con flagelos de giro vertical.

Eliminación de las malezas

El deshierbe mediante laboreo requiere generalmente que las malezas, con sus raíces, sean extraídas del suelo, dejándolas sobre la superficie o triturándolas y mezclándolas con el suelo. Además de eliminar las malezas tal laboreo puede aumentar la filtración de la lluvia y reducir la evaporación del suelo, circunstancias que tienen una importancia considerable en aquellas zonas que tienen una estación seca pronunciada.

El laboreo manual de deshierbe se hace principalmente mediante azadas rectas de mango largo o en las zonas tropicales, mediante azadas curvadas de mango más corto. La operación suele ser más eficaz si la azada se utiliza para un verdadero laboreo incluyendo el volteo del suelo en lugar de limitarse a escarbar y quitar las malezas. Como el laboreo total a mano requiere un aporte elevado y costoso de trabajo (por ejemplo, en Nigeria, de 25 a 30 días-hombre/ha), la operación se suele limitar al deshierbe en manchas o líneas. En el deshierbe en manchas se cava una zona circular de 1 a 2 m de diámetro alrededor de los árboles; en el deshierbe en líneas se cava una faja de alrededor de 1 m de anchura siguiendo la línea de plantación. Los costos de deshierbe se reducen en las plantaciones taungya, en las cuales el agricultor al cuidar sus cultivos hace un laboreo de deshierbe, total o parcial de la superficie, durante la estación vegetativa.

En ciertas áreas que tienen una estación seca marcada, como la sabana, se ha encontrado que el deshierbe en manchas o líneas es insuficiente para dar a la plantación la conveniente supervivencia o desarrollo, y se ha desarrollado un sistema de laboreo total mecanizado en estaciones llanas o ligeramente inclinadas. El laboreo total en plantaciones en gran escala incluye un deshierbe mecanizado entre líneas y un deshierbe manual suplementario cerca de las plantas. El único laboreo totalmente mecanizado es el gradeo previo a la plantación que, aunque esté clasificado como un trabajo de preparación del terreno, sirve también para el mismo fin que un deshierbe hecho inmediatamente antes de la plantación.

Existe una amplia variedad de equipos mecanizados para el laboreo de deshierbe incluyendo cultivadoras motorizadas de dos ruedas o tiradas por bueyes para operaciones en pequeña escala; escala; el equipo principal de deshierbe para trabajos en gran escala incluye:

- 1) Tractores agrícolas con fuertes gradas de discos inclinados y de acoplamiento trasero, y
- 2) Tractores agrícolas con "rotavators" de acoplamiento trasero.

Las gradas de discos se utilizan mucho y, salvo en zonas donde crecen las malezas con extraordinaria densidad, han dado resultados satisfactorios en la práctica. Los "rotavators" hacen también una buena labor, pudiendo trabajar con una cubierta más densa de malezas que las gradas, aunque al ser más complicadas que éstas, son más propensas a sufrir daños si no se manejan con cuidado y habilidad.

Cuando se hace el deshierbe entre líneas en una sola dirección, se suplementa con el deshierbe de las propias líneas, y cuando se hace en dos direcciones, se suplementa con un deshierbe en manchas. El deshierbe en líneas requiere un aporte de mano de obra que es un 60% superior que en el deshierbe en manchas. Sin embargo, en el deshierbe cruzado con máquina en 66% de la zona situada entre líneas se labra dos veces. Un inconveniente importante del deshierbe cruzado es que el tractor tiene que cruzar en ángulo recto los surcos hechos anteriormente por la grada, con lo cual el cabeceo y golpeteo consiguientes pueden aumentar gravemente el desgaste y deterioro de las máquinas.

El deshierbe total y el parcial con el uso de herbicidas químicos se han desarrollado mucho y se siguen desarrollando. Los tipos de herbicidas utilizados corrientemente están incluidos entre los enumerados en el Capítulo 1 para la preparación de la estación. Una característica fundamental es la necesidad de realizar experimentos para definir los tipos de herbicidas y los métodos de aplicación adecuados para determinadas especies y estaciones de plantación. Los principales métodos de aplicación incluyen:

- 1) Rociadores de mochila accionados a mano.
- 2) Nebulizadores de mochila motorizados.
- 3) Aplicadores de herbicidas granulados.
- 4) Nebulizadores y rociadores de gran volumen montados sobre tractor.
- 5) Rociadores de volumen ultra-reducido.
- 6) Aplicación aérea.

La selección del tipo de aplicación del herbicida es en gran parte cuestión de escala y experiencia. El desarrollo de rociadores de volumen ultra-reducido ha ampliado de modo general la posibilidad de emplear herbicidas. El rociado aéreo es posible en algunas plantaciones de gran escala; por ejemplo, se utiliza extensamente en NuevaZelandia, donde unas 25 000 ha equivalentes al 87% del programa anual de deshierbe, se hizo mediante este método (Chavasse y Fitzpatrick, 1973).

Tipos de régimen de deshierbe

En las regiones templadas, donde se hace un deshierbe parcial cortando o aplicando productos químicos, es sistema corriente el realizar un deshierbe de verano, una vez al año, hasta que los árboles de la plantación aventajan en altura a las malezas. Esto puede representar un programa de deshierbe de dos a cinco años. Por ejemplo, los álamos requieren deshierbes durante dos a tres años después de plantar. Una práctica corriente en las zonas templadas consiste en cortar la vegetación y dejar una capa de mantillo de 1,2 a 2 m alrededor del árbol, en cada temporada.

En zonas de sabana un programa corriente mecanizado para eucaliptos sería:

Epoca de operación

Clase y número de deshierbes

Régimen del primer año (de 0 a 8 meses de edad), durante las lluvias.

6 deshierbes mecanizados entre líneas, en direcciones alternativas complementadas por 5 deshierbes en manchas.

Régimen del segundo año (de 12 a 20 meses de edad).

De 1 a 4 deshierbes mecanizados, entre líneas, sin necesidad de deshierbe manual.



Un tractor de ruedas con una grada de discos acoplada detrás, se utiliza para el deshierbe entre líneas en plantaciones jóvenes de pino y eucalipto en las sabanas africanas. (Cortesía de T.G. Allan)



Para los pinos se utilizaría un régimen análogo, pero la duración sería de 3 a 5 años, en vez de dos. Tanto los eucaliptos como los pinos, crecen en los trópicos durante la estación seca, época en que la cantidad de humedad del suelo es limitada y el régimen de deshierbe de limpieza debe aumentar el agua disponible para los árboles de la plantación, especialmente durante el primer año, cuando se está produciendo el desarrollo de las raíces.

Humectación y riego

Las plantaciones de las regiones áridas y semi-áridas requieren a menudo que se las riegue periódicamente durante la primera temporada de crecimiento para poder lograr una tasa satisfactoria de supervivencia. La humectación debe iniciarse algún tiempo después de que hayan cesado las lluvias, cuando el contenido de humedad del suelo ha descendido hasta cerca del coeficiente de marchitamiento, y repetirse a intervalos hasta la llegada de las nuevas lluvias. Antes de cada humedecimiento hay que deshierbar alrededor de los árboles con el azadón procurando que la tierra presente una ligera depresión. Cuando la evaporación es elevada, una aplicación cuantiosa de agua (20 litros o más por árbol), con intervalos relativamente prolongados, es más eficaz que unos riegos ligeros más frecuentes.

El humedecimiento suele ser una operación costosa, especialmente en terrenos demasiado inclinados o accidentados para el paso de vehículos tanques, en los que se necesitan animales de carga para transportar bidones de agua hasta el lugar de la plantación. La humectación resulta antieconómica en grandes plantaciones, especialmente si la fuente de agua está a cierta distancia de la plantación, pero puede justificarse en el caso de pequeñas plantaciones para fines recreativos o del establecimiento de avenidas a lo largo de las carreteras. En muchos países semi-áridos, la operación normal de laboreo y deshierbe, especialmente durante la primera temporada de crecimiento, ha demostrado ser suficiente para lograr que el suelo conserve la humedad necesaria para una supervivencia satisfactoria de las plantas, evitando la necesidad del riego.

En el caso de plantaciones regadas, el riego periódico y regular de toda la superficie plantada es la principal operación corriente de los cuidados culturales, pudiendo continuarse hasta que termine el turno de cultivo. Hay que deshierbar los canales de riego a intervalos periódicos a fin de evitar que el crecimiento de las malezas impida el paso del agua. La aspersion de los bordes de los canales con herbicidas repetida a intervalos bastante frecuentes, antes de que las malas hierbas crezcan demasiado, es un método muy eficaz de control. En el Capítulo 4 se analizan de forma más completa las plantaciones con riego.

Poda y conformación de los árboles

Con la excepción de las plantaciones de gran espaciamento, la poda no es una operación corriente durante la fase de establecimiento. Sin embargo, con ciertas especies de pinos tropicales, por ejemplo, el *Pinus kesiya* y el *P. oocarpa*, puede ser necesaria una poda basal para extraer las ramas adventicias y las indeseables a nivel del terreno. La poda puede realizarse también ocasionalmente no tanto para mejorar la calidad de la madera como para dar acceso o para reducir la posibilidad de que el fuego se extienda desde el nivel del terreno hasta la copa.

Las operaciones de conformación de los árboles, incluida la extirpación de las guías terminales dobles, es un procedimiento que se practica en ciertas plantaciones, especialmente las que se han formado a partir de cepas o estaquillas. Este trabajo puede combinarse con mucha frecuencia con las operaciones de corta de enredaderas.

En plantaciones de álamos bien espaciadas, es costumbre realizar una poda temprana de las ramas laterales y de las ramillas adventicias, cuando se espera que los árboles proporcionen trozas de desenrollo para fabricar fósforos o chapas. Normalmente se podan por completo los fustes hasta la mitad de la altura total del tronco, durante los primeros cinco años, y luego se va reduciendo gradualmente la proporción de la copa hasta un tercio aproximadamente de la altura total del tronco. Las ramas adventicias, que en cada primavera tienden a aparecer en la parte podada del fuste deben eliminarse cuanto antes, una vez

advertido el brote. La poda de las ramas más grandes se efectúa mejor en la primavera antes de la ascensión de la savia; este procedimiento parece que acelera la oclusión de los cortes. Las heridas ocasionadas por la poda así como los daños que sufre la corteza durante las operaciones de deshierbe pueden tratarse con aplicaciones de lanolina y ácido indolacético o de lanolina con Agrosan (sustancia química órgano-mercurial) que aceleran la oclusión.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- Aldhous, J.R. Nursery practice. Her Majesty's Stationery Office. Londres. Forestry
1972 Commission Bulletin No. 43. 184 p.
- Allan, T.G. Observations and studies of planting methods for forestry plantations in the
1975 savanna regions of Nigeria. Savanna Forestry Research Station, Nigeria.
Project Working Document NUR/73/007. 14 p.
- Appelroth, S.E. Work study aspects of planting and direct seeding in forestry. In IUFRO
1974 Symposium on Stand Establishment. Wageningen, Países Bajos. p. 202-275.
- Bailly, C. y otros. Fertilisation des plantations de pins a Madagascar. Revue Bois et
1974 Forêts des Tropiques No. 158. p. 13-32.
- Bakshi, B.K. Mycorrhiza - its role in man-made forests. In Actas del Simposio mundial de
1967 la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial. FAO, Roma.
Vol. 2. p. 1031-1042.
- Ball, J.B. Plastic containers and coiling roots. Unasylva. Vol. 28 (1), No. 111: 27.
1976
- Balmer, W.E. y Williston, H.L. Guide for planting southern pines. USDA Forest Service,
1974 State and Private Forestry, Atlanta, Georgia. EEJU. 17 p.
- Barring, U. Treatment of young stands: chemical weed control. In Proceedings of IUFRO
1974 Symposium on Stand Establishment. Wageningen, Países Bajos. p. 377-406.
- Binns, W.O. Fertilisers in the forest: a guide to materials. Her Majesty's Stationery
Office. London. Forestry Commission Leaflet No. 63. 14 p.
- Bengston, G.W. Fertilizer use in forestry: materials and methods of application. In
1973 Proceedings of the FAO/IUFRO International Symposium on Forest Fertilization.
Ministère de l'Agriculture. París. p. 91-153.
- Ben Salem, B. Root strangulation: a neglected factor in container grown nursery stock.
1971 University of California, Berkeley. Thesis.
- Blatchford, O.N. (ed.). Chemical control. The Entopath News, Octubre. British Forestry
1976 Commission. 88 p.
- British Forestry Commission. Influence of spacing on crop characteristics and yield.
1974 Forestry Commission Bulletin No. 52.
- Brix, H. y van den Driessche, R. Use of rooted cuttings in reforestation. British Columbia
1977 Forest Service/Canadian Forestry Service, Victoria, Canada. Joint Report No. 6.
16 p.
- Brown, R.M. Chemical control of weeds in the forest. Her Majesty's Stationery Office,
1975 Londres. Forestry Commission Booklet 40. 65 p.

- Shavasse, C.G.R. y Fitzpatrick, J. Weed control in forest establishment in New Zealand. 1973 Proceedings of the Fourth Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Rotorua. Nueva Zelandia. p. 267-273.
- Cooling, E.N. y Jones, B.E. The importance of boron and NPK fertilizers to Eucalyptus in the Southern Province, Zambia. East African Agricultural and Forestry Journal, Octubre: 185-194.
- Crafts, A.S. Modern weed control. University of California Press, Berkeley, EE.UU. 440 p. 1975
- Crowther, R.E. Guidelines to forest weed control. Her Majesty's Stationery Office. Londres. 1976 Forestry Commission Leaflet No. 66. 7 p.
- Donald, D.G.M. Planting of trees in polythene bags. Letter to South African Journal of 1968 Forestry No. 67.
- Everard, J.E. Fertilizers in the establishment of conifers in Wales and southern England. 1974 Her Majesty's Stationery Office. Londres. Forestry Commission Booklet 41. 49 p.
- Evert, F. Spacing studies - a review. Canadian Forestry Service, Ottawa, Canada. Forest 1971 Management Institute Information Report FMR-X-37. 95 p.
- FAO. Project findings and recommendations. Savanna Forestry Research Station, Nigeria. 1976 FO: DP/NIR/73/007, Terminal Report, FAO. Roma. 66 p.
- FAO/IUFRO. Proceedings of the International Symposium on Forest Fertilization. Ministère 1973 de l'Agriculture, París. 404 p.
- Fryer, J.D. y Evans, S.A. Weed control handbook. Vol. I: Principles. Oxford, Blackwell. 1970
- Fryer, J.D. y Makepeace, R.J. Weed control handbook, Vol. II: Recommendations, Oxford, 1972 Blackwell.
- Gentle, S.W. y Humphreys F.R. Experience with phosphatic fertilizers in man-made forests 1967 of Pinus radiata in New South Wales. In Actas del Simposio mundial de la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial, Vol. III. FAO. Roma. p. 1753-1800.
- Gessel, S.P. y otros. How to fertilize trees and measure response. National Plant Food 1960 Institute, Washington, D.C. 67 p.
- Goor, C.P. van. Fertilization of conifer plantations. Irish Forestry, 27(2). p. 68-80. 1970
- Griffith, A.L. The best date of planting softwoods at Muguga (Kenya). Empire Forestry 1957 Review, 36(1): 94
- Hackskaylo, E. (ed.). Mycorrhizal - proceedings of the First North American Conference on 1971 Mycorrhizal. Government Printing Office, Washington, D.C., EE.UU. Miscellaneous Publication 1189. 255 p.
- Jackson, J.K. Silviculture and mensuration. Savanna Forestry Research Station, Nigeria. 1974 FO:SF/NIR 16, Technical Report 7. Roma. FAO. 65 p.
- Jackson, J.K. Use of fertilizers in savanna plantations. In Savanna afforestation in Africa. 1977 FOR:TF-RAF 95 (DEN). Roma. FAO. 65 p.

- Kowal, J.M. Report on research proposals for the soil physics and soil chemistry sections of the Savanna Forestry Research Station. FAO: DP/NIR/73/007, unpublished report. FAO, Rome. 1975
- Koslowski, T.T. Implications of tree physiology in forestry. In Proceedings of tree physiology Colloguim, University of Winsconsin. Madison. EE.UU. p. 1-25. 1973
- Laurie, M.V. Tree planting practices in African savannas. FAO Forestry Development Paper No. 19, FAO. Roma. 185 p. 1974
- Lejeune, D.R. Development of a mechanical fertilizer dispensing device for planting machines. Technical Notes. Australian Forestry, 39(1): 57-61. 1976
- Low, A.J. y Oakley, J.S. Tubed seedlings. Her Majesty's Stationery Office, London. 1974 Forestry Commission Leaflet 61.
- Low, A.J. y Tol, G. Van. Initial spacing in relation to stand establishment. In Proceedings of IUFRO Symposium on Stand Establishment. Wageningen, Países Bajos. p. 296-319. 1974
- Maki, T.E. The dependence of forestry and wood production and fertilizers. Documento para el Séptimo Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires. 6 p. 1972
- Manktelow, E. Machine planting in Tarawera Forest. New Zealand Journal of Forestry, 12(2): 183-188. 1967
- Marx, D.H. and Bryan, W.C. The significance of mycorrhizae to forest trees. In Forest soils and forest land management. Bernier, B. y Winget, C.H. Les Presses de l'Université Laval, Quebec. p. 107-117. 1975
- Mikola, P. Afforestation of treeless areas: importance and technique of mycorrhizal inoculation. Unasyuva, 23(1), No. 92: 35-48. 1969
- Momoh, Z.O. y otros. The role of mycorrhizal in afforestation - the Nigerian experience. In Savanna afforestation in Africa. FOR: TF-RAF 95 (DEM), FAO, Roma. p. 100-105. 1977
- Nao, T.V. Fertilizers in forest management. Span, 17(2): 68-72. 1974
- Parry, M.S. Tree planting practices in tropical Africa. FAO Forestry Development Paper No. 8, FAO. Roma. 298 p. 1956
- Pritchett, W.L. y Gooding, J.W. Fertilizer recommendations for pines in the Southeastern Coastal Plain of the United States. University of Florida, Gainesville, Bulletin 774. 23 p. 1975
- Pritchett, W.L. y Smith, W.H. Management of wet savanna forest soils for pine production. University of Florida. Bulletin 762 (Technical). Gainesville. EE.UU. 22 p. 1974
- Rennie, P.J. Forest fertilization in Canada. Documento para el Séptimo Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires. 13 p. 1972
- Ronco, F. Planting Engelmann spruce. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, USA. USDA Forest Service Research Paper RM-89. 24 p. 1972
- Sandvik, M. Biological aspects of planting and direct seeding in forestry. In Proceedings of IUFRO Symposium on Stand Establishment. Wageningen, Países Bajos. p. 184-201. 1974

- Schmidt-Vogt, H. Influence of plant size on survival and growth of young forest plantations. In Actas del Simposio mundial de la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial. Vol. 3. FAO. Roma. p. 1615-1630.
1967
- Schmidt-Vogt, H. Planting material. In Proceedings IUFRO Symposium on Stand Establishment. Wageningen, Países Bajos. p. 70-90.
1974
- Schubert, G.H. y Adams, R.S. Reforestation practices for conifers in California. Division of Forestry, Sacramento, State of California. EE.UU. 359 p.
1971
- Shoulders, E. y McKee, W.H., Jr. Pine nutrition in the West Gulf Coastal Plain: a status report. Southern Forest Experiment Station, New Orleans, USDA Forest Service, General Technical Report SO-2. EE.UU.
1973
- Stone, E.C. Prevention of container-induced root malformation in Pinus pinaster and Pinus halepensis seedlings following transplanting. (Mimeografiado)
1971
- Strehlke, B. Ergonomic aspects of planting machines. In Proceedings of IUFRO Symposium on Stand Establishment. Wageningen, Países Bajos. p. 277-290.
1974
- Swan, H.S.D. The fertilization of man-made forests. In Actas del Simposio mundial de la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial. Vol. I. FAO. Roma. p. 415-434.
1967
- Timus, R.W. y otros. Proceedings of the North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium. Denver, USA. Great plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 p.
1974
- Touzet, G. Les plantations forestières en mottes. Revue Bois et Forêts des Tropiques, No. 142. p. 3-12.
1972
- Wakely, P.C. Planting the southern pines. USDA Forest Service. Washington, Agriculture Monograph No. 18. 233 p.
1954
- Walker, L.C. Forest fertilization in North America. Documento para el Séptimo Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires. 3 p.
1972
- Waring, H.D. The role of nitrogen in the maintenance of productivity in conifer plantations. In Actas del Simposio mundial de la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial. Vol. II. FAO. Roma. p. 1249-1273.
1967
- Waring, H.D. Early fertilisation for maximum production. In Proceedings of the FAO/IUFRO International Symposium on Forest Fertilization. Ministère de l'Agriculture, Paris. p. 215-241.
1973
- Wilde, S.A. Mycorrhizal: their role in tree nutrition and timber production. The University of Wisconsin. Research Bulletin 272. Madison. EE.UU. 30 p.
1968
- Wilde, S.A. y otros. Tree spacing in forest plantations as related to soils and revenue. University of Wisconsin Bulletin 589. Madison. EE.UU. 22 p.
1968
- Woods, R.V. Early silviculture for upgrading productivity on marginal Pinus radiata sites in the south-eastern region of South Australia. South Australia. Government Printer. Woods and Forests Department Bulletin 24. 90 p.
1976

CAPITULO 4

TECNICAS ESPECIALES
PARA ESTACIONES DIFICILES

Los Capítulos 1 a 3 se refieren a la preparación de la estación y a los métodos de plantación principalmente en suelo firme y terreno suave, donde la humedad del suelo no es excesiva ni tan escasa como para exigir riego o la construcción de obras especiales para retener el agua. Este capítulo describe las técnicas que se han desarrollado para estaciones especialmente difíciles: 1) áreas en las cuales las medidas de conservación del suelo y del agua son factores críticos para el establecimiento del bosque, 2) estaciones regables, 3) dunas arenosas, 4) estaciones anegadas y 5) estaciones con residuos de minas y escombros.

ESTACIONES EN LAS CUALES LAS MEDIDAS DE CONSERVACION DEL
SUELO Y DEL AGUA SON FACTORES CRITICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL BOSQUE

En esta sección se examinan dos grupos distintos de condiciones ambientales que tienen un importante factor común: la necesidad de retrasar o impedir la escorrentía del agua de lluvia que cae sobre el terreno. Las dos categorías ambientales a considerar son las estaciones propensas a la erosión y las estaciones áridas. La necesidad de combinar las técnicas de conservación del suelo y del agua con la plantación de árboles es una característica común a ambos tipos de estaciones. Las técnicas de conservación del suelo y del agua son de origen secular; no obstante, en nuestra era moderna se han desarrollado muchas técnicas nuevas, primero empleando mano de obra y últimamente recurriendo a métodos mecanizados cada vez en mayor proporción.

Condiciones de la estación y escorrentía

Estaciones con tendencia a la erosión

Se trata de zonas con suelos en proceso de erosión o propensas a erosionarse, en general de superficies cuya inclinación varía entre moderada y muy pendiente, que están sujetas de vez en cuando a lluvias con intensidades capaces de producir una escorrentía superficial en cantidades que dañan a la estructura del suelo en las cuencas receptoras. Una escorrentía excesiva puede producir también daños en los sectores situados aguas abajo en forma de aterramientos e inundaciones destructoras.

Las tierras sujetas a erosión grave se encuentran de ordinario en las partes montañosas o montuosas de las regiones climáticas donde la estación seca y la lluviosa están fuertemente diferenciadas, pero también en zonas con lluvias prolongadas e intensas. En zonas con una estación seca bien marcada, las capas de la superficie del suelo tienden a resecaarse y a compactarse, teniendo menos capacidad para absorber el agua al comienzo de la temporada de lluvias. Aún en los casos en que el suelo se recarga a plena capacidad, las precipitaciones ocasionales de gran intensidad que caen durante las tormentas pueden superar la capacidad de infiltración, percolación y eliminación del agua por drenaje del subsuelo, dando lugar a escorrentías superficiales de concentraciones tales que produzcan erosión.

Una densa cubierta del terreno, formada por vegetación permanente, constituye la mejor forma de protección de los suelos en tales ambientes. Las partes aéreas de la vegetación presentan un obstáculo físico a las lluvias intensas y a la escorrentía rápida, mientras que las raíces y los horizontes ricos en humus facilitan la infiltración y la absorción del agua de lluvia en el suelo. La destrucción total de esta cubierta superficial para cultivo agrícola o debida a las quemas repetidas, crean muy pronto condiciones propicias para una erosión grave del suelo y producen el agotamiento de la capacidad de captación con la consiguiente degradación de los suelos, la reducción de los rendimientos agrícolas y las inundaciones. La extracción del mantillo y de la vegetación para combustible es otro factor que contribuye a la degradación del suelo. En tales condiciones el restablecimiento de la cubierta vegetal - normalmente, aunque no necesariamente, mediante la repoblación forestal - se convierte en una condición sine qua non para combatir la erosión e impedir que continúe el deterioro de la estación.

Estaciones áridas

Las zonas áridas y sub-desérticas se caracterizan por una prolongada estación seca y una precipitación anual tan escasa que oscila entre 10 y 200 mm. Tales zonas contienen una vegetación más o menos dispersa, con sistema radical profundo, arbustos xerofíticos, matorrales y árboles pequeños. La estación lluviosa suele ser corta, pero la lluvia, cuando se presenta, suele hacerlo en forma de tormentas de gran intensidad que dan lugar a una fuerte escorrentía superficial, de modo que una gran cantidad del agua se pierde en inundaciones. El desarrollo de técnicas que permiten mantener en el suelo una gran proporción de esta escorrentía ha hecho posible la repoblación forestal utilizando árboles que ofrecen un mayor interés económico que las especies xerofíticas nativas, en ciertas zonas como en el Norte de Africa. Al Sur del Sahara, en la zona saheliana, el establecimiento de árboles, con lluvias de 200 a 500 mm, presenta tremendos problemas excepto en unas pocas estaciones favorables, que son excepcionales.

El problema de la escorrentía superficial

La finalidad básica de la conservación del suelo y del agua es crear condiciones en las cuales el agua de lluvia o la procedente del derretimiento de la nieve, pueda ser retenida en la tierra favoreciendo su penetración directamente en el suelo. En otras palabras, su objeto es reducir la escorrentía al mínimo, siempre que no exista el problema del agua a almacenar en un embalse.

En regiones donde las lluvias son abundantes o suficiente, la humedad del suelo puede ser la apropiada para sostener una repoblación forestal y una cubierta más o menos densa de vegetación superficial. En tales estaciones, la repoblación forestal requiere una perturbación mínima de la vegetación superficial existente, suficiente únicamente para que el poblado introducido se desarrolle sin competencia perjudicial. En estas circunstancias, el problema estriba en combatir la escorrentía y la lixiviación del suelo hasta el momento en que la nueva forestal pueda desarrollar su propia capacidad de protección del suelo. La extensión y los costos de los trabajos preliminares de conservación del suelo pueden frecuentemente reducirse si la cubierta superficial nativa se refuerza protegiéndola contra ciertos factores destructivos como el alboreo de estaciones inapropiadas, el pastoreo excesivo de animales domésticos o las quemas reiteradas. En Chipre se pudo comprobar que la exclusión total del pastoreo de cabras, en zonas forestales que se habían quemado en terrenos de montaña, dió como resultado una regeneración tan densa de los arbustos indígenas y de la

vegetación de maquis, en el curso de dos a tres años, que los trabajos de conservación de suelos, que previamente se habían aplicado y que eran tan costosos, podían evitarse casi por completo.

En estaciones áridas hay que dar más importancia a la necesidad de recoger y conservar el agua de lluvia que cae sobre el lugar de plantación, para atender al consumo de los árboles forestales durante la estación vegetativa. En tales circunstancias, la competencia de la vegetación preexistente respecto a las limitadas reservas de agua que hay en el suelo, puede ser crítica, de tal modo que las técnicas de repoblación forestal en estaciones áridas se orientan hacia el cultivo en limpio y a las obras de retención del agua.

El objetivo de todas las técnicas de conservación de suelo y de retención del agua es favorecer o mantener aquellas condiciones que permiten la máxima infiltración del agua, su absorción y distribución mediante el drenaje del subsuelo. Cada estación tendrá una absorción óptima de agua, dependiendo de la cubierta vegetal, de la hojarasca superficial y de la textura del suelo en todos los horizontes, hasta las formaciones de rocas firmes subyacentes. Las técnicas de conservación deben tener como meta restablecer la capacidad de retención de agua de la estación, hasta su nivel óptimo. Cuando se producen fuertes precipitaciones, la intensidad de la lluvia excede con frecuencia la capacidad de infiltración y el agua comienza a correr por la superficie. Por ello las medidas de conservación deben prever la posibilidad de almacenar, en forma de embalse, el mayor volumen posible de agua de escorrentía y procurar que el flujo excedente se encauce con seguridad hacia la capacidad de embalse establecida. En ciertas condiciones, especialmente en laderas de rocas sedimentadas arcillosas o en suelos inestables, el aumento de retención del agua está expuesto a dar como resultado deslizamientos de tierras por cuya razón en tales estaciones pueden resultar peligrosas ciertas medidas de conservación del agua.

El diseño de las medidas de conservación, su capacidad y complejidad y, por lo tanto, su costo, dependerán del terreno y de la previsión sobre las cantidades de lluvia e intensidades en comparación con la capacidad de retención de agua de la estación. Tales previsiones de lluvias pueden ser bastante precisas si se dispone de datos correspondientes a largos períodos (incluyendo registros sobre intensidad de las lluvias) para toda la zona junto con datos sobre escorrentía, de acuerdo con lo registrado en parcelas experimentales de escorrentía y en aforadores de flujos hidráulicos en cauces locales. A falta de tales datos, el forestal tendrá que formular el plan de conservación basándose en las mejores experiencias locales disponibles, ya que suele ser limitado el tiempo disponible para investigación y reconocimientos.

Cuanto menos detallados o fidedignos sean la información y los datos para hacer estimaciones sobre el valor máximo de la escorrentía en una estación dada, mayor será la importancia que deberá atribuirse a la inclusión de desagües y otros dispositivos para dirigir el excedente de escorrentía hacia canales de descarga regulada.

Métodos de conservación del suelo y del agua en regiones con buena precipitación pluvial

Se ha acumulado ya una gran cantidad de experiencia técnica sobre el tema de la erosión y sobre los procedimientos de conservación del suelo y del agua. El propósito de esta sección es analizar brevemente aquellas medidas que se emplean corrientemente en combinación con la repoblación forestal.

Restablecimiento de la vegetación

En aquellas zonas donde el volumen de precipitación es suficientemente cuantioso, o las lluvias están bien distribuidas durante todo el año de manera que pueden mantener una cubierta relativamente lozana de especies indígenas, el primer paso que hay que dar consiste en proteger la estación contra toda forma de uso que pueda reducir la efectividad de esta cubierta de vegetación natural.

Los factores destructivos que se encuentran más corrientemente son los incendios, el pastoreo excesivo, y la agricultura migratoria. La protección contra tales clases de peligros, lleva consigo casi siempre una desorganización de los métodos tradicionales de aprovechamiento de la tierra y la introducción de nuevos sistemas de ordenación del suelo. Es posible que tales cambios provoquen reacciones hostiles de las comunidades afectadas, a menos que estos problemas sociales hayan sido identificados y analizados y se hayan encontrado soluciones aceptables. En el ejemplo de Chipre ya mencionado, las tierras destinadas a la repoblación forestal estaban constituidas por reservas forestales de montaña en las que tradicionalmente pastaban los rebaños pertenecientes a las comunidades vecinas. Los pastores, que normalmente eran una minoría sin tierras dentro de la comunidad, a cambio de aceptar el abandono del pastoreo en el bosque, fueron compensados mediante concesiones de fincas agrícolas a veces cercenadas de otras zonas de la reserva, o bien mediante donativos generosos en metálico que les permitieron establecerse y desarrollar otras actividades. Con la supresión del pastoreo, disminuyó considerablemente el peligro de incendio.

En el caso de Chipre fué relativamente sencilla la solución del sobrepastoreo; otros países que se encuentran con problemas similares de erosión, están desarrollando otras soluciones adecuadas para sus diversas condiciones. En Yugoslavia la abolición del pastoreo en los bosques se vió ayudada en gran medida por el desarrollo industrial planificado, que pudo absorber las comunidades nómadas que se dedicaban al pastoreo en el bosque. En Grecia y Turquía se ha hecho hincapié en el desarrollo de pastizales mejorados y en la introducción de ganado de gran productividad como compensación indirecta por el cierre de otros sectores de las cuencas hidrográficas destinadas a repoblación forestal.

En Corea del Sur el estímulo nacional de la propia capacidad de las comunidades y el desarrollo de bosques de los pueblos está demostrando ser una forma eficaz para la repoblación forestal de terrenos marginales erosionados de montaña. En Tailandia el establecimiento de poblados forestales, junto con la provisión de tierras para cultivo y los beneficios en metálico procedentes de los trabajos de repoblación forestal, están reduciendo la agricultura migratoria al ofrecer a los agricultores un nivel de vida estable y superior. En Indonesia, la provisión de subsidios en metálico y el desarrollo de un sistema de pago al contado de la cosecha forraje y bosque, han convencido a los agricultores para iniciar la repoblación forestal de las tierras inclinadas de la cabecera de una cuenca que ellos habían aclarado previamente y que encontraron que no era conveniente para el cultivo a largo plazo.

La exclusión del pastoreo y de la agricultura migratoria mediante disposiciones legales o administrativas rara vez ha dado buenos resultados, a menos que vayan acompañadas por algunas medidas compensatorias aceptables.

Obras para la retención del agua y del suelo

El principio fundamental en que se basan tales obras es el de contener o retardar el flujo del agua de lluvia en el suelo, conforme va cayendo, impidiendo que el agua de escorrentía superficial se acumule en volumen suficiente para causar daños a la tierra por arrastre.

Construcción de terrazas

El método que se ha aplicado desde antiguo es el de nivelar la tierra en una serie de escalones en las laderas de las montañas, los cuales iban sostenidos por paredes terraplenadas de mampostería en seco, en aquellas zonas en que abundaban las piedras; en caso contrario, dichos escalones se sostenían mediante banquetas o diques de tierra protegidos por la vegetación natural. Las técnicas modernas, tal como las describió recientemente Sheng (1977), son en su mayoría adaptaciones de estas antiguas obras de conservación de suelos.



La construcción de terrazas estrechas siguiendo curvas de nivel es una técnica corriente de preparación de la estación en terrenos inclinados y erosionables del noroeste de Turquía. (Foto de la FAO)

Escalones y zanjas en curvas de nivel

Los escalones en curva de nivel (gradones o banquetas) consisten en un borde tallado en la ladera de la colina siguiendo dichas curvas de nivel, con el margen exterior del borde o escalón a mayor altura que el borde interior. La zanja en curva de nivel difiere únicamente en que tiene una cavidad más pronunciada y un mayor efecto de margen, vista de perfil.

Los escalones o zanjas en curvas de nivel pueden diseñarse de tal modo que su capacidad de almacenamiento de agua corresponda a la escorrentía probable de la faja de terreno situada inmediatamente por encima de ellos hasta la próxima obra en curva de nivel situada por encima. Otra alternativa es que para cualquier capacidad de diseño la frecuencia de los escalones o zanjas en curvas de nivel - o la anchura del intervalo entre dos sucesivas - puede estar en relación con la intensidad máxima probable de la escorrentía. Existen varias fórmulas para calcular el tamaño y la frecuencia de las zanjas y escalones en curvas de nivel. Saccardy (1950 y 1959), trabajando en Argelia, utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{H^3}{S} = 260 \pm 10$$

en donde H es la distancia vertical entre las zanjas o banquetas en curvas de nivel, y S es la pendiente de la ladera expresada en tanto por ciento.

Una fórmula similar, utilizada en Ceylan, entre otros países, es:

$$H = \frac{30}{4n} (n + 9)$$

en donde H es la distancia longitudinal, en metros, entre banquetas en curvas de nivel y n es la pendiente de la ladera expresada en tanto por ciento.

En zonas propensas a la erosión las distancias que se dan en el cuadro siguiente pueden servir como guía para el espaciamiento de las terrazas, escalones o zanjas en curvas de nivel.

Cuadro 1: Distancia entre las obras en curvas de nivel según la inclinación

(Tanto por ciento)	Distancia en metros	
	Vertical	Horizontal
3	2,0	67,0
6	2,5	42,0
10	3,0	30,0
15	3,4	23,0
25	4,0	16,0
35	4,5	13,0
50	5,0	10,0

Cuanto más inclinada es la pendiente mayor es la distancia vertical entre las líneas y menor la distancia horizontal. Esto se calcula en proporción con el área de captación de lluvias entre las líneas de las obras en curvas de nivel.

Las zanjas y los escalones en curvas de nivel se suelen construir a mano utilizando zapapicos o azadones. Se pueden construir líneas de 10 m a 40 m de longitud y de 1 m a 1,5 m de anchura por hombre y día, dependiendo del diseño y del tamaño de la zanja o de la faja y del terreno, de la cubierta vegetal y de la estructura del suelo. Los escalones en curvas de nivel de 2,3 m de anchura se pueden construir también mecánicamente, incluso en pendiente hasta del 60%, utilizando tractores de oruga equipados con topadoras angulares. Este método se usa mucho en Argelia y Chipre donde las fajas en curvas de nivel se denominan "catafajas" (catastrips). El subsolado subsiguiente siguiendo la catafaja aumenta la capacidad de absorción del suelo y, por tanto, la eficacia de toda la operación.

En laderas de poca inclinación (menos del 25%) donde el suelo es con frecuencia más profundo, se pueden construir zanjas en curvas de nivel mediante un arado de rejas tirado por un tractor, volteando el suelo en sentido descendente.

Un ejemplo de costos comparativos por hectárea de repoblación forestal y de conservación de suelos lo proporcionan los datos aportados por Túnez donde se utilizan en general tanto los métodos manuales como los mecanizados. En este país la construcción manual de 550 a 600 metros lineales de escalones en curvas de nivel por hectárea exigió mano de obra equivalente a 235 días-hombre. El mismo trabajo se hizo a máquina en un día y con un tercio del costo. En el Cuadro 2 se dan los costos totales de establecimiento de plantaciones en 1976.

Cuadro 2: Costos de repoblación forestal combinada con trabajos de conservación de suelos, en Túnez (1966)

En \$ E.U. (1 Dinar = 1,90 \$ E.U.) y días-hombre (d/h)

Tipo de trabajo	A mano		A máquina	
	Con banquetas	Con escalones	Con banquetas	En terreno menos inclinado
Aclareo de la vegetación	\$ 123,98 150 d/h	\$ 123,98 150 d/h	\$ 93,88 126 d/h	\$ 62,32 80 d/h
Construcción de banquetas (5540-600 m lineales por ha)	\$ 177,13 235 d/h		\$ 57,90 1 d/h	
Construcción de escalones en líneas interrumpidas (800-1000 m lineales por ha)		\$ 73,44 105 d/h		
Sub-solado	-	-	\$ 41,80 1 d/h	\$ 32,30 1 d/h
Construcción de caminos de acceso		\$ 17,95 13 d/h		\$ 13,63 5 d/h
Costo del material de plantación			\$ 45,16 22 d/h	
Transporte y plantación			\$ 31,16 40 d/h	
Cuidados culturales y reposiciones		\$ 45,36 25 d/h	\$ 49,16 25 d/h	\$ 39,33 20 d/h
Total	\$ 440.000 485 d/h	\$ 337.000 355 d/h	\$ 332.000 220 d/h	\$ 224.000 168 d/h

Para que sean eficaces es esencial que los puntos en que han de ir las zanjás estén alineados con precisión utilizando un nivel de anteojo y que las zanjás se construyan después exactamente siguiendo las líneas estaquilladas. La experiencia ha demostrado, sin embargo, que es difícil construir líneas de escalones o de zanjás siguiendo exactamente las curvas de nivel, a pesar de la precisión del estaquillado, lo que da como resultado que, donde se han cometido errores, el agua se acumula en los ligeros declives de la línea y antes o después se desborde produciendo precisamente el tipo de escorrentía perjudicial que se trata de eliminar con el sistema. Los daños ocasionados por pequeñas desviaciones respecto a la curva de nivel, pueden atenuarse en cierta medida construyendo pequeños diques transversales en la zanja o escalón, gracias a los cuales la zanja queda dividida en una serie de compartimientos o represas, que aumentan el volumen de agua que se retiene en las líneas, que llevan una ligera inclinación descendente.

Es bastante frecuente el realizar una construcción poco precisa, especialmente en terrenos difíciles o en los casos en que los trabajadores carecen de la pericia necesaria. Esto ha llevado a la introducción de otros sistemas en los que se incorporan ocasionalmente unas zanjas niveladas entre las líneas "interrumpidas" de las zanjas y escalones en curvas de nivel (éléments de banquettes).

Zanjas en curvas de nivel con inclinación variable

Un método de evitar el peligro que representa una erosión acelerada, resultante de defectos de nivelación de las zanjas en curva de nivel, es construir a ciertos intervalos sobre la ladera una serie de zanjas inclinadas destinadas a evacuar el agua de escorrentía desde la superficie de la colina hasta puntos de descarga especialmente contruidos en los lechos de los canales naturales de desagüe. La inclinación de las zanjas de drenaje debe ser del 0,5% aumentando gradualmente de un uno en un uno por ciento hasta el extremo de descarga. La longitud de estas trincheras inclinadas dependerá de la topografía pero conviene que sean tan cortas como se pueda. Cuanto mayor sea la longitud, mayores deberán ser las dimensiones de la sección transversal y su costo correspondiente. Debe evitarse, en lo posible, longitudes mayores de 500 metros.

Estas zanjas inclinadas deben estaquillarse y construirse con gran precisión. Su frecuencia y ubicación deben decidirse en parte teniendo en cuenta los caudales estimados de escorrentía y, en parte, evitando los afloramientos rocosos u otros obstáculos que pudieran encontrarse en su recorrido. El principal inconveniente de este tipo de zanjas es la necesidad absoluta de mantener el canal en buenas condiciones, extrayendo a intervalos frecuentes las acumulaciones de desechos, tierra y piedras que pueden caer a la zanja después de fuertes tormentas. De no hacerlo así, el canal se obstruirá y arrojará sus aguas en el punto de bloqueo sobre el lado no protegido de la colina, inundando probablemente todo el sistema de zanjas situado más abajo y acentuando de esta manera, a veces en forma espectacular, el problema de erosión que las propias zanjas tenían que corregir.

Las dificultades de mantenimiento que han encontrado muchos proyectos de repoblación forestal, en lugares en que los trabajadores y el personal de supervisión tienen que concentrarse en otros sectores del proyecto, han tenido a limitar el empleo de este sistema mediante la incorporación únicamente de una línea ocasional de zanjas inclinadas como una especie de válvula de seguridad, junto con otros tipos de trabajos de conservación.

Técnicas de líneas en curvas de nivel interrumpidas

Estas técnicas proceden del método de zanjas o escalones en curvas de nivel, descrito anteriormente, e incluyen la excavación de hoyos o escalones de plantación en las laderas entre tales curvas de nivel. En su forma más sencilla, consisten en la construcción de unos cuantos escalones de 0,6 a 1 m en cuadro, practicados en la ladera a distancias que concuerdan con el espaciamiento prescrito para la plantación. En cada cuadro se colocan unas pocas semillas o una sola planta.

Cuando el espaciamiento fijado para una plantación es relativamente denso, hay que ampliar lateralmente estos escalones en cuadro siguiendo la curva de nivel a fin de establecer tramos cortos de escalones o zanjas, que dejan pequeños tramos intermedios de tierra con la vegetación intacta. La hilera de trincheras o escalones situada inmediatamente debajo habrá que situarla de tal forma que capte el agua de escorrentía que se escape por las brechas de la línea superior. Este método se ha aplicado extensamente en Marruecos y Argelia donde las líneas de escalones interrumpidos se denominan éléments de banquette. Este método tiene la ventaja de que se puede evitar una nivelación muy exacta, ya que se basa en una multiplicidad de pequeños escalones o zanjas para proporcionar protección contra la escorrentía y la erosión del suelo. Aún en el caso de que se utilicen zanjas continuas en curvas de nivel o zanjas de diversa inclinación, suele ser necesario el preparar hoyos de plantación o pequeñas líneas de escalones o zanjas entre las principales obras en curvas de nivel, a fin de mantener una distancia de plantación más o menos regular.

Una variación del sistema de líneas interrumpidas, conocida en general como "método de la media luna", consiste en excavar una pequeña represa desde la cual salen zanjas en sentido lateral y ligeramente ascendente, que concentran el agua de escorrentía de lluvia en dicha represa. El árbol se suele plantar por encima de la represa. Este método de la media luna tiene aplicación especialmente en las estaciones más secas y con espaciamientos de plantación relativamente amplios.

Método de caballones conectados

Este método es una adaptación de un sistema agrícola de conservación de agua practicado en el Africa Oriental, que tiene cierto parecido con el método norteamericano de "cultivo lister-excavado" mediante el cual toda la superficie del terreno se cubre de zanjas del tipo de represa excavadas con un arado especial siguiendo la curva de nivel. En el sistema de caballones conectados del Este de Africa, tal como se aplica en la repoblación forestal, se comienza por labrar la tierra con arado o con azadón y a continuación se hacen caballones a distancias de 2,5 m siguiendo aproximadamente las curvas de nivel, y se conectan estos caballones mediante otros secundarios construídos en ángulo recto con los principales, a intervalos de 3 m, con lo que se forma una serie de represas, capaces de captar un volumen de agua procedente de una tormenta súbita de 50 mm. En suelos compactados este método ha demostrado ser mejor que el de subsolado debido a la posibilidad de captar y utilizar toda el agua de lluvia. Sin embargo, su aplicación se limita tan solo a las tierras llanas o de poca inclinación.

Cercas de trama de mimbre

En las laderas de mucha pendiente cuyo suelo es inestable y propenso a corrimientos, la construcción de escalones y zanjas en curvas de nivel no hará otra cosa que aumentar la inestabilidad o incluso acentuar el ritmo del corrimiento de tierras. En tales situaciones el levantamiento de cercas de urdimbre de mimbres siguiendo curvas de nivel, puede contribuir a estabilizar temporalmente el terreno en espera de una fijación más permanente por medio de las raíces de los árboles plantados y de la vegetación natural invasora. Estas cercas se construyen hundiendo en el suelo una línea de estacas de madera de algunas especies duraderas, a intervalos de 1 m aproximadamente, y colocando entre las estacas una masa de ramas entrelazadas. La altura de las cercas de mimbre en relación con el nivel del suelo varía entre 0,5 y 1 m. En el Japón las laderas inestables se tratan a veces con una capa de fajas de arroz que se fija en el terreno para que cubra por completo las fajas que quedan entre las líneas de cerca de mimbres.

En suelos inestables o en zonas pedregosas, las cercas de trama de mimbre suelen resultar útiles pero estas estaciones están generalmente demasiado empobrecidas para hacer una plantación sin un tratamiento posterior. Por ello, puede ser necesario importar de otros lugares limo o suelo forestal de buena calidad para llenar los hoyos de plantación y dar a los arbolitos un buen impulso inicial, pero, lógicamente, ésta es una operación costosa. También se puede utilizar una cubierta de red metálica para mantener y estabilizar las laderas propensas a deslizarse.

Métodos de regulación de barrancos y torrentes

En aquellas estaciones donde la erosión ha llegado a una fase avanzada es corriente encontrar el terreno profundamente dividido por barrancos y cárcavas excavados por el agua de escorrentía procedente de las laderas. A menos que se estabilicen por medio de la vegetación o por la acción mecánica de presas de contención, tales barrancos se irán haciendo gradualmente más profundos debido a la acción de lavado de las corrientes de agua, que además socavan las márgenes provocando su derrumbe y una gradual extensión lateral del propio barranco. Los barrancos que están sujetos a una erosión activa deben estabilizarse al mismo tiempo que se preparan las laderas de las colinas para la plantación, ya que en caso contrario podrían anular en último término la eficacia de las obras de conservación realizadas en las estaciones de plantación. Heede (1977) ha descrito la construcción de trabajos de regulación de barrancos.

En los casos en que los escalones o zanjas en curvas de nivel atraviesen barrancos, será necesario reforzar las márgenes de las zanjas mediante revestimientos de piedra; pero en el caso de que los barrancos excedan de un metro cuadrado en sección transversal, es aconsejable detener los trabajos en curvas de nivel varios metros antes del borde de la hondonada de que se trate, para prevenir la posibilidad de que las márgenes de ésta se erosionen por una acción hacia fuera e "invadan" las obras en curvas de nivel.

Cuando las zanjas inclinadas desembocan en un barranco es esencial evitar que el agua caiga en cascadas ya que esto tendría como consecuencia una nueva erosión del canal de la zanja. Cuando se puedan conseguir piedras, deberá construirse un dique de mampostería en sentido transversal respecto al barranco hasta la misma altura del borde de la zanja, manteniéndolo poco más o menos a ese mismo nivel. El agua procedente de la zanja puede entonces pasar al barranco por detrás del dique sin caer en cascada. En el muro del dique de contención debe instalarse un aliviadero en la parte superior y un murete de mampostería en la inferior para impedir que el agua socave los cimientos del muro de la presa.

Al construir diques de contención deben tenerse en cuenta los siguientes extremos:

- 1) Los cimientos deben ser sólidos y estar asentados en la roca;
- 2) Los extremos deben reforzarse bien dentro de las márgenes de la hondonada para impedir que el agua se filtre por los lados del muro, ocasionando finalmente un derrumbamiento;
- 3) La parte del muro que mira aguas abajo debe tener contrapendiente pronunciada (inclinación de 1:2 con respecto a la vertical si se usan piedras o cantos enteros; de 1:3 si se trata de mampostería en seco con piedras cortadas toscamente; y de 1:4 a 1:6 si se utilizan muros de mampostería de cemento o de moldes de cemento). La cara del muro que mira aguas arriba puede ser vertical pero debe rellenarse con rocas y detritos hasta la altura del aliviadero;
- 4) Debe incorporarse un aliviadero en el punto central superior del muro de contención, suficientemente grande para que puedan pasar por él los máximos caudales previstos. Este vertedero debe construirse con grandes piedras llanas preferiblemente recibidas con cemento en la parte superior de la línea de mampostería.

Para lograr la correcta estabilización del barranco, hay que construir una serie de diques de contención desde la parte superior hasta el fondo, espaciándolos de tal forma que se complementen los efectos de cada uno con los de los demás. Este requisito puede suavizarse, permitiendo que se forme una pendiente del 5%, como máximo, en el lecho del torrente entre cada par de diques.

Los diques de contención pueden construirse de 1) troncos y fajines colocados a través del barranco y sujetos por postes bien empotrados en el suelo, 2) de mampostería (cuando se dispone de piedras adecuadas), 3) con gabiones ("cestas" o "salchichas" de alambre de acero galvanizado llenas de piedras y guijarros), o 4) de hormigón armado. Los diques de contención a base de leña de matorral son útiles en pequeños barrancos, especialmente si el matorral incluye una especie capaz de reproducirse vegetativamente y si la cara aguas arriba del dique está bien empapada. La elección del material a emplear para los diques de contención depende de los siguientes factores:

- 1) Inclinación del lecho del barranco y dimensiones de su sección transversal, y en consecuencia, volumen y velocidad de los caudales torrenciales a corregir;
- 2) Tipo del material de construcción que se considere más conveniente para el lugar, y

- 3) Valor de la tierra, incluyendo líneas de comunicación, viviendas, etc. situados por debajo del barranco y que deben protegerse mediante los trabajos de estabilización. En ciertas circunstancias el coste de estabilización de los barrancos puede sobrepasar el valor de la protección conseguida, en cuyo caso hay que adoptar una solución intermedia en la etapa de planificación. Esta solución puede consistir en limitar el trabajo de estabilización a los barrancos secundarios más pequeños y reducir el número de las obras mayores y más costosas en los barrancos principales.

Medidas de conservación del agua en estaciones áridas

El éxito de la repoblación forestal en zonas con precipitación muy escasa (inferiores a 200 mm) depende de asegurar la máxima absorción y retención por el suelo de la lluvia esporádica, en aquellas áreas que van a ser ocupadas por las raíces de los árboles. El espaciamiento entre los árboles será, en general, inversamente proporcional a la pluviosidad. Los espacios que quedan entre hileras y que no van a ser ocupados más tarde por las raíces de los árboles pueden considerarse como sectores de captación de agua para la zona de plantación. De aquí se deduce que debe eliminarse toda la vegetación indígena a fin de reducir al mínimo la competencia respecto a la humedad del suelo, excepto en estaciones donde tal demudación pueda ocasionar la erosión por el viento de la parte superior del suelo que queda expuesta a la intemperie.

Terraplenes siguiendo curvas de nivel

Un método de preparación de la estación destinado a atender el requisito básico de acumular el máximo de agua para la repoblación forestal en estaciones áridas, consiste en formar una serie de grandes terraplenes o represas situados con precisión a lo largo de la curva de nivel y contruidos con tierra y piedras extraídas de las zonas de captación emplazadas inmediatamente por encima de cada línea de terraplenes. Los árboles forestales se plantan en el terraplén, o inmediatamente por debajo o por encima de éste.

En la mayoría de los casos, y especialmente cuando el suelo es compacto o contiene capas de tierra dura cerca de la superficie, hay que realizar un subsolado profundo antes de la construcción del terraplén. La faja de subsolado debe ser suficientemente ancha para que se extienda a ambos lados del terraplén, dejando suelta la tierra en todo el sector que han de ocupar las raíces de los árboles. La vegetación preexistente debe eliminarse mediante el trabajo de deshierbe, con azada o con grada de discos, debiendo extenderse como una cama vegetal alrededor de los árboles después de plantarlos.

La altura que debe darse a los terraplenes en curvas de nivel se determina sobre la base de la cantidad estimada de escorrentía que ha de contenerse después de cada lluvia intensa. Cuando existe la posibilidad de que caigan lluvias de gran intensidad, los terraplenes tienen que estar provistos de dispositivos para que el agua excedente salga a los canales o vías de desagüe preparados de antemano. Estos vertederos, que actúan como válvula de seguridad, deben estar sólidamente contruidos para resistir la formación de brechas en los terraplenes y deben tener amplitud suficiente para que exista un amplio margen de seguridad para hacer frente a los caudales procedentes de la escorrentía de las tormentas.

La construcción de terraplenes tan grandes es demasiado laboriosa y costosa de efectuar, a no ser que se utilice maquinaria pesada para el movimiento de tierras.

En condiciones de aridez la plantación de árboles en hoyos sencillos, sin ninguna medida de conservación del agua, rara vez tiene éxito, a menos que existan instalaciones para humedecer o regar los árboles durante las estaciones secas hasta que las plantaciones se hayan establecido totalmente.

Método "Steppique"

En los últimos años la disponibilidad cada vez mayor de maquinaria agrícola especializada y pesada ha permitido a los forestales que actúan en zonas áridas y subdesérticas el iniciar proyectos de repoblación forestal en zonas que anteriormente consideraban como imposibles de plantar técnicamente. Algunas de las repoblaciones más espectaculares por su éxito, en zonas áridas, se han desarrollado en Marruecos y en Argelia, países en los que se han desarrollado técnicas que se conocen con el nombre de "méthode steppique".

En las condiciones más favorables de estación en estos países (o sea, en terrenos relativamente profundos, llanos o suavemente inclinados, con precipitaciones anuales de 300 a 500 mm distribuidas en cinco meses de invierno), la preparación de la estación se limita a un subsolado profundo mediante un subsolador pesado equipado con dos o tres dientes que penetran hasta profundidades de 60 a 80 cm. Se da una labor de subsolado en líneas continuas en una dirección y a veces se pasa la máquina en líneas cruzadas. El subsolado muelle el terreno en tal medida que se absorbe todo el agua de lluvia. Los árboles se plantan seguidamente con espaciamientos no menores de 3 x 3 o 4 x 4 m. En ciertas condiciones, se puede prescindir por completo del subsolado, siendo suficiente labrar el suelo con aperos agrícolas para romper la superficie y destruir la vegetación existente. La mayoría de las extensas plantaciones de Eucalyptus en la región de Marmora de Marruecos se establecieron de esta forma.

Lo más frecuente es que el subsolado vaya acompañado de la construcción de terraplenes o caballones de 0,5 a 1 m de altura con bases de 2,0 a 3,0 m de anchura. Estos terraplenes se forman mediante pesados tractores de oruga (150 a 230 hp) que llevan consigo explanadoras o niveladoras de hoja angular. Los terraplenes más pequeños de 0,5 m se hacen mediante avance transversal de una topadora angular siguiendo la curva de nivel y regresando por la misma línea con la hoja en posición invertida. Los terraplenes más grandes se hacen empujando la tierra con la explanadora desde el terreno situado sobre la línea del terraplén, en una serie de movimientos hacia delante y hacia atrás. Posteriormente se pueden subsolar las fajas que quedan entre los terraplenes, si ello se considera necesario. En laderas de poca inclinación, los terraplenes se suelen hacer en hileras interrumpidas, y desviadas escalonadamente a fin de forzar a la escorrentía superficial para que descienda por la colina en zigzag a través de las brechas escalonadas, distribuyendo eficazmente el agua para que se mejore la absorción por el suelo.

Aunque en algunas zonas, como por ejemplo en Cuba (Masson, 1973) el subsolado se hace en laderas hasta del 40%, este sistema se limita generalmente a las pendientes inferiores al 25%. El método utilizado en laderas de fuerte inclinación es la construcción de terrazas estrechas por medio de niveladoras de hoja angular (por ejemplo el método "catastrip" utilizado en Chipre y descrito en la página 43. A continuación se puede pasar un subsolador a lo largo del lecho de la terraza una vez que la niveladora ha terminado su trabajo de formación de la terraza.

Los árboles se plantan normalmente siguiendo la pendiente de los terraplenes que corresponden al nivel original del suelo. La masa de tierra suelta que forma el terraplén facilita la penetración de las raíces de los árboles y la experiencia ha demostrado que los árboles que se plantan en los terraplenes crecen mucho mejor que los plantados en tierras que sólo han sido sometidas a un trabajo de subsolado.

En las zonas que reciben fuertes vientos desecantes se ha comprobado que es conveniente abrir surcos profundos con el arado (en Argelia se prefiere el arado de vertedera de una sola reja) y plantar los árboles en el fondo del surco. Este procedimiento proporciona una buena protección contra el viento durante la primera o las dos primeras temporadas. La combinación de terraplenes y surcos profundos proporciona un abrigo todavía mejor contra el viento.

Hay que subrayar la necesidad de eliminar de la zona de plantación toda la vegetación preexistente y de mantener la superficie completamente limpia de malezas durante dos o tres años después de la plantación, hasta que los árboles hayan arraigado bien. Por lo regular, la vegetación xerofítica es de raíz profunda y tiene una capacidad grande y persistente para el rebrote. Por esta causa, es esencial desarraigar al máximo esta vegetación, por medio del arado de discos o de la grada de discos, o bien mediante deshierbe a mano cuando la vegetación contenga una elevada proporción de especies leñosas. La eliminación de malezas a mano es laboriosa y cara; el aclareo mecanizado es más fácil, y por esto, existen ya subsoladores (rasettes) especialmente adaptados que están equipados con una hoja delantera cortante que se extiende por encima de los dientes de la máquina. A medida que el tractor avanza, la hoja se desliza horizontalmente por debajo del terreno y corta las raíces, volteando los tocones que se presentan en la trayectoria del subsolador. El aditamento del arado de raíces para los tractores de oruga tiene una función similar, pero con el principal objetivo de cortar los sistemas radicales.

La principal preparación de la estación en el este de Marruecos es el subsolado, que se hace utilizando tractores muy pesados (230 hp) que remolcan desraizadoras de 7 a 10 toneladas capaces de romper las costras y las capas duras de tierra hasta profundidades de 70 y 80 cm. Por lo general se prescinde de la construcción de terraplenes, salvo en ciertas zonas limitadas de suelo profundo y libres de capas de tierra dura, en las cuales se utiliza un gran arado capaz de abrir surcos de 50 cm de profundidad para formar caballones siguiendo curvas de nivel en los que se han de plantar después los árboles. En la mayor parte de esta zona las grandes placas de costra rocosa volteadas por las desraizadoras son de tal naturaleza que hacen impracticable el laboreo mecánico de la superficie. Los árboles se plantan en cavidades hechas a mano en la intersección de las líneas de subsolado. Hay que poner cuidado especial para mantener todas las plantaciones libres de malezas durante dos años, empleando para ello tractores de ruedas con gradas de discos, cuando el suelo lo permita o, en caso contrario, a mano. Estos métodos de plantación han hecho posible que las plantaciones de Pinus halepensis hayan sobrevivido después de un año de extremada sequía en el que se registraron precipitaciones no superiores a 64 mm.

ESTACIONES REGADAS O REGABLES

Consideraciones generales

La plantación de árboles con riego suele corresponder a estaciones áridas, donde la precipitación pluvial de cada año rara vez excede de 200 mm, o a estaciones de tipo semiárido, cuyo período de lluvias es corto, traduciéndose en ambas en largos períodos con humedad deficiente en el suelo. En tales condiciones, la vegetación forestal indígena o no existe o está limitada a especies xerofíticas con raíces principales muy profundas y con unos mecanismos fuertemente desarrollados de control de la transpiración. Tales zonas son de una productividad extraordinariamente baja y suelen ser de un interés económico limitado.

No obstante, algunas tierras desérticas o subdesérticas, han demostrado que si se riegan pueden producir cosechas forestales de valor económico. En el Desierto de Sind en Pakistán, así como en el Iraq, en Egipto y en la parte central de Sudán se han desarrollado notables plantaciones de árboles en régimen de riego.

Fuera de las regiones desérticas o semi-desérticas, la aplicación del riego se ha combinado con el cultivo de álamos, y en menor medida con el de sauces, en regiones caracterizadas por un invierno relativamente crudo o por lluviosas estaciones que se alternan con una pronunciada estación seca de verano, como, por ejemplo, las zonas de mayor altitud del Mediterráneo y en países con climas continentales. En estas condiciones climáticas el régimen de humedad del suelo no representa normalmente un factor limitante para el crecimiento de los árboles, salvo en el caso de ciertas especies de crecimiento rápido, como los álamos, que necesitan tierra húmeda durante todo el año.

El cultivo de árboles forestales en régimen de regadío se ha desarrollado a partir de las plantaciones en hilera y de carácter ornamental que se establecen en zonas agrícolas y la mayoría de los métodos de regadío forestal se han adaptado de los métodos utilizados para los cultivos agrícolas establecidos en la misma localidad. Sin embargo, en los últimos años la investigación forestal ha empezado a poner en tela de juicio la conveniencia de seguir demasiado de cerca los procedimientos agrícolas. Algunas de las cuestiones que debe contestar la investigación relacionada con la silvicultura con riego son:

- 1) La cantidad óptima de agua consumida por año (es decir, la necesidad de agua de la plantación) por cada especie, dicho de otro modo, las cantidades y época del año de las necesidades respecto del agua. La necesidad de agua varía con el clima y con la especie, e incluso con las distintas procedencias dentro de una misma especie;
- 2) Los mejores métodos de suministrar el agua a la tierra, dando la debida consideración a factores tales como la pérdida de transporte, la percolación profunda, así como los deshierbes y aclareos futuros, y el aprovechamiento de la masa forestal;
- 3) La reacción de las especies arbóreas, indígenas y exóticas, cuando crecen en régimen de regadío.

Plantaciones en proyectos agrícolas con riego

Debido al elevado costo de su establecimiento inicial, las plantaciones con riego sólo se pueden sostener en pocas regiones, donde existe una grave escasez de madera o donde se tienen que tomar en cuenta otras consideraciones como la de evitar la erosión o la desertificación. Lo más frecuente es que los bosques de regadío se consideren como un subproducto de un programa ya existente y en tales condiciones el costo adicional de la producción de madera mediante regadío pueda mantenerse dentro de una escala aceptable. No obstante, cuando las plantaciones forestales se establecen en proyectos agrícolas de regadío, el proyecto de riego tendrá que diseñarse normalmente adaptándolo al ritmo del cultivo de la cosecha agrícola. Por lo tanto, el forestal viene así obligado a adaptar sus métodos a este ritmo, lo que puede no ser el ideal para el desarrollo de los árboles. Muchos sistemas agrícolas de regadío están también basados en una cierta intensidad de cultivo; sin embargo, las plantaciones forestales pueden necesitar agua de modo continuo durante todo el año, y por ello las zonas apropiadas para bosques de regadío están localizadas mejor en estaciones accesibles a los principales canales arteriales que llevan agua durante todo el año.

Hay ocasiones en que el suministro de agua de riego se interrumpe durante largos períodos del año dependiendo de los caudales estacionales de los ríos de origen, de la capacidad de los embalses o de los derechos de uso del agua existentes aguas abajo. En el Pakistán algunos programas de riego de las llanuras del Indo proporcionan agua solamente durante seis meses del año; durante los meses restantes los cultivos dependen de la humedad residual del suelo. En los tratados suscritos entre Egipto y el Sudán se limita en este último país la toma de agua del Nilo durante ciertas épocas del año. En el proyecto de riego de Gezira y en otros proyectos que dependen del agua del Nilo, no se puede disponer en absoluto de agua durante tres meses y medio (de mediados de Marzo hasta Junio) de la época más calurosa del año, lo que significa que sólo pueden utilizarse especies de árboles capaces de adaptarse a este período intermedio de sequía.

La mayoría de los antiguos proyectos de regadío se diseñaron para la agricultura sin tener en cuenta la producción forestal. Como consecuencia de ello, la plantación forestal se relegó frecuentemente a estaciones que no eran aptas para los cultivos agrícolas o que estaban junto al extremo de los canales de riego. En tales estaciones el suministro de agua es frecuentemente irregular, a veces en exceso - produciendo anegamiento - y otras veces por defecto, cuando las necesidades de agua de los cultivos agrícolas tienen prioridad.

En algunos proyectos de regadío más recientes, se ha reconocido la necesidad de plantaciones de carácter recreativo, para la producción de madera de construcción y, de modo más especial, de madera para combustible para las comunidades de la zona del proyecto.

Proyectos de plantación forestal con riego

Aunque la mayoría de los trabajos de plantación forestal en régimen de regadío se combinan con programas agrícolas ya existentes, a veces el sistema de riego se establece únicamente para producir plantaciones forestales. Por ejemplo, en la parte septentrional del Iraq se han establecido varias plantaciones en las tierras de matorrales del "Ahrash" que forman anchas fajas a lo largo de las riberas del Río Tigris y de sus tributarios; estas plantaciones se riegan mediante agua bombeada procedente del río. Existen plantaciones similares en las zonas de "Gerf" que flanquean ciertas partes del Nilo en el Sudán.

En un proyecto de este tipo, el forestal es responsable del diseño, de la construcción y funcionamiento de todo el sistema de riego y aunque esto supone conocimientos de ingeniería que están fuera de su preparación normal, tiene, sin embargo, la gran ventaja de que es capaz, generalmente con cierta asistencia de expertos, de diseñar un sistema que satisfaga las necesidades especiales de las masas forestales.

Influencia de los suelos

Dos características del suelo condicionan la elección del método de riego y también la cantidad de agua a aplicar y la frecuencia del riego. Estas son la velocidad con que el agua entra en el suelo (velocidad de infiltración) y la capacidad del suelo para retener el agua para su uso por el bosque (capacidad de retención del agua). Los suelos arenosos o gravosos son de fácil penetración, pero retienen mucho menos agua que un suelo de textura media o pesada.

La existencia de una capa freática puede proporcionar también un embalse de agua para las raíces de los árboles, y una vez que éstas llegan a tal profundidad pueden desarrollarse sin riego o con un riego mucho menor, siempre que no exista problema de salinidad. Por ejemplo, en el proyecto de repoblación del cinturón verde de Jartúm, los suelos arcillosos pesados restringen la filtración del agua a través de los estratos superficiales, de modo que el estrato seco que queda entre la capa freática y la zona superficial húmeda impide que las raíces de los árboles alcancen la indicada capa.

Las sales siempre están presentes en el suelo y en el agua de riego. Si se deja que estas sales se acumulen en la parte superior del suelo, pueden perjudicar a los cultivos e impedir su desarrollo. Durante el riego, se necesita una cantidad adicional de agua para asegurar que las sales son lavadas hasta por debajo de la zona de las raíces del cultivo. El peligro de tal salinidad es también decisivo cuando existen problemas de drenaje. Cuando el suelo es salino, puede ser necesario plantar únicamente aquellas especies arbóreas que se sabe que son tolerantes a la salinidad del suelo; también puede ser necesario el dotar a la zona del proyecto de un sistema complementario de drenajes capaz de lavar las sales disueltas en el agua de riego. Cuando existen suelos salinos, es aconsejable lavarlos antes de la plantación. En ciertos casos, puede ser factible producir un cultivo agrícola como la cebada, durante el período de desalinización que puede ayudar a compensar los costos que ello lleva consigo.

De lo anterior se deduce que un estudio edafológico a fondo es un requisito previo esencial para diseñar el proyecto de riego y para seleccionar las especies a plantar.

Métodos de riego

De todos los sistemas de riego, el superficial es el más barato y el que mejor se adapta a los árboles forestales. Puede ponerse en práctica utilizando ya sea el método de charcos, el de surcos o el de desbordamiento, siendo los dos primeros lo que más se suelen emplear para plantaciones. En el sistema a manta o de charcos y en el de desbordamiento, el agua se distribuye uniformemente por toda la superficie del terreno; en el sistema de surcos el terreno se humedece por infiltración lateral.

Sistemas de riego a manta y por desbordamiento

El sistema de riego a manta es el más adecuado para terrenos de poca inclinación con una superficie más o menos regular. Consiste en una serie de compartimentos de tamaño medio con lados de 20 a 30 m rodeados por diques de tierra elevados. Estos compartimentos se llenan uno tras otro con 10 a 20 cm de agua dependiendo de la capacidad del suelo para retener el agua.

El sistema de riego por desbordamiento es similar al anterior, pero está diseñado para superficies con pendientes suaves. Se construyen parcelas rectangulares de 15 a 30 m de anchura y de 100 a 150 m de longitud en la dirección de la pendiente principal. Las parcelas se separan mediante diques de tierra de 20 cm de altura. Las zanjás van a lo largo del borde superior de cada parcela y el agua corre hacia abajo por toda la superficie hacia la zanja de drenaje que está situada en la parte inferior.

Otra variante del riego a manta se utiliza muy frecuentemente para el cultivo del álamo en valles de montaña, donde la tierra se nivela en una serie de terrazas que siguen las curvas de nivel. El agua entra en la parte superior de cada serie y cada compartimento se riega sucesivamente a partir de los vertederos construidos en los terraplenes de la terraza superior.

Sistema de riego por surcos

En este sistema se construyen surcos que parten del canal de alimentación en líneas paralelas, espaciadas a intervalos suficientes para mojar la zona de las raíces de los árboles. El espaciamiento entre surcos y su capacidad dependen en consecuencia de la permeabilidad del suelo.



Los álamos responden bien al riego. Los que aparecen en la fotografía son de la Llanura de Rhab en Marruecos, y tienen cuatro años de edad. (Foto de la FAO).

Como regla general, cuanto más pesado es el suelo mayores serán y más apartados estarán los surcos; lo contrario se aplica a los suelos más porosos. En los suelos arcillosos pesados de las plantaciones del cinturón verde de Jartúm los surcos están separados normalmente a distancias de 2,5 m, pero de acuerdo con recientes investigaciones se ha encontrado que se puede lograr una buena humectación de la zona radical mediante una separación de 6 m entre surcos.

Este sistema es especialmente aplicable en zonas elevadas, dentro de proyectos de regadío, que están demasiado altas para poder alcanzarlas mediante el sistema de riego normal por gravedad. Siempre que el terreno no esté más de un metro más alto que el nivel del agua, se hacen surcos profundos y anchos, y los árboles se plantan en los laterales o terraplenes de estos surcos. Este método se utiliza en el Iraq, especialmente para plantaciones de granados y otros árboles frutales y también para plantaciones de Eucalyptus y Casuarina. No obstante, la excavación manual de tales zanjas profundas es costosa. Otro principal inconveniente de este método en las plantaciones forestales radica en la obstrucción que los surcos presentan al paso de los tractores y aperos, por ejemplo, durante las operaciones de deshierbe entre hileras. Tal sistema de riego bajo puede ocasionar también graves problemas de anegamiento y salinidad.

Sistema de riego por goteo

El riego por goteo es un método moderno, complicado y preciso de riego que se está desarrollando para la agricultura y la horticultura, pero que se ha adaptado recientemente para el establecimiento de plantaciones forestales en áreas en que existen recursos financieros adecuados para atender a sus elevados costos. Los principales beneficios de este método están en la reducción de las pérdidas de agua, en la producción de buenos resultados en cuanto a producción, en el uso óptimo de los fertilizantes y en un menor desarrollo de las malezas. En experimentos realizados en Pakistán, el riego por goteo utilizó únicamente el 22% del agua empleada en el riego por surcos y el 15% de la empleada en el riego a manta. Las principales limitaciones estriban en sus elevados costos comparados con el riego por surcos; el alto nivel de la especialización necesaria para su diseño, instalación y operación; los problemas relativos a la distribución de la humedad, incluyendo la delicadeza de los equipos para obturarse, y los riesgos de salinidad (FAO, 1973).

El riego por goteo es un sistema de aporte de agua mediante el cual ésta se distribuye a los puntos de destino sin pulverizarla y sin empapar la tierra. La densidad de los puntos de riego puede disponerse de tal modo que permita humedecer adecuadamente el subsuelo elegido mientras que la mayor parte del suelo de la superficie continúa seco. La distribución del agua se hace mediante tuberías de polietileno u otras formas de plástico, equipadas con "goteadores" que proporcionan un caudal adecuado a baja presión, normalmente dentro del orden de una a dos atmósferas. El sistema de tuberías se suele enterrar en el suelo para proporcionar la humedad a las profundidades prescritas del sistema radical, pero en ciertas condiciones puede ir sobre la superficie, permitiendo su fácil traslado cuando sea preciso. La obturación de los goteadores es un problema corriente, existiendo diversos sistemas y tipos de goteadores para reducir esta dificultad.

Necesidades de agua de los cultivos forestales

La necesidad de agua es la profundidad de agua necesaria para reponer la humedad disponible en la zona radical, perdida por evapotranspiración. El agua necesaria para que una plantación forestal crezca el máximo posible, variará de una estación a otra; aumentará con cada año transcurrido del turno hasta que se alcance el pleno desarrollo de la cubierta de copas. Si la capa de agua freática está cerca de la superficie, disminuirán las necesidades una vez que las raíces hayan alcanzado tal capa freática. Al igual que los cultivos agrícolas, especies distintas de árboles tienen distintas necesidades de agua, dependiendo en gran medida de sus mecanismos de control de la transpiración.

La necesidad de agua de un cultivo, ya se trate de cultivos agrícolas o forestales, puede calcularse utilizando la fórmula siguiente:

$$ET \text{ cultivo} = Kc \cdot ETo$$

donde ET cultivo es la necesidad de agua del cultivo en mm durante un período determinado de tiempo (es decir, la evapotranspiración cuando el abastecimiento de agua del suelo no es limitante); ETo es la evapotranspiración de referencia en mm durante el mismo período; y Kc es el coeficiente de cultivo. Para una descripción más completa del método, véase FAO 1977a.

Evapotranspiración de referencia (ETo), se define como "la cuantía de evapotranspiración de una cubierta vegetal extensa de poca altura que da sombra completa al terreno y que está convenientemente abastecida de agua". Se han diseñado fórmulas empíricas para calcular ETo. Los métodos corrientes son (i) el método Blaney-Criddle, que se utiliza cuando se dispone únicamente de datos sobre temperaturas; (ii) el método de radiación, que se utiliza cuando los datos climáticos disponibles incluyen mediciones sobre la temperatura del aire y la insolación, nubosidad o radiación; (iii) el método de Penman, que se utiliza cuando se dispone de datos de mediciones sobre temperatura, humedad, viento e insolación o radiación.

Coefficiente de cultivo (Kc). La necesidad de agua del cultivo depende de varios factores incluyendo las características del cultivo, la fase de desarrollo y las condiciones climáticas predominantes. Se han establecido valores de Kc para cultivos de hortalizas y de árboles frutales. Utilizando como guía los valores de Kc para árboles frutales, un cálculo aproximado del coeficiente para árboles de poca transpiración sería aproximadamente de 0,5; los árboles de transpiración elevada tendrían un coeficiente de alrededor de 0,9 o más. Por ejemplo, en climas subtropicales con lluvias de invierno, ETo está entre 1 000 y 1 300 mm al año, y el coeficiente de cultivo para árboles frutales de baja transpiración, como los cítricos, alcanza un punto máximo en Junio-Julio de alrededor de 0,7; el ET del cultivo sería aproximadamente de 700 - 900 mm/año. Los olivos, que son bien conocidos por su bajo nivel de transpiración, tendrían un coeficiente de cultivo estimado de 0,4 - 0,5, y el ET del cultivo estaría, en consecuencia, entre 400 y 440 mm/año. Las especies arbóreas de transpiración elevada pueden tener valores de Kc considerablemente mayores. Las necesidades de agua para lograr el máximo crecimiento de los cultivos forestales no han sido adecuadamente estudiadas.

Necesidades de riego de los cultivos forestales

La principal finalidad del riego es evitar que la falta de agua limite el crecimiento de los árboles. La necesidad neta de agua de riego de un cultivo forestal puede calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$In = ET \text{ cultivo} - (Pe + Ge + Wb)$$

(pérdidas) (ganancias)

In = necesidad neta de riego (mm/período de tiempo)

ET cultivo = necesidad de agua del cultivo (mm/período de tiempo)

Pe = pluviosidad efectiva (" " " ")

Ge = contribución de la capa freática (" " " ")

Wb = agua almacenada en el suelo al principio de cada período.

Pluviosidad efectiva (Pe). No toda la pluviosidad es efectiva, ya que parte del agua se pierde por escorrentía superficial, por percolación profunda, y por evaporación directa. Aquella parte de la lluvia que penetra en el suelo y está efectivamente disponible para los árboles se define como la pluviosidad efectiva. La efectividad de la pluviosidad depende de su intensidad, cantidad y frecuencia.

Contribución del agua freática (Ge). El agua freática puede contribuir al abastecimiento de agua a los árboles cuando se encuentra dentro del alcance de las raíces. Por ello es útil determinar la profundidad de la capa freática en relación con la profundidad esperada del sistema radical de los árboles. La profundidad de la capa freática varía con frecuencia de una estación a otra, por lo que se necesitan mediciones estacionales. Cuando la capa freática está cerca de la superficie, por ejemplo, en los valles, los árboles adultos generalmente no necesitan riego; en tales casos el riego puede necesitarse únicamente para el establecimiento de plantaciones jóvenes, y puede cesar cuando las raíces de los árboles alcanzan la capa freática.

Agua almacenada en el suelo (Wb). La capacidad de almacenamiento del suelo es la cantidad de agua disponible; varía entre la capacidad de campo (tensión del agua del suelo 0,2 atmósferas) y el punto de marchitez (15 atm). La cantidad de agua que puede almacenarse depende de la textura del suelo; los suelos pesados almacenan unos 200 mm/m, los suelos de textura media, unos 140 mm/m, y los suelos de textura ligera, unos 60 mm/m o menos. Debe señalarse que la utilización de la fórmula anterior ocasionará, teóricamente, el que Wb sea cero para todos los períodos de riego sucesivos, excepto para el primero.

En el caso de riego, la cuantía de la absorción de agua del suelo por los árboles y la capacidad de almacenamiento del suelo, desempeñan un papel muy importante para determinar la profundidad y frecuencia de las aplicaciones. Los suelos pesados pueden recibir grandes riegos con intervalos prolongados, mientras que los suelos ligeros necesitan riegos menores con intervalos más frecuentes.

Se ha hecho relativamente poca investigación sobre las necesidades netas de riego de las plantaciones forestales. En el Pakistán, los experimentos realizados han demostrado que la cantidad óptima de agua para la Dalbergia sissoo (la especie más importante de las plantaciones) está entre los 900 y 1 350 mm que deben aplicarse en riegos quincenales durante un período de riego de seis meses. La falta de agua para riego durante los otros seis meses secos de invierno, limita la selección de especies a aquellas que tienen un período prolongado de latencia.

En el Sudán, las investigaciones realizadas sobre las necesidades netas de riego de las plantaciones de Eucalyptus microtheca situadas en suelos negros de cultivo de algodón de Gezira, indican que un volumen de 2 400 mm anuales, aplicados en 13 riegos, dan buenos resultados. Los riegos se hacen cada 15 días durante el período de Julio a Diciembre, cuando el abastecimiento de agua para riego no tiene limitaciones y cada 6 meses desde Enero a Marzo, cuando el agua es escasa. Desde mediados de Marzo hasta Junio no se dispone de agua de riego, en conformidad con el acuerdo suscrito entre Sudán y Egipto. Las lluvias, que varían de 230 a 450 mm por año, caen en su mayoría durante los meses de verano, de Julio a Septiembre. Las investigaciones realizadas en el cinturón verde de Jartúm indican que los mejores resultados en cuanto a crecimiento tienen lugar cuando el riego anual es de unos 750 mm/ha/año, a pesar de contar con una precipitación anual media inferior a 200 mm. Con unas tasas mayores de riego se produce el encharcamiento en los suelos arcillosos alcalinos y pesados de la zona y se reduce el crecimiento.

En Turquía, los científicos que trabajan en el Instituto Nacional del Álamo han calculado las necesidades de agua de las plantaciones de álamo en un gran número de estaciones localizadas en las distintas regiones climáticas del país; los cálculos tuvieron en cuenta las precipitaciones, las temperaturas normales a la sombra, la humedad, el coeficiente de Gausson y la variación global calculada. Normalmente el riego es necesario entre Mayo y Septiembre, aumentando gradualmente hasta Julio y Agosto (los meses más calurosos y secos) y disminuyendo a partir de entonces. Las mayores necesidades de agua se registran en la región de Diyarbakir, del sudeste de Turquía, con unos 1 000 a 1 100 mm durante la temporada de riego de seis meses. No se necesita riego en Rize (región costera del nordeste del Mar Negro) donde la precipitación anual, que está bien distribuida, alcanza un promedio de 2 440 mm y supera la evapotranspiración máxima calculada. Para la mayoría de las plantaciones de álamo de Turquía, las necesidades netas de agua de riego están entre 500 y 700 mm.

Las cifras anteriores se refieren a las necesidades netas de riego. Las necesidades totales de riego pueden necesitar el tener en cuenta las necesidades de lavado del suelo (agua adicional necesaria que debe correr por la zona radical y más allá de ésta, a fin de evitar la salinización del suelo) y la eficacia del sistema de descarga.

Comportamiento ante una disponibilidad limitada de agua

Se sabe muy poco sobre el comportamiento comparativo de las distintas especies de árboles ante una disponibilidad limitada de agua en el suelo. La mayoría de los estudios han estado relacionados con los niveles "óptimos" de riego para producir tasas de crecimiento "óptimas". En muchas zonas secas puede ser necesario limitar la disponibilidad de agua, en ciertas estaciones, a cantidades inferiores al "óptimo". Se necesita realizar más investigación respecto al comportamiento de las distintas especies frente al agotamiento del agua del suelo, expresado como una reducción en los niveles de transpiración y de crecimiento.

Planificación de la disposición de las plantaciones de regadío

Como ya se ha indicado, la silvicultura suele estar subordinada a la agricultura en los programas de regadío y el establecimiento de un sistema de riego exclusivamente para plantaciones no es un caso frecuente. La planificación y el diseño de la disposición de un proyecto de riego es una tarea altamente especializada, precisa y exigente, siendo necesario contar con una gran experiencia y con el consejo de los especialistas si se quiere preparar un proyecto adecuado y de buenos resultados.

A continuación se describen algunos de los factores que influyen en la disposición y extensión de las plantaciones de regadío:

- 1) La superficie bruta servida por el canal principal, que está compuesta por (a) la superficie bruta regable, es decir, la extensión en que puede desarrollarse el riego y (b) la superficie no regable; constituida por toda la tierra que no es apta para el riego. La superficie bruta regable se compone de la superficie neta regable y de la superficie necesaria para caminos, canales y edificios.
- 2) La disponibilidad y variación estacional del abastecimiento de agua en relación con la cantidad de agua que, según los cálculos, necesitan las especies seleccionadas.
- 3) La calidad del agua de riego, especialmente en lo que se refiere a las cantidades de sales u otros elementos tóxicos.
- 4) La topografía. Debiendo considerar que las estaciones más convenientes son las situadas en terrenos llanos o con una ligera inclinación. Las laderas más inclinadas o las tierras con muchas ondulaciones e irregularidades aumentan la complejidad del sistema de distribución de agua y el costo de los trabajos de nivelación. Un detallado reconocimiento topográfico con curvas de nivel de metro en metro es un requisito esencial para la planificación del trazado de todo el proyecto.
- 5) Los suelos, atendiendo especialmente a su permeabilidad, contenido de sustancias químicas y formación de la capa freática.

El plan principal, en relación con el trazado, deberá indicar en el correspondiente mapa topográfico 1) el curso del canal principal desde su cabecera, o punto de toma de agua, hasta el punto más alto que domine las tierras que han de regarse, 2) la dirección de los principales canales de derivación dentro de los límites de la superficie total que han de servir y 3) la localización y extensión de los enclaves de tierra que no sean aptos para el riego o la plantación. Un mapa detallado de reconocimiento de suelos debe ir superpuesto sobre el mapa topográfico. Por último, será necesario determinar la disposición de los tramos futuros de plantación y de los cuarteles de riego de tal modo que la capacidad de suministro de los canales de derivación que sirven a cada uno de estos cuarteles de riego pueda estar relacionada con las superficies regadas, con la periodicidad del riego y con la cantidad de agua que necesiten las especies plantadas.

Preparación del terreno y construcción del sistema de canales

Después de limpiarla de la vegetación existente, toda la superficie debe nivelarse en forma aproximada. La finalidad de esta nivelación del terreno es lograr una buena uniformidad en la aplicación del agua por medio de un flujo uniforme sobre toda la superficie del terreno. Sin embargo, como los cultivos arbóreos rara vez sufragarán los costos adicionales necesarios para una nivelación completa del terreno, se recomienda elegir los terrenos con una pendiente lo más uniforme posible y que la nivelación se limite a una operación sencilla para suavizar únicamente las principales irregularidades.

La operación siguiente consiste en jalonar y construir los principales canales de distribución y la red de caminos. Las explanadoras y niveladoras, si se dispone de ellas, son muy convenientes para nivelar y para levantar los terraplenes. Los canales pueden abrirse por medio de arados de drenaje de doble vertedera o mediante excavadoras, según el tamaño necesario de los canales. Por último, habrá que construir la red de canales menores que serán los que abastezcan a cada tramo o parcela.

Antes de plantar, es necesario realizar riegos de prueba o ensayo a fin de poner de manifiesto los fallos o depresiones que presente la red de canales y vías y que indique las zonas de los tramos que necesitan una nueva nivelación adicional.

Capacidad de conducción de los canales de riego

La tasa de descarga de agua de un canal es función de su sección transversal, de su inclinación y de la lisura de su lecho y de sus paredes. El flujo se suele expresar en "cumeecs" (metros cúbicos por segundo) o "cusecs" (pies cúbicos por segundo) ($1 \text{ pie}^3 = 0,0283 \text{ m}^3$). Hay varias clases de aforadores que pueden instalarse en los canales para medir las tasas de descarga, pero a falta de tales instrumentos un método de cálculo consiste en multiplicar la superficie de la sección transversal de un canal hasta el perímetro mojado (la parte del canal que se moja por el caudal del agua) por la velocidad de la corriente (que puede obtenerse calculando con un cronómetro el tiempo en que un corcho flotante recorre una cierta distancia del canal). De este modo se obtendrá el volumen de agua que pasa en un segundo por un determinado punto. A continuación esta cifra nominal debe reducirse multiplicándola por un coeficiente que representa la resistencia que opone al paso del flujo la aspereza de las paredes del canal. Este coeficiente dependerá de la lisura de las paredes y de las dimensiones y pendiente del canal. Como orientación preliminar el coeficiente para un canal con una pendiente de 1 a 5.000 será aproximadamente:

Canales revestidos de hormigón	0,80
Canales de tierra limpia	0,70
Canales con paredes cubiertas de hierba	0,60
Canales obstruidos por vegetación bastante densa	0,50

En el caso de canales sin revestimiento el coeficiente incluye también un margen para tener en cuenta las pérdidas de filtración.

Compuertas, reguladores de toma y sifones

Todos los canales de distribución deben estar dotados de compuertas o reguladores de toma construidos en todos los puntos de conexión con los canales subsidiarios. Estos dispositivos se construyen preferentemente de hormigón o de mampostería, pero a veces se hacen de madera. El tipo más sencillo de construcción es la compuerta corrediza que puede subir o bajar para regular el volumen de agua que pasa al canal auxiliar.

También se utilizan sifones de hormigón en los cruces con carreteras, cuando la altura de los canales de riego es igual o mayor que la de la carretera.

Riego por bombeo

Hay casos en que la tierra elegida para plantaciones con riego está situada a un nivel más alto que el de la fuente de agua. Esta debe entonces elevarse por bombeo hasta el nivel del canal de riego principal.

El bombeo para riego normalmente exige grandes volúmenes de agua con pequeñas diferencias de nivel. Las bombas más apropiadas para este tipo de operación son las de propulsión o de flujo mixto. Estas bombas pueden elevar el agua de 1 m³/seg a 10 m³/seg o más, con diferencias de nivel de 3 a 10 m, o superiores, siempre que la operación se efectúe en varias etapas. Se deben emplear varias bombas, preferiblemente de modelo análogo, para proporcionar el caudal total necesario para la zona regada y, si trabajan sobre la base de 24 horas diarias, debe tenerse a mano una bomba adicional para casos de averías. La eficiencia de estas bombas es, en general, muy buena. Su velocidad de rotación es reducida y pueden funcionar ininterrumpidamente durante largos períodos de tiempo sin averías. Su desgaste es muy reducido y, por consiguiente, tienen una larga vida útil que llega por lo menos hasta 20 años. Las bombas de propulsión o de flujo mixto son bastante grandes y deben instalarse en plantas sólidas de bombeo, especialmente construídas y adaptadas al tipo de bomba que se utilice. Los motores se colocan en la parte superior de las plantas, en pisos muy fuertes para que soporten su peso. Inmediatamente debajo hay un plano intermedio compuesto de varios tubos verticales a través de los cuales el agua entra y sale de la estación. En la parte inferior se instalan las bombas grandes. Las distintas ruedas móviles deben estar a suficiente profundidad por debajo del nivel mínimo del agua para proteger las bombas contra la formación de vórtices y contra los efectos de la cavitación sobre las paletas. Es necesario instalar frente a las plantas de bombeo rejillas de admisión para evitar que cualquier materia flotante de dimensión grande penetre en el sistema y dañe las bombas. Asimismo, será necesario establecer compuertas para aislar cada bomba con motivo de los trabajos de mantenimiento o de reparación.

Pueden emplearse bombas mucho más pequeñas cuando se trate de regar zonas muy reducidas. Dichas bombas pueden ser de tipo vertical u horizontal, pero en este último caso la tubería de admisión debe ser lo más corta posible, acercándola al agua todo lo que se pueda. Hay que instalar válvulas de retención al pie de la bomba para reducir los problemas de succión.

Red de caminos

La red de caminos debe planificarse y construirse simultáneamente con el sistema de canales de riego a fin de reducir al mínimo el número de puentes, alcantarillas y sifones. Todos los canales principales y los de distribución deben contar con caminos de acceso para las operaciones de mantenimiento, sin que a lo largo de tales caminos se planten árboles que más tarde pueden impedir el paso de las máquinas de despeje de canales, precaución que frecuentemente se pasa por alto.

Costos de establecimiento de las plantaciones de regadío

El establecimiento de un programa de riego es siempre muy costoso. En el año 1966 el simple riego superficial requería una inversión inicial mínima de 1 500 \$ EE.UU. por hectárea. La mayor partida de gastos corresponde al costo de construcción del canal y de la red de caminos, especialmente si el costo total del sistema de canales ha de incluirse en el presupuesto forestal. En los programas de riego que existen en la actualidad para el desarrollo agrícola el gasto de capital correspondiente a la construcción del canal principal y de la red de distribución es absorbido en su totalidad por la Administración de Riegos, la cual puede cobrar o no un canon a la administración forestal por el agua suministrada. En el Desierto del Indo en Pakistán, las plantaciones forestales pagan una tasa por hectárea en concepto de agua de riego; sin embargo, en el Sudán el agua para el riego de las plantaciones de la zona de Gezira y del cinturón verde, se suministra gratuitamente a la administración forestal, la cual por tal razón se preocupa únicamente del trazado de los canales secundarios de alimentación dentro de la plantación.

ESTACIONES CON DUNAS

Consideraciones generales

Existen en el mundo, en regiones de todo tipo de climas, grandes extensiones de dunas arenosas inestables allí donde soplan vientos fuertes y regulares sobre suelos superficiales deleznales. Ciertas áreas de arena movediza tienen su origen en fajas vecinas al mar y con amplias playas arenosas, de tal modo que en épocas de fuertes vientos la arena es transportada por el aire tierra adentro para formar lo que se denominan dunas marítimas, a diferencia de las formaciones de dunas continentales que no tienen ninguna relación con el mar y que, por lo general, son el resultado de la destrucción de la vegetación nativa por el cultivo o el sobrepastoreo. Ejemplos notables de dunas continentales existen en las regiones de grandes vendavales de polvo en el centro de los Estados Unidos y en las estepas arenosas semi áridas de las cuencas inferiores de los ríos Don y Volga, en la U.R.S.S.

Cuando se produce la erosión eólica, las partículas más gruesas de arena o de suelo se transportan cerca de la superficie del terreno, el 90% del material dentro de los primeros 30 cm y alrededor del 57% dentro de los 5 cm de la superficie. Estas partículas se mueven en una serie de movimientos de choque e inducen el movimiento a otras partículas en una especie de proceso a saltos. Las dunas o montículos de arena se forman cuando la propia arena transportada por el viento tropieza con arbustos, árboles u otro obstáculo capaz de crear turbulencia. Esta turbulencia reduce la fuerza de acarreo del viento, tanto a barlovento como a sotavento del obstáculo y hacen que la arena se deposite en montones hasta que el obstáculo queda enterrado por completo en la duna. Las dunas se mueven en la dirección del viento cuando la arena elevada por éste a barlovento supera la cresta y se deposita de nuevo por la turbulencia a sotavento. Se han podido observar movimientos de hasta un metro por mes en la temporada de vientos muy fuertes.

La arena movediza puede convertirse en una amenaza al invadir las tierras de cultivo o bloquear los canales y líneas de comunicación o incluso penetrando en las viviendas. Sin embargo, la experiencia demuestra que si estas arenas se pueden estabilizar, suele haber la posibilidad de establecer con éxito plantaciones forestales y que en condiciones climáticas favorables pueden llegar a ser muy productivas. Las masas de Pinus pinaster de las Landas en el sur de Francia, pueden citarse como un buen ejemplo de la satisfactoria recuperación de unas tierras ociosas constituidas por formaciones de dunas creadas por los fuertes vientos que soplan del Atlántico sobre el Golfo de Vizcaya. Hay muchos otros ejemplos de estabilización satisfactoria de formaciones de dunas como las de Jutlandia septentrional, en Dinamarca, en Túnez y en el oeste de Libia, donde una de las principales tareas de los servicios forestales ha consistido en la fijación y plantación de vastas extensiones de dunas marítimas y continentales.

Las arenas movedizas, aunque generalmente son pobres en elementos nutritivos y con frecuencia carecen de materia orgánica, suelen retener bien la humedad. Incluso en lugares muy áridos, donde las lluvias rara vez pasan de 200 mm y se limitan a una temporada corta, la arena permanece húmeda hasta profundidades de 50 a 60 cm, por debajo de las capas superficiales que se secan debido a la evaporación. Una excepción es la arena que desagua con gran rapidez, pues en ella el agua se infiltra de inmediato y, en condiciones extremas, la humedad disponible en el suelo es insuficiente para que se establezca la plantación forestal. El problema básico de la repoblación forestal de arenas movedizas es el de fijar la arena durante períodos de tiempo suficientes para que se lleguen a establecer los árboles. Después de esto, la plantación es capaz de proporcionarse por sí misma el abrigo que precisa dentro de la zona plantada y, con el curso del tiempo, de enriquecer la arena con el humus de las hojas muertas, naturalmente, siempre que se impida que la arena del exterior penetre en la plantación y la sepulte. Por estas razones, la fijación de arenas movedizas incluye el intentar levantar barreras a barlovento, en el origen de la arena movediza, y desde allí evitar el movimiento de la arena, ocasionado por remolinos y turbulencias, dentro de la zona protegida por los rompevientos.

Por fortuna, en la mayoría de los sectores de arenas movedizas hay períodos del año en que éstas no están en movimiento, cuando los grandes vientos están en calma o cuando la abundancia de las lluvias da cierta cohesión temporal a la capa de la superficie. Tales períodos de reposo pueden tener una duración suficiente para estimular la supervivencia de la vegetación indígena, la cual puede extenderse rápidamente y con facilidad sobre la superficie en cuanto se establezcan las cortinas protectoras, contribuyendo considerablemente al proceso de estabilización.

Cuando las condiciones son favorables, con períodos de vientos fuertes regulares y bien definidos y entremezclados con intervalos relativamente prolongados de lluvias abundantes y temperaturas altas, existe incluso la posibilidad de estabilizar las arenas movedizas procediendo simplemente a plantar árboles de especies bien adaptadas, y de crecimiento rápido durante las temporadas en que no sopla el viento. Parece que así sucede en las zonas de arenas movedizas de la costa del Vietnam del Sur, donde las dunas se pueden estabilizar plantando hileras de Casuarina sin necesidad de emplear ninguna otra técnica especial de fijación.

Sin embargo, la plantación de árboles no puede en general realizarse con éxito a menos que se adopten antes medidas especiales para evitar o reducir el movimiento de la arena.

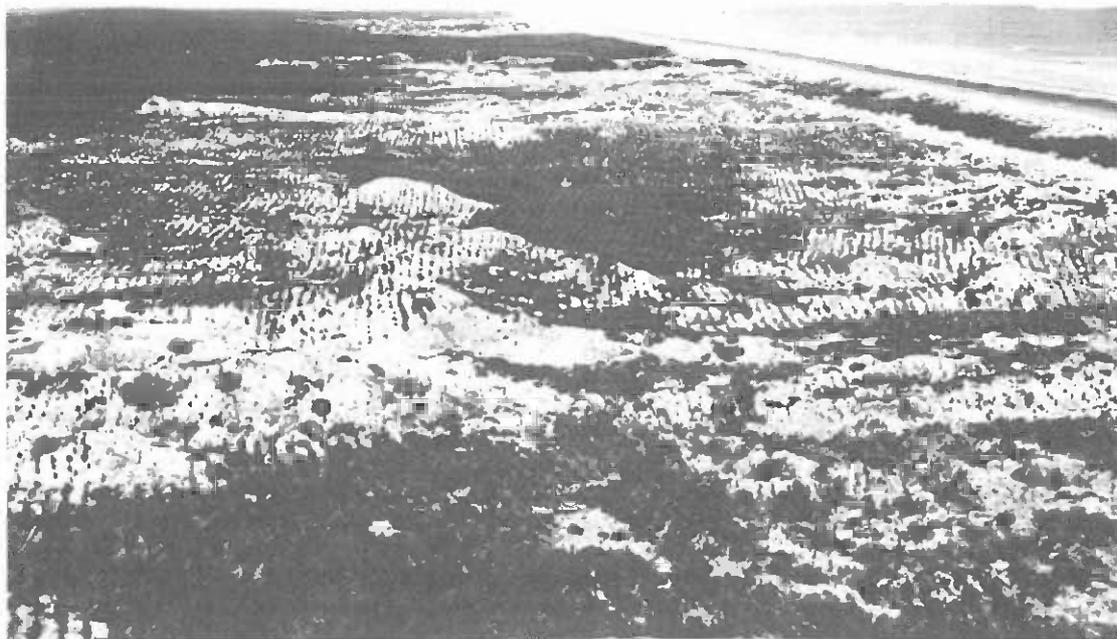
Métodos de fijación de arenas movedizas

El primer paso para la fijación de las arenas consiste en identificar los orígenes del material arrastrado por el viento y, si es posible, levantar barreras que impidan o controlen cualquier nueva invasión de este material. Tales barreras primarias o cortinas protectoras tendrán que repetirse normalmente en series y a intervalos, siguiendo la dirección del viento, desde la zona donde se originan, a fin de crear zonas protegidas donde se rompe la principal fuerza del viento deshaciéndose en remolinos turbulentos que sólo ejercen una acción localizada sobre la superficie. La segunda etapa en el proceso de estabilización consiste en proteger la superficie contra el efecto de estregamiento y depósito ejercido, en forma relativamente localizada, por la turbulencia del aire dentro de las zonas protegidas. Esta protección secundaria puede conseguirse mediante diversos métodos que en realidad actúan como una cubierta muerta.

Barreras protectoras primarias

Cuando la arena transportada por el viento procede de las playas costeras, la práctica normal es formar una duna litoral a lo largo de la orilla. Esto se logra levantando una cerca continua, pero permeable, de postes, fajinas o cualquier otro material que resulte conveniente para la estación. A medida que la arena arrastrada por el viento se acumula y entierra la cerca, hay que construir otra cerca similar en lo alto de la duna y en el lado de barlovento de la cresta y, cuando esta valla también queda enterrada en la arena, se

construye una tercera y así sucesivamente. En unos pocos años pueden construirse de este modo dunas litorales hasta de 10 m de altura. En caso necesario, se pueden construir varias líneas de dunas paralelas a lo largo de la costa y estabilizar y plantar los intervalos que quedan entre ellas, mediante vegetación rastrera y con fajas de árboles, para formar una primera línea defensiva contra la arena invasora. Las especies que se utilicen en la primera cortina protectora deben ser resistentes al viento y tolerantes a la aspersión de sal que éste lleva tierra adentro.



En Waitarere, Nueva Zelandia, un cinturón de *Pinus radiata* estabiliza las dunas costeras y protege los terrenos agrícolas adyacentes. Sobre estas dunas se plantó la gramínea Marram antes de proceder a la plantación de árboles. (Fotografía del Servicio Forestal de Nueva Zelandia).

Las fuentes de la arena que, acarreadas por el viento, forman las dunas continentales no se pueden, de ordinario, regular de un modo tan sencillo como en el caso de las dunas marítimas. La arena puede ser recogida por el viento en amplias zonas de llanuras cultivadas o, como en el caso del norte de Africa, en los desiertos sin lluvia, como el Sahara. Por ello, el primer paso lógico es intentar corregir las condiciones que causan la exposición del suelo a la acción del viento, lo que puede lograrse mediante una cobrera de rastros en las zonas donde se cultivan los cereales, evitando el pastoreo excesivo y plantando sistemáticamente rompevientos en las tierras de labor y de pastoreo cuyos suelos superficiales son susceptibles a la erosión eólica. Incluso cuando tales medidas no son posibles, como en el caso del Sahara, puede ser factible encontrar, mediante un reconocimiento sistemático, aquellos puntos donde la topografía del terreno produce los efectos de "embudo del viento". Una línea de colinas puede constituir una barrera contra la arena movediza aunque ésta logre atravesarla por algún punto de menor altitud o en

los casos en que los lechos de los arroyos o de los torrentes han abierto paso a través de dicha barrera. Tales puntos brindan posibilidades para la estabilización mediante la formación de dunas protectoras en sentido transversal a la dirección del viento, utilizando métodos similares a los indicados para las dunas costeras.

El principal objetivo que se persigue al crear tales barreras o cortinas protectoras es el reducir la fuerza de los vientos dominantes a menos de 18 a 25 km/h, que es la velocidad límite a que comienzan a moverse los suelos. Gran parte de la información recogida en el curso de las investigaciones realizadas sobre rompevientos vivos de árboles en distintas partes del mundo puede aplicarse al control y estabilización de las dunas movedizas. En términos generales, los efectos de las cortinas protectoras pueden resumirse de la forma siguiente:

- 1) La distancia a que se extiende la protección a sotavento es proporcional a la altura del rompevientos; cuando la dirección del viento forma ángulo recto con la línea de la barrera, su velocidad hacia sotavento se reduce sensiblemente para distancias equivalentes hasta 20 veces la altura de la barrera. El porcentaje de reducción de la velocidad del viento varía también con la densidad de la cortina y con la distancia hacia sotavento. Existe también una zona de velocidades reducidas a barlovento, que varía entre dos y cinco veces la altura del rompevientos;
- 2) Los rompevientos anchos no son necesariamente más eficaces que los estrechos; los mejores resultados se obtienen cuando su anchura es poco más o menos igual a su altura.
- 3) La evaporación se reduce mucho en el lado que queda a sotavento de las barreras, debido a la reducción del movimiento y de la temperatura del aire y al aumento de la humedad atmosférica. La evaporación puede reducirse en una zona que se extiende a sotavento hasta 24 veces la altura del rompevientos. La reducción es proporcional a la densidad del rompevientos, de tal modo que una barrera permeable, especialmente cuando es poco densa en su nivel inferior, no es tan eficaz como una barrera densa para reducir tal evaporación. Este efecto reviste especial importancia en la repoblación forestal de arenas movedizas en regiones semi-áridas cálidas.

Métodos de estabilización de la superficie

Incluso dentro del abrigo que proporcionan las dunas litorales o los rompevientos, es posible que en algunos lugares las velocidades del viento sean a veces suficientemente altas para ocasionar el movimiento de la arena. El efecto de este movimiento a golpe de arena, puede ser muy perjudicial especialmente para los árboles recientemente plantados. Los remolinos de viento pueden producir en algunos puntos el estregamiento y la acumulación de arena, de tal modo que algunos árboles jóvenes pueden quedar desarraigados o enterrados en la arena. Por ello, casi siempre es necesario el colocar en toda la superficie una especie de cobertera muerta o una red de pequeños rompevientos que puedan impedir el vuelo de la arena. En los últimos años se ha aplicado el procedimiento de fijar la hojarasca mediante una aspersión de emulsiones de alquitrán, técnica que tiene considerables posibilidades de éxito y que se ha utilizado extensamente en ciertas partes del mundo.

Métodos clásicos

El método que se utiliza con carácter más general consiste en cubrir toda la zona con rompevientos minúsculos, dispuestos según el modelo de un tablero de damas, que pueden estar formados por cercas de estacas y zarzas, utilizando ramas cortadas o bien tallos duros de gramíneas o cañas. A veces las vallas pueden estar constituidas por plantas vivas. Estas cercas o setos, cuya altura puede variar de 0,5 a 2 m, pueden estar espaciadas desde 40 m hasta 2 m, debiendo, en este último caso, plantarse un árbol en cada cuadro. Cuando se utilizan espaciamientos más amplios a veces resulta necesario cubrir la superficie del

terreno con ramas, paja o hierba cortada a fin de proporcionarle una protección adicional. A veces una cubierta superficial de ramas resulta suficiente, por sí misma, para impedir que la arena vuele, sin que sea necesario construir los cuadrados.

En Túnez se utilizan todos los métodos que se han expuesto. A pesar de la protección que ofrecen las dunas litorales, se procede a cubrir las dunas marítimas con una red de cercas fabricadas con ramas cortadas de las vecinas masas forestales de maquis. Se plantan también setos vivos de Saccharum aegyptiacum en cuadros de 15 o de 20 m y a continuación se esparce en el suelo una capa de ramas cortadas. En Chipre, en cambio, se comprobó que una simple cubierta de ramas constituía una protección suficiente para que las plantaciones de Acacia cyanophylla pudieran sobrevivir durante el primer año después del cual las propias plantas podían producir la cubierta que precisaban para proteger la estación. Cuando las condiciones no son demasiado rigurosas, la plantación directa de "cepas" de Acacia cyanophylla ha dado un resultado satisfactorio para el establecimiento de una cubierta, sin necesidad de otras medidas de fijación.

Este método clásico de fijación de dunas suele ser bastante costoso, especialmente si no se dispone de recortes de ramas o de hierba cortada cerca de las zonas que hay que estabilizar. Incluso cuando se disponga de ellas, las grandes cantidades que se necesitan de estos materiales pueden dar lugar a la demudación de una zona para proteger otra. Los métodos de fijación en que se utiliza material vivo constituido por hierbas, esquejes, etc., pueden a menudo retrasar la plantación de las especies principales de cultivo, en espera de que los setos alcancen la altura necesaria para estabilizar la superficie y, una vez que se haya logrado ésta, sus raíces pueden extenderse tan lejos por el espacio intermedio que entablen una seria competencia con los árboles forestales. Los setos y las vallas levantados en cuadrados muy próximos impiden también el movimiento de los trabajadores, especialmente en las épocas de plantación e inevitablemente las vallas se deterioran produciéndose agujeros que ocasionan una erosión localizada por "embudo de viento".

Técnicas de rociado de dunas

El rociado de arenas movedizas con productos a base de petróleo o de alquitrán se ha utilizado como método de fijación en muchos países. Tales productos se utilizan, por ejemplo, en los Estados Unidos y en Kuwait, para proteger las carreteras contra la invasión de la arena y en la India y en el Pakistán para fijar las dunas que llenan los canales de riego. En los últimos años se ha introducido el rociado de arenas movedizas en combinación con la repoblación forestal, en una escala bastante grande en Libia y en Túnez. El tipo de producto bituminoso que se utiliza en estos países se puede obtener de la mayoría de las compañías petroleras. El Instituto de Investigaciones sobre Riego de Pakistán ha estudiado recientemente la eficacia estabilizadora de algunos de estos productos patentados en comparación con emulsiones similares bituminosas preparadas en laboratorio. Estas emulsiones contienen betumen, hidróxido de potasio y carbonato de potasio con mezclas de estearina, jabón de resina de vinsol y un 5% de lodo de bentonita emulsionado en agua a 95°C. Cuando se rocía la arena con tales emulsiones penetran en las capas superiores y se secan rápidamente formando una costra superficial que brinda una protección completa contra el viento. La profundidad de penetración varía en cierta medida con el producto que se emplea, con la proporción de agua en la mezcla y con las cantidades aplicadas por unidad de superficie. Para que tengan eficacia, hay que lograr que la penetración sea de 1 a 3 cm. Asimismo, el rociado hace que la capacidad de carga que puede soportar la arena aumente hasta 20 a 30 ton por metro cuadrado.

En Libia una compañía, que trabajaba a través de un contrato suscrito con el servicio forestal, ha rociado varios miles de hectáreas de dunas, habiéndose ensayado técnicas similares en Túnez. Inicialmente se emplearon camiones cisterna corrientes, especialmente equipados para transportar el petróleo en el desierto hasta las zonas que tenían que plantarse. El compuesto se rociaba sobre la arena por medio de pulverizadores de manguera accionados a mano. Para acelerar los trabajos la compañía ha construido un vehículo especial, un trineo de acero provisto de un tanque de 800 litros y con anchos brazos rociadores, que va remolcado o movido por un cabrestante sobre las dunas mediante la acción de una explanadora.

De este modo, el equipo de aspersión puede superar los terrenos más difíciles de dunas dejando rociada una faja de 25 m de anchura. Cada vehículo puede cubrir unas 4 hectáreas por día, empleando aproximadamente 4 000 litros de producto por hectárea. En Libia se comprobó que la aspersión producía efectos tóxicos en algunas de las plantas utilizadas (en general Acacia y Eucalyptus) de manera que en la actualidad el rociado se hace antes de la plantación. Este procedimiento permite además que la aspersión se lleve a efecto en temporadas que no son aptas para plantar. En Túnez los ensayos efectuados con el mismo producto bituminoso indicaron que el procedimiento de rociar después de plantar es más factible, ya que el petróleo no causaba perjuicio a las plantas jóvenes (Acacia y Pinus). En las zonas rociadas antes de plantar, los movimientos de los hombres que plantan y transportan las plantas hasta las estaciones de plantación ocasionaron tanta perturbación a la costra superficial estabilizada que sus efectos protectores se vieron grandemente disminuidos.

La prosecución de estos experimentos proporcionará sin duda mejoras en las técnicas de aspersión y en la formulación de los productos estabilizadores a emplear. Si se combinan con las ventajas que suponen la velocidad y los menores costos, parece probable que las técnicas de rociado tiendan a sustituir a los métodos clásicos de fijación de dunas. Es posible que esta tendencia se acelere si tienen resultados satisfactorios los experimentos que se están realizando en Libia para aplicar desde el aire un nuevo tipo de estabilizador químico. Este estabilizador es un compuesto químico adhesivo que se coagula al absorber humedad y forma una capa delgada estabilizadora sobre la superficie de las dunas. La siembra de las zonas desde el aire al mismo tiempo que se aplica el estabilizador químico puede significar una revolución total en las técnicas de repoblación forestal de arenas movedizas. Los primeros datos registrados indicaron que las técnicas de rociado eran más eficientes desde el punto de vista del costo que el método clásico de fijación de dunas.

ESTACIONES HUMEDAS O ANEGADAS

Las estaciones húmedas son aquéllas en que el suelo se anega durante todo el año o durante gran parte del mismo y sólo pueden repoblarse si se extrae el agua.

Las vastas zonas de pantanos y marjales, que contienen bosques naturales que se regeneran por sí solos, constituidos por especies hidrofíticas de valor económico, y que se dan tanto en las regiones tropicales como en la zona de coníferas del hemisferio boreal, no se consideran aquí, ya que las especies de árboles han desarrollado por sí mismas procedimientos para vencer las dificultades inherentes a este ambiente. Sin embargo, existen también grandes áreas de pantanos y turberas que están totalmente desarboladas o sólo presentan una vegetación arbórea de escaso valor. De acuerdo con algunos cálculos, esta superficie llega a los 200 millones de hectáreas. Una gran proporción de tal extensión podría, con una operación previa de drenaje, repoblarse forestalmente con especies de alto valor económico.

Prescindiendo de estos grandes espacios de tierras de turbera, el forestal se enfrenta con frecuencia con terrenos cenagosos de extensión relativamente pequeña, que constituyen estaciones secundarias dentro de un gran proyecto de repoblación en suelos bien drenados. Tales terrenos pueden presentarse en pequeñas depresiones o en llanuras aluviales adyacentes a las márgenes de los ríos, y su avenamiento puede ser necesario como parte de un plan general de repoblación forestal.

Independientemente de que el anegamiento constituya una característica de toda la zona o sólo de una sección relativamente pequeña, las técnicas de extracción del agua y de saneamiento de los suelos son esencialmente las mismas en ambos casos.

Estaciones donde se realiza el drenaje

Marjales con agua gravitante retenida

Antes de comenzar los trabajos de drenaje o desecación del suelo, es indispensable desalojar el agua estancada en la superficie. Esto exige el conocimiento de la procedencia del agua que penetra en el marjal y las causas de su acumulación y estancamiento en dicho lugar.

En los casos en que el agua fluye de un terreno más alto, existe la posibilidad en ciertas condiciones topográficas, de interceptar el flujo en un punto conveniente, situado por encima del nivel del marjal, y desviarlo hacia un desagüe o canal de atajo haciendo que el agua pase a un canal de drenaje natural.

Los marjales ribereños creados por inundaciones periódicas cuando un río está en crecida, sólo pueden avenarse construyendo diques o malecones que puedan impedir el paso del agua que asciende por las márgenes. Puede ser necesario quizás el construir en el marjal una serie de desagües para secar los charcos que queden en los antiguos canales inundables o extraer el agua que penetra por filtración subterránea desde el lecho del río. Si, como ocurre a veces, la topografía del terreno no permite que estos desagües se descarguen por gravedad, quizás sea necesario el concentrar el agua en un estanque colector desde donde ésta pueda arrojarse por bombeo al canal del río por encima del malecón de protección.

Análogamente, tratándose de marjales de tipo laguna adyacentes a las orillas del mar, habrá que construir compuertas de regulación en todas las salidas al mar, para cerrarlas durante la marea alta y abrirlas con la marea baja para que el agua del marjal corra hacia el mar. Tales reguladores pueden cerrarse mediante un dispositivo automático accionado por el nivel de elevación de la marea.

A veces puede ocurrir que un marjal deba su origen a la presencia de una obstrucción en su canal natural de salida, debido a fallas geológicas, deslizamientos de tierras o caídas de rocas. Hay muchos marjales de tierras altas que son en realidad restos de antiguos lagos y de valles sumergidos formados por levantamientos geológicos que invaden un valle. Con el transcurso del tiempo, los vertederos naturales son dañados por la erosión, lo que causa un descenso gradual del nivel del agua del lago hasta que ésta llega a tener tan poca profundidad que permite la formación de marjales. Estos pueden avenarse abriendo un canal en la barrera de obstrucción o por medio de un túnel que la atraviere, siempre en el supuesto de que el costo no sea excesivo en relación con la superficie a sanear.

Algunos marjales se forman en las orillas bajas de los lagos como resultado de las elevaciones periódicas del nivel del agua que siguen a los períodos de fuertes lluvias. Estos pantanos pueden rehabilitarse construyendo malecones que sobrepasen el nivel más alto del agua y mediante el drenaje posterior con bombas o compuertas de regulación en las vías de salida al lago.

Un método similar se aplica en forma extensiva en las zonas bajas del delta del río Paraná, en Argentina, para rescatar los terrenos que se anegan periódicamente con capas de agua de pequeña profundidad debido a las inundaciones. En este caso, las tierras del marjal se rodean con diques y se efectúa su avenamiento mediante bombeo, formando una serie de islotes saneados que a continuación se plantan. En la estación seca las bombas se utilizan para sacar el agua en sentido inverso, es decir, desde los más profundos canales del marjal, con objeto de regar las plantaciones.

Turberas y suelos mal drenados

Los suelos de turberas de drenaje defectuoso se encuentran principalmente en aquellas regiones del mundo donde la pluviosidad anual supera en mucho a la evaporación y la temperatura es suficiente para una abundante producción de materia orgánica, pero demasiado baja para que ésta pueda descomponerse con rapidez. En estas condiciones climáticas se mantiene una acumulación de plantas siendo corriente la formación de turba. Además de los factores climáticos, la topografía del terreno y la escasa permeabilidad del suelo favorecen la formación de turba. Por ello los pantanos y otros suelos anegados son bastante corrientes en las tierras llanas y de poca altura, incluso en climas tropicales y subtropicales, aunque debido a la más rápida descomposición en las zonas más calientes, pueda faltar la verdadera turba. En cambio, en condiciones sumamente húmedas y de características marinas pueden existir fangales con gruesos depósitos de turba incluso en laderas de pendiente pronunciada, como sucede en ciertas partes de Escocia y del oeste de Noruega.

También se dan suelos minerales inundados, con poca o ninguna formación de turba, en los casos en que el avenamiento del terreno es defectuoso. Casi siempre se trata de suelos muy arcillosos que muestran la típica decoloración jaspeada del suelo gley. El drenaje deficiente puede tener como causa la presencia de un substrato impermeable o de una capa dura podsólica o laterizada.

Incluso en los suelos anegados puede ocurrir que el horizonte superior esté suficientemente aireado para sostener una cubierta superficial de musgos y de otras especies hidrófilas; en algunos casos, la profundidad de esta capa puede ser suficiente para mantener árboles, aunque éstos crecen a menudo con deformaciones, tienen un sistema radical muy somero y son susceptibles al derribo por el viento. Los primeros ensayos hechos en Gran Bretaña para repoblar forestalmente turberas mediante un drenaje superficial demostraron que, aunque los árboles crecían bien durante los primeros años, no podían soportar los vientos fuertes cuando los fustes llegaban al tamaño de postes. Es esencial contar siempre con un estrato superior de suelo aireado que tenga por lo menos 30 cm de espesor, y preferiblemente más. Para lograrlo, los desagües deben hacerse bastante más profundos con objeto de dejar margen para los efectos que se conocen con el nombre de "franja capilar". Se trata en realidad de una zona anegada que debe su formación a las fuerzas capilares que actúan inmediatamente por encima del nivel de la verdadera capa freática o por encima del nivel del agua superficial en el desagüe de recepción. Esta franja capilar puede ascender a veces hasta 30 cm, lo que explica por qué en ocasiones los desagües poco profundos parecen no tener ningún efecto sobre el agua de la inundación. Por lo tanto, para superar esta franja capilar los desagües de recepción deben tener, por lo menos, de 40 a 60 cm de profundidad, o incluso más a fin de lograr que se forme una capa suficiente de suelo completamente aireado para el desarrollo de las raíces.

Salinas y marismas

Los terrenos y marjales inundados se encuentran también allí donde una elevada salinidad es un factor limitante adicional respecto a la humedad del suelo. Los marjales salados o salobres que se forman a lo largo de las costas y están sujetos a la afluencia del agua del mar se encuentran en muchas partes del mundo. En los climas áridos, las salinas pueden provenir de la evaporación del agua de las corrientes marinas que penetran en las depresiones tierra adentro.

Aunque existen ciertas especies de árboles de valor económico, por ejemplo, la Rizophora spp., la Tamarix articulata, la Prosopis tamarugo, y las palmas datileras, que toleran una elevada salinidad del suelo (y en el caso de los manglares, también las condiciones propias de los marjales) la repoblación forestal de las salinas es imposible a no ser que el terreno se avene y que el contenido de sal en el suelo se reduzca o se elimine lavándolo con grandes cantidades de agua dulce. Esta operación puede resultar factible en situaciones en que las salinas se pueden drenar de manera que el agua de inundación que penetra en el lugar se utilice para quitar la sal del suelo o cuando el riego combinado con el avenamiento, pueda producir el mismo efecto. Sin embargo, la desalinización es casi siempre un trabajo muy costoso que rara vez se justifica por la sola obtención de la cosecha

forestal. En la sección que trata de las plantaciones de regadío se menciona de nuevo esta cuestión.

Cuando no es posible efectuar un drenaje permanente, la única alternativa es construir una serie de montículos y zanjas alternados, colocando la tierra excavada de las zanjas en los montículos intermedios, que pueden plantarse en cuanto la sal se haya eliminado después de un período suficiente de lluvia. Tales montículos deben ser suficientemente grandes para proporcionar el espacio necesario para el desarrollo de los sistemas radicales de los árboles, por encima del nivel más alto de las fluctuaciones del agua freática. También en este caso se trata de una operación muy costosa que rara vez puede justificarse basándose en criterios de producción económica.

En realidad los forestales deberán estar sobre aviso para evitar el intento de rescatar zonas de marjales cuando las dificultades que entraña la preparación de la estación se complican aún más por una salinidad elevada.

Técnicas de drenaje

Características y trazado del drenaje

Para planificar el trazado de los sistemas de drenaje en marjales o suelos anegados, es necesario efectuar un reconocimiento topográfico detallado de la zona. En terrenos inundados o en marjales, de los cuales se ha extraído el agua gravitante estancada, es necesario también examinar cuidadosamente las formaciones edáficas para identificar el tipo de suelo, la profundidad de las capas de turba o la presencia y espesor de cualquier formación de capas duras. También se necesita realizar análisis químicos del suelo para orientar los posibles tratamientos con fertilizantes.



En estaciones anegadas, deben construirse zanjas de drenaje antes de plantar la mayoría de las especies. La foto muestra una masa vigorosa de pino en Queensland, Australia. (Cortes de D.A. Harcharik).

Deben establecerse parcelas experimentales para comprobar la eficacia del avenamiento con diferentes intensidades y profundidades de los desagües, midiendo el movimiento del nivel del agua en pozos de referencia situados entre ellos.

Existen tres tipos de drenajes abiertos: las acequias interceptadoras, las acequias colectoras o receptoras, y las acequias de evacuación.

Acequias interceptoras

Las acequias interceptadoras tienen por objeto interceptar el agua que entra en el marjal y conducirla a alguna otra vía de drenaje natural, evitando de este modo el pantano. Las dimensiones de este tipo de acequias deben ser suficientemente grandes para recibir el máximo caudal de agua que entre en el pantano en épocas de lluvias copiosas o de inundaciones.

Acequias colectoras

Las acequias colectoras son aquéllas que reciben en realidad el agua que rezuma la tierra; el espaciamiento entre estas acequias colectoras debe, por ello, guardar relación con el coeficiente de filtración del agua en el suelo. Cuanto más pesado sea éste, es decir, cuanto mayor sea su contenido de arcilla, más lento será el ritmo de infiltración y, por tanto, más pequeñas serán las distancias entre acequias. Las turberas también retienen el agua tenazmente, lo que significa que las estaciones con espesas capas de turba necesitan unos trabajos de drenaje muy intensivos. En terrenos inclinados, las acequias colectoras deben, en lo posible, alinearse siguiendo las curvas de nivel, procurando darles una inclinación que baste apenas para crear un flujo hacia las principales acequias de evacuación. De este modo se obtiene una máxima interceptación con una longitud mínima. Una acequia alineada en un ángulo oblicuo más pronunciado transversalmente a la ladera, habrá de tener una pendiente más acusada y una longitud mayor para la misma interceptación, mientras que una acequia alineada en ángulo recto con la curva de nivel perderá por completo su capacidad de interceptación.

Las dimensiones en sección transversal de las acequias colectoras se determinarán, sobre todo, a base del tipo de suelos, aunque normalmente estos desagües tendrán como mínimo una profundidad de 40 cm y posiblemente hasta de 1 metro. La anchura en su parte superior será por lo menos igual a su profundidad y los laterales descenderán con cierta inclinación hasta el lecho no debiendo tener una profundidad inferior a 20 cm y no menos de 30 cm en el caso de turberas, a fin de poder corregir la tendencia de estos suelos a cerrarse.

La pendiente de estos desagües (es decir, la inclinación descendente del lecho hacia el punto de salida) debe oscilar entre el 0,25 y el 3,0%. Por debajo del 0,25% existe el peligro de que se produzca una sedimentación excesiva y por encima del 3% hay el riesgo de estregamiento y erosión, a menos que el lecho esté abierto en formaciones de suelo muy resistente. La pendiente necesaria puede obtenerse aumentando gradualmente la profundidad del desagüe o bien, en terrenos inclinados, alineando las acequias en ángulo oblicuo con la curva de nivel sin variar la profundidad del drenaje. Este es el método que se aplica cuando las acequias se construyen mediante arados de drenaje de profundidad fija.

La longitud de las acequias colectoras debe ser, en general, del orden de los 50 a los 100 m, ya que en las acequias de mayor longitud existe el peligro de cometer más errores de pendiente, sobre todo cuando hay cambios en la dirección de la ladera. Además, cuanto mayor sea la longitud del desagüe, mayor es el riesgo de acumulaciones excesivas de agua en las épocas de lluvias copiosas.

La distancia entre las acequias colectoras variará según el tipo de suelo y también según la inclinación del terreno. Como ya se ha indicado, en general, cuanto más pesado sea el suelo, más juntas tienen que ir las acequias. Las distancias normales entre acequias, en el caso de suelos gleys o suelos gleys turbosos, adoptadas por la Comisión Forestal Británica es de 7 m en pendientes hasta del 5 %, 10 m tratándose de pendientes entre el 5 y el 7,5 % y 13,5 m en el caso de pendientes superiores al 7,5 %. En suelos menos pesados, como, por ejemplo, los podsólicos turbosos que caracterizan a ciertos brezales de tierras altas en Gran Bretaña, el espaciamiento puede duplicarse.

En Suecia, Finlandia y U.R.S.S., las acequias están generalmente más separadas. En estos países, cuando se inició el drenaje de turberas, las acequias se construyeron a intervalos de 80 a 120 m dándoles una profundidad de 1,0 a 1,5 m, pero la experiencia puso de manifiesto que estas distancias eran demasiado grandes para lograr un buen avenamiento. En los últimos años, cuando se presentó la posibilidad de cambiar de la excavación manual a la excavación mecanizada, las distancias se han reducido a 20 - 30 m entre acequias, que a su vez eran menos hondas, pues tenían solamente de 40 a 60 cm de profundidad. En los terrenos inclinados, y especialmente en suelos minerales inundados con estratos delgados de turba, se ha aplicado con éxito, el sistema británico de acequias con espaciamientos relativamente pequeños. El logro de un óptimo nivel económico requiere que en los pantanos llanos se utilicen espaciamientos más próximos que en los pantanos inclinados y que se elijan espaciamientos mayores en estaciones malas y espaciamientos menores en turberas de buena calidad.

Acequias de evacuación

Las acequias colectoras descargan en las acequias de evacuación, cuya función es conducir el agua de drenaje hasta un punto en que ésta se vierta en una vía natural o se extraiga por medio de bombeo.

El sistema de acequias de evacuación debe diseñarse de tal modo que quede conectado con el mayor número posible de acequias colectoras. La experiencia indica que la mayor probabilidad de lograrlo lo presenta el diseño de "espina de pescado" que consiste en una acequia de evacuación central con una serie de ramales colectores a ambos lados.

Las dimensiones y la inclinación de las acequias de evacuación son normalmente mayores que las de las acequias colectoras; su diseño debe ser suficientemente generoso para que permitan recibir caudales anormales en las temporadas de lluvias abundantes. Su sección transversal se asemeja a la forma de V truncada de las acequias colectoras.

Otras formas de drenaje del suelo

Cuando la anegación del suelo pueda atribuirse a la presencia de una capa dura impermeable, quizás sea posible avenar la tierra rompiendo tal capa con aperos para el subsolado logrando así que el agua se filtre en sentido descendente por las brechas que se han abierto en dicha capa dura. En Escocia se ha comprobado que este procedimiento es factible en ciertos tipos de suelos de textura gruesa que descansan sobre una capa dura de tipo podsólico, en páramos de brezales de tierras altas.

La eficacia de las obras de avenamiento puede a veces mejorarse mediante una labor de arado subterráneo (ver la pág.119), especialmente tratándose de suelos arcillosos duros sin piedras. La apretura de vías subterráneas de desagüe en esta forma puede impulsar el funcionamiento de las acequias colectoras y en circunstancias favorables la aradura subterránea efectuada directamente en las acequias de evacuación permite que las acequias colectoras estén más espaciadas e incluso que se pueda prescindir totalmente de ellas. La Comisión Forestal Británica está ensayando actualmente, con cierto éxito, el empleo de un subsolador forestal especial que puede abrir un túnel de desagüe en suelos de turberas. Este arado extrae una tira de turba de 38 x 20 cm dejando tan sólo una estrecha ramura en la superficie del suelo.

Máquinas y accesorios para el drenaje

La apertura de desagües a mano, aunque se sigue realizando en estaciones que son demasiado pequeñas para justificar el gasto que supone la maquinaria, ha sido sustituida ya, en la mayoría de los casos, por los métodos mecanizados. Existe en la actualidad una gran variedad de máquinas excavadoras de desagües, pero los dos tipos que se han considerado más convenientes en los trabajos de avenamiento forestal son los arados de drenaje y las excavadoras de tipo hidráulico montadas sobre vehículos de ruedas o de oruga.

Arados de drenaje

En las turberas y en otros suelos blandos y sin grandes piedras, los arados constituyen el procedimiento más económico para construir desagües. El tipo más corriente de los que se usan es el de zanja de doble vertedera tirado por un tractor que a veces lleva cabrestante. Este arado hace una incisión en forma de V y tira la tierra a ambos lados del desagüe. Si las aletas cortas se empernan en la parte superior de las rejas, extendiéndose en sentido lateral y un poco por encima del nivel del suelo, la tierra que tiran las rejas queda bastante alejada de los bordes del desagüe, reduciendo así la cantidad de suelo que vuelve a caer dentro de éste.

Los arados de vertedera de una sola reja se usan menos que el arado de zanja de doble reja, pero en ciertas circunstancias se les da preferencia. Por ejemplo, al excavar zanjas en curvas de nivel en superficies inclinadas, puede ser conveniente el arrojar la tierra sobre el borde inferior del surco de desagüe. En el Reino Unido se usa mucho el arado de reja única para excavar zanjas poco profundas (20 a 30 cm) en terrenos turbosos, aunque el objeto principal de la operación es hacer caballones de turba en los cuales se plantan los árboles. Naturalmente, los surcos del arado contribuyen también a drenar la superficie en épocas de lluvias copiosas, pero suelen ser suficientemente profundos para secar el suelo, principalmente a causa de los efectos de la franja capilar mencionada anteriormente. La Comisión Forestal Británica ha introducido modificaciones en este arado que le permiten hacer zanjas más hondas, algunas hasta de 90 cm de profundidad. Estas máquinas presentan ciertos inconvenientes en comparación con los arados de zanja de doble reja:

- 1) Rara vez se logra en la práctica que el desagüe tenga toda la profundidad prevista debido al enorme esfuerzo lateral ejercido por la reja única al levantar y voltear la faja continua de turba, lo que empuja el cuerpo del arado hacia el declive opuesto a aquél en que se coloca la tierra. Esto da lugar a que el lecho del desagüe sea desigual y ondulado, lo que a su vez se traduce en que el borde a que no se ha aplicado el esfuerzo sea también desigual. Sin embargo, un arado de drenaje de doble reja mantiene una profundidad completa y constante y el empuje hacia el suelo actúa por igual a ambos lados, con lo cual se obtiene una zanja de mejor forma y más estable.
- 2) En suelos minerales, en que a veces se encuentra una capa dura o pedregosa, se presenta la misma dificultad. El arado de una sola vertedera tiende a montarse sobre las partes más duras del subsuelo produciendo una zanja desigual y mellada.
- 3) El arado de una sola reja no puede utilizarse para ahondar ni limpiar los desagües existentes como el arado de desagüe de doble vertedera.

Para arar los suelos anegados se necesitan casi siempre ruedas o bandas de rodadura especialmente diseñadas para el tractor que tira del arado así como para el propio arado, si se quieren evitar las pérdidas de tracción o los atascos. Se pueden obtener ruedas o llantas de paso ancho o ambas cosas, o bien, utilizar ruedas dobles de tractor. Los tractores de doble tracción, aunque son más costosos, ofrecen ventajas respecto a los tractores de tracción normal, en tales condiciones. Los tractores de oruga pueden equiparse con bandas de rodamiento más anchas que las corrientes. Los arados que se usan en suelos húmedos deben estar provistos de ruedas de tambores de acero o de ruedas análogas a las de los tractores.

En Finlandia y Suecia y en el norte de la U.R.S.S., las tierras turbosas se avenan utilizando arados de drenaje muy pesados (4 a 6 toneladas) arrastrados por tractores de oruga de 9 a 18 ton. provistos de un cabrestante. Se ha comprobado que estas máquinas pesadas resultan superiores en estaciones en que las tierras que han de avenarse están formadas por pantanos con una capa delgada de turba, que contiene trozas y tocones y con un subsuelo que suele ser rocoso.

Arados de drenaje subterráneo

El arado de drenaje subterráneo consiste en esencia en un subsolador de una sola punta, en el cual el extremo excavador de ésta ha sido sustituido por una cabeza achatada en forma de torpedo, conocida con el nombre de topo. Al realizar la operación el topo abre un paso en forma de tubo a través del suelo, comenzando por la orilla del desagüe o por el punto de salida y ascendiendo por la ladera. Los arados de topo van montados directamente sobre un tractor provisto de un sistema articulado del tipo Edes que permite producir un canal inclinado a pesar de que el terreno pueda mostrar pequeñas irregularidades.

El arado subterráneo sólo es efectivo en suelos arcillosos de textura uniforme y libres de piedras, pero en tales circunstancias es el procedimiento más barato para avenar la tierra. En los suelos turbosos se han utilizado arados con ciertas modificaciones del topo, empleando un ensanchador de 15 cm para acelerar el drenaje y abrir acequias colectoras y, como ha sido mencionado anteriormente, la Comisión Forestal Británica está ensayando también arados especiales de tipo de topo para avenar el subsuelo de las turberas.

El principal inconveniente del arado de topo es la imposibilidad de limpiar los desagües de modo que cuando éstos se obstruyen hay que hacer de nuevo todo el trabajo.

Excavadoras

Existen en el mercado una gran variedad de máquinas excavadoras, pero la mayor parte de ellas responden a tres categorías: excavadoras de draga de arrastre, excavadoras hidráulicas y máquinas de acción continua.

Excavadoras de draga de arrastre

Las excavadoras de draga de arrastre están provistas de grandes cucharones excavadores accionados por cabrestantes de la propia máquina. Van montadas sobre anchas bandas de rodamiento y son especialmente adecuadas para funcionar en estaciones blandas o cenagosas. Trabajando sobre greñas, se aumenta aún más la estabilidad en sitios blandos.

Las excavadoras de draga de arrastre pueden utilizarse prácticamente para todos los tipos de construcción de desagües y en trabajos de mantenimiento. Sus ventajas estriban en 1) la posibilidad de trabajar con ellas en sitios húmedos, 2) el largo alcance de su aguilón, que permite también esparcir la tierra en un radio más amplio y 3) la posible variedad en cuanto al tamaño y dimensiones de la sección transversal de las zanjas excavadas. En cambio, son menos móviles y más difíciles de manejar que las excavadoras hidráulicas, las cuales además suelen ser menos costosas de funcionamiento.

Excavadoras hidráulicas

En estas máquinas el cucharón excavador está adosado al extremo de un brazo corto articulado y funciona por medio de pistones hidráulicos. Las excavadoras van montadas sobre tractores de oruga o de ruedas. La mayoría de los tipos llevan un cargador con hoja empujadora que, además de utilizarse ocasionalmente para cargar, y de ofrecer la ventaja de poder remover márgenes de tierras y otras obstrucciones, resulta necesario cuando hay que atravesar zanjas anchas y sirve además como estabilizador.

La excavadora del tipo de ruedas puede emplearse en la mayoría de los suelos minerales húmedos, pero en suelos turbosos y muy blandos el tractor de oruga es esencial, debiendo ir equipado con bandas de rodadura de 76 cm de anchura o más. Las excavadoras hidráulicas pueden emplearse para construir desagües de las anchuras y profundidades que se utilizan corrientemente en silvicultura, pero también pueden emplearse para el mantenimiento de zanjas anchas, debiendo desplazarse la máquina desde las márgenes opuestas de la zanja.

Para la labor de mantenimiento y limpieza existe una excavadora ligera, montada en un tractor de ruedas del tipo corriente empleado en la agricultura.

Máquinas de acción continua

Se trata de excavadoras equipadas con cadenas de cucharones o rascadores de acción dragante o equipadas con una hélice giratoria. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que estas máquinas tienen varias limitaciones en comparación con otros aperos de avenamiento en lo que concierne a la profundidad y a la forma de las zanjas, además de que la mayoría de ellas tropiezan con dificultades para funcionar en suelos con piedras grandes, con tocones y raíces. En general, puede afirmarse que los arados de drenaje o excavadoras hidráulicas pueden hacer el mismo trabajo de forma más eficaz y a menor costo que las excavadoras de acción continua.

Preparación de la estación después del drenaje

Laboreo superficial

El avenamiento no basta siempre, por sí solo, para mejorar las condiciones del suelo para la realización con éxito de una repoblación forestal. Hay casos en que la porosidad y la aireación del suelo de un marjal avenado debe mejorarse mediante el laboreo con arado, lo que quizás tenga que ir precedido de la destrucción de la vegetación herbácea y arbórea existente en el marjal. En lo posible, esta vegetación debe quemarse con objeto de introducir después en el suelo las cenizas que son ricas en fósforo y potasio. Si no es necesario un nuevo laboreo del suelo, las plantitas pueden colocarse directamente en el terreno drenado. Esta es la práctica que se sigue generalmente en Finlandia, aunque también se utiliza la siembra directa del pino a voleo para repoblar forestalmente las turberas avenadas. En el Reino Unido, el éxito de la plantación o siembra directa en las turberas avenadas sólo ha sido limitado y por ello se emplea más el método de colocar las plantitas en la turba volteada por el arado siguiendo las líneas de plantación. Este método tiene además la ventaja de que la faja de suelo volteada retrasa el crecimiento de la vegetación competidora durante un tiempo suficiente para permitir el establecimiento de las jóvenes plantitas. Es probable que en climas más calidos las ventajas que entraña la plantación en tepes o caballones sea de corta duración, teniendo en cuenta el crecimiento más rápido de las malezas. La formación de un amplio caballón con el arado puede ser incluso un obstáculo para el paso de las gradas o cultivadoras que se utilizarán posteriormente para el deshierbe entre líneas y para el trabajo de laboreo del suelo.

La preparación de eras o la creación de montones alineados, ya sea solos o en combinación con zanjas excavadas, se utiliza también para mejorar el drenaje y facilita la plantación en sitios húmedos de los Estados Unidos. Tal como se describió en la página 31, la preparación de eras se realiza mediante grandes gradas de discos (de los tipos descritos para el arado de desmonte) que se aplican para tirar el suelo hacia dentro a fin de formar un montón que eleva la era de plantación por encima del nivel general.

Abonado

Los suelos de marjales avenados suelen adolecer de deficiencias en cuanto a elementos nutritivos y tienen además una fuerte reacción ácida. Por el contrario, las salinas es posible que muestren con frecuencia una fuerte reacción alcalina, y que sean deficientes en nitrógeno y otros elementos nutritivos del suelo. Cuando las turberas no han sido clasificadas en base a tipos identificables, hay que realizar pronto análisis químicos

cuidadosos de los suelos como uno de los primeros pasos que preceden a la repoblación, con objeto de determinar los nutrientes deficitarios. También se deben realizar ensayos de fertilización para determinar las técnicas más convenientes y los niveles de aplicación para restaurar los niveles de fertilidad del suelo y promover un crecimiento vigoroso de los árboles forestales.

El nitrógeno suele ser abundante en los suelos de marjales, aunque a menudo está en forma orgánica insoluble, pero el drenaje y la adición de sustancias minerales fertilizantes suelen aumentar el ritmo de movilización del nitrógeno en tal medida que puede ser innecesaria la adición de nitrógeno.

El fósforo es un elemento nutritivo que con frecuencia constituye un factor limitante en suelos turbosos y de gleys y, por este motivo, en la mayoría de las estaciones su aplicación ha producido una notable reacción en el crecimiento de los árboles. En el Reino Unido y en Escandinavia la utilización de fertilizantes fosfatados en la repoblación forestal de turberas es una práctica normal. Para ello el fertilizante se aplica en el momento de plantar; se utiliza fosforita o escoria básica, especialmente cuando la aplicación se hace por medio de máquinas, y el superfosfato ordinario o el superfosfato triple cuando la aplicación se hace a mano. También se usan en repoblaciones forestales de turberas fertilizantes fosfatados y potásicos combinados que contienen P y K en proporción del 16,5 % de cada uno.

En suelos muy ácidos, suele ser beneficioso un encalado abundante; la cal mejora las propiedades físicas del suelo y reduce su acidez, estimulando de esta forma la movilización del nitrógeno. Los suelos alcalinos con un alto contenido de cloruro sódico, pueden mejorarse en ciertas condiciones mediante la adición de yeso molido, para reemplazar el sodio por el calcio.

ESTACIONES CON RESIDUOS DE MINAS Y ESCOMBROS

Las actividades industriales, especialmente las relacionadas con la minería y la metalurgia, crean a menudo zonas inútiles donde se vuelcan los materiales innecesarios que forman capas de residuos de minas, montones de escoria o estanques fangosos. Estas zonas de terrenos con desechos industriales dejan feas cicatrices que molestan a los habitantes afectados, quienes, por lo general, presionan sobre las autoridades responsables para que se proceda a sanear esos sectores o a protegerlos con una cubierta de vegetación o con plantaciones de arbolado. A veces es posible crear, mediante operaciones de repoblación forestal, parques de gran valor recreativo para las poblaciones urbanas vecinas o bien restablecer la productividad de la zona afectada.

En muchos terrenos de desperdicios industriales ocasionados por el hombre, hay factores estacionales que impiden que se restablezca la vegetación natural mediante las semillas transportadas por el viento procedentes de tierras vecinas no deterioradas. Estos factores están directamente relacionados con el tipo de minería o de industria de que se trate, lo que permite clasificar las tierras de desechos industriales en ciertas categorías que se describen a continuación.

Tipos de tierras de desechos industriales

Tierras baldías de explotación minera a cielo abierto

En la explotación minera a cielo abierto, la capa de suelo superficial y la sobrecarga rocosa se han eliminado con objeto de poner al descubierto los estratos de carbón o de tierra mineral que son necesarios para la elaboración industrial. Terminada la operación de minería la tierra baldía resultante puede estar constituida por cavidades en forma de cráteres que se alternan con montículos de material procedente de la sobrecarga, los cuales varían en textura desde el suelo superficial original hasta los desperdicios rocosos despedazados, que tienen poca tierra o ninguna.

En las estaciones montañosas, las operaciones de minería siguen de ordinario las curvas de nivel, dando lugar a una serie de terrazas rocosas y de empinados bancos de piedras volteadas donde se han vertido abajo las cargas de escombros.

Cuando el material descargado contiene tierra en proporción del 20% o más, es posible que después de terminarse las operaciones de minería se restablezca con rapidez la vegetación mediante las semillas y esporas transportadas por el viento desde las tierras vecinas no alteradas, lo que es indicio de que el suelo tiene fertilidad potencial para la repoblación forestal directa. En otros lugares, los estratos de roca que han quedado al descubierto y los montones de material rocoso y piedras, a menudo compactados por el paso de la maquinaria pesada utilizada para el movimiento de tierras, tendrán que esperar a que termine el lento proceso de formación del suelo mediante la acción de la atmósfera y la modificación de la superficie por la erosión del viento y del agua. La falta de humus y de nitrógeno es característica de estas estaciones en sus primeras etapas.

La preparación de la estación para la plantación de árboles consiste en forma ideal en volver a acondicionar la zona baldía mediante máquinas de movimiento de tierras, rellenando los huecos o alisando los montones de escombros antes de recubrir toda la superficie con una capa arable. Preferiblemente debe emplearse para ello el suelo que existía originalmente allí, en el caso de que se haya separado en montones especiales, o, en caso contrario, habrá que traer suelo procedente de otros lugares. Este trabajo es muy costoso, pero en algunos países la restauración de la estación es una condición obligatoria de las licencias de explotación minera.

Si el reacondicionamiento no es posible, la plantación forestal debe comenzarse en zonas ya colonizadas por la vegetación natural, mientras que en las zonas restantes, todavía estériles, pueden plantarse especies colonizadoras resistentes en grandes hoyos en los que se haya introducido previamente suelo procedente de otro lugar. En zonas tales como los campos de arcilla, de donde se ha extraído la materia prima para la producción de ladrillos, las excavaciones abandonadas se suelen llenar con agua para proporcionar lagos artificiales de carácter recreativo y la plantación de árboles para fines decorativos se limita a los bordes de tales lagos.

Residuos de hulleras y de minas profundas

Los desechos de las operaciones de minas subterráneas se llevan casi siempre a la superficie y se colocan en grandes montones o en escombreras aplanadas. Los montones de escombros que terminan en puntas o conos elevados en forma de planicie de montaña tienen por lo regular laderas muy inclinadas e inestables, por lo que están sujetos a derrumbamientos si bajo el pie del montículo pasa una corriente o si el agua de avenamiento ha quedado represada o atrapada en las complejas configuraciones que se forman cuando los montones de escombros entorpecen o bloquean las vías de drenaje. Estas descargas están formadas por rocas trituradas y a veces pulverizadas y se caracterizan por cambio repentinos en el tamaño de las partículas dependiendo del material de que se trate, pero como éste es muy poroso, el aire y el agua de lluvia penetran fácilmente en él así como las raíces de las plantas. Sin embargo, este material no puede calificarse como suelo, y continuará siendo estéril hasta que las partículas de roca se meteoricen y, con el paso del tiempo, lleguen a colonizarse por organismos que forman el suelo y, en último término, por la vegetación colonizadora.

La preparación de tales estaciones para la repoblación forestal exige ante todo la adopción de medidas de estabilización que reduzcan al mínimo los derrumbamientos de tierras y la erosión. Esta labor puede incluir la construcción de paredes al pie de los montones que penetran en los cursos naturales de agua para impedir que ésta erosione y socave la ladera y, en caso necesario, la canalización de los cursos de agua mediante vertederos de mampostería o conductos de hormigón. Los estanques de agua represada dentro de un conjunto de escombros deben vaciarse si existe el peligro de derrumbamiento a causa de la erosión de los canales subterráneos de drenaje. En las capas superiores planas de las escombreras puede reponerse el suelo, mientras que en las laderas pueden cavarse zanjas o formarse terrazas siguiendo curvas de nivel, llenando luego con suelo importado los hoyos de plantación.

Antes de realizar la plantación hay que construir caminos de acceso cuidando de dar salida al agua de drenaje de estas vías, de tal forma que se reduzca al mínimo la erosión del suelo y la formación de barrancos en este material de descarga que es relativamente blando.

Durante el primer turno es generalmente aconsejable el plantar arbustos y árboles colonizadores resistentes, que puedan adaptarse a las rigurosas limitaciones de la estación y crear de esta manera mejores condiciones edáficas y microclimáticas. Los árboles del segundo turno pueden ser de mayor valor económico, pudiendo a veces introducirse como un primer piso del cultivo colonizador.

Tierras baldías tratadas mecánicamente

En algunas industrias, la utilización de machacadoras, molinos y plantas de lavado, producen partículas de grano más fino en el proceso de separar el carbón o el mineral de hierro del material de desecho. Muchos materiales finos de desecho, por ejemplo, los desechos de las minas de lignito a cielo abierto, o los desechos de las plantas de preparación del carbón bituminoso, pueden ponerse en suspensión en agua y, mediante el empleo de bombas, enviarse por tuberías hasta represas terraplenadas o fosos de fangos de lavado, donde dicho material se sedimenta formando nuevos sectores planos. Estos campos llanos de loess sedimentado en agua son muy fértiles, a menos que se vuelvan tóxicos para el desarrollo de las plantas a causa de la acumulación de compuestos nocivos procedentes de la oxidación rápida de las partículas de sulfuros a un ritmo más rápido que la lixiviación. En tales casos, la tierra permanecerá estéril durante largos períodos a no ser que pueda aplicarse alguna forma de riego por inundación con desagües subterráneos para extraer las sales que existen en el suelo.

Si el material fino se descarga como desecho, se acentúa el peligro de corrimientos de tierras, a menos que se apliquen técnicas de estabilización similares a las mencionadas en la sección precedente.

Tierras baldías tratadas químicamente

El enorme grupo de desechos tratados químicamente puede clasificarse en materiales quemados y materiales no quemados. El material quemado, por ejemplo, la ceniza o la escoria procedentes de centrales de energía, está constituido por óxidos, silicatos y sulfatos de hierro, aluminio, calcio, magnesio, potasio y sodio. Debido a su contenido de bases libres, casi todas estas cenizas poseen una elevada alcalinidad y un alto contenido de sal, que pueden impedir inicialmente el crecimiento de las plantas. La lixiviación de las sales solubles y la reacción con el bióxido de carbono de la atmósfera disminuyen con el tiempo su efecto tóxico, a no ser que los desechos contengan boro u otros elementos de gran toxicidad para la vida de las plantas. Los desperdicios de ladrillo y escoria, así como los desechos de vidrios rotos y de cemento son otros ejemplos de desechos quemados, aunque éstos contienen por lo regular menos sales solubles que las cenizas ya mencionadas.

Los desechos tratados químicamente y no quemados se producen en las plantas metalúrgicas donde la mena molida se hace "flotar" para separar la piedra del metal. Tales desperdicios se envían generalmente mediante bombeo a las represas de sedimentación o a los fosos de fangos de lavado para que formen campos planos. Los agentes de flotación que se utilizan en las diferentes menas pueden dar lugar a fuertes reacciones ácidas o alcalinas en el desecho sedimentado, dependiendo del agente empleado; por ejemplo, el proceso de flotación al cianuro, que se utiliza para la extracción de menas de cobre y de hierro, puede mencionarse en contraste con los agentes alcalinos que se utilizan en las minas de oro de Sudáfrica, agentes que dan al desecho un pH que llega a 11,0.

La repoblación forestal de sectores en que se han descargado desechos tratados químicamente no puede intentarse normalmente hasta que la acumulación de productos químicos nocivos se haya eliminado del suelo por lixiviación y el pH haya subido o descendido hasta niveles tolerables para la vida de las plantas (pH 3,5 a 8,5). Los procesos naturales de lixiviación pueden acelerarse mediante métodos de lavado del suelo, aunque esto aumenta considerablemente el costo.

Otras formas de material de desecho

La eliminación de los desechos domésticos, especialmente en las grandes aglomeraciones urbanas, se ha traducido hasta ahora en grandes amontonamientos de basuras integrada por materiales orgánicos e inorgánicos. Hablando en términos generales, la tierra cubierta con desechos domésticos crea lugares aptos para la plantación de árboles siempre que posean un avenamiento libre. Cuando la obstrucción del drenaje crea condiciones anaerobias, el suelo puede volverse tóxico debido a la descomposición de la materia orgánica y a la liberación del ácido sulfúrico.

Las descargas de desechos de las fábricas de productos químicos sintéticos crean terrenos baldíos cuyas dificultades de tratamiento son mayores. Los materiales sintéticos de origen orgánico pueden destruirse mediante el fuego, pero las sales y compuestos inorgánicos hay que tirarlas o enterrarlas en estratos porosos profundos.

Selección de las técnicas de establecimiento

Antes de intentar el comienzo de la repoblación forestal de terrenos en los que se han invertido desechos industriales, el técnico forestal debe efectuar un estudio detallado de los factores restrictivos de la estación de que se trate. Estos factores determinarán en gran medida el alcance e intensidad del trabajo preparatorio necesario, la elección de especies que combine su adaptabilidad a suelos toscos con su valor económico, y los probables resultados finales desde el punto de vista social o económico de la plantación.

Evaluación de la estación

Es necesario examinar la estación para determinar su fertilidad real o potencial. Esto supone una investigación de los materiales de los vertidos en lo referente al origen y tamaño de las partículas, a la topografía de los montones, especialmente en relación con los peligros de erosión y de corrimiento de tierras y a la presencia de sales o productos químicos nocivos. Cuando la vegetación natural ha colonizado ya el sector de desechos, es posible que el estudio de las especies componentes indique las zonas en que las condiciones edáficas se aproximan a las que se consideran convenientes para una masa forestal y que indique asimismo cierta información útil para la elección de las especies arbóreas que han de emplearse en las distintas estaciones secundarias y en tierras descubiertas. Aquellas zonas que hayan sido evitadas por la vegetación natural pueden indicar la existencia de factores limitantes de la estación que requieren un tratamiento especial, y asimismo, la forma de colonización vegetal constituirá una ayuda indudable para el trabajo de levantar los mapas de las distintas subdivisiones o subestaciones de la zona total.

Selección de especies

Excepto en aquellos casos favorables en que haya sido posible recubrir las tierras baldías con una buena capa superficial de suelo fértil, los árboles que se seleccionen para la plantación se elegirán normalmente dentro de una lista limitada de especies que en cada modalidad climática sean capaces de sobrevivir en suelos toscos, en su mayor parte, y de enriquecerlos poco a poco mediante el aporte de humus y nitrógeno. La selección puede incluir una mezcla de especies, destinándose algunas de ellas simplemente a la formación de un sotobosque e incluso una cubierta herbácea para la estabilización del suelo. Los valores extremos del pH del suelo o la presencia de sales nocivas puede limitar todavía más la gama de selección. En todo los casos sería conveniente establecer una serie de parcelas de ensayo con objeto de determinar qué especies se adaptan mejor a la estación y cuáles son las

técnicas de plantación y de fertilización que dan los mejores resultados. La experiencia que se obtenga de estos ensayos puede indicar la posibilidad de plantar directamente los árboles seleccionados o, cuando esto no sea posible, indicar la necesidad de utilizar un cultivo asociado protector para mejorar la estación con el fin de efectuar la plantación en una etapa posterior. Casi siempre será imprescindible el aportar buena tierra fértil procedente de otro sitio, aunque sea sólo en las cantidades suficientes para llenar los hoyos, a fin de inocular en la tierra organismos formadores de suelo y simbiontes micorrícicos.

Consideraciones de carácter económico

La elección del tratamiento habrá de hacerse a base de su costo, de la eficacia de los métodos de establecimiento, del probable valor futuro de la cosecha forestal, y del propósito u objetivo final de la operación de recuperación.

Aunque la tierra en que se han vertido desechos industriales, rara vez ofrece condiciones para una plantación forestal fácil o de bajo costo, existen muchos procedimientos que permiten mejorar las condiciones que se requieren para el crecimiento de los árboles. Para resumir, los procedimientos que más se usan en estas operaciones de recuperación son:

- 1) Reacondicionamiento de las curvas de nivel a fin de reducir al mínimo la erosión o de facilitar la ordenación futura;
- 2) Cobertura del material tóxico o estéril con suelo o desechos de mejor calidad;
- 3) Neutralización de los ácidos o álcalis fuertes mediante el empleo de cal, azufre o material de desecho que dé la reacción contraria;
- 4) Amortiguación de la toxicidad de ciertos elementos mediante el empleo de turba, humus, arcilla u otros materiales con una elevada capacidad de intercambio. Se incrementará al mismo tiempo la capacidad de retención del agua y la asimilación de elementos nutritivos;
- 5) Lixiviación de las sales, ácidos o álcalis, utilizando el agua de lluvia recogida en zanjas y represas, o mediante riego, al tratarse de suelos pesados con drenaje artificial;
- 6) Mullido del suelo en tierras compactas o en las zonas en que se han descargado sulfuros, utilizando para ello el subsolado a fin de mejorar la aireación;
- 7) Abonado con estiércol orgánico o verde o con fertilizantes compuestos;
- 8) Estabilización de la superficie de los sectores de descarga formados por partículas muy finas, utilizando para ello aspersiones aglutinantes o cubiertas de ramas o bien construyendo rompevientos cuando sea un problema la erosión eólica;
- 9) Humedecimiento o riego de las plantas, de ser necesario, a fin de que queden bien establecidas después de la plantación.

Es posible que, con frecuencia, los costos de establecimiento sean mayores que el valor comercial potencial de la cosecha forestal que parecería justificar dicho costo, pero también será necesario tener en cuenta ciertos beneficios intangibles como, por ejemplo, la mejora de los atractivos de la localidad, la creación de zonas recreativas para áreas industriales densamente pobladas o la prevención del deterioro de la estación. El evitar un mayor deterioro de la estación o su degradación suele estar combinado con la protección contra la erosión, y contra la sedimentación e inundación consiguiente de las tierras agrícolas fértiles situadas más abajo.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- Al'benskii and Nikitin, P.D. (eds.). Handbook of afforestation and soil melioration. 1967 Traducido del ruso en Jerusalén por el Programa de Israel para traducciones científicas. 516 p.
- Atterson, J. and Binns, W.O. Peat nutrients and tree requirements in Forestry Commission plantations. In Peatland forestry: proceedings of NERC Symposium, pp. 127-137.
- Ayers, R.S., and Westcot, D.W. Water quality for agriculture. Roma, FAO. 97 p. Irrigation and Drainage Paper 29.
- Bay, R.R. Rehabilitation potentials and limitations of surface mined land. In Transactions of the 41st North American Wildlife and Natural Resources Conference, pp. 345-355. Washington, D.C., Wildlife Management Institute.
- Ben Aissa, J. Fixation et reboisement des dunes littorales en Tunisie. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial. Vol.2. pp. 1087-1097. FAO. Roma.
- Bhimaya, C.P. Sand dune stabilization. Report to the Government of Iran. Roma, FAO. 32 p. 1971 FAO no. TA 2959.
- Bhimaya, C.P. Sand dune fixation. Report to the Government of Iran. Roma, FAO. 49 p. 1974 FAO no. TA 3252.
- Binns, W.O. Silviculture on drained areas: fertilisation. In Co-ordinators papers and discussions of the International Symposium on Forest Drainage, pp. 101-107. 1974
- Biot, Y. and Galabert, J. Economie de l'eau et travail du sol dans les plantations forestières de zone sèche. Revue Bois et Forêts des Tropiques, no. 127: 29-44; no. 128: 23-37; no. 129: 3-20; no. 130: 12-22. 1969-70
- Booher, L.J. Surface irrigation. Roma, FAO. 160 p. FAO Agricultural Development Paper 1974 No. 95.
- Bosshard, W.C. Irrigation methods in Khartoum greenbelt. Forestry Research and Education Project, Sudan. Khartoum Forest Research Institute. 25 p. Pamphlet No. 21. 1966
- Bostanoglu, L. Cours d'aménagement des bassins versants. Démonstration et Formation en Aménagement des Forêts et des Pâturages, Afghanistan. Roma, FAO. 187 p. 1973 FO: SF/AFG/67/515, Document de travail.

- British Forestry Commission. Peatland ploughing. Research Information Note 13E16/76/SILN.
1976
- British Forestry Commission. Plough nomenclature and equipment. Research Information Note
1977 28/77/SILN.
- Catinot, R. Sylviculture tropicale dans les zones sèches de l'Afrique. Revue Bois et
1967 Forêts des Tropiques, no. 111: 19-32 and no. 112: 3-29.
- Constantinesco, I. Soil conservation for developing countries. Roma, FAO. 92 p. Boletín
1976 de suelos, No 30.
- Costin, E. Forestry with special reference to sand dune fixation and establishment of
1972 windbreaks. The Agricultural Demonstration and Training Project at El-Kod
and Giar, People's Democratic Republic of Yemen. Rome, FAO. 59 p. ESR:
SF/SOY3, Research Series No. 5.
- Dastane, N.G. Effective rainfall in irrigated agriculture. Roma, FAO. 62 p. Irrigation
1974 and Drainage Paper 25.
- Delwaulle, J.C. Le rôle du forestier dans l'aménagement du Sahel. Revue Bois et Forêts
1975 des Tropiques, no. 160: 3-22.
- Doorenbos, J., and Pruitt, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Roma,
1977 (revised) FAO. 144 p. Irrigation and Drainage Paper 24.
- FAO Salinity seminar, Baghdad. Roma, FAO. 254 p. Irrigation and Drainage Paper
1971a 7.
- FAO Irrigation practice and water management. Roma, FAO. 84 p. Irrigation and
1971b Drainage Paper 1.
- FAO Trickle irrigation. European Commission on Agriculture Working Party on
1973 Water Resources and Irrigation, Bucharest. Roma, FAO. 153 p. Irrigation
and Drainage Paper 14.
- FAO Report on the FAO/DANIDA inter-regional training centre on heathland and
1974 sand dune afforestation. Roma, FAO. 239 p. FOR: TF-INT 56 (DEN).
- FAO Conservation in arid and semi-arid zones. Roma, FAO. 125 p. FAO Conservation
1976 Guide 3.
- FAO Guidelines for watershed management. Roma, FAO. 293 p. FAO Conservation
1977 Guide 1.

- FAO/UNESCO Irrigation, drainage and salinity. London, Hutchinson and Co., 510 p.
1973
- Firmin, R. Afforestation. Report to the Government of Kuwait. Roma, FAO. 69 p.
1971 FAO/KU/TF-46.
- Fox, A.V. Afforestation of difficult sites, eroded areas and steep slopes, with special
1977 emphasis on the Mambilla Plateau (Nigeria). In Savanna afforestation in
Africa, pp. 181-189. Roma, FAO.
- Gaussen, H. Théories et classification des climats et microclimats. Proceedings of the
1954 eighth International Botanical Congress, Paris, p. 125-130.
- Goor, A.Y., and Barney, C.W. Forest tree planting in arid zones. New York, The Ronald
1976 Press Co., second edition, p. 504.
- Gormaz, G., M. Las dunas, Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. 138 p.
1974
- Gulcur, M., and Nouri, A.K. Planning of irrigated tree plantation in Iraq. Forestry
1975 Research, Demonstration and Training, Iraq. Baghdad, FAO. 82 p. FO:
SF/IRQ 518, Working Document.
- Heede, B.H. Gully development and control: the status of our knowledge. Fort Collins,
1976 U.S.A., Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 42 p. USDA
Forest Service Research Paper RM-169.
- Heede, B.H. Gully control structures and systems. In Guidelines for watershed management,
1977 pp. 181-222. Roma, FAO. FAO Conservation Guide No. 1.
- Horning, H.M. et al. General aspects of the planning and design of irrigation and drainage
1977 projects. In Mechanization of irrigated crop production, pp. 36-46. Roma,
FAO. FAO Agricultural Services Bulletin 28.
- Iqbal Sheikh, M. Afforestation in waterlogged and saline areas. The Pakistan Journal of
1974 Forestry, April, 1974.
- Iqbal Sheikh, M., and Masrur, A. Drip irrigation - a new method of irrigation developed
1972 at Pakistan Forest Institute, Peshawar. The Pakistan Journal of Forestry,
October, 1972: 446-462.
- Jobling, G.A. Trickle irrigation design manual. Lincoln College, New Zealand Agricultural
1974 Engineering Institute. Miscellaneous Publication nos. 6 and 7.
- Kaul, R.N. (ed.). Afforestation in arid zones. The Hague, Dr. W. Junk N.V.
1970
- Knabe, W. Man-made forests on man-made ground. In Actas del Simposio Mundial de la FAO
1967 sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial. Vol. 2. FAO.
Roma. pp. 1165-1176.
- Kunkle, S.H., and Thames, J.L. Hydrological techniques for upstream conservation. Roma,
1976 FAO. 134 p. Conservation Guide 2.
- le Roux, P.J. Afforestation in low rainfall areas. South African Forestry Journal, no.
1975 93: 1-6.

- Libyan Ministry of Agriculture. Sand dunes: stabilisation and afforestation. Tripoli, 1973
Agricultural Extension. 32 p. Bulletin no. 33.
- Macmillen, E.H. Rationalization of ploughing operations for drainage. Geneva, ECE/FAO/
1965 ILO. 27+ p. UN Publication 65.II.E/Mim. 14.
- Masson, J.L. Subsolación. Informe sin publicar. Centro de Investigaciones y Capacitación
1973 Forestales, Cuba. 14 p.
- Mikola, P. Special techniques for poorly drained sites, including peat bogs, swamps, etc.
1967 In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Im-
portancia Industrial. Vol. 1. pp. 367-386. Roma, FAO.
- Monjauze, M. Afforestation with the aid of heavy soil working implements. Indian Forester,
1960 86(7): 388-394.
- Netherlands State Agricultural University. Afforestation on eroded soils in Java
1973 (Indonesia). Wageningen, State Agricultural University. 58 p.
- Penman, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the
1948 Royal Society, Series A, 193: 120-145.
- Proceedings of A Symposium on Strip-Mine Reclamation. The Ohio Journal of Science, 64(2):
1964 65-175.
- Research Committee on Coal Mine Spoil Revegetation in Pennsylvania. A guide for revegetating
1965 bituminous strip-mine spoils in Pennsylvania. 46 p.
(revised
1971)
- Saccardy, L. Notes sur le calcul des banquettes de restauration des sols. Terres et Eaux,
1950 11: 3-9.
- Saccardy, L. Nécessité de la lutte contre les érosions: méthodes modernes de conservation
1959 des sols et des eaux. Bulletin Technique d'Information, 142 (July - Aug):
411-419.
- Saeed Khan, A. An appraisal of the existing water utilization practices in irrigated
1966 plantations. In Proceedings of the Second Pakistan Silviculture Conference,
pp. 149-158. Peshawar, Pakistan Forest Institute.
- Seth, S.K. Methode steppique. Indian Forester, 86(7): 385-387.
1960
- Sheng, T.C. Protection of cultivated slopes - terrains steep slopes in humid regions. In
1977 Guidelines for watershed management, pp. 147-179, Roma, FAO. FAO Conservation Guide 1.
- Siddiqui, K.M. Irrigated forest plantations in West Pakistan. In Actas del Simposio Mundial
1967 de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial. Vol. 2,
pp. 1121-1136. Roma, FAO.
- Skoupy, J. Afforestation in the arid Mediterranean and Near East regions. Silvicultura
1976 Tropica et Subtropica, 5: 3-19.
- Stone, E.C., and Goor, A.Y. Afforestation techniques for arid conditions. In Actas del
1967 Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia
Industrial. Vol. 1. pp. 345-366. Roma, FAO.

- Terry T.A., and Hughes, J.H. The effects of intensive management on planted loblolly pine
1975 (*Pinus taeda* L.) growth on poorly drained soils of the Atlantic coastal
plain. In Bernier, B. and Winget, C.H. (eds.), forest soils and forest land
management, pp. 351-377. Quebec Les Presses de l'Université Laval.
- Thames, J.L. (ed.). Reclamation and use of disturbed land in the Southwest. Tucson, U.S.A.
The University of Arizona Press.
- Thornthwaite, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical
1948 Review, 38(1): 55-94.
- Tsuriell, D.E. Sand dune stabilization in Israel. Roma, FAO. 21 p. FAO/DEN/TF 114.
1974
- Ursic, S.J. Planting loblolly pine for erosion control in north Mississippi. New Orleans,
1963 U.S.A., Southern Forest Experiment Station. 20 p. USDA Forest Service Research
Paper SO-3.
- USDA Forest Service. Y-LT erosion control handbook. Atlanta, U.S.A., Southeastern Area
1974 State and Private Forestry. 55 p.
- Weidelt, H.J. (compiler). Manual on reforestation and erosion control for the Philippines.
1976 Eschborn, Germany, F.R., German Agency for Technical Cooperation. 569 p.
- Wimbush, S.H. Afforestation of restored tin-mining land in Nigeria. Commonwealth Forestry
1963 Review, 42(3): 255-262.
- Wood P.J. et al. An irrigated plantation project in Abu Dhabi. Commonwealth Forestry
1975 Review, 54(2): 139-146.

CAPITULO 5

PROTECCION

Todas las plantaciones de reciente establecimiento están expuestas a los daños ocasionados por las condiciones meteorológicas, las plagas de insectos, hongos y virus, los incendios, los animales salvajes y domésticos e incluso el hombre. La magnitud del riesgo procedente de todas estas causas variará con las condiciones ambientales de cada plantación, debiendo evaluarse tales riesgos durante las etapas de planificación, a fin de que sea posible adoptar medidas preventivas o por lo menos preverlas por anticipado durante la fase de establecimiento.

En teoría pueden idearse medidas correctivas contra la mayoría de los tipos de daños probables, quizás con excepción de los ocasionados por los tornados, las granizadas y otros fenómenos meteorológicos de carácter extremo que los agentes de seguros denominan "de fuerza mayor". Los bosques y las plantaciones, debido a la cubierta y protección que proporcionan, pueden sufrir a veces las consecuencias de acciones bélicas indiscriminadas, pero el principal problema con que se enfrenta el forestal para todos los riesgos previsibles es el de determinar las relaciones costo riesgo/beneficios. La protección completa contra todos los riesgos, o contra uno o más de los riesgos más probables, puede ser tan costosa que resulte imposible obtener un beneficio comercial final de la inversión realizada en la plantación. En tales casos debe adoptarse una decisión, ya sea en el sentido de abandonar el proyecto o en el de aceptar un cierto nivel de riesgo, reduciendo con ello los costos de las medidas de protección hasta un nivel más aceptable. No todos los riesgos pueden preverse o determinarse con facilidad, siendo éste el caso especialmente cuando se plantan especies exóticas en nuevos ambientes donde los insectos o los hongos indígenas pueden adaptarse a los nuevos hospedantes. Por el contrario, la probabilidad de otros tipos de daños puede evaluarse frecuentemente de modo más realista y se puede determinar la relación costo/eficacia de las medidas correctivas o protectoras.

Algunos de los principales riesgos de daños y las medidas disponibles para garantizar la protección, se analizan seguidamente bajo los epígrafes de condiciones meteorológicas, plagas de insectos y hongos, animales, incluido el hombre, y la protección contra incendios:

CONDICIONES METEOROLOGICAS

La frecuencia con que se presentan fenómenos perjudiciales como los ciclones, tornados, granizadas, vientos desecantes o portadores de sal, fuertes heladas, nevadas copiosas y aludes, suelen ser pronosticables, aunque los forestales pueden hacer poco para proteger las plantaciones contra los daños ocasionados por tales fenómenos, salvo mediante la elección de especies arbóreas que sean conocidas como resistentes a los mismos, o bien localizando las masas en zonas protegidas. Algunas especies son más resistentes al viento que otras o son menos propensas a los daños de copas y ramas cuando soplan fuertes vientos. Otras toleran mejor la aspersión de sal y pueden utilizarse para la plantación en fajas a lo largo de los flancos expuestos al mar, pudiendo dar así protección a otras especies menos tolerantes, que constituyen la plantación principal. Las especies de corteza fina suelen ser más sensibles que otras a tal daño (y a los ataques subsiguientes de plagas de insectos u hongos). En Sudáfrica se tuvieron que abandonar en muchas zonas del país las plantaciones de Pinus radiata y P. patula, teniendo en cuenta los graves ataques del hongo Diplodia pinea asociados con los daños producidos por el granizo. El Pinus elliottii y el P. palustris, que son bastante resistentes al ataque de la Diplodia, se están plantando para sustituir a aquéllos. Las heladas pueden a veces producir graves perjuicios incluso a especies que son conocidas por su gran resistencia al hielo en su habitat natural. Las heladas tardías o las de fuera de temporada y en épocas que no corresponden al período de latencia, pueden provocar un grave retroceso en los árboles jóvenes, destruyendo las yemas o ápices terminales de los brotes nuevos y tiernos en proceso de crecimiento. El remedio consiste en seleccionar especies o procedencias que brotan tardíamente; por ejemplo, la Picea sitchensis suele ser más resistente a las heladas que la P. abies y algunas especies y procedencias de eucaliptos son más resistentes a la helada que otras. También puede proporcionarse cierta protección a los árboles sensibles plantándolos en masas mezcladas junto con especies resistentes a la helada. En regiones con nieves abundantes, es necesario escoger aquellas especies que sean menos propensas a la rotura ocasionada por el peso de la nieve.

PLAGAS DE INSECTOS Y HONGOS

La mayoría de las plagas de insectos y hongos son selectivas en cuanto a las especies hospedantes. En su medio ambiente nativo, los distintos árboles, independientemente de que se trate de masas naturales o artificiales, llegan normalmente a un estado de equilibrio con las plagas indígenas. Cuando se plantan especies exóticas, estas plagas pueden introducirse y a veces desarrollan una virulencia muy activa en las condiciones que se dan en su nuevo habitat. Son bien conocidos los ejemplos del chancro del castaño (Endothia parasitica), original de Asia, que ocasionó estragos en las plantaciones de castaño de Europa y Norteamérica, y la enfermedad holandesa del olmo (Ceratocystis ulmi) que también se extendió por Europa y América desde Asia, donde la mayoría de las especies de Ulmus son resistentes a esta plaga. Algunas especies exóticas pueden ser atacadas por plagas locales que se adaptan a las nuevas especies introducidas. En Nueva Zelandia hay un insecto nativo defoliador (Selidosema suavis) que se ha convertido en una plaga grave en las plantaciones de Pinus radiata. El chancro del ciprés (Monochaetia unicornis) existe en África Oriental como enfermedad poco importante del Juniperus procera nativo, pero, posiblemente por una modificación en las estirpe, se ha convertido en epidemia en las extensas plantaciones del Cupressus macrocarpa, especie introducida. Como consecuencia de ello, ya no se sigue plantando esta especie que está siendo reemplazada por el C. lusitanica, que es más resistente.

En general, el riesgo de daños que entrañan las plagas y enfermedades es mayor si los árboles están debilitados fisiológicamente, debido, por ejemplo, a defectos en la plantación o en la preparación de la estación, al hecho de que se hayan plantado en lugares inadecuados o en condiciones climáticas adversas o debido a negligencias en las operaciones de desmalezado y en los cuidados culturales. Pero, incluso los árboles sanos se ven a veces atacados. Para muchas enfermedades importantes de hongos y virus que atacan a los árboles, aún no se dispone de sistemas de control, siendo la mejor precaución el plantar especies o variedades conocidas por su resistencia a la enfermedad.

Por ello, las principales precauciones a adoptar contra la posibilidad de futuros daños causados por plagas y enfermedades, consisten en comprobar que las especies seleccionadas para plantar son adecuadas para los factores climáticos y edáficos de la estación, y asegurarse, mediante investigaciones sobre las plagas indígenas, que ninguna de éstas figura entre las formas a las que es sensible la especie elegida. Indudablemente, esto no suele ser fácil, sobre todo teniendo en cuenta los vacíos existentes en los conocimientos disponibles sobre exigencias de estación y sensibilidad a la enfermedad de muchas de las especies exóticas más importantes; por ello, ésta es otra razón más para iniciar experimentos cuidadosamente controlados y plantaciones experimentales antes de desarrollar el trabajo de repoblación forestal en gran escala.

El cuidado que se tenga en las operaciones de establecimiento y en los trabajos culturales durante los primeros años de una plantación y que dé por resultados arbolitos sanos y vigorosos, hace que la plantación sea más resistente a los ataques de plagas y enfermedades. Sin embargo, si se presentan síntomas o pruebas claras de ataque, éstos deben investigarse cuanto antes e identificar las causas. Pueden adoptarse diversas medidas de lucha que pueden ser selvícolas, químicas, biológicas o mecánicas.

Lucha selvícola

Las medidas selvícolas consisten en claras oportunas y cuidadosas que se realizan sobre todo después de que ha terminado la fase de establecimiento. Estas claras contribuyen a resistir los ataques al eliminar los pies defectuosos y deprimidos, manteniendo así la plantación en condiciones de crecimiento próspero y vigoroso. En las plantaciones jóvenes, la rápida extracción y destrucción de los árboles infectados puede ser una medida eficaz para impedir la extensión del ataque al resto de la plantación. La plantación de especies mezcladas también puede considerarse como una medida selvícola de lucha en los lugares en que consta que existe una amenaza de infección. Los inconvenientes de las plantaciones mezcladas dentro de un tramo o unidad de plantación, que dan lugar a complicaciones en la ordenación posterior, pueden evitarse plantando cuarteles en orden alterno o fajas anchas con distintas especies o géneros, como por ejemplo, coníferas y frondosas, para formar barreras contra la dispersión de la enfermedad a partir del punto inicial de infección.

Lucha química

Las plagas de insectos y hongos pueden controlarse también mediante aplicaciones de un insecticida o fungicida químico apropiado. Por lo regular éstos pueden conseguirse en preparaciones líquidas (o en polvo mojable), ya sea en polvo o en forma de fumigante. El rociado con pistoletas de aspersión conectados con una mochila y accionados a mano, o bien con nebulizadores portátiles, se utiliza para combatir los ataques en plantaciones muy jóvenes, pero una vez que se ha cerrado la cubierta de copas, tanto el rociado como la pulverización o fumigación desde el aire suelen ser más baratos y más eficaces.

El dieldrin y el aldrin se han utilizado con éxito para combatir los ataques de termites en las plantaciones tropicales de eucaliptos. Normalmente se aplica una pequeña cantidad de insecticida, ya sea mezclado con el suelo de las macetas del vivero o bien mezclado con agua como suspensión con la que se riega. Los insecticidas han sido también eficaces aplicándolos al suelo alrededor de las plantas en el momento de hacer la plantación.

En Sudamérica, las hormigas defoliadoras, normalmente del género *Atta* o *Acromyrmex* son las principales plagas de las plantaciones forestales. Se puede luchar contra ellas antes de plantar y durante la fase de establecimiento fumigando los hormigueros con bromuro de metilo (a veces mezclado con cloropicrina para producir un olor detectable), o bien tratando los hormigueros o los senderos de las hormigas con mirex u otros productos químicos. Son especialmente eficaces los cebos tratados que llevan bajo tierra a los hormigueros las propias hormigas.

La Dothistroma del Pinus radiata se ha mantenido bajo control en Nueva Zelandia mediante rociado a base de cobre (Gilmour y Noorderhaven, 1973). También una enfermedad que se caracteriza por el color pardo de las acículas, probablemente la Cercospora pini-densiflorae, que ataca gravemente a las plantitas de P. caribaea en Malasia, fue controlada mediante aplicaciones en el vivero de los fungicidas benlate, topsin M, daconil o difolatan 4F Ivory, 1975).

Los insecticidas y fungicidas que se utilizan más frecuentemente se indican en los Cuadros 3 y 4.

Lucha biológica

La lucha biológica contra los insectos se ha utilizado con buenos resultados en ciertos casos, normalmente después de que la plaga se ha desarrollado en proporciones de epidemia. En el sur y este de Africa, por ejemplo, un parásito de huevos de los Mimáridos (himenopteros), importado desde Australia, ha demostrado ser un agente eficaz para luchar contra un coleóptero que ataca al eucalipto, el Gonipterus scutellatus, que es un importante defoliador de este género (Browne, 1968).

Lucha mecánica

La lucha mecánica puede efectuarse, ya sea físicamente extrayendo y destruyendo las plagas, o eliminando un hospedante intermedio. Por ejemplo, algunas plagas de hongos tienen hospedantes intermedios, siendo el ejemplo más conocido el de la rolla vesicular del pino de Weymouth (Cronartium ribicola) que se desarrolla en el Pinus strobus y en otros pinos de 5 acículas, y que tiene como hospedante intermedio diversas especies del género Ribes. En tales casos, el método de lucha consiste en eliminar la planta hospedante intermedia, cortándola o utilizando herbicidas dentro de la zona de plantación y en una zona alrededor de su periferia (por lo menos de 3 kilómetros de anchura).

En Túnez, un cerambícido del Eucalyptus, Phorocanta semipunctata, fue controlado mediante la utilización de árboles cebo. Se utilizan de 10 a 50 árboles cebo por hectárea dependiendo de la gravedad del ataque. Se cortan los árboles cebo y después de rebanar su corteza con un machete, se dejan inclinados contra la copa de los restantes árboles. Después de unas semanas, se sacan los árboles cebo y su corteza, con los escarabajos, se extrae y se quema. La madera se puede utilizar. También se pueden utilizar atrayentes sexuales para atraer los insectos a los árboles cebo.

En el caso de insectos indeseables cuyas pupas se forman en la hojarasca o en la capa superior del suelo, el rastrillado de la hojarasca y su quema ayudan a reducir la incidencia del ataque. En Sudáfrica se ha encontrado que los cerdos que hozan en la hojarasca de las plantaciones de pino, dan resultados beneficiosos. En Sudamérica las hormigas defoliadoras se quemaron a veces rociando sus hormigueros con kerosene y quemándolos. Sin embargo, es preferible la lucha química.

Cuadro 3: Insecticidas útiles

Plaga	Lucha química
Afídidos	DDT, demetona-metilo*, diazinon, dimetoato*, malatión, menazón*, mevinphos*, nicotina, oxidemetona-metilo, parationa, fosfamidón*, schradan*, BHC (o DDT con BHC), endrín, mecarbam.
Escarabajos	BHC, DDT, BHC con tiram, derris, malatión.
Cápsidos	DNOC en petróleo (sólo para las frondosas en fase de latencia), BHC, DDT, diazinón, nicotina.
Orugas	DDT, derris, mevinphos*, DNOC en petróleo, arseniato de plomo, "Rothane", carbaril, endrín.
Hormigas cortadoras de hojas	Mirex, Aldrín, Dieldrín, Eptachlor, Chlordano, HCH, Lindano.
Cicálidas y minadores	BHC, DDT, malatión, diazinón, nicotina, parationa.
Acaros y arañitas rojas	Demetona-metilo*, oxidemetona-metilo*, schradan*, tetradifón, azinphos-metilo, chlorbenside, chlorfenson, dimetoato*, etión, "Kelthane", malatión, fosfamidón*.
Moscas de sierra	BHC, BHC con DDT, endrín, fosfamidón*.
Plagas del suelo (Termes, gorgojos cascarudos, orugas cortadoras, etc.)	Aldrín, dieldrín, BHC, DDT, arseniato de plomo.
Gorgojos	DDT, aldrín, dieldrín, rotane.

Son sistemáticos (es decir, que se absorben y distribuyen por la savia de la planta) los insectos señalados con asterisco.

Cuadro 4: Fungicidas útiles

Enfermedad	Lucha química
Podredumbre (Damping off) de las plantitas de semilleros, marchitez de las acículas (<u>Scirrhiza acicola</u>), roya vesicular (<u>Cronartium comptoniae</u>)	Aspersión con caldo bordelés, ortocida Captan
Roya de las piñas del pino de Carolina (<u>Cronartium strobilinum</u>)	Ferbam
Añublo del cedro (<u>Phomopsis juniperovora</u>)	Lactato de fenil-mercuri-trietanol-amonio
Mildiús, roña, <u>Dothichiza</u> sp.	Solución de cal-azufre
Seca de las acículas (<u>Dothistroma pini</u>) defoliación (<u>Lophodermium pinastri</u>)	Fungicidas cúpricos
Hongos de las raíces (<u>Fomes annosus</u> , <u>Armillaria mellea</u>)	Creosota (aplicado en forma de pintura en los tocones)

DAÑOS CAUSADOS POR LOS ANIMALES

Daños de los animales salvajes

Los daños que sufren los bosques por la acción de la fauna silvestre consisten principalmente en el ramoneo o en el descortezamiento. Hay tres órdenes principalmente de animales salvajes que son responsables de los daños:

- roedores (ratas, ratones, topos, ardillas, ardillejas de rayas y erizos);
- lagómidos (liebres y conejos);
- artiodáctilos (ciervos, antílopes, cerdos y búfalos).

En ciertas regiones geográficas ocasionan también daños graves los proboscídeos (elefantes de Africa y Asia meridional), los marsupiales (opossums de Australasia y las Américas) y los primates (monos de Africa, Asia y Sudamérica). Los pájaros devoradores de semilla son también causa frecuente de problemas, principalmente cuando los bosques se establecen mediante siembra directa.

Los principales métodos que se utilizan para impedir los daños producidos por animales son: (1) vallas, setos y zanjas; (2) cebos envenenados y (3) mediante armas de fuego y trampas.

Vallas, setos y zanjas

La construcción de laderas como, por ejemplo, las vallas de postes y alambre o los setos vivos impenetrables (matorrales espinosos, cactus, etc.) son los medios más eficaces para evitar la entrada de la mayoría de los animales salvajes, con excepción de los trepadores, los muy pequeños (ratas y ratones campestres, etc.) y los muy grandes (elefantes, búfalos).

Es fácil levantar una cerca en el momento del establecimiento, pero suele ser bastante costoso. Cuando no hay otros medios de protección, no hay más remedio que aceptar el costo de cercar.

El tipo de valla utilizada varía según las clases de animal cuya penetración se trate de evitar y de los materiales de que se disponga. La cerca corriente contra los ciervos es de 2 m de altura y consta de 6 líneas de alambre de púas fijadas en postes de hierro angular o de madera que van clavados en el suelo con intervalos de 3 a 4 m. En Europa una cerca permanente contra los ciervos, si se utilizan postes metálicos, es costosa, pero si se utilizan mallas de alambre y postes de madera creosotada, cuestan mucho menos. Cuando los conejos y las liebres constituyen el problema principal, es necesario extender a lo largo de la parte inferior (107 cm) de la valla una red de alambre de malla fina (3 cm). También en el Reino Unido es un sistema corriente el enterrar la parte inferior (15 cm) de la red en el suelo para impedir la entrada de los conejos que excavan por debajo de la cerca. Los cerramientos eléctricos se han utilizado para impedir la entrada de animales salvajes y del ganado doméstico, pero en general no han resultado satisfactorios. En climas muy secos resultan ineficaces, a menos que se haga una toma de tierra con alambre.

A veces se utilizan cercas de postes y barandillas en los lugares en que el alambre es demasiado costoso o difícil de obtener y los pilotes ligeros son abundantes. En Kenia, un tipo de cerca construida con postes y rollizos ha demostrado ser eficaz contra la mayoría de los animales de caza en las plantaciones de taungya. Consiste en parejas de postes colocadas a 1 m de distancia y a intervalos de 2 m que se llenan con trozas o madera procedente del aclareo de la zona plantada. En la zona del Sahel de Africa, se construyen a veces cercas como barreras de estacas de ramas pinchudas o espinosas.

En Kenia se ha comprobado que para impedir la entrada de elefantes y otras especies de caza mayor los fosos Muir (zanjas de 2 por 1,5 m cubiertas con matorrales) constituyen la barrera más eficaz.

Los setos o barreras de arbustos o árboles plantados muy próximos, con frecuencia de especies espinosas, y en la línea de la periferia, se utilizan en muchos países para impedir el paso de los animales de caza o, con más frecuencia, de los animales domésticos de pastoreo. Se tienen noticias de que en Kenia se ha ensayado el procedimiento de plantar eucaliptos a distancias de 1 m alrededor de las plantaciones de coníferas, habiéndose obtenido resultados satisfactorios contra la penetración de los grandes animales de caza mayor.

La utilidad de los setos tiene muchas limitaciones:

- 1) deben establecerse varios años antes de que se inicie el trabajo de plantación, lo que suele ser un inconveniente, si no imposible;
- 2) necesitan ser cuidados, recortados y conformados con frecuencia para que puedan mantener su eficacia;
- 3) no son eficaces contra los animales pequeños;
- 4) están expuestos al peligro del ramoneo, del descortezamiento y de los incendios;
- 5) ocupan un espacio mayor que las cercas y
- 6) entorpecen el transporte

Cebos envenenados

Algunos mamíferos pequeños, como los roedores y los lagómidos, se eliminan principalmente por medio de venenos, distribuidos en cebos o aplicados directamente en la vegetación superficial o en las semillas de los árboles. La mayor parte de los productos químicos venenosos son del tipo de "contacto", que sólo son eficaces mientras permanecen en la superficie de los árboles o de las semillas, pero se están haciendo investigaciones en la

actualidad sobre el empleo de venenos sistemáticos que son absorbidos y translocados por la planta y protegen durante períodos de tiempo mucho más prolongados.

La estriquina, el fosforo de zinc, el arsenito de sodio, la warfarina, el "1080" y el sulfato taloso pueden citarse como ejemplos de los numerosos venenos que pueden utilizarse en los cebos. En Australia se utiliza un método general para eliminar los conejos, que consiste en arrojar desde el aire trozos de zanahoria tratados con "1080".

Se han empleado emulsiones de endrín/aldrín y toxafeno (camfeno clorado) como repelentes, rociándolas en la vegetación o en los árboles jóvenes.

Se han aplicado diversos venenos a las semillas de los árboles para reducir los daños que causan los roedores y los pájaros. El endrín, un producto no fitotóxico que contiene tiram (bisulfuro de tetrametilicouramilo) es el que más se ha utilizado, especialmente con las semillas de coníferas. Ultimamente se ha encontrado una aplicación más amplia como repelente colocándolo en las semillas en dosis inferiores a las letales.

Los animales gregarios que viven en madrigueras pueden combatirse mediante la fumigación o gasificación con cloropicorina, fosfina, monóxido de carbono o cianuro. Hay un nuevo producto fumigante que se está ensayando extensamente en Victoria y Australia Occidental y que está constituido por monóxido de carbono combinado con un agente espumante, que se insufla en la madriguera, matando los conejos y dejando la cueva revestida con un limo residual repelente.

Las principales limitaciones en cuanto al uso de venenos químicos proceden de su toxicidad para las personas que manipulan estas sustancias y para los animales no perjudiciales y de las prohibiciones de su empleo que han sido impuestas por ley en muchos países.

Empleo de armas de fuego y de trampas

Para combatir a los animales salvajes se emplean también armas de fuego y trampas, frecuentemente combinadas con cercas y venenos. Cuando estos animales tienen valor como alimento o como trofeos, su eliminación por medio de la cacería puede organizarse con la ayuda de cazadores voluntarios, sin ningún costo para el proyecto de plantación (a veces, incluso, con beneficios económicos).

Penetración de animales domésticos

En algunos países el pastoreo o el ramoneo por parte de rebaños de ovejas y cabras, por los hatos de ganado mayor y, con menos frecuencia, por el ganado equino, puede constituir una grave amenaza para las plantaciones jóvenes.

Los setos y las cercas se utilizan frecuentemente para impedir la penetración de los animales domésticos. En otras circunstancias, especialmente cuando los costos de las vallas son prohibitivos, la intrusión puede evitarse mediante guardas y adoptando acciones legales contra los propietarios de los animales sueltos. El encierro y la confiscación de estos animales pueden en ocasiones dar resultado como correctivo eficaz.

En muchas regiones, especialmente en las zonas secas, el pastoreo libre de cabras es un hecho tradicional en tierras degradadas y en proceso de erosión. El establecimiento de extensos recintos con fines forestales sólo puede significar la imposición de cambios radicales en los hábitos y en la economía de las comunidades afectadas. En tales circunstancias sería imprudente iniciar la repoblación forestal a menos que se establezcan con la debida anticipación otros medios de vida que compensen a tales comunidades por las restricciones en el aprovechamiento tradicional de la tierra. Por lo general esto lleva consigo la iniciación de programas de desarrollo integrado de la comunidad, incluyendo el mejoramiento de la agricultura y la gandería, así como de las comunicaciones, de las escuelas y servicios médicos, el aumento de las posibilidades de empleo fomentando las industrias

rurales, incluyendo la repoblación forestal y las industrias forestales de carácter rural. En algunos casos es posible que tal desarrollo lleve consigo incentivos para dirigir la emigración hacia nuevos centros industriales, como sucedió en el sur de Yugoslavia después de que, en el decenio de 1950-59, se declarase ilegal el libre pastoreo de las cabras.

Penetración de personas

Esta penetración puede adoptar formas diversas: cultivo por parte de intrusos, desviación de las fuentes de agua, apropiación de la madera y otras clases de productos forestales, caza y pesca y otros usos recreativos del bosque sin autorización legal. En general, el peligro de daños ocasionados por la penetración de personas no es grave, tratándose de plantaciones recientemente establecidas, excepto en la medida en que aumenta el peligro de incendio. Cuando tales violaciones representan una amenaza o llevan consigo la probabilidad de plantear problemas, forma parte de una buena planificación el tener en cuenta tales necesidades de la comunidad desde el mismo comienzo del trabajo de plantación. Esto puede significar la asignación de ciertos sectores de la plantación para la producción de leña, postes y otros productos de los que existe demanda en las comunidades locales, creando áreas autorizadas para la caza y la pesca, o canalizando a la población que busca esparcimiento hacia lugares de los bosques reservados especialmente como zonas recreativas, dotadas de zonas de picnic, terrenos para campamentos y alojamientos forestales.

PROTECCION CONTRA INCENDIOS

El peligro de incendios

Los daños producidos por el fuego constituyen una grave amenaza para las plantaciones en la mayoría de los países. El peligro de incendios aumenta, como es natural, en las regiones de climas más secos, pero incluso en las zonas relativamente húmedas o muy lluviosas se presentan con frecuencia períodos cálidos y secos en que el peligro de incendio es alto. En muchas partes del mundo, es una costumbre corriente el realizar quemas anuales o periódicas de la vegetación, por lo cual al establecer plantaciones en tales áreas, es necesario dar una especial consideración al riesgo de incendios desde las primeras etapas del proyecto.

Los fuegos pueden tener por causa fenómenos naturales como los rayos, pero la mayor parte de ellos son resultado de las actividades humanas. Los incendios de las plantaciones pueden comenzar en los fuegos de campamentos o de las zonas de picnic, o bien de la extensión de fuegos realizados en terrenos agrícolas situados en el perímetro del bosque, o bien por actividades de cazadores, o por la quema realizada por los pastores para mejorar el pasto. Se han registrado incluso casos de fuegos deliberados para producir empleo en su extinción y en la replantación, o bien para demostrar la oposición a las políticas forestales. Como los contratistas forestales son también con frecuencia descuidados en su actitud con el fuego, es aconsejable incluir ciertos requisitos de protección contra incendios en los convenios contractuales. No es posible impedir que se formen condiciones climáticas que representan un gran peligro de incendio, pero se puede hacer mucho para reducir al mínimo los riesgos de incendio mediante la educación del público, haciendo participar a la población local en materias forestales y desarrollando políticas compatibles con las necesidades políticas, sociales y económicas de las comunidades.

Cuando las masas plantadas no se deshieran o se deshieran parcialmente, son especialmente vulnerables al incendio durante la fase de establecimiento. Sin embargo, cuando tales plantaciones se deshieran por completo no existe riesgo de incendio. Mediante el laboreo del suelo no existe material combustible a nivel de tierra y toda la zona plantada, incluyendo cada árbol, se encuentra protegido. Una vez que una plantación cierra su cubierta de copas, si dicha cubierta es suficientemente densa para impedir el desarrollo de las hierbas y otras malezas, el riesgo de incendio es pequeño. Sin embargo, si la masa plantada tiene una cubierta ligera que permite que se desarrolle una cubierta del terreno a base de malezas bastante densas, en tal caso el riesgo de incendio es elevado.

El principio fundamental para proteger las plantaciones contra los incendios es que no exista material combustible suficiente para que se desarrolle un fuego a nivel del suelo, con lo que el riesgo será pequeño o nulo. Los fuegos peligrosos y perjudiciales para las plantaciones sólo pueden desarrollarse cuando se produce el fuego a nivel del terreno.

Prevención y reducción del peligro de incendio

El trazado de una plantación depende de numerosos factores que ya han sido señalados, pero la lucha contra incendios es una de las principales consideraciones que influyen no sólo en el trazado de las carreteras y de los cortafuegos sino también en las dimensiones de los tramos y cuarteles, entre otras materias. Una plantación exige tanto un "plan contra incendios" como una sección de lucha contra incendios. Uno de los principales requisitos de tal plan sería la capacitación de personal para el control y la lucha contra incendios. Una sección preparada para el control de incendios sería responsable de las quemaduras controladas, del mantenimiento de los cortafuegos, de la evaluación del riesgo de incendios, del mantenimiento de las torres contra incendios, de la información sobre incendios y de la extinción inicial del fuego. Este puede comenzar fuera de la plantación e introducirse en ella o puede comenzar en su interior y extenderse. En consecuencia, deben diseñarse las operaciones de lucha contra incendios para evitar los fuegos procedentes de ambos orígenes.

Cortafuegos

La finalidad de un cortafuego es la de proporcionar acceso entre las plantaciones y servir como barrera para el fuego carente de material combustible. Los cortafuegos están generalmente orientados en ángulo recto con la dirección del viento dominante durante la estación seca. Una carretera puede constituir, por sí misma, un cortafuego, pudiendo complementarse mediante una faja estrecha arada para formar un cortafuego compuesto. Los cortafuegos que se mantienen mediante labor con arado son a veces ineficaces si sólo se extrae parte de las gramíneas de mayor porte durante el laboreo y, naturalmente, éste es un elemento adicional que viene a sumarse a los costos. Los cortafuegos anchos y labrados dan toda la apariencia de eficaces, pero es raro que puedan ser suficientemente anchos para evitar que crucen pequeños incendios procedentes de un incendio de gran intensidad. Además de ser muy costosos de establecer y mantener, tales cortafuegos canalizan el viento a lo largo de los mismos y ocasionan turbulencias en los bordes de la plantación.

Otra posibilidad la constituyen los cortafuegos verdes plantados con especies adecuadas, normalmente de hoja persistente. El principal requisito de un cortafuego verde es un cierre completo de la cubierta de copas y un suelo forestal limpio que se mantenga libre de hojarasca mediante quemaduras periódicas. Cuando se practican las quemaduras controladas, los cortafuegos verdes resultan superfluos en gran parte ya que reciben el mismo tratamiento que la plantación.

Con las limitaciones correspondientes a los diversos tipos de cortafuegos, la tendencia actual está en favor de una intensa red interna de carreteras estrechas limpias (por lo menos de 7 m de zona de ocupación) que sirve como acceso y como cortafuegos dentro de los cuarteles. Al mismo tiempo, los cortafuegos a base de carreteras perimetrales, se mantienen cuando existe el riesgo de incendios procedentes de fuera de la plantación. Para evitar que un incendio entre en una plantación desde las zonas circundantes, se practica con frecuencia una quemadura controlada de los límites.



Aunque la tendencia actual es la de cortafuegos estrechos, todavía se utilizan cortafuegos anchos. En plantaciones con Pinus patula en la Meseta de Vipha de Malawi, se prefieren los cortafuegos de unos 200 m de anchura. Cuando es posible, estos cortafuegos se sitúan apoyándose en las características naturales del terreno, como por ejemplo, los afloramientos rocosos de las cumbres. Los cortafuegos se queman anualmente para reducir la producción de material combustible; además, se tritura una faja de unos 2 m de anchura alrededor de todo el perímetro de la plantación para evitar la entrada de fuego bajo rastrero (Cortesía de D.A. Harcharik).

Quema controlada

La quema controlada se realiza dentro de la plantación de modo que no ocasione daños a la masa existente. Por ello, se limita a las especies de corteza gruesa y raramente es posible hasta que las copas de los árboles levantan bastante por encima del alcance del fuego rastrero (es decir, después del cierre de la cubierta de copas). La determinación del momento de la primera quema controlada en una plantación joven es realmente crítica; para los pinos una altura media entre 8 y 11 m abarca una variedad de condiciones probablemente adecuadas, pero esto variará con las circunstancias locales.

Cuando la capa de material combustible es voluminosa, la quema no debe pretender la eliminación total en una sola operación, ya que las condiciones adecuadas para una sola quema podrían ocasionar un fuego demasiado intenso con el riesgo inevitable para los árboles. Los materiales combustibles abundantes pueden, sin embargo, eliminarse mediante varias quemadas sucesivas sobre la misma superficie extrayendo una parte del material combustible en cada oportunidad.

La quema controlada se realiza bajo condiciones climáticas cuidadosamente definidas que deben permitir el lograr un modelo prescrito de comportamiento del incendio. Cuando mejor se hace es al final de la estación húmeda, o a principios de la estación seca, y durante la noche, o por lo menos después de pasada la parte más calurosa del día. A medida que se vaya acumulando experiencia, debe ser posible, para un conjunto de condiciones determinadas, el estimar un período durante el cual la quema controlada sea eficaz.

Las siguientes prescripciones generales son válidas en la mayoría de las condiciones: (Cheyney, 1971):

- 1) Realizar fuegos de ensayo para determinar en primer término la velocidad con que se extiende el incendio y, en segundo lugar, en qué momento los fuegos pueden ser auto-extintores; esto debe realizarse antes de las principales operaciones de quema.
- 2) Si la extensión de la quema por su parte delantera excede de 60 cm por minuto, no debe realizarse la quema.
- 3) La quema debe tener lugar únicamente cuando el viento está en calma o con velocidad menor de 8 km/hora.
- 4) No debe realizarse la quema si la humedad relativa desciende por debajo del 35 % durante el día.
- 5) La quema debe comenzar por la tarde, o después, cuando la humedad relativa se eleva más del 50 %.
- 6) Si existen gramíneas altas en la plantación, la quema debe tener lugar antes de que estas gramíneas anuales se hayan secado por completo.

Detección de incendios y evaluación del peligro

Detección de incendios

Un buen sistema de detección se suele basar en torres contra incendios. Estas torres deben situarse de tal modo que abarquen el máximo de la plantación y sus alrededores y deben permitir una triangulación rápida de modo que se puedan registrar los rumbos precisos de intersección. Cada torre debe estar equipada con una alidada, binoculares y un radio/teléfono. Este sistema debe establecerse pronto durante el programa de plantación.

Evaluación del peligro de incendios

Cuando existe un alto riesgo de incendio, se recomienda el establecimiento de un sistema de clasificación del peligro de incendio. Tal sistema, que se refiere a los cuatro principales factores meteorológicos que influyen en el comportamiento del fuego (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y efectos de sequía a corto y largo plazo) puede calcularse rápidamente para la mayoría de las situaciones.

Técnicas de extinción de incendios

Lo primero y esencial para la lucha contra incendios es que exista un transporte adecuado para llevar el personal al lugar de los incendios con la mayor rapidez posible. Si se puede iniciar el combate rápidamente, muchos de los incendios pueden extinguirse con facilidad a mano. Un contenido apropiado del equipo de una cuadrilla consiste en:

- rociadores de mochila
- palas ligeras con punta reforzada
- hachas (preferentemente de 4 libras)
- machetes
- azadas (de mango largo y con hoja grande)
- lámparas eléctricas (para operaciones nocturnas)
- provisiones de agua potable
- equipos de primeros auxilios

Otros artículos son el rastrillo/azada o herramienta de McLeod de Australia y los sopletes rociadores de espalda contra incendios.

Existe una variedad considerable de equipo mecanizado para la lucha contra incendios - unidades de bombas, tanques y tractor - que pueden necesitarse en ciertas condiciones. Para el uso eficaz de la mayor parte del equipo de bombeo tiene que haber provisiones de agua que puedan alcanzarse fácilmente desde la zona de plantación. Cuando las provisiones de agua sean inadecuadas o estén demasiado distantes, habrá que recurrir a la utilización de métodos de lucha contra incendios que no exijan grandes volúmenes de agua.

No hay dos incendios que se comporten de la misma forma, pero a continuación se indican las técnicas generales de lucha contra incendios que pueden emplearse en situaciones particulares:

- 1) El primer punto de ataque debe ser el frente del fuego, seguido del flanco de barlovento.
- 2) Se pueden formar fajas cortafuegos paralelas al borde del incendio, mediante las acciones siguientes:
 - a) rastrillando o cavando el suelo mineral y
 - b) echando el material directamente dentro del fuego
- 3) El contra incendio puede ser muy eficaz, pero exige brigadas experimentadas. Sólo se debe intentar desde menos de 100 m directamente frente a la cabecera del incendio.
- 4) Cuando el agua es escasa, debe utilizarse eficientemente; esto es especialmente importante en la limpieza de la faja de control (mopping-up).
- 5) La limpieza de la faja de control (mop-up) consiste en la extinción de todo el material que arde y humea dentro de una faja de 20 m al interior de la línea de control del incendio. Es esencial continuar esta limpieza y vigilar hasta que un fuego esté totalmente apagado. Muchos fuegos aparentemente extinguidos se han reiniciado después de haberlos abandonado demasiado pronto.

Es esencial capacitar al personal directivo y a la mano de obra en las técnicas de lucha contra incendios. Los ejercicios de entrenamiento deben realizarse periódicamente, pero un entrenamiento demasiado frecuente puede disminuir, en lugar de aumentar, el interés y la eficacia.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- Bakshi, B.K. Diseases of man-made forests. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial. Vol. 1. pp.639-661. Roma, FAO. 1967
- Boyce, J.S. Forest plantation protection against diseases and insect pests. Roma, FAO. 1954 41 p. FAO Forestry Development Paper No. 3.
- Boyce, J.S. Forest pathology. New York, McGraw-Hill Book Co., 572 p. 1961
- British Forestry Commission. Principal butt rots of conifers. London, Her Majesty's Stationery Office. Forestry Commission Booklet No. 13. 1965
- British Forestry Commission. Forest fencing. London, Her Majesty's Stationery Office. 1972 Forest Record No. 80.
- Browne, F.G. Pests and diseases of forest plantation trees. Oxford, Clarendon Press. 1968 1330 p.
- Brünig, E.F. Protection against inorganic damage - types of damage other than fire. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial. Vol. 1. pp. 757-772. Roma, FAO. 1967
- Cheney, N.P. Fire protection of industrial plantations. Forest industries feasibility study, Zambia. Roma, FAO. Technical Report 4. 1971
- Czabator, F.J. Fusiform rust of southern pines - a critical review. New Orleans, U.S.A., Southern Forest Experiment Station. 39 p. USDA Forest Service Research Paper 50-65. 1971
- FAO. Proceedings of FAO/IUFRO Symposium on Internationally Dangerous Forest Diseases and Insects. Roma, FAO. 2 vols. 1964
- FAO. Proceedings of Second FAO World Technical Consultation on Forest Diseases and Insects. Nueva Delhi, India. in press
- Fettes, J.J. & Buckner, C.H. Biocides in the forest - use and misuse. Documento para el Séptimo Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires. 8 p. 1972
- Gibson, I.A. Diseases of forest trees widely planted as exotics in the tropics and southern hemisphere. Part I: important members of the Myrtaceae, Leguminosae, Verbenaceae and Meliaceae. Kew, U.K., Commonwealth Mycological Institute. 51 p. 1975
- Gilmour, J.W. & Noorderhaven, A. Control of Dothistroma needle blight by low volume aerial application of copper fungicides. New Zealand Journal of Forestry Science, 3(1): 120-136. 1973
- Gooding, C.D. Rabbit fumigation. Western Australia, Department of Agriculture. Bulletin No. 3096. 1963
- Gray, B. Economic tropical forest entomology. Annual Reveiw of Entomology. Vol. 17: 313-354. 1972
- Greig, B.J.W. & McNabb, H.S., Jr. Management of Fomes annosus root rot disease in pine crops in Britain. Iowa State Journal of Research, 50(3): 287-292. 1976
- Hancock, M.J.D. Control del fuego en el establecimiento y mantenimiento de bosques de Pinus caribaea. Investigación sobre el Fomento de la Producción de los Bosques del Noreste de Nicaragua. Roma, FAO. 113 p. FO:SF/NIC 9, Informe Técnico 4. 1973

- Heidmann, L.J.: Frost heaving of tree seedlings: a literature review of causes and possible control. Fort Collins, U.S.A., Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 10 p. USDA Forest Service General Technical Report RM-21. 1976
- Hepting, G.H. Diseases of forest and shade trees of the United States. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office. 658 p. Agriculture Handbook 386. 1971
- Hochmut, R. & Milán Manso, D. Protección contra las plagas forestales en Cuba. Habana, Instituto Cubano del Libro. 290 p. 1975
- Holloway, C.W. The protection of man-made forests from wildlife. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial. Vol. 1, pp. 697-715. Roma, FAO. 1967
- IUFRO. Diseases of widely planted forest trees. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office. 237 p. 1964
- Ivory, M.H. The pathology of Pinus spp. in West Africa. The Commonwealth Forestry Review, 54(2), No. 160: 154-165. 1975
- Kimball, E.C. Fire control. Demonstration and Training in Forest, Forest Range and Watershed Management, the Philippines. Roma, FAO. 62 p. FO: SF/FHI 16, Technical Report 10. 1971
- McArthur, A.G. Fire protection of man-made forests. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial. Vol. 1, pp. 717-745. Roma, FAO. 1967
- Mobley, H.E. et al. A guide to prescribed fire in southern forests. Atlanta, Georgia, U.S.A., USDA Forest Service, State and Private Forestry. 40 p. 1973
- Nordin, V.J. Biological control of forest diseases. Ottawa, Canadian Forestry Service. 65 p. 1972
- Pawsey, R.G. & Rahman, M.A. Chemical control of infection by honey fungus, Armillaria mellea: a review. The Arboricultural Journal, 2(8). 1976
- Roberts, R.B. (ed.). Pesticide spray applications, behaviour, and assessment: workshop proceedings. Berkeley, U.S.A., Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 68 p. USDA Forest Service General Technical Report PSW-15. 1973
- Roth, E.R. Resistance: a literature review of important insects and diseases. Atlanta, U.S.A., USDA Forest Service. 59 p. 1970
- Show, S.B. & Clarke, B. Elements of forest fire control. Rome, FAO. 110 p. FAO Forestry and Forest Products Studies No. 5. 1953
- Smalley, E.B. Results in practice - forestry. Chapter II, Part V of Systemic fungicides, R.W. Marsh (ed.), pp. 294-319. London, Longman. 1977
- Torrent, J. & Romanyk, N. Protección contra plagas. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial. Vol. 1, pp. 663-696. Roma, FAO. 1967
- USDA Forest Service. Prescribed Burning Symposium Proceedings. Asheville, U.S.A., Southeastern Forest Experiment Station. 160 p. 1971
- Wilson, C.C. Protecting conifer plantations against fire in the Mediterranean Region. Documento para la consulta técnica FAO/Unesco sobre los incendios forestales en la región mediterránea. Roma, FAO. 29 p. 1977

CAPITULO 6

PLANIFICACION DE LA PLANTACION

INTRODUCCION

La planificación puede hacerse en varios niveles distintos. Un ejemplo sencillo sobre el tipo de objetivo a lograr en los distintos niveles de la planificación puede ser el siguiente:

- | | |
|--|--|
| 1. Política forestal nacional u objetivo nacional forestal | Lograr que el país sea autosuficiente en madera para el año 2010. |
| 2. Meta forestal cuantitativa a nivel nacional | Producir anualmente en el año 2010 X millones de m ³ de madera para pasta y un 5 % más cada año a partir de entonces. |
| 3. Finalidad del proyecto | Plantar 2 000 ha de <u>Pinus patula</u> y 500 ha de <u>Eucalyptus grandis</u> anualmente en el distrito A, para la producción de Y m ³ de pasta de fibra larga y Z m ³ de pasta de fibra corta, con turnos de 20 y 10 años, respectivamente. |
| 4. Planificación operativa | Disponer de antemano cómo y cuándo deben obtenerse las semillas, preparar los viveros, llevar a cabo la preparación de la estación, etc., a fin de lograr la finalidad del proyecto lo más eficientemente posible. |
| 5. Ejecución u ordenación | Convertir los planes operativos en acción efectiva. |

Una publicación anterior (FAO, 1974) analizó las principales características de la planificación del desarrollo y examinó la forma de identificar el papel apropiado del sector forestal en la planificación nacional, el modo de definir esto en términos de objetivos sectoriales, cómo traducirlos en notas y objetivos cuantitativos y cómo identificar y evaluar proyectos dentro de este esquema. Dicha publicación no incluyó la planificación operativa, es decir, el equilibrio del trabajo y los recursos a corto plazo y la ultimación de los programas de trabajo dentro de un calendario establecido. Otro documento (Fraser, 1973), que trata de la planificación de bosques artificiales, incluyó un capítulo sobre la planificación operativa, pero se dedicaba principalmente a las fases de especificación del proyecto, de la recolección de datos y de la evaluación del mismo.

El presente capítulo se refiere únicamente a la planificación operativa de las plantaciones forestales, o sea, a la planificación de la ordenación de las plantaciones. Este tipo de planificación presupone la existencia de directrices claras que den poca libertad de elección al director del proyecto en cuanto a lo que hace, pero cierto grado de libertad en cuanto a cómo lo hace.

Aunque el alcance del capítulo se limita deliberadamente a la planificación de la ordenación de las plantaciones, es necesario resaltar la estrecha relación existente entre los diferentes niveles o fases de la planificación. Los métodos elaborados para lograr un objetivo en un nivel de la planificación se convierten con frecuencia en el objetivo del nivel próximo inferior. La experiencia posterior pondrá de manifiesto una interacción entre diversos niveles de planificación. Por ejemplo, la experiencia ganada al ejecutar un plan operativo puede indicar cómo debe mejorarse éste, al mismo tiempo que pueden modificarse periódicamente los objetivos del proyecto para ponerlos de acuerdo con las cambiantes necesidades nacionales. Como se ha afirmado con frecuencia, la planificación es un proceso reiterativo.

PLANIFICACION DE LA ORDENACION DE LAS PLANTACIONES

La planificación operativa de un proyecto proporciona un programa de acción diseñado para cumplir los fines del proyecto. Prescribe qué trabajo deberá hacerse, cuándo, cómo y dentro de qué escala de tiempo. Debido a la naturaleza de largo plazo que caracteriza al sector forestal, es esencial que el resultado de la planificación de las plantaciones forestales se exprese en forma de un plan escrito.

El director de un proyecto de repoblación forestal tendrá que ocuparse probablemente de tres niveles de planificación del proyecto:

1. Un plan esquemático para la ordenación a largo plazo del proyecto, que puede abarcar un turno entero o más. Preparado durante la fase de identificación y evaluación del proyecto, este plan proporciona un esquema que servirá de base para que el director del proyecto prepare un plan de ordenación más detallado durante la fase de planificación operativa.
2. El plan de ordenación de las plantaciones, que abarca un período a medio plazo y proporciona información básica y normas para la ordenación.
3. Un programa anual de trabajos, indicando la tarea a ejecutar, los recursos necesarios para llevarlo a cabo y el tiempo en que se realizará. Puede prepararse normalmente en formularios normalizados, con detalle mensual o semanal.

RECOLECCION DE DATOS PARA EL PLAN DE ORDENACION DE LAS PLANTACIONES

La recolección de los datos pertinentes es fundamental en todas las fases de la planificación, y la cantidad y detalle de los datos adicionales necesarios en la fase operativa dependerá, en gran medida, de la calidad de los datos recogidos en las fases anteriores. En algunos casos, cuando las fases de identificación y evaluación del proyecto han sido expeditivos y eficaces, pueden ser necesarios muy pocos datos adicionales. Los datos necesarios para un plan de ordenación de plantaciones incluyen los referentes a recursos, operaciones e instituciones, que se utilizan tanto en las partes descriptivas como en las prescriptivas del plan. Muchos de los datos técnicos y sobre costos se obtendrán a partir de los trabajos anteriores de plantación, de plantaciones piloto o de ensayos. Los datos operativos se obtendrán de los registros de trabajos anteriores, ya sea en el área del proyecto o en otras áreas de condiciones comparables. Cuando no se hayan recopilado los datos apropiados con anterioridad, puede ser necesario realizar ciertos estudios. Es muy frecuente el no disponer con facilidad de ciertos datos, como los relativos a costos, siendo necesario utilizar estimaciones, aunque señalando claramente la necesidad de corregir las deficiencias mediante la recolección subsiguiente de los datos precisos.

Datos sobre recursos

Los principales recursos a considerar son los terrenos, el material de plantación, los materiales y equipos, los recursos humanos y los financieros. La información necesaria respecto a ellos, se refiere a su disponibilidad, productividad y costo.

Recursos de tierras

Lo primero y fundamental es disponer de tierra suficiente para plantar a fin de atender al programa de plantación del proyecto; lógicamente, conviene que exista un exceso de tierra que permita resolver problemas imprevistos y una posible expansión en el futuro. Cuando ciertos derechos tribales o de otro carácter legal influyan en la utilización a largo plazo o en la disponibilidad de las tierras, tales materias deben determinarse y clarificarse antes de proseguir la planificación.

En las primeras etapas del proyecto no es posible asignar clases de calidad estacional a los distintos tipos de suelos, pero una clasificación sencilla sobre su aptitud para plantar puede indicar las mejores áreas para este fin. La evaluación de esta aptitud exige un estudio de suelos y la preparación de mapas en los que aparezcan los tipos de suelos, su aptitud forestal y los tipos de vegetación. Al mismo tiempo que se toman los datos de vegetación, se hace un muestreo de la cubierta arbórea en cuanto a su área basimétrica para dar una medida de la densidad del arbolado, factor principal para limpiar el terreno.

Debe disponerse de ensayos ya establecidos sobre el crecimiento de plantaciones de distintas especies, a fin de indicar la productividad para las diversas estaciones que pueden plantarse. Parece recomendable programar la plantación, en primer término, de los mejores sitios, mientras se obtienen más datos procedentes de investigación y ensayos sobre crecimientos en estaciones secundarias o marginales. Cuando hay tierras de reservas forestales no existen costos directos de tales recursos, pero cuando la tierra se adquiere mediante compra o compensación, deben registrarse y cargarse tales costos. Las necesidades anuales de tierra para plantar deben situarse en un mapa de terrenos de posible plantación.

Recursos de material de plantación

El primer requisito es disponer de un abastecimiento conveniente y sostenido de semillas de las especies y procedencias seleccionadas. La selección de especies es un tema principal, pero se supone que los ensayos sobre especies y procedencias habrán sido evaluados extensamente antes de la preparación del plan de ordenación de las plantaciones. El abastecimiento de semillas viene a ser con frecuencia una limitación grave para el ritmo previsto de desarrollo del proyecto. Deben determinarse con precisión las fuentes de abastecimiento y las

instalaciones de almacenamiento. Si la importación entraña ciertos riesgos, debe darse prioridad a la producción local de semillas y a los métodos para acelerarla. La disponibilidad de semilla debe tener necesariamente cierta influencia sobre el ritmo de plantación de las especies previamente seleccionadas por razones silvícolas y de utilización. Se necesita un alto nivel en cuanto a la técnica de viveros si se quiere obtener la máxima proporción posible de plantas vigorosas y adecuadas para plantar a partir de una cantidad dada de semilla. Cuando se compra la semilla, lo que importa es el costo por plantita apta para plantar, y no el costo por unidad de peso de la semilla. Las necesidades anuales de semillas y de plantitas y su costo deben calcularse fácilmente a partir de los datos recogidos.

Recursos de materiales y equipos

Estos corresponden a tres categorías principales: los necesarios para la organización administrativa, los correspondientes a actividades operativas y los de mantenimiento y apoyo. Las necesidades administrativas incluyen oficinas y edificios y partidas menores tales como el equipo de oficina y de escritorio que son comunes a cualquier empresa. Los materiales y equipos de operación son específicos para un proyecto de plantación; en el apéndice C se da una relación general de tales equipos y materiales. Los artículos para mantenimiento y sostenimiento incluyen equipos de taller y de transporte, y repuestos. Los factores críticos referentes a aprovisionamiento son los de seleccionar aquellos artículos que se precisen para el trabajo y escala específicos del proyecto y garantizar que tal equipo o materiales, con sus repuestos, estén disponibles en el lugar cuando se necesiten. Esto obliga a la provisión de un gran almacenamiento.

El equipo ofrece una considerable variedad de opciones, debiendo determinarse en la etapa de evaluación aquellos tipos que son adecuados para el trabajo a desarrollar.

La productividad del equipo es decisiva para la eficacia de un proyecto. Las evaluaciones sobre la producción del equipo pueden ser de escaso valor a menos que se tengan en cuenta las posibles variaciones y que se establezcan las bases de medición. Una buena productividad exige la máxima utilización posible, anual o estacional, del equipo. Es necesario conocer la escala de la operación y los datos operativos antes de establecer la mayoría de los aprovisionamientos o las necesidades en cuanto a equipos. Cuando se ha terminado la definición de los tipos de equipo y materiales, puede realizarse la evaluación de todas las necesidades anuales para el período completo del proyecto.

El costo de compra o costo de capital de todos los materiales y equipos del proyecto es necesario conocerlo para hacer estimaciones y presupuestos y calcular el costo de las necesidades totales del proyecto. Para hacer valoraciones comparativas, el planificador necesita disponer del costo por hora de funcionamiento del equipo, con el cual puede calcularse los costos unitarios de producción. En las etapas iniciales de un proyecto puede ser necesario estimar estos costos.

Recursos humanos

El hombre es el recurso más importante del proyecto, siendo necesario dar la debida importancia a sus habilidades y reacciones en el momento de decidir sobre los posibles cursos de acción. Es necesario estudiar las fuentes posibles de mano de obra y de personal directivo, pues ellas determinan la necesidad de una inversión adicional en transporte o en viviendas. Los empleados se benefician de un proyecto de plantación no sólo por los ingresos en dinero, sino también por la capacitación, la mejora de vivienda y la estabilidad. La experiencia recogida en Swazilandia pone de manifiesto los beneficios del personal empleado que vive en comunidades mezcladas, en lugar de hacerlo en poblados exclusivos del proyecto (Hastie y Mackenzie, 1967). Un proyecto de plantación incluye muchas especialidades y exige directivos, supervisores, mecánicos, maquinistas, personal administrativo y de oficina, personal médico y mano de obra tanto especializada como eventual. En particular, si un proyecto ha de mecanizarse en forma selectiva, será necesario prever el empleo de mecánicos y operarios especializados, y con frecuencia será precisa la capacitación. También será necesario realizar una evaluación cuidadosa sobre la disponibilidad y capacidad de la dirección y supervisión.

El costo de los recursos humanos es la suma de los salarios o jornales, de los beneficios y cargas sociales, del tiempo de vacaciones y de enfermedad. Las necesidades de mano de obra del proyecto deben establecerse para el personal directivo por años, categorías y responsabilidades. La mano de obra debe registrarse en forma análoga, pero las operaciones sustituyen a la responsabilidad. Para calcular la necesidad anual de mano de obra, un calendario de operaciones y de necesidades de mano de obra no sólo proporciona los datos necesarios sino que también permite suavizar las fluctuaciones en cuanto a necesidades para proporcionar un empleo más regular. La información sobre la productividad y sobre los costos unitarios de la mano de obra se obtendrá a partir de los datos de las operaciones.

Recursos financieros

Generalmente, en la etapa de definición o evaluación habrá que dar una cierta indicación sobre las disponibilidades financieras para todo el proyecto o para una fase del mismo. El plan de ordenación de las plantaciones debe diseñarse ajustándose al esquema financiero, pero si la financiación constituye una limitación crítica, deberá plantearse una asignación adicional. Los costos totales de tierras, material de plantación, recursos materiales y humanos además de los imprevistos, representan la asignación necesaria, debiendo establecerse el conjunto de estas cifras como necesidades anuales para todo el período del proyecto.

Es importante que la autoridad financiera entienda que una plantación es una empresa dinámica que no se acomoda fácilmente al contexto del año fiscal. Las operaciones de plantación, tales como el aclareo del terreno, el vivero y el deshierbe, están interrelacionadas en el tiempo, de tal modo que el programa de un año puede influir tanto en el del año precedente, como en el del año siguiente. Esto significa que los retrasos en la provisión de fondos o las asignaciones irregulares no sólo afectan al año en que tengan lugar, sino también a las inversiones pasadas y futuras. Dos posibilidades de resolver este problema consisten o en considerar el proyecto como una inversión de capital hasta lograr la normalidad, o en poner fondos a disposición del proyecto en base a asignaciones de tres o de cinco años. La fácil disponibilidad de los fondos no significa, sin embargo, el excluir la planificación cuidadosa de su inversión.

Datos operativos

Los datos a registrar en esta sección para todas las operaciones de la plantación son:

- 1) Unidad de medida: por ejemplo, ha, km o miles de plantas;
- 2) Insumo: días-hombre, tiempo de funcionamiento de las máquinas, materiales;
- 3) Producción: unidades por hora, por día, etc.;
- 4) Coste: por unidad de cada recurso.

Estos datos permiten realizar una rápida estimación de la productividad de los hombres y las máquinas y de las necesidades totales de tales recursos para operaciones determinadas del proyecto. La recolección de datos operativos es crítica y fundamental para el proceso de planificación. La información debe ser la mejor que se conozca, y puede obtenerse de los registros sobre costos cuando se disponga de ellos, pero si no existen, puede ser necesario el obtener datos de producción de cada tipo de trabajo mediante muestreo, a fin de proporcionar datos indicativos. Los datos operativos sirven de base para una valoración, para estimar las necesidades de recursos y para elaborar el presupuesto; en consecuencia, es fundamental registrar la fuente y la fiabilidad de todos los datos mencionados. Un proyecto o plan sólo es tan realista y realizable como lo sean los datos utilizados en su preparación. La combinación de los datos sobre recursos y operaciones en cálculos aritméticos, llevan directamente a las normas de la ordenación. En el Apéndice D se muestra un ejemplo sencillo para la recolección y manipulación de las semillas.

Datos institucionales

Los factores institucionales a anotar son principalmente de naturaleza política, pero incluyen el marco legal del proyecto y el compromiso del organismo supervisor en otros campos, como por ejemplo, la capacitación. Otros factores sobre los que hay que recoger información se refieren a la relación entre la comunidad local y el proyecto, a las facilidades para lograr el uso múltiple de la tierra y a la información sobre las investigaciones que se estén desarrollando sobre la plantación, que no estén suficientemente avanzadas para poder evaluarlas.

El marco legal debe proporcionar una legislación apropiada y efectiva así como los reglamentos y los medios para su cumplimiento. También debe determinarse que existe una dirección y una estructura administrativa apropiadas o que existirá para el funcionamiento y servicio del proyecto.

PLAN DE ORDENACION DE LAS PLANTACIONES

Finalidad y contenido

El Plan de Ordenación de las Plantaciones constituye la base para la acción de ordenación y prevé y registra con cierto detalle lo que el director de la plantación tiene que lograr en un determinado período. En el caso de un turno de 30 años, el plan inicial de ordenación de las plantaciones puede abarcar unos 5 años o posiblemente menos. El resto de la duración del proyecto será abarcado por planes periódicos similares. Esta planificación periódica permite enfocar de modo flexible la dirección del proyecto y, cuanto más estable y bien definido sea el ambiente del proyecto, más dilatados pueden ser los períodos del plan. La presentación del plan debe mantenerse en la forma más sencilla posible, ya que una ordenación eficaz requiere cierta flexibilidad en el programa de trabajo planificado. Para proyectos complicados o áreas con problemas, el análisis reticular puede ser una herramienta útil de ordenación para la solución de problemas o de "cuellos de botella". En el Apéndice E se da una introducción del análisis reticular.

No hay un conjunto de formularios para un plan de ordenación de plantaciones, ya que éste debe variar con las condiciones y exigencias locales, pero puede considerarse que las tres partes esenciales de cualquier plan son las siguientes: Parte I, Directiva; Parte II, Descriptiva; y Parte III, Prescriptiva.

La Parte I, Directiva, consiste en las instrucciones recibidas por el director del proyecto de una autoridad superior, en cuanto a lo que debe lograr el proyecto. La Parte I no puede alterarla el director del proyecto, sino exclusivamente la autoridad que publicó la directiva original.

La Parte II, Descriptiva, proporciona la información sobre el ambiente local, la historia pasada, las facilidades existentes en cuanto a personal directivo, carreteras, edificios, etc., que es la base esencial para las prescripciones de ordenación.

La Parte III, Prescriptiva, define cómo, cuándo y con qué recursos deben llevarse a cabo las futuras operaciones a fin de cumplir los objetivos del proyecto establecidos en la Parte I. Normalmente el director del proyecto está autorizado para alterar estas prescripciones a la luz de la experiencia, en cuyo caso debe informar a la autoridad superior y

corregir el plan redactado. La Parte III requerirá una revisión más frecuente que las Partes I y II. A continuación se da un esquema conciso de los apartados que podría incluir el plan de ordenación de las plantaciones.

Plan general de ordenación de las plantaciones

Parte I (Directiva)	<u>Política y objetivos</u> Política Objetivos
Parte II (Descriptiva)	<u>Información básica</u> El medio ambiente del proyecto Disponibilidad y aptitud de las tierras Marco institucional Ordenación anterior e historia del proyecto
Parte III (Prescriptiva)	<u>Situación actual y ordenación futura</u> Asignación de círculos de trabajo Prescripciones detalladas de actividades - Operaciones de plantación - Otros trabajos - Provisión de recursos - Financiamiento: presupuesto de gastos e ingresos - Costos, registros y control - Datos cartográficos

Plan de Ordenación de las Plantaciones, Parte I

La Parte I debe recibirla el director del proyecto como una Instrucción de la autoridad superior, siendo él responsable de asegurar que quede registrada en el Plan de Ordenación redactado. Los objetivos del proyecto deben establecerse con total claridad; si no se hace así, el director del proyecto debe buscar su clarificación antes de comenzar su propia planificación de las operaciones.

Plan de Ordenación de las Plantaciones, Parte II

La Parte II contiene la información básica para el proyecto. Debe incluir:

- 1) Una descripción del ambiente del proyecto incluyendo la ubicación del mismo e información sobre geología, clima, hidrología y vegetación natural;
- 2) La disponibilidad de tierras y su aptitud, descritas en el texto y apoyadas por resúmenes tabulados y mapas. Cuando se conozcan las clases de estaciones, deben definirse éstas y delimitarse;
- 3) El marco institucional del proyecto, incluyendo su estado legal, junto con su estructura organizativa;
- 4) La ordenación anterior y la historia del proyecto, incluyendo una descripción breve del desarrollo del mismo y cualquier información sobre su ordenación en el pasado o datos de interés para el desarrollo del proyecto. Esta sección debe señalar todas las características notables en que se base el programa planificado para el proyecto. Esta sección del plan será actualizada al terminar cada período del mismo, añadiendo lo que se haya realizado en dicho período.

Plan de Ordenación de las Plantaciones, Parte III

La Parte III es la más importante del plan conteniendo una previsión de aquellas operaciones que debe realizar la ordenación. Cuando sea necesario, el trabajo del proyecto puede dividirse sobre la base de las diferentes especies o distintos sistemas silvícolas, mediante la asignación de círculos de trabajo. Los programas de trabajo de la plantación se establecen por años para cada círculo de trabajo y para el período especificado del plan (ver, por ejemplo, el Apéndice F). Los planes para cada año pueden obtenerse fácilmente y presentarse como programas anuales de trabajo para todas las actividades del proyecto. Estos programas anuales pueden detallarse aún más en el tiempo y en el espacio, para servir como planes de acción para los directores adjuntos y supervisores. Véase también la página 159.

Las descripciones detalladas de actividades generalmente registran la situación actual y establecen el trabajo o acción futura que son necesarios, bajo los siguientes encabezamientos:

- 1) Operaciones de plantación y otros trabajos
- 2) Provisión de recursos
- 3) Presupuesto de gastos e ingresos
- 4) Costos, registros y control
- 5) Datos cartográficos

Operaciones de plantación y otros trabajos

Esta sección incluye las principales operaciones de plantación y construcciones. Se registra la situación al comienzo del plan y se establecen las prescripciones detalladas sobre el método de operación y la cantidad y tiempo de los insumos y producciones previstos para cada operación.

Las operaciones principales aplicables son:

Operaciones de plantación

Asignación de tierras
Estudios cartográficos
Establecimiento de viveros
Producción de material de plantación
Aclareo y preparación del terreno
Trazado de la plantación y construcción de accesos
Plantación
Reposición de marras
Fertilización
Deshierbe
Podas bajas/Podas altas
Claras
Corta final
Protección contra incendios
Mantenimiento de carreteras

Otros trabajos

Edificaciones y servicios
Mantenimiento de edificios y servicios
Mantenimiento de material de transporte y equipos

El estado actual y el trabajo prescrito para cada operación se presenta con mucha frecuencia en forma tabular. La prescripción normalmente se refuerza con detalles sobre los insumos estimados de mano de obra, material y equipo para las principales operaciones.

Las prescripciones se concentran sobre lo que se hará, dónde y cuándo, y el método a seguir puede estar acompañado mediante una referencia a un manual o una serie de memorias de instrucciones, o puede describirse en detalle si no se dispone de tales referencias.

La previsión de la plantación viene afectada por la disponibilidad de tierras, el crecimiento de las especies y su rendimiento, el turno y los mercados, así como por la disponibilidad de otros recursos. En el caso de grandes proyectos de repoblación forestal, sería conveniente dividir las zonas disponibles en un número de cuarteles de plantación del mismo tamaño, correspondientes al número de años del turno. En la práctica, es más corriente comenzar plantando a escala reducida y, a medida que se gana en experiencia y destreza, se aumenta el ritmo. Por el contrario, cuando existe la capacidad precisa, la plantación inicial puede ser a ritmo rápido, lo que después aumentará las opciones para elegir la duración del turno, y en una era de inflación reduce los costos totales de establecimiento.

El proyecto de plantación incluye el diseño y la delimitación de tramos, cuarteles, carreteras principales y secundarias, senderos y pistas contra incendios. Este constituye un aspecto principal de la planificación, que requiere un estudio cuidadoso para proyectos específicos. El proyecto inicial debe adaptarse a la configuración de los suelos que pueden plantarse, a la topografía y a los accidentes naturales, pero el diseño tendrá también la influencia de las necesidades de protección contra incendios y por los métodos previstos de la explotación y extracción de la madera. Algunos proyectos tienen tramos excepcionalmente grandes, de más de 200 ha, pero una dimensión más general está entre las 20 y las 40 ha. Los cuarteles pueden ser de cualquier tamaño, pero generalmente se limitan a la plantación de un año.

La densidad del sistema de carreteras varía, pero normalmente es del orden de 1 a 4 km por km², de acuerdo con el terreno. Sólo una pequeña proporción del sistema de carreteras necesita ser de alta calidad; la mayoría de ellas pueden ser de calidad inferior. Inicialmente muchas de las carreteras de clase inferior están o sin pavimentar o ligeramente empedradas; el mejoramiento de estas carreteras para la explotación forestal se realiza cerca de la época de aprovechamiento. Las carreteras principales de plantación se construyen generalmente para toda estación a fin de permitir el acceso para la plantación, el mantenimiento y la extinción de incendios; pero no se construyen con los niveles apropiados para la explotación forestal. En el Apéndice B se dan algunas normas generales sobre el establecimiento de carreteras de plantación.

Los principales factores de protección son la prevención y la extinción de incendios; el plan prescribirá los cortafuegos, la quema de los límites, la quema controlada y otras medidas que se consideren necesarias. Cuando exista un alto riesgo de incendio se necesitará contar con radios o teléfonos enlazados con los observatorios contra incendios, junto con el establecimiento de una organización para la extinción de los incendios. El riesgo de daños debidos a causas bióticas deberá haber sido evaluado con cuidado durante la fase de recolección de datos, y la selección de especies y de técnicas de plantación debe diseñarse a fin de disminuir al mínimo tales riesgos.

Provisión de recursos

En la sección anterior, sobre las operaciones de plantación y otros trabajos, se habrá establecido una indicación general de las necesidades de recursos para el período del plan. Las prescripciones de esta sección establecerán qué recursos deben adquirirse en fechas determinadas. Las principales necesidades de recursos son:

Personal

- Asignación de personal y definición de responsabilidades
- Asignación de mano de obra y calendario de necesidades de mano de obra
- Capacitación de personal directivo y operaciones

Equipos

- Maquinaria, elementos de transporte y equipos
- Materiales de construcción
- Materiales y semillas para el proyecto
- Repuestos esenciales

El desarrollo de las plantaciones exige con frecuencia la expansión del servicio forestal existente y, en algunos casos, la creación de una nueva sección de ordenación para ejecutar el proyecto planeado. El plan debe detallar por años el personal necesario para realizar el programa, incluyendo tal personal los directores forestales profesionales, los forestales, los ayudantes técnicos y los diversos niveles de supervisores. Debe definirse la responsabilidad del director y de su personal de apoyo. La asignación de la mano de obra comprende un resumen de las necesidades prescritas de mano de obra para realizar las operaciones componentes y se presenta como un calendario de operaciones, del cual se da un ejemplo en el Apéndice G. La preparación de estos calendarios permite facilitar las necesidades de mano de obra, tanto dentro de un año como durante el período del plan, evitar los despidos irregulares y asegurar la continuidad de empleo para el contingente principal de mano de obra.

A medida que avance la zona de plantación, habrá una demanda sostenida de personal adicional y será necesario planificar la provisión de instalaciones para la capacitación de los distintos niveles de personal para la dirección y las operaciones de plantación. Como se necesitará que la mano de obra adquiera pericia en trabajos silvícolas, en trabajos de viveros y, en algunos casos, en materia de mecanización o de riego, será esencial el proporcionar la capacitación adecuada.

Las prescripciones sobre equipos y materiales establecerán qué partidas se necesitan y para qué fecha, si las operaciones han de completarse de acuerdo con lo planificado. Hará falta contar con un calendario mensual de necesidades de maquinaria, semejante al de mano de obra del Apéndice G. Las necesidades pueden calcularse en base a datos conocidos aproximados como, por ejemplo, un tractor por x ha, o cantidad de fertilizante por 100 ha o por 1 000 plantas en el vivero.

El detalle de los insumos de materiales y equipos habrá sido registrado bajo cada una de las operaciones de la plantación y otros trabajos y esto puede, o bien confrontarse para dar una estimación de las necesidades, o comprobar las estimaciones totales. Puede ser necesario buscar el asesoramiento de especialistas para especificaciones de ciertos artículos como la maquinaria, materiales de transporte y de construcción. Cuando se puedan prever retrasos en la obtención de ciertos artículos, será necesario hacer el pedido por anticipado y para muchos materiales y repuestos será esencial el establecimiento de una reserva estratégica en almacén. La llegada tardía de las provisiones actúa con frecuencia como un cuello de botella para la ejecución de los trabajos; por ello, la petición del equipo merece una planificación y atención cuidadosa al detalle de tal modo que se haga a su debido tiempo y con exactitud.

El Apéndice C proporciona una guía de lista de comprobación de los equipos y materiales que pueden necesitarse en un proyecto de plantación.

Financiación: Presupuesto de gastos e ingresos

El plan generalmente incluye un presupuesto de gastos. Este presupuesto representa el costo estimado de todos los recursos necesarios para ejecutar el programa prescrito. Normalmente se elabora por años y se distribuye por partidas funcionales tales como:

Limpieza y preparación del terreno	Mantenimiento de edificios
Viveros	Equipos y materiales
Operaciones de plantación	Mantenimiento de equipos
Costo de capital de terrenos y edificios	Administración y personal directivo

El presupuesto una vez aprobado equivale al permiso para la asignación de fondos al proyecto. Si se prescribe una asignación financiera anual, la obtención de los datos anuales a partir del presupuesto puede servir como solicitudes anuales estimadas. Cuando se solicita el libramiento de fondos durante el período de ejecución, deben hacerse algunas asignaciones para inflación, cambios de técnicas y posibles aumentos en la eficiencia operativa.

El plan prescribirá cómo habrán de registrarse los gastos. Estos están sujetos a intervención y los libros de registro deben contabilizar todos los fondos desembolsados, debiendo dar la medida del gasto total del proyecto en cualquier momento. Cuando se compara, durante la ejecución, el gasto real con el presupuesto para un período determinado, esta comparación debe dar una cierta medida de la eficacia de la planificación y la dirección. El gasto en mano de obra y personal directivo se suele registrar en nóminas de personal y hojas de pago, mientras que las cargas por equipos y materiales se registran mediante pedidos y recibos.

Los ingresos son generalmente escasos durante la fase de establecimiento de una plantación, pero se generan con bastante rapidez desde las claras hasta la fase de la corta final. Se suele hacer una previsión de los ingresos de cada año. Es esencial que el plan prescriba un sistema adecuado de contabilidad para tales ingresos, registrando la cantidad, el producto, la fuente y la fecha de obtención y el pago.

Los gastos e ingresos se registran normalmente en libros mayores de debe y haber, debiéndose realizar los balances a intervalos definidos, pero siempre al final del año financiero o contable.

Cálculo de costos, registros y control

Los sistemas complicados de cálculo y registro de costos son caros de administrar y con mucha frecuencia entrañan dificultades y fallas. Por ello, es esencial hacerlos en forma sencilla, especialmente a nivel de campo, y registrar solamente los datos esenciales. El plan prescribirá un sistema de control del proyecto. Tal control se refiere 1) al mantenimiento de los niveles de producción establecidos en el programa de trabajo y 2) al mantenimiento de los costos dentro de los límites estimados para cada una de las operaciones en un período dado.

Hay muchos tipos de "informes periódicos de progreso" que simultáneamente registran el trabajo ultimado y dan un detalle de los costos del proyecto. Tales informes de progreso, que se recopilan con frecuencia sobre una base mensual, deben ser precisos y someterse puntualmente. Los informes generalmente registran, para períodos definidos, las partidas que se dan a continuación como encabezamiento de un formulario de muestra:

Operaciones y clave de costos	Unidades	Insumos y costos							Traba- jo ul- timado	Costo uni- tario
		Mano de obra	Costo	Plantas vehícu- los y máquinas	Costo	Materia- les	Costo	Total		

Los insumos físicos se miden en unidades definidas, tales como días-hombre para la mano de obra, horas por planta o tractores, kilómetros para los vehículos, y número, peso o volumen para los materiales. Se establecen periódicamente costos unitarios normales para estas partidas y se utilizan para calcular los costos de los insumos. Las producciones físicas se miden en unidades tales como metros para las carreteras, hectáreas para la plantación o el deshierbe y miles de plantas para la producción de los viveros. El informe puede también incorporar en esta etapa o en una etapa posterior: 1) la previsión del plan en cuanto a producciones y costos y 2) las producciones y costos reales acumulativos. Estas cifras forman la base del sistema de control prescrito. Es normal dar un número clave para cada operación a fin de facilitar los cálculos y para la posible elaboración mediante computadora. El informe del proyecto da una descomposición de los costos; por ejemplo, bajo las operaciones de plantación habrá un número de subtítulos que incluirán las actividades de preparación del terreno, las fases de plantación, el desbroce mecanizado, el desbroce a mano, la fertilización, la poda y así sucesivamente. El director de la plantación o del proyecto utiliza tales costos para el cálculo y el control económico. Cuando hay variaciones en los costos unitarios reales, debe poderse elegir y desarrollar las alternativas más eficaces. Es necesario capacitar personal supervisor en la recopilación de tales informes e inculcarles el valor que representan los datos recogidos. En zonas en que escasea una dirección de campo apropiada, los informes pueden incluir únicamente datos físicos, y los costos pueden aplicarse de forma centralizada. Es igualmente importante que la dirección compruebe los informes sin retrasos, ponga de manifiesto la estima que merecen las producciones eficientes e investigue sobre desviaciones importantes respecto a las provisiones presupuestarias o sobre costos unitarios muy variables para una misma operación en distintas áreas.

El total anual de los costos de operación de mano de obra y de materiales debe concordar fácilmente con los gastos del mismo período. El ajuste de los costos de plantas, vehículos y maquinaria es un poco más complicado, pero, suponiendo que la base de los costos unitarios del equipo esté diseñada adecuadamente, puede lograrse un ajuste razonable. El cuadro de flujos de costos del apéndice E proporciona el esquema de un proceso de cálculo de costos.

El registro fundamental de la plantación es el registro de tramos. Este debe dar una descripción completa y precisa así como la historia de los tramos que comprende una plantación dada. El registro puede ser un documento sencillo o complicado, incluyendo generalmente la siguiente información:

- 1) Un mapa detallado de la zona de plantación;
- 2) Detalles de las características físicas: elevación, aspecto, exposición, pendiente, forma del terreno, geología, suelos y vegetación;
- 3) Características de la estación, incluyendo su aptitud para la plantación y las clases de calidad de la estación y
- 4) Historial

El plan prescribirá que todo el trabajo que se realice en un tramo debe anotarse en este registro, que contendrá un formulario o formularios para anotar:

- 1) Preparación de la estación y plantación o siembra,
- 2) Trabajos culturales
- 3) Evaluación de la masa forestal y
- 4) Rendimiento

Los detalles físicos del trabajo ejecutado en un tramo pueden obtenerse fácilmente a partir de los informes de avance del trabajo. Algunos registros de tramos anotan también los costos, pero, a menos que exista una razón especial para anotar los costos en este nivel, el registro se mantiene mejor como una memoria física e histórica. Si en alguna fecha futura se necesita saber el costo de las operaciones en un tramo determinado o en grupo de tramos, debe ser posible obtenerlo de los registros del sistema de costos.

Registro cartográfico

El plan de ordenación, además del registro de tramos, debe contener algunos de los planos siguientes o todos ellos:

- 1) Plano de situación de la plantación (escala 1:50 000 a 1:100 000) y planos de ordenación (1:20 000 a 1:50 000);
- 2) Plano de suelos y de su aptitud para la plantación;
- 3) Plano de vegetación;
- 4) Plano de organización de la plantación, incluyendo las carreteras actuales, los tramos, los viveros y el trazado programado;
- 5) Plano de plantación y de preparación de la estación, mostrando la situación actual y el programa planeado;
- 6) Plano o planos de tratamientos culturales de la plantación, mostrando el estado actual y el programa planeado para las operaciones principales, y
- 7) Planos de protección contra incendios, presentando la situación actual y el programa planeado.

Los planos de ordenación pueden prepararse sobre un plano-base, con una serie de superponibles para la distinta información. El número de planos puede reducirse combinando ciertos datos de hojas separadas, pero relacionadas entre sí. Los planos de ordenación constituyen un registro y control visual de las operaciones de plantación, y el plan prescribirá qué planos específicos de la ordenación serán puestos al día sobre una base periódica o anual.

En conclusión, debe señalarse que el plan de ordenación de las plantaciones puede tomar muchas formas y es sólo una herramienta para convertir la política y los objetivos en realidad. La medida real de la eficacia no reside en la bondad de lo que se diseña, sino en el éxito de su ejecución. Una buena ordenación no solamente necesita una buena planificación sino también una buena ejecución.

PROGRAMA ANUAL DE TRABAJO

Este programa abarca el próximo año de operaciones y es necesario prepararlo unos meses antes del comienzo del año, a fin de dejar tiempo suficiente para tener aprobado el presupuesto y proporcionar los recursos necesarios (Fraser, 1973). La planificación puede hacerse en formularios divididos en períodos mensuales o semanales, dando una previsión de la cantidad de trabajo a realizar durante cada período y para cada operación. Después de que se haya ejecutado sin problemas un plan de ordenación de plantaciones durante varios años, habrá poca dificultad en recopilar el programa anual de trabajo directamente a partir del plan de ordenación de la plantación.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- Allan, T.G. Planning of savanna plantation projects. In Savanna afforestation in Africa, pp. 220-233. Roma, FAO. 1977
- Bands, D.P. Organisation for the production of a district forest management book. Lusaka, Forest Department. 13 p. 1962
- Ball, J.B. Cost accounting and the maintenance of records for monitoring and evaluating plantation projects. In Savanna afforestation in Africa, pp. 234-246. Roma, FAO. 1977
- Cooling, E.N.G. Compartment registers for pilot plantations and demonstration areas. Industrial Forestry Plantations, Turkey. Izmit, FAO. FO: DP/TUR/71/521, Working Document No. 26. p. 13. 1976
- Dargavel, J.B. et al. An information system for plantation management. Commonwealth Forestry Review, 54(1): 27-37. 1975
- FAO. Report of UNDP/FAO seminar on the methodology of planning land and water development projects. Rome, FAO. 128 p. Irrigation and Drainage Paper II. 1972
- FAO. An introduction to planning forestry development. Rome, FAO. 86 p. FAO/SWE/TF 18. 1974
- Foggie, A. A forest working plan manual; report to the Government of the Sudan. FAO, Rome. 105 p. No, TA 2869. 1970
- Fraser, A.I. A manual on the planning of man-made forests. Rome, FAO. FO: MISC/73/22, p. 129. 1973
- Fraser, A.I. A manual on the management of plantation forests. Penicuik, Scotland, International Forestry Consultancy. p. 126. Sin fecha
- Frith, A.C. The Fiji Forest Department costing system. Forest Management Project, Fiji. Suva, FAO. FO: DP/FIJ/72/006, Working Paper No. 4. p. 47. 1976
- Grayson, A.J. Afforestation planning at the national and project levels. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial, Vol. 1. pp. 551-572. Roma, FAO. 1967
- Gittinger, J.P. Economic analysis of agricultural projects. Baltimore, U.S.A., The Johns Hopkins University Press. 221 p. 1972
- Grut, M. Records of costs and revenues in forestry. Industrial Forestry Plantations, Turkey. Izmit, FAO. Working Document No. 5, FO: DP/TUR/71/521. p. 28. 1975
- Hastie, W.F. & Mackenzie, J. Planning an integrated forest programme. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial. pp. 905-922. Roma, FAO. 1967
- Johnston, D.R. et al. Forest planning. London, Faber and Faber Limited. p. 541. 1967
- Kingston, B. Final report: Plantation management. Industrial Forestry Plantations, Turkey. Rome, FAO. FO: DP/TUR/71/521. Working Document 29, p. 127. 1977

- Krug, H.P. 1967 Planning for afforestation and planting in Brazil. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial. Vol. 2. pp. 1219-1235. Roma, FAO.
- Levingston, R. 1975 Plantation management procedures for large-scale plantations in Peninsular Malaysia. Forestry and Forest Industries Development, Malaysia. Kuala Lumpur, FAO. 205 p. FO: DP/MAL/72/009. Working Paper 36.
- Savory, B.M. 1962 Plantation planning for conifers in Northern Rhodesia. Lusaka, Forest Department. 10 p.
- Wendelken, W.J. 1967 Records of plantation history: expenditure and revenue accounts. In Actas del Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial. Vol. 1. pp. 605-638. Roma, FAO
- Watt, G.R. 1973 The planning and evaluation of forestry projects. London, Commonwealth Forestry Institute. 83 p. Institute Paper No. 45.

CRITERIOS PARA REALIZAR CON ÉXITO UNA PLANTACION EN LINEAS

(por H.C. Dawkins, con anotaciones de A.F. Lamb, 1969)

Hay numerosos criterios que deben seguirse si se quiere que un sistema de enriquecimiento produzca una masa aceptable de árboles maderables. Estos criterios, enunciados en forma clara por Dawkins, se copian seguidamente, con su autorización:

En el sentido con que aquí se utiliza, el enriquecimiento mediante plantación en líneas es el establecimiento de una masa forestal que se cierra con la edad del turno, en líneas espaciadas a intervalos iguales o ligeramente mayores que el diámetro estimado de las copas del aprovechamiento final.

Existen cinco condiciones necesarias para la plantación en líneas, además de las exigencias normales para el establecimiento de plantas sanas:

1. En el área de que se trate debe de haber poca necesidad o ninguna de realizar claras. Si son necesarias las claras, el método no es apropiado; si existe demanda para las grandes trozas de madera de sierra y de chapas, el sistema es adecuado.
2. Las especies plantadas deben ser de crecimiento rápido (1,5 m de altura por año como mínimo), de naturaleza recta y de poda natural, es decir, generalmente del tipo de especies colonizadoras o que ocupan los espacios vacíos, exigentes en luz.
3. No debe existir un piso superior dominante; sólo es conveniente un bosque con cortas de aclareo o con envenenamientos de aclareo, o un bosque bajo secundario.
4. El rebrote entre las líneas plantadas no debe ser inflamable; en caso contrario, el control de incendios debe ser total.
5. No deben existir animales que ramoneen, o ser escasos o insignificantes sus efectos sobre los árboles plantados.

Partiendo de que se cumplan las cinco condiciones anteriores, el método puede disminuir los costos de la masa final a menos de un tercio de los que se precisarían para una plantación cerrada. La técnica a emplear exige entonces lo siguiente:

6. Las líneas de plantación deben espaciarse a distancias iguales o ligeramente superiores - es aceptable hasta un 20% más - al diámetro de las copas que se espera alcanzarán los árboles sanos de la masa final de las especies de que se trate. El motivo de esto es evitar cualquier posibilidad de competencia grave entre las copas de distintas líneas antes de llegar a su madurez, con el fin de ahorrar costos de establecimiento y de dejar más campo de acción a las posibles especies superiores que puedan surgir naturalmente entre las líneas.
7. Las plantas deben espaciarse, dentro de las líneas, aproximadamente un quinto de la distancia existente entre líneas, para que se pueda hacer una selección aproximada de una de cada cuatro para el aprovechamiento final. Si es probable el tener que realizar un envenenamiento abundante del piso superior, como en muchos bosques naturales poco cortados donde se realizan plantaciones, deben esperarse entonces pérdidas hasta del 30%, con lo cual el espaciamiento en las líneas debe ser aproximadamente de 1/6 a 1/7 del espaciamiento entre éstas. Sólo mediante este sistema puede asegurarse una buena forma de la masa final.

8. Las líneas de plantación deben estar bien limpias, en una anchura inicial de 1,8 m, permitiendo un fácil movimiento a lo largo de ellas, por lo menos por un lado de los árboles plantados, debiendo extraerse la mayoría o la totalidad de los restos leñosos. Una vez plantadas, las líneas deben mantenerse y no tolerarse la vegetación colgante o que amenace al repoblado. Como este trabajo de limpieza se limita a una fracción muy pequeña de la superficie, los costos de mano de obra son reducidos, pudiendo soportarse varias limpiezas (a veces se necesitan hasta 6 o 7) durante los primeros doce meses.
9. Las plantas deben escapar de la competencia para lograr un crecimiento inicial rápido. Para la mayoría de las especies esto equivale a utilizar material de plantación en envases. Los tocnes o los plantones no son probablemente adecuados. La Cedrela se ha mostrado capaz de iniciar su desarrollo a partir de semilla directa, pero éste es un caso completamente excepcional.
10. La plantación debe seguir inmediatamente a la limpieza de las líneas de plantación; la limpieza al principio de la estación seca y la plantación tres o cinco meses después, con el comienzo de las lluvias, es una técnica decididamente mala que da como resultado el realizar, por lo menos, dos limpiezas más que con otro sistema. El envenenamiento del piso superior también debe programarse en el tiempo para dejar que entre la luz en el momento de plantar pero no antes, aunque se reconoce que no es ésta una posibilidad exacta.
11. Los árboles que surgen entre las líneas, a menos que sean de mayor valor que las especies plantadas, deben cortarse o envenenarse tan pronto como amenacen a las plantas, o sea, antes de que les den sombra. La mayor amenaza es la de los géneros Misanga, Trema y Macaranga. Análogamente, las trepadoras que forman arcos suspendidos procedentes del rebrote del matorral situado junto a las líneas, deben cortarse con energía antes de que den sombra a las plantas, sirvan de escalera para otras trepadoras u obstruyan el acceso rápido a lo largo de las líneas.
12. Las claras siguiendo las líneas consisten en seleccionar los troncos de superior forma y altura. (A menos que sea muy grande la disparidad en cuanto a tamaño, la forma y la altura deben considerarse como más importantes que el simple diámetro.) La primera clara se realizará generalmente a los tres o cuatro años, en cuyo momento los árboles deben estar bastante más altos que el matorral y el rebrote de las trepadoras. Probablemente requerirá una selección del 50% aproximadamente de la repoblación.

Los cinco principios anteriores y las siete directrices técnicas deben considerarse muy seriamente. La plantación en líneas ha fallado con mucha frecuencia y tiene una mala reputación entre los forestales tropicales de lengua inglesa, por haber burlado alguno de los principios anteriores. Si se sigue todo lo anterior para una especie elegida cuidadosamente, la técnica tiene una probabilidad muy alta de éxito en las condiciones forestales tropicales.

ORIENTACIONES PARA EL DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO
DE CARRETERAS DE PLANTACION

L.R. Letourneau
Programa para el desarrollo
de las industrias de pasta y papel
FAO, Roma

PLANIFICACION

El objeto y finalidad de establecer un sistema de carreteras de plantación es proporcionar una red de carreteras que sea suficiente para poder realizar la plantación y los cuidados culturales de la misma en forma oportuna y con el menor costo general posible de la plantación, proporcionando al mismo tiempo un acceso rápido para fines de protección y una red adecuada de carreteras para la extracción en su día del producto final.

No hay normas estrictas y fijas para planificar redes de carreteras en las áreas que se van a repoblar. Cualquier plan debe tener en cuenta tanto las necesidades inmediatas de carreteras como las futuras. Como al principio será necesario el acceso para la operación de plantación, el planificador debe considerar los ritmos de plantación que pueden lograrse con distintas densidades y espaciamientos de carreteras. Estos no son fáciles de determinar sin contar con datos seguros sobre la productividad de las brigadas de plantación, las capacidades de los vehículos de campotraviesa y los costos de construcción de las carreteras, pero el plan de carreteras debe pretender alcanzar un equilibrio entre el ritmo de plantación, tal como venga afectado por las distancias de transporte, y el costo de construcción de las carreteras.

La necesidad de un acceso rápido, en caso de incendio u otras emergencias, debe tenerse en cuenta en el plan de carreteras. En particular, cada cuartel principal de plantación debe ser accesible por más de una carretera transitable en todo tiempo de tal modo que el acceso de las brigadas de extinción de incendios y de los equipos sean posible incluso si una de las carreteras principales estuviese bloqueada o no se pudiese pasar por ella por otra causa.

Al planificar la red de carreteras el planificador debe tener en cuenta también el uso último para la producción del bosque. Como en la mayoría de los casos el bosque que se está estableciendo habrá que aprovecharlo, debe tenerse cuidado en asegurar que la localización de las carreteras principales a construir para la plantación sea conveniente para atender a los futuros métodos de aprovechamiento forestal. No siempre es posible conocer por anticipado el sistema de explotación forestal que se utilizará dentro de diez años o incluso de veinticinco, pero el planificador debe utilizar los mejores datos existentes sobre métodos de explotación forestal para que le ayuden a tomar sus decisiones.

Aunque debe planificarse la red completa de carreteras antes de comenzar el establecimiento de la plantación, los costos pueden reducirse al mínimo postergando la construcción hasta que las carreteras se necesiten realmente. Debe recordarse que los costos de carreteras constituyen una parte importante de los costos totales de plantación. Por ello, las carreteras para plantar y para realizar los trabajos culturales sólo se construyen cuando se necesitan y sólo con las longitudes y calidades necesarias para estas operaciones. Durante la fase de establecimiento no es necesario que las carreteras se construyan con las

normas que se exigen para las de explotación, con unas altas capacidades de resistencia a las cargas, ya que un gasto innecesario se arrastraría durante toda la duración del turno, elevándose así el costo total. Sin embargo, la red básica estará lista para poderla actualizar y ampliar para las operaciones posteriores de aprovechamiento.

En zonas que se conviertan de bosque natural en plantaciones es de la máxima importancia la planificación de la red de carreteras antes del aprovechamiento principal, así como su localización física y construcción, porque, a menos que se exijan condiciones extraordinariamente estrictas y requisitos adicionales para las carreteras, esta red está amortizada por los aprovechamientos y no representará una carga financiera para el establecimiento de la plantación.

PLANOS DE CARRETERAS

Los trazados de las carreteras deben indicarse sobre mapas a escala adecuada; los planos con curvas de nivel son los más adecuados para este fin. Los planos a escala 1:25 000 sirven bien para plantaciones de tamaño moderado del orden de 25 000 hectáreas, porque pueden colgarse de la pared para verlos con facilidad y no son demasiado pequeños para mostrar el detalle necesario de una planificación general. Este plano director debe mostrar todas las carreteras existentes y las propuestas, las características físicas naturales importantes, tales como los cursos de agua, las montañas y otros detalles principales como los cuarteles de plantación, los cortafuegos, las torres de observación contra incendios, viveros y edificaciones.

Los planos que presentan las carreteras de las zonas anuales de plantación o los cuarteles de plantación, deben ser de mayor escala que la del plano director y deben contener todos los datos pertinentes con un detalle mayor y más ajustado. La escala 1:5 000 da un buen detalle y es compatible con la escala 1:25 000 del plano director.

Para carreteras en las que se necesita un mayor detalle (por ejemplo, para la reconstrucción de edificios o para trabajos culturales), los planos de carreteras y los de construcción deben tener una escala máxima de 1:1 000. Cuando sea necesario, deben representarse los perfiles de las carreteras utilizando una relación entre la escala vertical y la horizontal de 10:1 o de 20:1, de acuerdo con lo que imponga el terreno.

SISTEMA DE INDICACIONES DE LAS CARRETERAS

Una parte esencial de cualquier programa de plantación forestal es el sistema de indicación o numeración de las carreteras, con un plano adjunto. Las carreteras deben numerarse de tal modo que el personal directivo y las otras personas puedan dirigirse fácilmente a cualquier parte de la plantación. El sistema debe ser sistemático y tener en cuenta las diversas clases de carreteras y las principales áreas a las que sirven. Como las carreteras no terminan con frecuencia dentro de la zona de plantación anual, es difícil el poder designarlas por años; sin embargo, un sistema numérico sencillo es fácil de formular y es eficaz.

CLASES DE CARRETERAS

A continuación se da un sistema de clasificación de carreteras, diseñado para atender a las necesidades de la plantación, a la extinción de incendios y a una supervisión eficaz. Estas clases se consideran adecuadas para el establecimiento de una plantación en una gran superficie continua; sin embargo, a medida que se vaya ganando experiencia, el planificador no debe dudar en ajustar el sistema para poder atender de una forma más adecuada las necesidades de la plantación o a lograr menores costos. La red básica, cuando esté adecuadamente trazada, ajustándose al terreno, servirá también para la función de aprovechamiento.

Clases

1 Carretera principal

Constituye el acceso principal desde el sistema de autopistas o carreteras públicas a la zona de la oficina principal y a las áreas extremas de la plantación. Proporciona una circulación rápida en todo tiempo.

2 Carreteras secundarias

Este sistema secundario de carreteras se diseña para llevar el tráfico desde la carretera principal a las zonas de plantación en cualquier tiempo y con velocidades moderadas. Las carreteras secundarias constituyen el principal sistema de acceso dentro de cada superficie anual de plantación.

3 Ramales

Son carreteras básicas de servicio diseñadas para el transporte de las brigadas de plantación y cuidados culturales hasta los sitios de trabajo a velocidades generalmente reducidas, en vehículos de doble tracción. No son para todo tiempo, con la excepción de algunas partes de los ramales más largos que se pavimentarán a fin de que el extremo de cualquier ramal no esté a mayor distancia de 1,5 km, aproximadamente, de una carretera pavimentada, medida siguiendo el ramal.

4 Pistas de plantación

Estas pistas, sencillas, explanadas con topadoras y niveladas, son las más numerosas de todas las clases de carreteras, sirviendo para las necesidades básicas de la plantación y de los cuidados culturales. Son adecuadas para maquinaria de doble tracción y llevan el número mínimo de alcantarillas y puentes.

Las carreteras de las clases 1, 2 y 3 se trazan y se estaquillan sobre el terreno antes de los aprovechamientos y de la limpieza del suelo. Las carreteras de la clase 4 se trazan después de haber terminado la limpieza y la quema; sin embargo, el trazado antes de la limpieza, si es posible, resulta ventajoso. Las carreteras de las clases 2, 3 y 4 se construyen en las proporciones de 1:2:4 o lo más próximo posible a ellas.

DENSIDAD Y ESPACIAMIENTO DE LAS CARRETERAS

La densidad necesaria de la red de carreteras variará bastante de una plantación a otra, pero una cifra de 2,5 km de carretera por km² de superficie total de plantación es una estimación razonable de las necesidades medias de muchas plantaciones. Con esta densidad, y con las proporciones de 1:2:4, el número necesario de kilómetros de carreteras de las clases 2, 3 y 4 será:

<u>Clase de carretera</u>	<u>km de carretera por km² de superficie total de plantación</u>
2 secundaria	0,35
3 ramal	0,71
4 pista de plantación	<u>1,44</u>
Total	<u>2,50</u>

Las carreteras principales pueden incluirse en las distancias totales anteriores cuando todas las secciones pueden utilizarse para el trabajo de plantación.

Con esta densidad, el espaciamiento medio entre las carreteras sería de 400 m. A falta de una información precisa sobre las capacidades de los equipos de plantación, ésta es una estimación razonable del espaciamiento de las pistas de plantación sobre la cual puede formularse la planificación inicial. El espaciamiento posterior de las pistas de plantación deberá basarse en aquella distancia con la cual un equipo de plantación puede alcanzar el óptimo número promedio diario de árboles plantados. Por ello, a medida que se gane experiencia y se mejore la eficacia, el espaciamiento necesario y la longitud total de las pistas de plantación pueden cambiar. Este espaciamiento variará también, en cierta medida, debido al terreno.

La localización de las carreteras secundarias y de los ramales vendrá impuesta, con frecuencia, por las limitaciones topográficas pero en general, se ajustará a la densidad anteriormente anotada.

NORMAS PARA LAS CARRETERAS

Las normas deben aplicarse de acuerdo con las condiciones existentes, de carácter topográfico, en cuanto a suelos y en cuanto al clima, o de acuerdo con la forma en que éstas influyan en los costos de construcción de la carretera y en el ritmo de construcción. En otras palabras, aunque se establezcan normas a las que deba ajustarse el ingeniero encargado de su trazado, éste deberá modificarlas para adaptarse a las condiciones que encuentre, recordando que las normas aplicadas, más o menos exigentes, no deben tener efecto importante sobre la posibilidad de utilizar la carretera. En otras palabras, deberá recordar que las carreteras se construyen para lograr el menor costo posible de la plantación en el momento de su madurez.

En el Cuadro A1 se detallan las normas para las cuatro clases de carreteras en dos clases de terrenos. Las notas siguientes se refieren a las normas del cuadro y su aplicación.

Anchura de la zona de ocupación

Esta anchura representa la cantidad de terreno que se reserva para la carretera. Es la anchura total que debe aclararse y en la cual no se plantarán árboles. Esta distancia adicional, superior a la de los trabajos reales de la carretera, facilita un secado más rápido de ésta después de la lluvia, permite su ensanche futuro y mejora la visibilidad.

Formación de la explanación

Debe darse una holgura amplia para la densidad de tráfico que se proyecta y para permitir el drenaje de la zona de circulación. En terrenos montañosos donde las pendientes son fuertes, la caja de la carretera debe estar totalmente excavada a media ladera (no en terraplén). Todos los terraplenes deben compactarse.

Taludes en desmante

Los taludes de los desmontes variarán con la topografía pero como norma general deben tener una pendiente de 1:2 o inferior.

Apartaderos

Los apartaderos no es necesario que estén a distancias iguales, pero deben situarse de tal modo que se utilicen con la mayor facilidad para permitir el cruce de vehículos y evitar accidentes. Los apartaderos se utilizarán también como lugares de estacionamiento para los vehículos que transporten cuadrillas de trabajadores y materiales.

Partida ^{2/}	Terreno plano, suavemente ondulado u ondulado				Terreno montañoso			
	Principal	Secundaria	Ramal	Pista de plantación	Principal	Secundaria	Ramal	Pista de plantación
Anchura de ocupación	20	15	12	5	20	15	12	5
Anchura de la explanación	5	4	3,5	3,5	5	3,5	3,5	3,5
Anchura de la cuneta	1	0,6	0,6	mínima	1	0,6	0,6	mínima
Firme (a) anchura	3,5	3,0	2,5	-	3,5	2,5	2,5	-
(b) espesor (cm)	10 (min)	10 (min)	10	-	10 (min)	10 (min)	10	-
Pendientes (%) ^{3/}								
(a) máxima de subida	6	8	10	15	6	8	10	15
(b) máxima de bajada	8	10	10	15	8	10	10	15
Curvatura, radio mínimo	120	60	30	-	85	60	30	-
Apartaderos (a) por km (No)	6	5	3	3	6	5	3	3
(b) anchura x longitud	4 x 15	4 x 12	4 x 12	4 x 12	4 x 15	4 x 12	4 x 12	4 x 12
Tipo de alcantarilla	Hormigón	Madera	Madera	Madera ^{4/}	Hormigón	Madera	Madera	Madera
Tipo de puente (Madera)	Estribo y/o apoyo, largueros de madera en rollo, tablero de madera aserrado	Estribo y/o apoyo, largueros de madera en rollo, cubiertos con tierra	Como en la secundaria	Como en la secundaria si es necesario	Estribo y/o apoyo, largueros de madera en rollo, tablero de madera aserrada	Estribo y/o apoyo largueros de madera, cubiertos con tierra	Como en la secundaria	Como en la secundaria si es necesario

1/ Proyectada originalmente para un programa de plantación de 1.300 a 2.000 ha por año.

2/ Todas las cifras corresponden a metros, a menos que se indique de otro modo.

3/ Las pendientes de subida y bajada no son aplicables durante la fase de establecimiento, aunque debe darse la debida atención a estas pendientes para evitar la reconstrucción en la fase de aprovechamiento.

4/ Se admiten trozas huecas.

En terreno llano los espaciamientos pueden ser equidistantes, pero en terreno montañoso los apartaderos deben situarse, ya sea en el extremo de las curvas más cerradas o, en el caso de una carretera que va siguiendo en forma sinuosa una colina escarpada, el apartadero puede situarse en la parte exterior de la curva, en el extremo de la colina, a fin de aprovechar la zona de terraplén y para garantizar también una buena visibilidad. Las zanjas de préstamos deben utilizarse como apartaderos, siempre que sea posible.

En aquellas carreteras que lleven firme revestido, éste debe extenderse con las mismas normas a los apartaderos.

Afirmado

El material para el afirmado debe ser o de roca dura machacada o bien de laterita de la mejor calidad, con abundantes concreciones ferrosas u otras materiales adecuados aprobados por el supervisor de la construcción.

Los espesores del firme, tal como se establece en el cuadro de normas, corresponden a espesores compactados y son los que se consideran adecuados para el tráfico en la fase de establecimiento. Sin embargo, éstas no deben interpretarse como normas rígidas, sino que podrán variarse de acuerdo con lo que determine el ingeniero supervisor, a medida que se gane experiencia sobre construcción en la zona.

Tanto en las carreteras principales como en las secundarias las anchuras de las superficies de rodadura deben ser amplias para el tipo de vehículos que se espera utilicen la carretera, como por ejemplo los camiones de transporte del material de plantación, de los fertilizantes y las brigadas de trabajadores, normalmente sin cargas muy pesadas ni de un tamaño extraordinariamente grande. Gran parte del tráfico será del tipo que corresponde a los vehículos de doble tracción. Sin embargo, la anchura del firme de la carretera se ensanchará gradualmente por el desplazamiento del material desde el centro a los paseos; esto será ocasionado por los vehículos al circular, que despiden el material, y por las niveladoras de mantenimiento de la carretera que esparcirán pequeñas cantidades del material al hacer sus pasadas. Con el tiempo, para carreteras de trazado amplio, el cruce de vehículos será posible sin utilizar los apartaderos. Análogamente, se irá produciendo un peraltado en las curvas debido al rápido movimiento de los vehículos. Debe dotarse a la carretera de un bombeo adecuado para garantizar un drenaje conveniente.

Las carreteras de ramales no necesitan pavimentarse en toda su longitud. Normalmente es suficiente pavimentar sólo algunos tramos con el criterio de que el extremo de cualquier ramal no esté más lejos de 1,5 km de una carretera pavimentada, medida esta longitud a lo largo del ramal. Las estimaciones realizadas indican con frecuencia que sólo un 20% aproximadamente de la longitud total de los ramales necesarios serán pavimentados.

Debe señalarse que en algunas regiones que carecen de materiales para el firme, con frecuencia el costo de afirmado es la parte principal de los costos totales de construcción de carreteras.

Curvatura y velocidades de circulación

Los radios mínimos de curvatura se han establecido de tal modo que puedan mantenerse las velocidades mínimas de circulación en las carreteras de las clases 1, 2 y 3. Estableciendo estas normas como mínimas, puede esperarse que la mayoría de los radios serán mayores, permitiendo así mayores velocidades, manteniéndose con ello unas velocidades medias mínimas en mayores distancias.

Se han utilizado unas velocidades medias de circulación de 65, 50 y 35 km por hora para las carreteras principales, secundarias y ramales respectivamente, criterios que permitirán una circulación razonable de las brigadas y trabajo y unas buenas velocidades de circulación para las brigadas de extinción de incendios, no olvidando los costos adicionales de las carreteras que vendrían a añadirse si se hacen curvas con radios mucho mayores. Estas velocidades pueden ser ligeramente inferiores en terrenos montañosos, para los cuales se han disminuido los radios mínimos, como se indica en el cuadro de normas.

Pendientes

Las normas sobre pendientes de las carreteras han sido establecidas teniendo en cuenta el efecto de erosión, procurando reducir al mínimo los costos de mantenimiento y para asegurar un tiempo efectivo de circulación. Deben evitarse las pendientes sostenidas en largos tramos, estableciendo para ello cambios de pendiente en el perfil longitudinal.

Drenaje

Como es imposible analizar la cantidad de lluvia que puede recibir cualquier área determinada de plantación, será suficiente señalar algunos factores que deben tener en cuenta los directores de plantación al tratar de dar un drenaje adecuado a la carretera.

Las zonas con una precipitación anual elevada necesitarán un sistema mejor de drenaje que las zonas secas; sin embargo, debe recordarse que en algunas regiones, aunque las lluvias anuales puedan considerarse como moderadas (por ejemplo, 2.000 mm por año), una gran parte de esta lluvia puede tener lugar en un período corto de tiempo, con lo cual el sistema de drenaje debe orientarse para atender el gran volumen periódico.

Las fuerzas ejercidas por grandes volúmenes de agua, recogidas y desviadas por un sistema de carreteras, pueden ocasionar graves daños a las carreteras y una erosión considerable. Estos efectos pueden evitarse mediante un adecuado sistema de cunetas y la canalización del agua hacia puntos en que pueda hacer menos daño.

En terreno llano, deben construirse cunetas a ambos lados de la carretera con drenaje y salida transversal, mientras que en terrenos montañosos deben hacerse cunetas en la parte superior. En terrenos ondulados deben colocarse alcantarillas en las partes inferiores de los terraplenes.

En toda clase de terrenos las carreteras deben construirse cruzando los cursos de agua de tal manera que no impidan la circulación natural del agua. Esto puede efectuarse mediante el uso de alcantarillas o puentes del tamaño adecuado. Las alcantarillas deben proyectarse de tal modo que se eviten los encharcamientos. No debe dejarse que el agua corra (y capte más agua) durante largas distancias por las cunetas en carreteras que vayan por laderas continuadas y largas; su circulación puede cortarse mediante barreras y darle salida mediante drenajes transversales adecuados en lugares convenientes. Las alcantarillas no deben colocarse de modo que desagüen en el terraplén a menos que se construyan obras especiales para proteger éste (por ejemplo, escolleras).

En carreteras con pendientes largas continuadas, donde el agua superficial viene obligada a juntarse y correr hacia abajo por la vía de circulación de la carretera, removiendo a su paso el material del firme y de la explanación, deben construirse drenajes superficiales abiertos para desviar esta concentración de agua y evitar el daño de la carretera.

En general, los puentes pueden ser de construcción sencilla y si se construyen con las maderas de más duración, deben servir por lo menos durante un período de un turno corto. Son corrientes dos tipos de puentes: uno que lleva tablazones de madera en la parte de circulación y otro que va cubierto con suelo y revestido. Ambos tipos utilizan largueros de madera en rollo que descansan en apoyos de madera o en soleras de tierra.

Secciones transversales

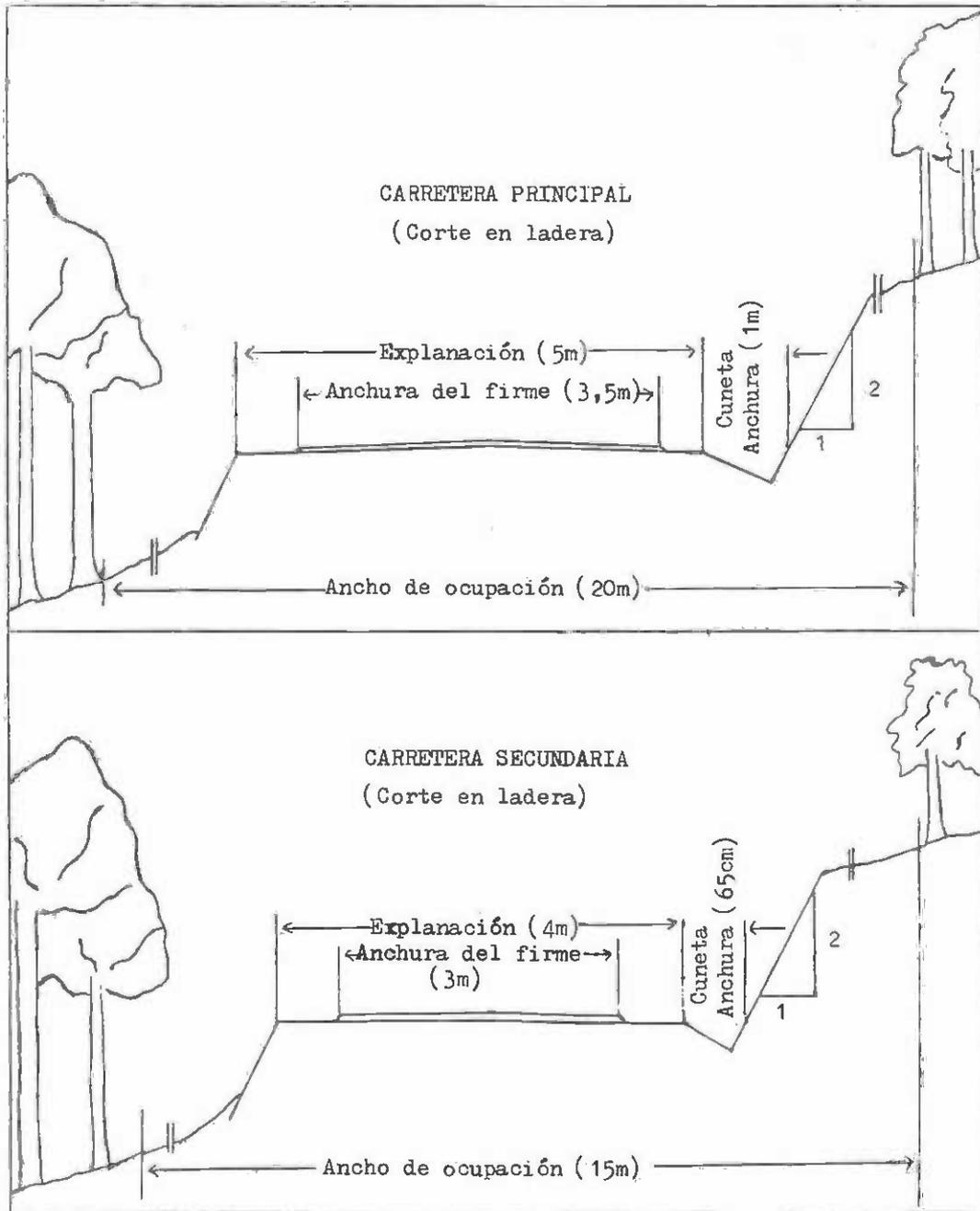
En la Figura B1 se muestran secciones transversales características de las carreteras principales y secundarias.

Mantenimiento

El mantenimiento debe ser un procedimiento continuo una vez que se ha comenzado el sistema de carreteras. Este puede efectuarse mediante la utilización de maquinaria de mantenimiento (por ejemplo, niveladoras, tractores, cargadores frontales, camiones basculantes) que pueden (preferiblemente) pertenecer al proyecto y funcionar mediante una brigada de mantenimiento. Los trabajadores de la brigada de mantenimiento deben también limpiar las alcantarillas y las cunetas, y limpiar el matorral de las proximidades de las cunetas y de los vértices agudos, sobre la base de la regularidad del trabajo.

Figura B1

SECCIONES TRANSVERSALES DE LAS CARRETERAS TÍPICAS DE PLANTACION



BIBLIOGRAFIA

- British Forestry Commission. Forests road planning. Her Majesty's Stationery Office,
1976 Londres. Forestry Commission Booklet No. 43.
- Bybaek, P.O. Forest roads. Forestry College Project, Kepong (Peninsular Malaysia).
1976 Kuala Lumpur. FAO. FO:SF/MAL/71/531.
- McNally, J. Logging and log transport in man-made forests in developing countries.
1974 Roma, FAO. FAO/SWE/TF 116. p. 134.

ESQUEMA DEL EQUIPO Y MATERIALES PARA UN PROYECTO DE REPOBLACION FORESTAL

OPERACION	EQUIPO	MATERIAL
Aclareo del terreno	Equipo topográfico Tractores de orugas Cadenas de anclaje Hoja topadora Empujador de árboles Rastrillo frontal Arado de raíces	Herbicidas Carburante y aceite Herramientas manuales Fotografías aéreas
Preparación del terreno	Tractores 50-100 hp Arados de discos Hoja topadora angular	Herbicidas Carburante y aceite Herramientas manuales
Vivero	Tractor de ruedas Remolque Dispositivo cargador Dispositivo cargador Equipo de aspersión Mezclador de suelo Herramientas manuales: palas, horquillas, azadones Equipo pulverizador	Fertilizantes Macetas Medios para la colocación en macetas Insecticidas Fungicidas Herbicidas Carburante y aceite Herramientas manuales
Plantación	Tractores de 50-100 hp Remolque	Fertilizantes Estacas para cercas Alambre para cercas Herramientas manuales: palas, zapapicos Carburante y aceite Contenedores para el transporte de árboles
Mantenimiento y protección	Tractor, 50-100 hp Cultivadoras para labrar el suelo Sierras de podar Torres contra incendios Máquinas contra incendios Bombas de agua y mangueras	Fertilizantes Herbicidas Carburante y aceite Insecticidas Herramientas manuales
Construcción de carreteras	Topadoras Camiones basculantes Niveladoras Excavadoras Rodillos con ruedas de goma	Alcantarillas Carburante y aceite Balasto y grava para carreteras Materiales para puentes Cemento, Gelignita

PLANIFICACION DE LA RECOLECCION Y MANIPULACION DE SEMILLAS ^{1/}
(Ejemplo)

I. Datos básicos

A. DEMANDA DE SEMILLAS

1. Especie	<u>Eucalyptus camaldulensis</u>
2. Plantas por ha	
a) Número de plantas	1 110 (3 x 3 m)
b) Reposiciones adicionales en el campo, 20%	<u>222</u>
c) Necesidades totales - plantas aptas para la plantación	1 322
d) Pérdidas y desechos adicionales de vivero, 15% ^{2/}	<u>235</u>
e) Necesidades totales - semillas germinadas	1 567
Cifra redondeada	= 1 600
3. Número estimado de semillas germinadas por kg de de semilla sin limpiar	400 000
4. Kilos necesarios de semilla sin limpiar por ha de plantación	0,004 kg (c. 250 ha por kg)
5. Superficie anual de plantación	250 ha
6. Necesidades anuales de semilla	1,0 kg

B. ABASTECIMIENTO DE SEMILLAS

7. Fuentes para la obtención de la semilla	Rodales locales productores de semillas
8. Recolección de semillas, rendimiento esperado por ha	5 kg por ha
9. Superficie mínima necesaria de rodales productores de semilla	0,2 ha
10. Superficie disponible de rodales productores de semilla	1,5 ha

^{1/} del "Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling", Vol. II. Roma, FAO. FOR:TF - RAS 11 (DEN), 453 p. (1975)

^{2/} Las pérdidas y desechos representan el 15% de las semillas germinadas. Esto equivale aproximadamente al 18% de las plantas que sobreviven, aptas para la plantación.

- | | |
|---|--|
| 11. Recolección de semillas, periodicidad | Annual, de confianza a partir de rodales de más de 10 años |
| 12. Estación de recolección | Comienzo de la estación seca, junio-julio |
| 13. Problemas especiales de la recolección | Ninguno |
| 14. Rendimiento de la recolección de semilla | Equivalente a 100-200 gr. de semilla sin limpiar por hombre y día |
| 15. Duración del período para la extracción de la semilla | 10-15 días (secado solar) |
| 16. Problemas especiales de extracción y limpieza | No es posible separar la envoltura de la semilla. Por ello se siembran juntas la semilla y su envoltura. |

C. ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA

- | | |
|---|--|
| 17. Estación normal de siembra | Al final de la estación seca, septiembre-octubre |
| 18. Duración del período entre la recolección y la siembra | |
| a) si se siembra en el mismo año | 3-4 meses |
| b) si se almacena durante más de un año | No procede |
| 19. Capacidad necesaria de almacenamiento | |
| a) espacio neto para las semillas con una densidad de 0,5 equivalente a 500 kg por m ³ | 0,002 m ³ (una vasija de 2 litros de capacidad) |
| 20. Problemas especiales de almacenamiento | Ninguno |

D. TRATAMIENTO PREVIO, ENSAYOS, SIEMBRA

- | | |
|--|--|
| 21. Problemas especiales de tratamiento previo | Ninguno |
| 22. Problemas especiales de los ensayos | Es difícil separar la envoltura de la semilla. No es posible la identificación de las especies a partir de las semillas. |
| 23. Problemas especiales de la siembra y de la manipulación de las eras de siembra | Por ser muy pequeña la semilla, tiene que sembrarse con arena. |

II. Estimación de necesidades

A. RECOLECCION

1. Métodos recomendados
Trepando
2. Equipo/transporte, recomendados
Cinturones y riendas de seguridad, botas y soportes.
Uso temporal de land rover.
3. Personal directivo/mano de obra recomendados
5 - 10 días/hombre y un supervisor
4. Notas
Los trepadores deben estar asegurados. Debe estar aseguradas la protección y la ordenación del rodal productor de semilla, ya que los rodales normales, cortados a base de un turno de 6 años en monte bajo, llevan muy poca semilla viable.

B. EXTRACCION Y LIMPIEZA

1. Métodos recomendados
Después de secar al aire, hay que sacudir fuertemente las cápsulas y cribarlas a mano.
2. Equipo recomendado
1) Lona alquitranada
2) Cribas
3. Personal directivo y mano de obra recomendados
Un guarda forestal y dos obreros
4. Notas
No es necesario limpiar ya que la semilla se siembra junto con la envoltura.

C. ALMACENAMIENTO

1. Métodos recomendados
Almacenar en una habitación fría y bien ventilada en bidones, vasijas o sacos de algodón
2. Equipo recomendado
Bidones, vasijas, sacos de algodón
3. Personal directivo y mano de obra recomendados
No se necesita personal especial. El personal recomendado para "Extracción y Limpieza" hará también este trabajo

4. Notas

El almacenamiento de la semilla no es problema ya que el período de almacenamiento es sólo de dos o tres meses en la estación seca, cuando la humedad atmosférica es reducida. La temperatura, en una habitación bien ventilada, debe estar como media entre 25 y 30°C durante el período de almacenamiento. Unas cosechas anuales regulares de semilla y el hecho de que la zona de bosque productor de semilla sea capaz de producir, en un año normal, por lo menos siete veces las necesidades anuales de semilla, excluye la necesidad de guardar provisiones de un año para el siguiente.

D. TRATAMIENTO PREVIO

No se necesita ninguno.

ANÁLISIS RETICULAR ^{1/}

A.I. Fraser
Consultor Científico Forestal
Penicuik, Midlothian, Reino Unido

Un proyecto de repoblación forestal se compone de un gran número de actividades que se distribuyen en una región extensa de tierras e incluye un gran número de personas. Debido a la influencia de los factores estacionales, muchas de las actividades que deben realizarse para completar el proyecto, dependen en gran medida de su correcta programación en el tiempo.

Si se dispusiera de tiempo y dinero ilimitados, no existiría problema ya que el trabajo no realizado en una estación podría posponerse hasta la próxima y las actividades que dependen de la ultimación de otras tareas podrían retrasarse hasta que las primeras estuvieran terminadas. En la práctica, existen unos límites rigurosos de tiempo y dinero y el director del proyecto se encuentra con el problema complicado de programar y controlar todas las actividades de tal modo que el programa total de trabajo, necesario para completar el proyecto, se realice dentro de los límites de tiempo y de dinero que se hayan establecido.

Este problema es común a los directores de todas las empresas comerciales, por lo cual en años recientes se han desarrollado numerosas técnicas y su utilización se ha extendido para afrontar tales problemas de programación. Una de las mejores técnicas para controlar y programar operaciones complicadas es el análisis reticular, que trata de lograr el comportamiento óptimo de un sistema completo, tal como un programa anual de plantación o todas las operaciones involucradas en la repoblación forestal de una zona determinada de tierras. No se refiere a la tarea de obtener el valor óptimo del esfuerzo físico que representa la ejecución de cada una de las actividades que componen el sistema completo. Esto último es materia de un estudio del trabajo, que atiende a las tareas individuales, por ejemplo, las mejores herramientas o métodos para plantar un árbol.

La oportunidad de ahorrar tiempo y dinero en proyectos en gran escala, logrando la optimización de la secuencia lógica de los acontecimientos, suele ser muy grande. Cuando las operaciones se convierten más o menos en rutinarias, hay una tendencia a pensar que existen pocas oportunidades para lograr nuevas mejoras, pero es sorprendente con qué frecuencia es posible recuperar tiempo después de un retraso inesperado. Esto indica que muchas operaciones podrían acelerarse, o cambiando la secuencia con que se realizan, lo que hace posible mejorar el comportamiento total del sistema.

Con tareas complicadas, como por ejemplo un proyecto grande de repoblación forestal, es demasiado pretender que puedan completarse tales tareas a tiempo sin una vigilancia constante sobre el progreso de cada una de las actividades componentes. Esta vigilancia del progreso es virtualmente imposible sin una cierta técnica que permita al director condensar todo el proyecto en una forma sencilla y representar gráficamente las partes componentes, de tal modo que todas las interrelaciones puedan contemplarse de un vistazo.

El análisis reticular (a veces citado como una técnica de evaluación y análisis de programas, PERT) es una forma gráfica de representar todas las partes componentes y las interrelaciones de una operación complicada, en forma algo similar a la partitura de un director de orquesta.

La base del análisis reticular es la representación de las actividades componentes y de los acontecimientos importantes, tales como el comienzo y la ultimación de cada actividad, en forma gráfica y en la secuencia lógica en que deben tener lugar. La forma convencional

^{1/} Del "Manual para la planificación de bosques artificiales". FAO, Roma. Documento de Trabajo FO:MISC/73/22. 1973. 129 p.

utilizada en la mayoría de las retículas es representar los acontecimientos como círculos, unidos mediante flechas que representan la actividad, tal como aparece en la figura siguiente:



Figura 1

La representación lógica de una operación completa exige que el tiempo vaya en una dirección de tal modo que las primeras actividades se representen a la izquierda, y las últimas se pongan a la derecha. A medida que se incorpora cada una de las actividades, se va construyendo una retícula que muestra de izquierda a derecha la secuencia con que deben realizarse. Para determinar la posición de cualquier actividad dentro de la red sólo es necesario determinar qué actividades deben precederla, y cuáles pueden desarrollarse simultáneamente. Algunas operaciones pueden realizarse simultáneamente con otras, pero no pueden terminar antes que ellas, de modo que es especialmente importante determinar qué actividades controlan el comienzo y el final.

Como ejemplo sencillo de la construcción y utilización de una retícula, consideremos las actividades incluídas en la plantación de una superficie de tierra aclarada. Las principales actividades incluídas son:

<u>Actividad</u>	<u>Tiempo relativo</u>
A. Marcación de los puntos de marcación	8
B. Ahoyado de los puntos de plantación	16
C. Alzado de las plantas en el vivero	4
D. Transporte de las plantas a la estación	1
E. Traslado de las partidas de plantas desde el transporte a los hoyos	1
F. Colocación de las plantas en los hoyos	1
G. Rellenado de los hoyos	4
H. Aplicación de fertilizantes	4

Las actividades A, B y C pueden comenzar todas al mismo tiempo, pero la A debe terminar antes que la B. La D no puede comenzar hasta que se ha terminado la C, y la E no puede comenzar hasta que se ha terminado la D. La F no puede comenzar hasta que se hayan completado la B y la E, mientras que la G y la H no pueden comenzar hasta haber terminado la F. La G y la H deben comenzar juntas, pero la H no puede terminar antes que la G. Por lo tanto, las relaciones entre estas actividades pueden representarse en la forma siguiente:

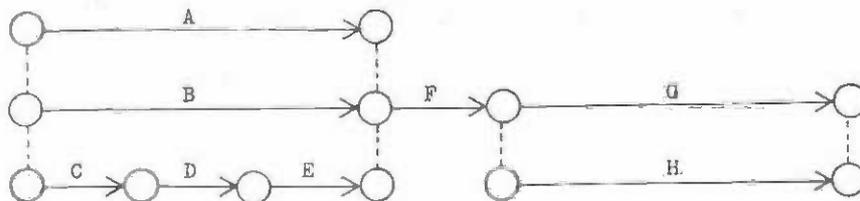


Figura 2

Tal gráfico lineal de las actividades permite realizar comprobaciones sobre la secuencia lógica de las actividades a realizar, pudiendo eliminarse errores tales como aquellas situaciones en que se invierte la secuencia en un circuito cerrado o cuando las actividades se quedan colgadas en un circuito abierto. Las dos reglas básicas que se deben seguir son:

- 1) Todos los acontecimientos, excepto el primero y el último, deben tener por lo menos una actividad de entrada y otra de salida.
- 2) Todas las actividades deben comenzar y terminar con un acontecimiento.

Habiendo elaborado la secuencia lógica en la forma anterior, la próxima etapa es añadir una escala de tiempos a fin de determinar el comportamiento general de la red y la operación. La determinación del tiempo necesario para cada actividad no siempre es sencilla. Las estimaciones más seguras se obtienen, ya sea a partir de registros de datos anteriores o mediante estudios de trabajos, pero a falta de éstos es necesario hacer una estimación del tiempo. Si es posible, deben hacerse las estimaciones siguientes:

o - el tiempo más optimista

l - el tiempo más probable

p - el tiempo más pesimista

y éstas deben ponderarse de tal modo que el tiempo medio se calcule mediante la fórmula siguiente:

$$\frac{o + 4(l) + p}{6}$$

En todo lo posible, estas estimaciones deben basarse en cálculos de tiempos necesarios, teniendo en cuenta la cantidad de trabajo físico involucrado y la probabilidad de los factores externos que influyen en el trabajo, por ejemplo, condiciones meteorológicas, enfermedades y factores económicos. Cuando no se conoce la probabilidad de un factor externo, sólo es necesario estimar el tiempo más probable. De esta forma, la retícula puede volverse a dibujar con una escala de tiempos, registrando la duración de cada actividad como en el diagrama siguiente:

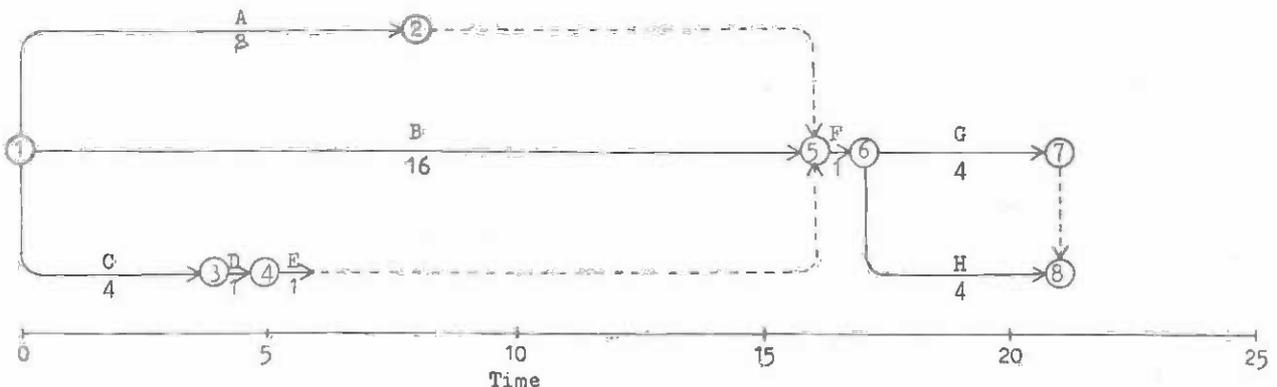


Figura 3

Es posible entonces analizar la red a fin de determinar:

- 1) El tiempo más pronto en que puede comenzar una actividad (TE) sin retrasar la terminación del proyecto;
- 2) El tiempo más tardío en que puede comenzar una actividad (TL) sin retrasar la terminación del proyecto;
- 3) El camino crítico, que es la secuencia de actividades que determina el tiempo mínimo en que puede completarse toda la operación, siendo el camino más largo a través de la red;
- 4) La cantidad de tiempo suelto en cada operación, que es la cantidad de tiempo de las partes de la red que no están en el camino crítico, para las cuales el comienzo y el final de las actividades pueden variar sin afectar al tiempo total de la operación.

<u>Actividad</u>	<u>TE</u>	<u>TL</u>	<u>Tiempo suelto</u>
A	0	8	8
B	0	0	0
C	0	10	10
D	4	14	10
E	5	15	10
F	16	16	0
G	17	17	0
H	17	17	0

El cuadro indica que en este ejemplo sencillo el camino crítico va a lo largo de las actividades B, F, G y H porque tienen un tiempo suelto igual a cero. Las dos últimas llevan cuatro días y comienzan el día 17 de modo que el tiempo mínimo para completar la operación es de 21 días. Hay bastante tiempo suelto disponible para levantar las plantas (C) y transportarlas (D y E). Si es deseable reducir al mínimo el tiempo entre sacarlas del vivero y plantarlas, en tal caso la extracción de las plantas del vivero no necesita comenzar hasta el último momento TL.

Cuanto menos tiempo suelto tenga una actividad más crítica se hace ésta. Siguiendo cualquier camino a través de la red, la importancia crítica de éste está en relación inversa con la cantidad de tiempo suelto, siendo el camino crítico el que necesita la máxima atención del director a fin de garantizar que no se retrase toda la operación.

Otra utilización importante del sistema reticular es para la fijación de fechas tope. Suponiendo que la plantación debe comenzarse o terminarse en una fecha determinada, a fin de evitar influencias estacionales, todas las actividades anteriores a la actividad crítica pueden situarse en el tiempo. De este modo, si en el ejemplo, la plantación, actividad F, no debe comenzarse antes, digamos, del 1 de abril y terminarse para el 16 de mayo, con los tiempos relativos dados en días, se procedería del modo siguiente: como el acontecimiento 5 representa el comienzo de la plantación y el acontecimiento 6 representa el final de la plantación, estas fechas pueden sustituirse por la más adelantada TE y la más retrasada TL, respectivamente, de los acontecimientos de la Figura 3, calculándose los otros de acuerdo con ello.

<u>Acontecimiento No.</u>	<u>Fecha más adelantada</u>	<u>Fecha más retrasada</u>
1	16 de marzo	29 de abril
2	24 de marzo	15 de mayo
3	20 de marzo	13 de mayo
4	21 de marzo	14 de mayo
5	<u>1 de abril</u>	15 de mayo
6	2 de abril	<u>16 de mayo</u>
7	6 de abril	20 de mayo
8	6 de abril	20 de mayo

De este modo, la fecha más adelantada en que pueden comenzar las operaciones a fin de que estén listas para plantar el 1 de abril es el 16 de marzo, y la fecha más retrasada para comenzar las operaciones a fin de haber completado la plantación el 16 de mayo es el 29 de abril.

Un uso decisivo del análisis reticular es para identificar aquellas actividades que pueden impedir el completar toda la operación en un período determinado previamente. Si toda la operación utilizada en el ejemplo anterior tuviera que completarse en 18 días, algunas actividades terminarían con un tiempo suelto negativo y sería imposible lograr la fecha tope establecida. En estas circunstancias sería necesario transferir recursos (hombres) de aquellas operaciones que tienen tiempo suelto a las que tienen tiempo negativo. Es fácil ver de este ejemplo sencillo que el ahoyado de los puntos de plantación tiene 3 días de paralización negativa cuando el tiempo total de la operación debe ser sólo de 18 días. El tiempo suelto en la extracción de plantas del vivero se reduce de 10 días a 7 días, pero hay todavía suficiente tiempo suelto para sugerir que la extracción de plantas del vivero podría llevar el doble de tiempo con la mitad del número de hombres, dejando de esta forma algunos para la operación de ahoyado. No siempre es tan directo como en este caso, debido a que podría suceder que se emplease un solo hombre en la extracción de plantas, pero el principio general de buscar las actividades con tiempo suelto, para los recursos sobrantes, puede ser una contribución útil para lograr la optimización de toda la operación. Si de esta forma se vuelven a asignar los recursos es necesario volver a hacer la red a fin de asegurar que se mantiene una línea lógica y para comprobar los cambios producidos en el camino crítico.

Una vez que se ha elaborado una red y comienzan las operaciones, no debe dejarse de lado, colocarla en un armario y olvidarla. Actualizándola continuamente y recurriendo a ella a medida que el trabajo avanza, es posible identificar por adelantado cuándo surgen nuevos caminos críticos y, en consecuencia, tomar medidas a tiempo para volver a asignar los recursos al objeto de mantenerse de acuerdo con el tiempo programado.

PREVISION DEL TRABAJO A PLAZO MEDIO ^{1/}

Operación	Unidad de medida	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Trabajo topográfico	ha					
Vivero	ha					
Plantas	(1000)					
Aclareo de la vegetación	ha					
Labor con arado	ha					
Plantación	ha					
Cerramientos	km					
Deshierbe	ha					
Fertilización	ha					
Poda baja y poda alta	(1000)					
Aclareo	ha					
Corta final	ha					
Construcción de carreteras	km					
Mantenimiento de carreteras	km					
Varios						

^{1/} Adaptado de Fraser, A.I. "Manual para la planificación de bosques artificiales", Roma, FAO. Documento de Trabajo FO: MISC/73/22, 129 p., 1973.

EJEMPLO DE DISTRIBUCION DE NECESIDADES MENSUALES DE TRABAJO ^{1/}

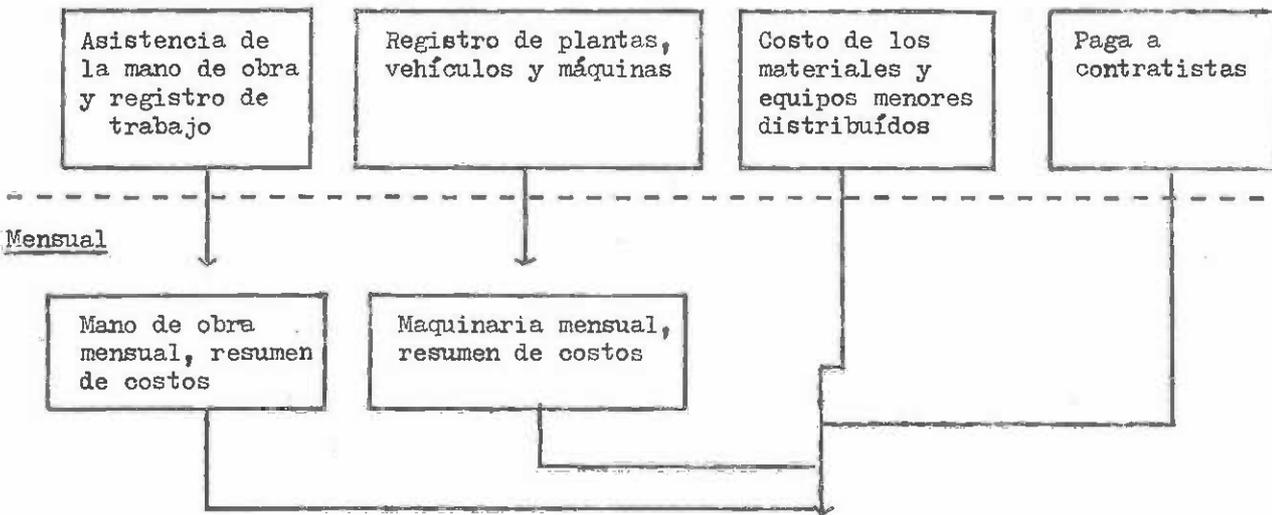
Operación	Producción días-hombre ha	Superficie ha	Total días-hombre necesarios por año	Cronograma ajustado de las operaciones y distribución de la mano de obra por días-hombre												
				J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Plantación	6,4	350	2 240	560	560										560	560
Reposición de marras	2,0	350	700	175	175										175	175
Laboreo en líneas																
año primero	10,00	350	3 500			613	612	613				612	613	612		
año segundo	10,0	350	7 000			875	875	875	875	875	875	875	875	875		
Primera poda	4,5	350	1 400						700	700						
Total días-hombre			14 840	735	735	1488	1487	1488	1575	1575	1487	1488	1487	735	735	
Distribución del total de mano de obra			52	31	31											

^{1/} de Kingston, B. "Final report: plantation management". Industrial Forestry Plantations. Turquía. Roma, FAO. Documento de Trabajo N° 29, FO:DP/TUR/71/521. 127 p. 1977.

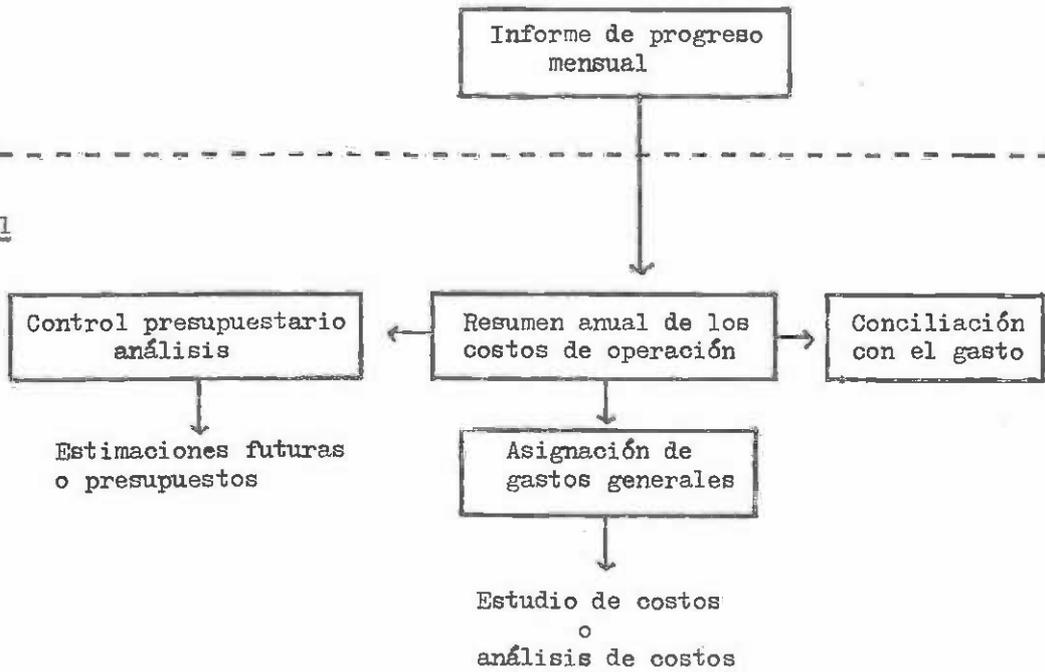
DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS REGISTROS DE COSTOS

Apéndice H

Diario



Anual



BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Al'benskii y Nikitin, P.D. (eds.). Handbook of afforestation and soil melioration. 1967
Translated from Russian in Jerusalem by Israel Programme for Scientific Translation. 516 p.
- Allan, T.G. y Endean, F. Manual of plantation techniques. Department instruction. 1966
Lusaka, Zambia, Forest Department.
- Allan, T.G. Handbook of plantation establishment techniques in the Nigerian savanna. 1977
Savanna Forestry Research Station, Nigeria. Project Working Document DP:NIR/73/007, FAO, Roma. 64 p.
- Balmer, W.E. y Williston, H.L. Guide for planting southern pines. Atlanta, USA. 1974
Southwestern Area State and Private Forestry. Forest Management Bulletin. 8 p.
- Binmore, A. An outline of problems arising in the replanting of clear-felled Eucalyptus stands in Zambia. Documento para el Séptimo Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires, 4 p.
- British Forestry Commission. Work study in forestry. Forestry Commission Bulletin No. 47. 1973
- British Forestry Commission. Report on forest research. Her Majesty's Stationery Office, 1976
Londres.
- Cozzo, D. Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. Editorial 1976
Hemisferio Sur. Buenos Aires. 610 p.
- Edlin, H.L. (ed.). Forestry practice. Eighth edition. Her Majesty's Stationery Office, 1964
Londres. Forestry Commission Bulletin No. 14. 103 p.
- FAO. Essai de presentation uniformisée des conditions d'exécution, des résultats et des 1974
coûts des reboisements. FO: MISC/74/3. 199 p.
- FAO. Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial, 1967
FAO, Roma. 3 vols.
- FAO. Savanna afforestation in Africa. FAO, Roma. FOR:TF-RAF 95 (DEN). 312 p. 1977
- FAO. Irrigation and Drainage Paper 24. Crop Water Requirement. FAO, Roma. 144 p. 1977 a
- Fielding, J. M. A handbook of methods for the establishment of pine plantations in West 1972
Malaysia. Pilot Plantations of Quick-Growing Industrial Tree Species, Kuala Lumpur, Malaysia. UNDP/FAO. FO:SF/MAL 12, Working Paper No. 20. 44 p.
- Flinta, C.M. Prácticas de plantación forestal en América Latina. FAO, Roma. FAO Forestry 1960
Department Paper No. 15. 499 p.
- Goor, A.Y. y Barney C.W. Forest tree planting in arid zones. Second edition. The Ronald 1976
Press Co., Nueva York. 504 p.
- Groulez, J. Conversion planting in tropical moist forests. Paper for Fourth Session of 1976
Committee on Forest Development in the Tropics. FAO, Roma. 22 p.

- Groulez, J. y Quillet, G. Peuplements d'eucalyptus et de résineux tropicaux au Congo
1976 Brazzaville. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne.
140 p.
- Haig, R.A. y Scott, J.D. Mechanized silviculture in Canada. Documento para el Séptimo
1972 Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires. 5 p.
- IUFRO. Proceedings of the Symposium on Stand Establishment. Wageningen, Países Bajos.
1974 438 p.
- Jacobs, M.R. Eucalypts for planting. Draft second edition. FAO, Roma. FO:MISC/76/10.
1976 398 p.
- Laurie, M.V. Tree planting practices in African savannas. FAO, Roma. FAO Forestry
1974 Development Paper No. 19. 185 p.
- Letourneux, C. Tree planting practices in tropical Asia. FAO, Roma. FAO Forestry
1957 Development Paper No. 11. 172 p.
- Levingston, R. Plantation management procedures for large-scale plantations in Penninsular
1975 Malaysia. Forestry and Forest Industries Development, Malaysia.
Kuala Lumpur, FAO. FO:DP/MAL/72/009. Working Paper 36. 205 p.
- Marion, J. y Poupon J. Manuel pratique de reboisement. Institut de Reboisement, Tunisie.
1974 FAO, Roma. FO:SF/TUN 11, Rapport technique 2. 345 p.
- Navarra Garnica, M. y Molina Rodríguez, J.J. (comps.). Técnicas de forestación.
1975 Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA). Madrid.
201 p.
- Parry, M.S. Tree planting practices in tropical Africa. FAO, Roma. FAO Forestry
1956 Development Paper No. 8. 297 p.
- Schubert, G.H. y otros. Artificial reforestation practices for the Southwest.
1970 Government Printing Office. Washington, D.C. Estados Unidos,
Agricultural Handbook No. 370.
- Schubert, G.H. y Adams, R.S. Reforestation practices for conifers in California.
1971 Division of Forestry, Sacramento, California. EE.UU. 359 p.
- Smith, D. M. The practice of silviculture. Seventh edition. John Wiley and Sons. Inc.
1962 Nueva York. 578 p.
- Suri, P.N. y Seth, S.K. Tree planting practices in temperate Asia: Burma, India and
1959 Pakistan. FAO, Roma. FAO Forestry Development Paper No. 14. 150 p.
- USDA Forest Service. Intensive plantation culture: five years research. North Central
1976 Forest Experiment Station, St. Paul. Estados Unidos. General Technical
Report NC-21. 117 p.
- USDA Forest Service. Proceedings of Symposium on Management of Young Pines. Southeastern
1974 Area State and Private Forestry. Atlanta, Estados Unidos. 349 p.
- USDA Forest Service. Proceedings of the Symposium on Intensive Culture of Northern Forest
1977 Types. Northeastern Forest Experiment Station. Upper Darby, Estados
Unidos. USDA Forest Service General Technical Report No. 29. 356 p.
- Wahlenberg, W.C. (ed.) A guide to loblolly and slash pine plantation management in
southeastern USA. Georgia Forest Research Council, Macon, Estados Unidos.
Report No. 14. 360 p.

- Wakeley, P.C. Planting the southern pines. Government Printing Office. Washington, D.C.
1954 Estados Unidos. Agriculture Monograph No. 18. 233 p.
- Weidelt, H.J. (compiler). Manual on reforestation and erosion control for the Philippines.
1976 German Agency for Technical Cooperation. Eschborn, República Federal
de Alemania. 569 p.

GLOSARIO

- Abonado vegetal
- de tierras áridas, 95
- de dunas, 110-112
- de laderas inestables, 93
- Abonos de zinc, 73
- Acequias
- colectoras, 116-117
- de evacuación, 117
- interceptoras, 116
- tipos de, 116
- Acidez del suelo, 121, 123
- Acido
- cítrico, 51
- giberélico, 51
- indolacético, 80
- sulfúrico, 49
- tartárico, 51
- Aclareo
- de despeje, 5-7
- en líneas, 5, 6, 10, 164
- por manceras, 3
- sucesivo (cortas de), 6
- Aclareo del terreno para plantación
- métodos químicos, 35-40
- elección de métodos y de equipo, 3, 13-14, 24-26
- métodos manuales, 3-11
 . quema, 4-5, 35, 51
 . corta total, corta a hecho, 4-5
 . disposición de los residuos, 8
 . aclareo por manchas, 3-4
 . aclareo de despeje, 5-7
 . aclareo por fajas, 3, 5-6, 51-52
 . destocoado, 7, 24
 . taungya, 9, 11
- métodos mecanizados, 11-26
 . cadenas, con, 18-22
 . sierras de cadenas, 15
 . trituradoras, 15-17
 . disposición de residuos, 22-24
 . principios, 12-15
 . arado para raíces, 22, 95-97
 . cortadoras de maleza, 15
 . rapado, 15
 . remoción de tocones, 16, 22, 24
 . tractores, técnicas con varios, 18-21
 . tractor, técnica con uno sólo, 17-18
- productividad, 24-25
- Acondicionador de terreno, para el aclareo mecanizado, 15-16, 26
- Acromyrmex, 133
- Agricultura
- competencia respecto al agua de riego, 97-98, 104
- mejorada mediante forestación, 109
- presión sobre la tierra para, 9-11
- Agrosan, para el tratamiento de heridas de árboles, 80
- Agrosilvicultura, 9
- Agua
- métodos de conservación, 86-97
- capacidad de mantenimiento, 99
- tratamiento previo de la semilla, 49-51
- calidad, 98-109
- exigencias, 97-98, 101-104
- capacidad de retención, 86-87
- obras de retención, 86-95
- embalses de almacenamiento, 87
- Aldrin (insecticida), 133-135
- Alios y capas endurecidas, 27, 28, 31, 99, 117
- Amato (herbicida), 37
- AMS (herbicida), 37
- Análisis reticular, 181-185
- Anillado por descortezado (ver también anillar con hacha), 5-7
- Anillamiento de árboles indeseables (ver también anillar con hacha), 5-7
- Anillar con hacha, 6, 36-37, 40
- Animales de tiro, 34-35, 76
- Animales, protección de las plantaciones contra, 86-88, 136-139
- Anthraquinone (repelente), 51
- Aplicación aérea
- de fertilizantes, 72
- de fungicidas, 133
- de herbicidas, 40, 77
- de insecticidas, 133
- Aplicación de alquitrán en arenas movedizas, 110-112
- Arados
- de discos, 26-29
- de drenaje subterráneo, 119
- de grada, 29-30
- de pulverizar, 30
- de púas, 28-30

- Arados (continuación)
- de vertedera, 28-30, 96, 118
- de raíces, 22, 16, 97
- Arado zanjador de vertedera
- para arado por curvas de nivel, 30
- para drenaje, 28, 118-119
- para hacer surcos profundos, 96
- Arasan (repelente), 51
- Arboles indeseables, envenenamiento, 5-6, 36-38, 40, 164
- Arboles trampa, 134
- Arboricidas (ver también herbicidas), 35
- Arsenate (repelente), 51
- Arsenito sódico (herbicida), 6, 37
- Aterrazado, 88
- Atrazina (herbicida), 38
- Atta, 133
- Avión
- aplicación de fertilizantes desde, 72
- siembra directa desde, 47, 52-53, 112
- rociado de fungicidas desde, 133
- rociado de herbicidas desde, 39, 77
- rociado de insecticidas desde, 133
- Banquetas ("banquettes"), 4, 89
- costo de construcción en Túnez, 90
- Barbecho, 9
- Barra empujadora, empleada con tractores de cadenas, 17
- Barrancos, corrección de, 93-95
- Barrancos, trabajos de regulación, 93-95
- Barrenas, empleo en la plantación, 68
- Bombas para riego, 106
- Boro
- deficiencia de, 73
- Bosques de los pueblos, 88
- Brinzales (ver material de plantación)
- Bromuro de metilo (fumigante), 133
- Bulldozers o topadoras rectas, utilizadas para el aclareo del terreno, 17, 105
- Caballones, conectados
- construcción de, 52, 93
- siembra de, 52, 53
- Cadenas, con (técnica para aclarar el terreno), 18-21
- Caminos, 25-26, 165-173
- clases, 166-167
- coste de construcción en Túnez, 91
- densidad de, 155, 167-168
- indicaciones, 166
- proyecto, 12
 . en plantaciones de regadío, 106-107
- planos, 166
- planificación, 12, 155, 165-166
- normas de construcción, 168-173
- Capacidad de almacenaje del suelo, 102-103
- Capacidad de conducción de los canales de riego, 105
- Capacitación de la mano de obra, 13, 35, 150, 156
- Carbón vegetal, utilización de residuos para, 8, 10
- Catafaja (técnica de preparación de la estación), 90
- Captan (fungicida), 50
- Caza con escopeta, de animales salvajes, 138
- Cebos envenenados, 137-138
- Ceratocystis ulmi, 132
- Cercados
- para prevención de daños de animales, 136-139
- sobre dunas, 110-111
- Cercas de trama de mimbre, 93
- Cercas de zarzas, 110
- Cercospora pini-densiflorae, 134
- Citemene (técnica de preparación de la estación), 52
- Claros, 63, 133
- de plantaciones de enriquecimiento en líneas, 163-164
- Clasificación del material de plantación, 60-61
- Clorato sódico (herbicida), 35, 38
- Cloropicrina (empleo con bromuro de metilo), 133
- Coefficiente de cultivo, 102-103
- Competencia por la humedad del suelo, 1, 26-27, 87, 95
- Conectados, caballones
- construcción de, 52, 93
- siembra de, 52, 53
- Conformación del árbol, 79-80
- Consumo de agua, 98

- Control del ramoneo, 136-139
- Corta (ver aclareo del terreno para plantación)
- Corta total, corta a hecho, 4-5, 14-22, 97
- Cortafuegos, 26, 140-141
- Cortinas protectoras, 110
- Costes de,
- aclareo y preparación del terreno, 10-11, 13, 91
- lucha contra la erosión, 91
- plantaciones de regadío, 107
- siembra directa, 47
- plantación, 91
- registro de costos, 157-159
- Cronartium ribicola, 134
- Cuidados al realizar la plantación, 57, 66-68
- Cuidados culturales de las plantaciones
- riego, 79, 97-107
- poda, 62-63, 79-80
- conformación, 79
- claras, 63, 133, 163-164
- deshierbe, 74-79
- Cuidados del material de plantación, 58, 65
- Dalapon (herbicida), 39
- Daño provocado por las heladas, 132
- Datos de recursos para la planificación, 149-151
- Datos institucionales para la planificación, 152
- Datos operativos para la planificación (ver también tasas de productividad y normas de trabajo), 151
- Deformación de las raíces en recipientes, 58, 59
- Densidad de la red de caminos en las plantaciones, 155, 167-168
- Densidad del rodal (ver espaciamiento)
- Desalinización, 114
- Desfonde (ver subsolado)
- Deshierbe, 74-79
- por líneas, 75-77
- por manchas, 75-77
- por quema, 141-142
- químico, 77
- total, 15, 29, 74-77
- de plantaciones de regadío, 79
- regímenes, 77, 79
- Desmunte, arado de, 29-30, 34
- Destocoñado
- manual, 7
- mecánico, 16, 22, 24
- normas de trabajo, 24-25
- Dieldrin (insecticida), 133, 135
- Diplodia pinea, 132
- Disposición de residuos, 8, 22-24
- en fajas, 8, 22-24
- Disposición del matorral, 8, 22-24
- Distorsión de raíces en los recipientes, 57, 59-60
- Distribución del material de plantación, 65
- Dothistroma pini, 134, 136
- Dowpon (herbicida), 39
- Drenaje
- efecto sobre el espaciamiento, 63
- maquinaria, 118-120
- de los terrenos de plantación, 28, 31-32, 112-121
- de caminos, 171
- técnicas, 115-117
- Dunas, 107-112
- formación de, 107-108
- métodos de estabilización, 108-112
- Elección de especies
- para la resistencia a enfermedades e insectos, 133
- para escombros mineros, 122, 124
- en general, vii, 149-150
- Elección de maquinaria
- para drenaje, 118-119
- para establecimiento de una plantación, 12, 24-26
- Elementos de "banquettes", 92
- Eliminación de los recipientes antes de plantar, 59, 68
- Endothia parasitica, 132
- Endrin (repelente), 51
- Enfermedades, protección contra (también nombres de enfermedades), 132-136
- Epoca y oportunidad
- de la siembra directa, 52
- de plantar, 14, 33-34, 61-62, 164
- Empujador, para aclareo mecanizado, 18-20
- Encalado, 121

- Enrollado de raíces en los recipientes, 57, 59-60
- Enterrado (de las plantas), 58, 65
- Eriales, arado de, 28
- Erosión
- lucha con medios mecánicos, 86-97
 - lucha mediante vegetación, 86-87
 - riesgo, 1-4, 27, 30, 40, 51
 - eólica, 107, 125
- Escala de la operación, 13, 25
- Escarificación de la semilla, 49, 51
- Escalones por curvas de nivel, 89-93
- coste de construcción en Túnez, 91
- Escombros de mina
- elección de especies, 124
 - consideraciones económicas, 125
 - evaluación de la estación, 124
 - preparación para la plantación, 121-122, 124-125
- Espaciamiento
- en las plantaciones, 12, 62-63
 - en relación con las disponibilidades de humedad en el suelo, 95
 - de los surcos de riego, 101
 - en plantaciones de enriquecimiento en líneas, 163
 - de caminos, 167-168
- Esquemático, plan, 148
- Estabilización
- de residuos, 122
 - de dunas, 108-112
- Establecimiento, definición de la fase de, vii
- Estaciones con escombros (ver escombros de mina)
- Estaciones húmedas (ver estaciones inundadas)
- Estación
- elección para la plantación, vii
 - evaluación de tierras con desechos industriales, 124
 - preparación
 - quema, 4, 35, 51
 - corta total, 4-5, 14-22, 96-97
 - química, 35-40
 - citemene, 52
 - zanjas y escalones por curvas de nivel, 3-4, 89-93
 - drenaje, 28, 31-32, 63, 112-121
 - para siembra directa, 51-52
 - para plantaciones de regadío, 105
 - nivelación, 105, 122
- Estación (continuación)
- métodos manuales, 3-12
 - métodos mecánicos, 11-34
 - objetivos, 2
 - aclareo por manchas, 3
 - corta por fajas, 3, 5-6, 51-54
 - destocoñado, 7-8, 16, 22, 24
 - aterrazado, 88-93
 - caballos conectados, 52, 93
- Estacas (como material para plantar), 60
- Estación para plantar, 61-62, 65
- Estaciones inundadas
- drenaje, 115-121
 - en proyectos de regadío, 98, 101, 103
 - existencia, 112-115
- Estaciones áridas (ver también riego de plantaciones)
- técnicas de forestación para, 95-97
 - general, 85-87
- Estaquillas, 60
- Estratificación de semillas, 50-51
- Estudio de los trabajos, 181
- Evaluación de las estaciones con minas en orden a la plantación, 124
- Evapotranspiración
- efectiva, 101-103
 - potencial, 101-103
- Excavadoras
- de draga de arrastre, 119
 - para drenaje, 119-120
- Fajas
- aclareo en, 3, 5-6, 51-52
 - cultivo en, 27, 76-77
 - por curva de nivel, 3
- Fertilizantes y abonado, 71-73, 120-121
- Filtración, 86-87
- Fitocidas (ver también herbicidas), 35
- Fortalecimiento (de las plantas), 61
- Fósforo
- abono, 71-73
 - estado del suelo en cuanto a nutrientes, 71, 124
- Franja capilar, 114
- Fungicidas, 35, 134, 136
- Ganadería, protección contra la, 86, 88, 138-139
- Gezira (Sudán), proyecto de riego de, 98

Gonipterus scutellatus, 134

Grada, 31-32

- de pulverizar, 30

Gradeo

- posterior a la plantación, 76-77

- previo a la plantación, 26-33, 97

Gradeo con discos, 30-32, 77-78, 97

Gradones, 3, 89

- siembra de, 53

Gramoxone (herbicida), 39

Granulado de la semilla, 51

Herbicidas

- descripción, 35

- para eliminación de malas hierbas después de la plantación, 77

- para eliminación de malas hierbas antes de la plantación, 35-40

- tipos

• amate o amato, 37

• sulfamato amónico, 37

• AMS, 37

• atrazina, 38

• dalapon, 39

• dowpon, 39

• gramoxone, 39

• paraquat, 39

• pentaclorofenol, 38

• picloram, 38

• silvex, 37

• simazina, 38

• arsenito sódico, 6, 37

• clorato sódico, 35-38

• tordon, 38

• triazinas, 38

• 2,4-D, 37

• 2,4,5-T, 36

Herbicidas

- activos en el suelo, 35-39

- de contacto, 35

- de translocación, 35-39

- totales, 35, 38

Hoja

- angular para el aclareo mecanizado, 15, 17, 96

- de tipo K.G., 15, 17

- en forma de V, para aclareo mecanizado, 15

Hormigas cortadoras de hojas, 133-135

Hormigas, lucha contra, 133-135

Hoyos, plantación en, 27, 66-68

Incendio (ver también quema)

- peligro de, 40, 88, 139-140

- protección contra, 86, 88, 139-143

Incentivos

- para la repoblación forestal, 87-88

- para la taungya, 11

Informe de las actividades en plantación, 157-159, 191

Inoculación de micorrizas, 73

Insecticidas, 133-135

Laboreo

- elección de método y de equipo, 33

- animales de tiro, 34, 76

- manual, 28, 75-77

- mecanizado, 26-33, 75-77

• preparación de eras, 31-32, 120

• laboreo total, 29-31, 77, 86, 97

• arado de desmonte, 29-30, 34

• gradeo después de la plantación, 76-77

• gradeo antes de la plantación, 26-33, 97

• arado en surcos, 28

• laboreo en fajas, 27, 76-77

• subsolado, 22, 27, 30-31, 91, 95-97

• arado de tepes, 28, 118, 120

- posterior a la plantación, 74-79

- previo a la plantación, 26-33

- productividad, 33-34

Laboreo con arado y con disco, 26-31, 96-97

- de cortafuegos, 26, 140

- de desmonte, 29-30, 34

- productividad, 33

- en surcos, 28

- en fajas, 27

- con animales de tiro, 34-35

Laboreo total, 29-31, 76, 86, 97

Lanolina, para el tratamiento de heridas de los árboles, 80

Latencia

- endógena, 48

- exógena, 48

Latencia de la semilla

- interrupción de la, 49-51

- tipos de, 48

Levantamiento de las plantas por congelación, 48, 61

Limpia de desperdicios, 8, 22-23

Limpieza de repaso en los terrenos a plantar, 24

Lixiviación

- de escombros mineros, 123

- de suelos salinos, 99, 114

Lucha biológica contra plagas y enfermedades, 134

Lucha

- contra el conejo, 137

- contra insectos, 132-135

Lucha mecánica
- contra la erosión, 80-97
- contra plagas y enfermedades, 133-136

Macetas (ver polieteno, recipientes para material de plantación)

Macronutrientes, 71

Madera para combustible, 8

Maleza, cortadoras, para aclareo del terreno, 15-16

Malezas
- competencia, 57, 62
- eliminación, 76-79
- supresión, 75

Mano de obra
- disponibilidad, 2, 13, 25
- organización, 65
- necesidades, 150-151, 156, 189
- mecanización frente a, 2-3, 11-14, 24-25

Mano de obra contratada, 4-5, 7

Marcado de las líneas de plantación, 64

Marjales, drenaje de, 113-115

Material de plantación a raíz desnuda, 58

Material de plantación, condición fisiológica del, 60-61

Método de la media luna para la preparación de la estación, 93

Método de preparación de la estación "cultivo lister excavado", 93

Método "rab", 52

Método "steppique", 96-97

Métodos de repoblación mecanizada
- descripción, 11-13
- aclareo del terreno y preparación de la estación, 11-34
- plantación, 69-71, 91
- deshierbe, escarda, 75-78
- efecto en el espaciamiento, 62-63
- métodos manuales, en comparación con los, 2-3, 11-14, 24-25

Métodos manuales de repoblación
- aclareo del terreno y preparación de la estación, 3-13, 75-77
- plantación, 91
- deshierbe, escarda, 75-77
- métodos mecánicos contra, 2-3, 11-14, 24-25

Micorrizas, 73-74

Micronutrientes, 71

Micosis (enfermedad producida por hongos), 133-136

Migratoria, agricultura, 9, 11

Minas a cielo abierto (ver también escombros de mina), 121-122

Minimacetas, 59

Monochaetia unicornis, 132

Montículos (ver también bancales elevados), 31
- en marjales salinos, 114-115

Necesidad neta de agua de riego, 101-104

Nilo, acuerdo sobre aguas del, 98

Nitrato potásico, para interrumpir la latencia de la semilla, 51

Nitrógeno
- abono, 71-74
- fijación, 73
- estado del suelo en cuanto a nutrientes, 71, 120-121

Nivelación
- de terrenos para plantaciones de regadío, 105
- de áreas mineras a cielo abierto, 122

Normas de trabajo (ver tasas de productividad y normas de trabajo)

Nutrientes
- deficiencias, 71-72, 120-121
- efecto sobre el espaciamiento, 63
- elemento químico
 . boro, 73
 . nitrógeno, 72-74, 120-121
 . fósforo, 72-74, 120-121
 . potasio, 71, 121

- utilización en los cultivos taungya, 11

Oportunidades de empleo, 12, 150

Ordenación
- efecto en el espaciamiento, 63
- planes de, 148-159

Oxido (para interrumpir la latencia de la semilla)
- de cobre, 51
- de zinc, 51

Paraquat (herbicida), 39

Pastoreo, defensa contra el, 86, 88, 138

Pentaclorofenol, 38

Peróxido de hidrógeno, para interrumpir la latencia de la semilla, 51

Phorocantha semipunctata, 134

Picloram (herbicida), 38

Planes

- de ordenación de la plantación, 148-159
- esquemáticos, 148

Planificación

- desarrollo, 147
- nacional, 147
- análisis reticular, 152, 181-185
- de plantaciones, 147-159
 - . de regadío, 104
- de caminos, 165-166
- de recogida y manejo de semillas, 177-180
- operativa, 147-159
- periódica, 152
- ordenación de la plantación, 147-159
- sectorial, 147

Planos para planificar la plantación y realizarla, 149, 158-159, 166

Plantación

- ventajas y desventajas respecto a la siembra directa, 47-48, 57
- cuidados culturales, 57, 66-68
- costes, 91
- de enriquecimiento, 5, 163-164
- en líneas, 5-6, 163-164
- maquinaria, 69-70
- métodos
 - . manuales, 66-68
 - . mecanizados, 69-70
- principios, 57-63
- organización de la, 63
- reposición de bajas o marras, 70-71
- estación y época de, 60-61, 65
- material
 - . cepellón, con, 58
 - . raíz desnuda, a, 58
 - . cuidados del, 58, 65
 - . estaquillas, 60
 - . clasificación del, 60-61
 - . condiciones fisiológicas del, 61
 - . tapones, 60
 - . macetas, en, 58-59
 - . recursos, 149
 - . estaquillas con raíces, barbados, 60
 - . estacas, 60
 - . tamaño, 59-61
 - . plantones, 58
 - . tocones, cepas, 60, 111
 - . transporte, 58, 66
 - . entubado, 59
 - . plantitas silvestres, 58

Plantación

- bajo cubierta, 5-7
- de conversión, 5
- de enriquecimiento, 5, 163-164
- de reposición, 70-71
- directa, 3
- en líneas y plantaciones lineales, 5-6
- profunda, 68

Plantaciones

- aclareo y preparación de la estación, 1-40
- costes, 91
- abonado, 71-73, 120-121
- riego, 63, 79, 97-107
- disposición, 12, 26, 63, 155
- planificación, 147-159
- protección contra
 - . animales, 86-88, 136-139
 - . enfermedades, 132-136
 - . incendios, 86, 139-143
 - . pastoreo, 86-88, 138-139
 - . insectos, 132-135
 - . el hombre, 86-88, 139
 - . agentes meteorológicos, 132
- poda, 62-63, 79-80
- espaciamiento, 12, 62-63, 88-89, 163
- taungya, 9, 11, 55, 63, 76
- cuidados culturales, 74-80
- deshierbe, 74-79

Plantaciones

- humectadas (ver también riego de plantaciones), 79
- mezcladas, 132-133

Plantador

- para plantar, 67
- para siembra directa, 54-55

Plantas

- a raíz desnuda, 58
- con cepellón, 58

Plantitas silvestres, brinzales, 58

Plantones, 58

Pluviosidad efectiva, 101-103

Poda, 62-63, 79-80

Poda del aire, 60

Politeno, recipientes para material de plantación de, 59

Polvo de aluminio (lubricante para los gránulos de semilla), 51

Potasio

- fertilizante, 71
- estado del suelo en cuanto a nutrientes, 71, 121

Potets (manchas de terreno), 3

Preparación del terreno (ver preparación de la estación)

Presas de contención, 93-94

Presión de la agricultura sobre la tierra, 9, 11

Precipitación

- acumulación en el suelo antes de plantar, 61
- intensidad, 85-87
- distribución estacional, 85-86

- Pre-enfriamiento, 50
- Preparación
- de bancales elevados (ver también preparación de montículos), 31-32
 - del terreno (ver preparación de la estación)
- Previsión de trabajo, 154-155
- Productos químicos
- para la lucha contra enfermedades e insectos, 133-136
 - para la preparación de la estación (del terreno), 35-40
 - para el deshierbe, 77
 - tipos
 - . fertilizantes, 71-73, 120
 - . fungicidas, 35, 134, 136
 - . herbicidas, 35-40, 77
 - . insecticidas, 133-135
 - . repelentes para tratamiento de semilla, 49-51
- Programa anual de trabajo, 148
- Propagación vegetativa, 57
- Protección de plantaciones contra
- animales, 86-88, 136-139
 - enfermedades, 132-136
 - incendios, 86, 88, 139-143
 - ganado pastoreo, 86-88, 138-139
 - insectos, 132-135
 - el hombre, 86-88, 139
 - agentes meteorológicos, 132
- Protección del material de plantación contra
- termitas, 68, 133, 135
 - viento, 68, 96
- Proyecto
- de acequias, 115-117
 - de plantaciones de regadío, 104-107
 - de plantaciones, 12, 26, 63, 155
 - de caminos, 12, 106
- Púas
- arados de, 29-30
 - gradas de, 34-35
- Quema controlada
- para ordenación de pastos, 80
 - de desechos industriales sintéticos, 123
 - de eliminación, 3-4, 35, 51
 - de fajas apiladas y residuos de corta, 8, 24, 51
 - previa a la plantación, 4, 35, 51
 - después de la plantación, 141-142
- Quema prescrita (ver quema controlada)
- Raíces
- arados de, 22, 96-97
 - estaquillas, con, 60
 - su distorsión en recipientes, 57, 59
- Raíz/tallo
- estaquillas, 60, 111
 - relaciones, 60
- Rapado (de matorral), 15
- Rasettes (ver también subsolado), 97
- Rastrillos de tractor para el aclareo y la alineación de despojos, 17-18, 22
- Recipientes, material de plantación en, 58-60, 62
- deformación de raíces, 57, 59-60
- Recolección de datos para la planificación, 149-152
- Recursos
- humanos, 150-151, 156
 - financieros para la planificación, 151, 157-158
- Registro de tramos, 158
- Registro de costes, 157-159, 191
- Relleno, plantación de, 70-71
- Repelentes
- en plantas, 138
 - en semillas, 51
- Repelentes contra pájaros, 51
- Repoblación forestal de terrenos erosionables, 85-95
- Reposición de marras, 70-71
- Rhizoctol combi, para el granulado de semillas, 51
- Riego
- a manta, 100
 - por desbordamiento, 100
 - por goteo, 101
 - por surcos, 100-101
 - superficial, 99-101
- Riego de plantaciones
- aspectos económicos, 107
 - efecto en el espaciamiento de los árboles, 63
 - consideraciones generales, 79
 - métodos, 99-101
 - planificación y disposición del, 104-107
 - exigencia en agua, 101-104
- Rociado de volumen mínimo, 39-40, 77
- Rompevientos, 110-111
- Rotavators, 27, 30, 76
- Saccardy, fórmula de, 89
- Sal, aspersion de, 132
- Salinos, marjales, 114-115

- Salinos, repoblación de suelos, 99, 104, 114-115
- Salinidad, en plantaciones de regadío, problemas de, 99, 101
- Selidosema suavis, 47-48, 57
- Selvicida (contra árboles y plantas leñosas) (ver también herbicidas), 35
- Selvícola, lucha, 133
- Semilla
- disponibilidad, 47-48, 57, 149-150
 - recogida, planificación de la, 177-180
 - coste, 47
 - siembra directa
 - . ventajas e inconvenientes, 47-48, 57
 - . métodos, 53-55
 - . en dunas, 112
 - . época de, 52
 - latencia, 48-51
 - granulado de la, 51
 - tratamiento previo, 48-51
 - escarificación, 48-51
 - estratificación 49-51
- Setos
- para impedir daños de animales, 136-138
 - para estabilización de dunas, 110-111
- Shamba (ver también taungya), 9
- Siembra
- aérea, 48, 53, 112
 - a voleo, 52-53
- Siembra, directa
- ventajas e inconvenientes, 47-48, 57
 - métodos, 53-55
 - de dunas, 112
 - época, 52
- Siembra de reposición o resiembra, 55
- Siembra
- método de, 53-55
 - en casillas, 54-55
 - en hileras, 53-54
 - en líneas, 53-54
 - en montículos, 55
 - en zanjas siguiendo curvas de nivel, 3
- Sierras de cadena para aclarar el terreno, 15
- Simazina (herbicida), 38
- Silvex (herbicida), 37
- Subsolado, arado de, 30
- Subsolado, 22, 27, 30-31, 117
- en terraplenes siguiendo curvas de nivel, 95-97
 - costes en Túnez, 90
- Subsolado (continuación)
- método "steppique", 96-97
 - por catafajas, 90
- Sucesión de las operaciones de plantación, 34
- Sulfamato de amonio (herbicida), 37
- Suelo
- trabajos de conservación, 86-97
 - degradación, 1, 9, 86
 - alteración, 14, 16, 22
 - erosión
 - . lucha con medios mecánicos, 86-97
 - . lucha mediante vegetación, 86-87
 - . riesgo, 1-4, 27, 30, 40, 51
 - . eólica, 107, 125
 - alios (capa endurecida), 27, 28, 31, 99, 117
 - aporte de tierra a los sitios de plantación, 122, 125
 - humedad, 26, 62, 87
 - . acumulación antes de plantar, 61-62
 - . capacidad de retención, 102-103
 - nutrientes, 63, 71, 121
 - reacción, 120, 123
 - obras de retención, 86-97
 - textura, consecuencia sobre los métodos de riego, 101
 - capacidad de mantenimiento de agua, 99
- Surcos, arado de, 28
- Tamaño del tramo, en las plantaciones, 155
- Tamaño y clasificación de plantas, 59-61
- Tapones (material de plantación), 60
- Tasa de crecimiento, 62
- Tasa de productividad y normas de trabajo
- manual
 - ."banquettes"(banquetas), 91
 - . desbroce y apeo, 5
 - . aclareo, 91
 - . escalones por curvas de nivel, 90-91
 - . corta y quema, 4
 - . aclareo por líneas, 6
 - . siembra por líneas, 53
 - . apilado de residuos, 24-25
 - . plantación, 91
 - . producción de material de plantación, 91
 - . reposición de bajas o marras
 - . caminos, 91
 - . destocoado, 7, 24
 - . cuidados culturales, 91
 - . deshierbe, escarda, 76
 - mecánico
 - ."banquettes"(banquetas), 91
 - . con cadenas, 24
 - . trituradoras, 15-16
 - . aclareo, 25
 - . siembra por líneas, 54
 - . laboreo con arado, 33
 - . gradeo previo a la plantación, 33
 - . reposición de bajas o marras, 91

Tasas de productividad y normas de trabajo (continuación)

- . caminos, 91
- . subsolado, 91
- . cuidados culturales, 91
- . disposición de despojos en hileras, 24-25

Taungya departamental, 9

Taungya, 8, 11, 55, 76

- consecuencias en el espaciamiento, 63

Técnicas de plantación "a golpe", 66

Técnica de preparación de la estación en curvas de nivel interrumpidas, 92

Tepes, arado de, 28

Termitas, 68, 133, 135

Terraplenes por curvas de nivel, 95-96

Terreno

- aclareo (ver aclareo del terreno para la plantación)
- hambre de tierra, relacionado con el sistema taungya, 8, 11
- nivelación, 105, 122
- recursos para planificar la repoblación, 149-151

Terreno pantanoso

- drenaje, 115-121
- existencia, 112-115

Terreno con desechos industriales

- preparación para la repoblación, 124-125
- tipos, 121-124

Tocones, cepas (como material de plantación), 60, 111

Torrao paulista, 58

Tordon (herbicida), 38

Torrentes, corrección de, 93-95

Trampas para animales silvestres, 138

Transporte del material de plantación, 58, 65-66

Tratamiento previo de la semilla

- con ácido, 49-51
- con agua caliente, 49, 51
- con agua hirviendo, 49
- escarificación, 49, 51
- estratificación, 50-51

Trepadora, corta de, 164

Triazinas (herbicidas), 38

Trituradoras (tambores de rodillos), para aclarar el terreno, 15-16

Tubos, como recipientes de plantitas, 59

Turberas, preparación para la repoblación, 28, 112-121

Viento

- daño, 61, 68, 96, 114
- erosión, 107

Yugoslavia, 88

Zanjas

- inclinadas, 92
- en curvas de nivel con inclinación variable, 92
- para la prevención de daños de animales silvestres, 136-138
- por curvas de nivel, 3, 89-94