

**LAS PLANTACIONES FORESTALES Y LA
PRODUCCION DE ENERGIA**

Héctor A. Martínez H.

Centro de
Documentación y Estudios
Agrícolas

1 DIC 1986

C I D I A
Turrialba, Costa Rica

**Trabajo preparado para el Curso sobre Plantaciones
Forestales realizado en Managua, Nicaragua, del
23 al 28 de septiembre de 1984**

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

INIFOR - Guatemala, Septiembre de 1984

LAS PLANTACIONES FORESTALES Y LA PRODUCCION

DE ENERGIA

Centro de Documentación e Información
Agrícola

Héctor A. Martínez H. 1/

DIC 1985

1. INTRODUCCION

Con el incremento de la presión humana sobre las áreas boscosas ya sea para su incorporación como nuevas tierras agrícolas, o por la extracción de los productos del bosque, vastas áreas han perdido su cubierta e incluso han llegado a la degradación absoluta (Nair, 1980); la FAO (1977) ha estimado la tasa de deforestación en las zonas tropicales en aproximadamente un 2% anual.

Latinoamérica a pesar de tener más de la mitad del territorio cubierto de bosques naturales, es un importador neto de productos forestales, especialmente en la forma de pulpa y papel. Es alarmante, pero los bosques de la región están desapareciendo sin ser aprovechados.

Por otro lado, se puede afirmar que los países en vías de desarrollo se han visto obligados, por el mal uso de sus recursos, a una paradoja: incorporar nuevas tierras forestales para hacer frente a la escasez de este recurso, perdiendo opciones valiosas, para el presente y el futuro, porque en la mayoría de los casos las nuevas tierras no pueden sostener una agricultura estable y de rendimientos constantes.

En los países en vías de desarrollo la crisis que afecta a los estratos poblacionales de menores recursos está conformada por vulnerabilidad en la producción de alimentos, demanda creciente de energía y degradación progresiva de los recursos naturales, así como contaminación del ambiente (Cáceres, 1982). Estos factores están ligados entre sí y el crecimiento de uno de ellos afecta directa (o indirectamente) a los demás.

En aumento de población, la presión creciente sobre el recurso tierra, los altos costos de los energéticos convencionales, la disminución progresiva de áreas boscosas y la tradición en el uso de combustibles de origen vegetal han conformado la llamada crisis de la leña (Eckholm, 1975).

Según Arnold (1978) aproximadamente 1500 millones de personas en los países en desarrollo obtienen hasta un 90% de sus necesidades energéticas de la leña y el carbón, y por lo menos otros 1000 millones derivan hasta un 50%

1/ Silvicultor, Residente CATIE, Proyecto Leña Acuerdo INAFOR-CATIE, Guatemala.

de la energía consumida de la madera; para 1978 se estimó que de un total de 2800 millones de m³ extraídos de los bosques del mundo, 1450 millones (52%) se utilizaron como leña. Esta última cantidad de madera fue consumida en su mayor parte en los países en desarrollo. De hecho se estima que en los países del tercer mundo aproximadamente el 90% de la madera extraída de los bosques es utilizada como leña.

Para Nicaragua las cifras disponibles indican que aproximadamente el 42.3% del consumo final energético nacional proviene de la leña (INE, 1981) siendo utilizada en aproximadamente un 90% por los hogares y al 10% por la pequeña industria. Las estimaciones indican que un 70% de los hogares nicaragüenses hacen uso de leña.

La leña es obtenida, tradicionalmente, por recolección directa en los bosques naturales o en cultivos bajo sombra, bosques secundarios, cercos vivos y otros. En algunas zonas la carencia de bosques o la lejanía de estos obliga a los usuarios a comprar este combustible; en Nicaragua hasta un 62% de los usuarios de leña la compran (INE, 1981).

La recolección directa de la leña, implica el uso de tiempo útil de las amas de casa, menores o aún de los hombres de los hogares, para la consecución de este combustible, tiempo que pueda variar desde medio día hasta dos días a la semana, según la disponibilidad de madera. Este tiempo útil es un costo que muchas veces no es cuantificado por los hogares.

La compra directa pone al descubierto que la leña es un producto de alto costo que incide negativamente en el presupuesto de los hogares de pocos recursos.

La depredación de los bosques con las consecuencias de escasez de madera y por ende crisis de energía para las comunidades rurales y las familias marginales de las ciudades, ha preocupado no solo a los científicos sino también a los políticos. En este marco surgen las plantaciones como una opción real para hacer frente a la provisión de productos forestales y a la crisis de leña.

2. LAS PLANTACIONES FORESTALES

2.1 Los bosques naturales frente a las plantaciones

Aunque actualmente la mayoría de los productos forestales provienen de bosques naturales, hay que tomar en cuenta algunas características de estos bosques, que eventualmente limitan su utilización:

- a) Inaccesibilidad, por factores tales como pendiente, zonas cenagosas, ampliación de la frontera agrícola.
- b) Lejanía a los centros de consumo
- c) Bajos rendimientos por hectárea: Los bosques naturales especialmente los bosques húmedos tropicales producen gran parte de su biomasa en formas no utilizables por la gente común, tales como lianas, pequeñas ramas, helechos y otros, y el material producido de tamaño aceptable está formado en la mayoría de los casos por muchas especies que secan en forma diferente, siendo necesaria una clasificación previa. Además en bosques heterogéneos tipo climax el crecimiento, en términos de madera aprovechable, es muy bajo.
- d) Existen problemas para la regeneración natural cuando no se seleccionan adecuadamente árboles que deben servir como portagranos, bien distribuidos dentro del área forestal. La práctica generalizada es la realización de una explotación tipo minería, donde se extraen los mejores ejemplares, dejando árboles mal formados y poco desarrollados, los cuales van a producir las semillas que regenerarán el bosque, con las consecuencias previsibles de disminución de la calidad del dosel resultante.

Quando las áreas bajo bosque son explotadas a tala rasa, el bosque resultante será, en la mayoría de los casos, diferente en composición y estructura al bosque original.

- e) Carencia de infraestructura para el transporte y comercialización de los productos del bosque.

Ante los problemas mencionados surgen las plantaciones como una alternativa viable para la provisión de los diferentes productos forestales, dado que éstas podrán ser localizadas cerca a los centros de consumo, en áreas accesibles y con facilidades de transporte, concentrando la productividad del sitio en unas pocas especies cuidadosamente elegidas por su rendimiento, adaptabilidad y características a las condiciones del lugar y a los requerimientos de los usuarios.

2.2 Factores que favorecen el establecimiento de plantaciones

En los países en desarrollo, se cuenta con algunas características que favorecen los programas de plantación:

- a) Disponibilidad de tierras sin uso agrícola actual o con bajos rendimientos agrícolas, que pueden ser utilizadas para cultivos de árboles, localizadas

en lugares accesibles y relativamente cercanos a los centros de consumo.

- b) Disponibilidad de mano de obra abundante y bajo costo que permite emprender vastos programas de plantación.
- c) Posibilidad de uso de incentivos fiscales y créditos bancarios en programas de plantación.
- d) La aparición de zonas críticas en el abastecimiento de leña está creando conciencia entre los propietarios de tierras sobre la necesidad de plantar árboles con fines energéticos ya sea para uso doméstico o industrial.

Por otro lado las plantaciones con fines energéticos presentan algunas características intrínsecas que las hacen particularmente atractivas:

- i) Alta productividad concentrada en unas pocas especies que utilizan en forma intensiva la tierra. El uso de técnicas silviculturales permiten la obtención de madera de diferentes dimensiones y usos (leña, postes, madera de aserrío).
- ii) Rápido crecimiento: Las especies más populares en programas de plantación en las zonas tropicales presentan altos rendimientos (Evans, 1982). Por ejemplo Pinus patula en rotaciones de 15-16 años ha mostrado rendimientos de 18 - 19 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en Africa; P. caribaea var hondurensis en rotaciones de 8 - 15 años ha rendido entre 21 y 40 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en las Islas Fidji, Brasil y Costa Rica; Eucalyptus grandis en rotaciones de 9 años presentó incrementos entre 18 y 35 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en Africa y Brasil; Albizia falcata rindió 28 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en Filipinas en rotaciones de 10 años; en Brasil, en rotaciones de 10 años Gmelina arborea ha mostrado incrementos de 35 m³ ha⁻¹ año⁻¹; en zonas secas Eucalyptus camaldulensis presenta incrementos entre 5 y 10 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en rotaciones de 10 a 20 años; Calliandra calothyrsus en Indonesia, en rotaciones de uno a cuatro años ha presentado incrementos de 40 m³ ha⁻¹ año⁻¹. En Guatemala Eucalyptus deglupta presenta incrementos de 25 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en el área de Guacalata, Escuintla; E. camaldulensis en La Máquina, Suchitpéquez presenta crecimientos de 5 m. de altura promedio y 4 cm. de diámetro durante el primer año; E. saligna presenta diámetros superiores a 22 cm. y altura promedio de 24 metros en cinco años (Martínez, 1983). Para Nicaragua E. camaldulensis y Leucaena leucocephala han mostrado rendimientos espectaculares.
- iii) Se presentan como instrumento de desarrollo por el empleo de tierra sin uso agrícola económico; creación de empleo en áreas rurales, con alto nivel de empleo por unidad monetaria invertida; disponibilidad de madera

para diferentes usos con posibilidad de mercados interno y como base para industrias de producción de carbón o briquetas para uso en pequeñas industrias y aún para mercados de exportación.

- iv) El uso de períodos cortos de rotación permiten obtener altas tasas de retorno del capital (Johnson, 1976).
- v) Contribuyen a la creación de infraestructura en las zonas de plantación.
- vi) Producen beneficios secundarios importantes tales como mejora y conservación del ambiente (control de erosión, mejora de la capacidad de infiltración, control de inundaciones) y la posibilidad de integración a otros usos de la tierra.

Desde el punto de vista de las comunidades rurales las plantaciones energéticas producen otros beneficios adicionales:

- a) Disponibilidad de combustible producido localmente a bajo costo y en forma rápida (2-5 años), proveyendo, por tanto, sustitutos para combustibles derivados del petróleo, de alto costo y en constante aumento.
- b) Ahorro al ama de casa, o personas encargadas de coleccionar la leña, de una labor pesada que distrae tiempo a otras ocupaciones.
- c) Sustituir o evitar el uso de residuos agrícolas como fuentes de energía, devolviéndolos al suelo, para aumentar la producción agrícola.
- d) Prevenir la destrucción de los bosques y de la cubierta vegetal del suelo, proveer materia prima para pequeñas construcciones rurales, proveer empleo y diversificación de la economía de la comunidad.

2.3 Silvicultura de plantaciones energéticas

La silvicultura debe ser apreciada en su doble calidad: como ciencia biológica y como actividad económica, es decir, que se deben producir en forma económica y en el menor tiempo posible la mayor cantidad de productos deseados y de la mejor calidad.

Siren (1982) establece que el objetivo de la silvicultura energética es la obtención de materia prima para producir una cantidad determinada de energía, con la mayor rentabilidad posible, y con las menores repercusiones negativas sobre el ambiente.

Desde esta perspectiva se deben distinguir dos tipos de silvicultura energética:

- a) Intensiva
- b) Extensiva



2.3.1 Silvicultura energética intensiva

Este tipo de silvicultura pretende producir altos volúmenes de madera por unidad de área en períodos o rotaciones cortas (uno a diez años).

En consecuencia implica el uso de terrenos de alta productividad, desplazando en algunos casos a la agricultura. Este tipo de plantaciones deberá estar localizado cerca a los centros de consumo para minimizar los costos de transporte.

Como los costos de mano de obra serán elevados, las especies a utilizar deben ser de rápido crecimiento, alta productividad, susceptibles de regenerarse por rebrotes y con posibilidades de ser utilizadas en sistemas mixtos de cultivos (con cultivos agrícolas), y con utilización de los beneficios marginales tales como producción de forraje, abono verde, miel, semillas, resinas.

Esta tipo de silvicultura exige una cuidadosa selección de las especies y procedencias a plantar, y un buen conocimiento de las características de los sitios disponibles, los cuales no deberían tener un área menor a 1-2 ha.

2.3.2 Silvicultura energética extensiva

Es el tipo de silvicultura utilizable en terrenos abandonados por la agricultura, en montes bajos de mala calidad, zonas costeras, terrenos salinos o pantanosos, laderas de montañas.

Los ciclos de corta utilizables estarán comprendidos entre 10 y 30 años y el tamaño de las parcelas variará desde un área que permita al campesino establecer una masa o grupo de árboles que llene su demanda media de energía a largo plazo, hasta un límite dado por la disponibilidad de tierra y la capacidad económica del propietario de la plantación.

2.4 Factores de la producción silvícola

El éxito de la silvicultura energética depende de la obtención del máximo rendimiento sin perjuicio de la productividad del lugar a largo plazo;

en consecuencia es necesario tomar en cuenta muchos factores que inciden directa o indirectamente en la obtención de este fin.

2.4.1 Factores biológicos

La producción de biomasa plantea interrogantes básicas que deben ser consideradas: Cuáles son los factores sub óptimos? Qué medidas de mejora resultarán positivas? Con qué cultivo se obtendrá el mayor rendimiento en materia seca? Dará resultados económicamente aceptables un análisis de insumos - producción? .

Para que la producción real de biomasa se aproxime al máximo teórico permitido por la radiación solar se deben dar simultáneamente muchas condiciones edáficas y climáticas interactuando con las especies elegidas.

Es poco lo que se puede hacer por modificar o mejorar el clima; el riego es una forma de modificar sus efectos, pero es costosa. La elección de lugares favorables puede neutralizar en parte los inconvenientes climáticos. A esto se puede agregar una acertada elección de las especies.

2.4.1.1 Criterios para la elección de especies

En general las especies utilizables en plantaciones deben llenar los siguientes requisitos biológicos económicos:

- a) Apropriados al sitio y con capacidad de mantener su vigor vegetativo durante el período de rotación previsto (turno) si una especie no se adapta bien y la estación de plantación se presenta el peligro de pérdidas económicas por causa de una tensión ambiental gradual o repentina.
- b) Que tengan buenas tasas de crecimiento y rendimiento.
- c) Que proporcionen la materia prima esperada según los objetivos propuestos.

Las especies utilizables para producción de madera para combustible deben tener algunas características especiales:

- a) Rápido crecimiento y rotaciones cortas con alta productividad de madera por árbol o unidad de área y con habilidad para rebrotar.
- b) No deben producir, al quemarse, chispas, humo o gases tóxicos o causar alergias. Rapidez natural de secado es una propiedad deseable.

- c) La madera no debe tener grano entrecruzado o inclusiones de silicio; debe tener durabilidad natural para resistir almacenamientos prolongados.
- d) En silvicultura extensiva las especies deben ser resistentes a factores adversos del medio tales como textura pesada, salinidad y poca disponibilidad de nutrimentos en los suelos; resistentes a sequías, ataques de insectos y enfermedades. Así mismo es deseable que sirva para controlar la erosión y mejorar o recuperar suelos degradados, y puedan plantarse por siembra directa o a raíz desnuda.

La figura 1 presenta los factores involucrados según Webb, en la selección de especies.

2.4.1.2 Cuales especies elegir

En general debe usarse como primera opción especies indígenas, adaptadas al lugar y de las cuales se conozcan sus características silviculturales, tengan aceptabilidad entre los usuarios y haya disponibilidad de semilla (N.A. S. 1980).

Como segunda opción se presenta el uso de especies exóticas en un determinado lugar y ambiente.

Aunque el uso de exóticas produce siempre objeciones, hay algunas razones que pueden justificar su uso (Dyson y Budowski 1980):

- a) Pueden poseer propiedades no disponibles en las especies indígenas, tales como altos rendimientos, rápido crecimiento, facilidad de reproducción, resistencia a plagas y enfermedades del lugar.
- b) Una vez se adaptan a un sitio y condiciones climáticas, las exóticas más conocidas presentan mayor rendimiento que las indígenas; además pueden no estar sujetas a los parásitos locales que afectan a las especies del lugar.
- c) Son de fácil manejo y se conoce su silvicultura.
- d) Pueden sembrarse en plantaciones puras, mientras que algunas especies que crecen bien en el bosque natural, no lo hacen en igual forma en plantación artificial (Burley, 1980).

En la formación de plantaciones forestales a gran escala y cuando no se dispone de suficiente experiencia, es necesaria la experimentación previa con especies y procedencias para evitar fracasos.

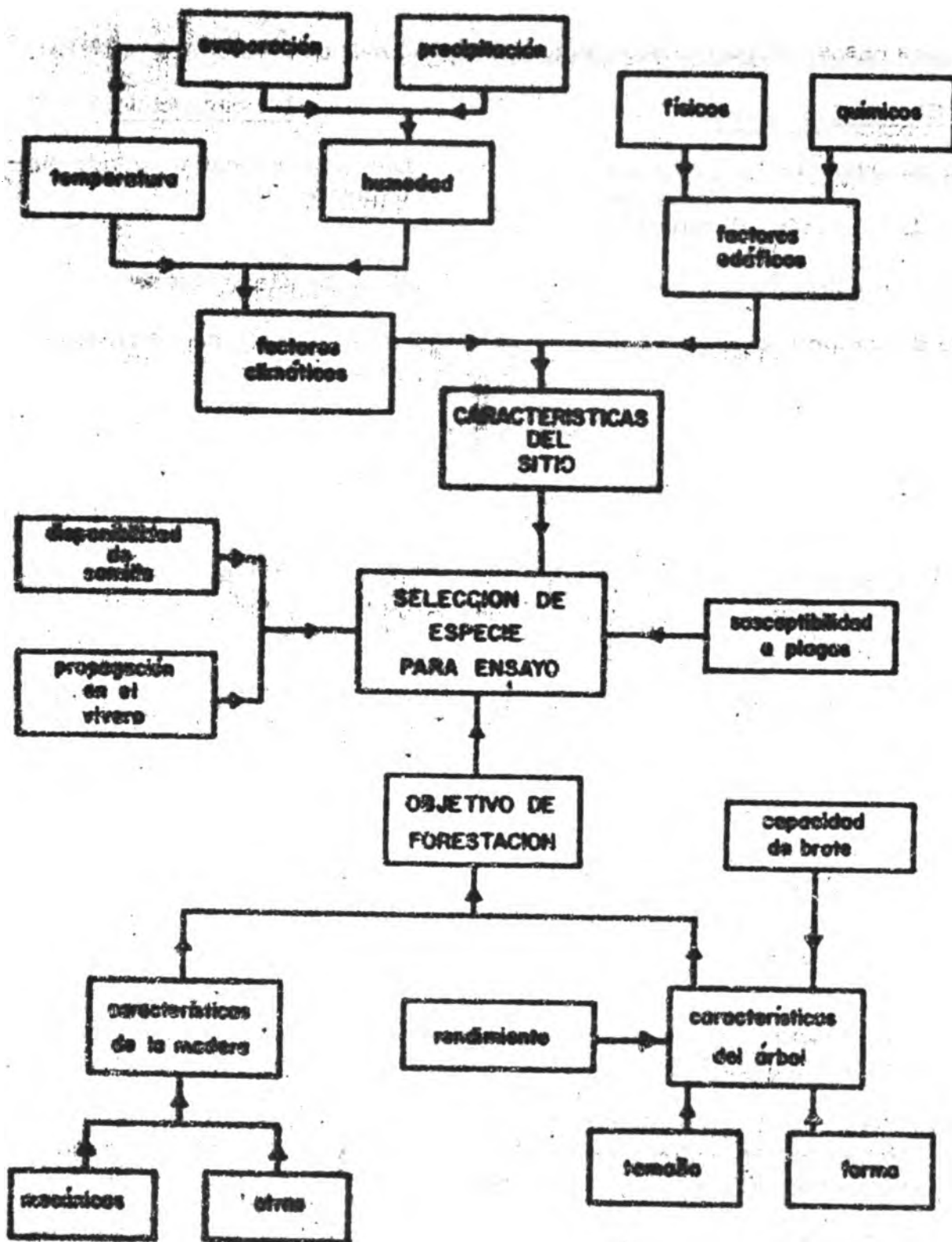


Fig. 1 Factores que influyen en la selección de especies.

Fuente: WEBB, D. B. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales.

Los pasos a seguir pueden esquematizarse así (Burley y Wood, 1979):

<u>Especies</u>	<u>Procedencias</u>
Fase de arboreto	Del área natural entera de distribución.
Fase de selección (eliminación)	
Fase de prueba	Procedencias selectas
Fase de comprobación	Comprobación de las mejores procedencias.
Plantación piloto	
Plantaciones comerciales	

La fase de arboreto precede a la fase de eliminación y su objetivo es observar el comportamiento inicial y la conservación de individuos vivos de un gran número de especies .

La fase de selección o de eliminación de especies consiste en la prueba de un gran número de especies por cortos períodos (30 a 60 especies y 0.1 a 0.2 turno); las parcelas son pequeñas de 9 a 25 ~~árboles~~ árboles/parcela.

La fase de prueba de especies se realiza con las especies más prometedoras y por períodos más largos (0.5 turno). En esta fase normalmente se prueban 5 a 10 especies en parcelas de 16 a 25 árboles.

La fase de comprobación pretende comprobar la superioridad de las especies seleccionadas. Las parcelas deberán ser de por lo menos 100 árboles útiles.

En la selección de procedencias las fases, que pueden desarrollarse paralelamente a la selección de especies, pueden sintetizarse:

- a) Del área de distribución natural entera que permitirá determinar la extensión y el patrón de variación de las especies prometedoras; se podrán probar entre 10 y 30 procedencias en parcelas de 16 a 25 árboles.
- b) Fase de prueba de procedencias selectas para reconocer las subregiones y áreas de origen más selectas.

- c) La fase de comprobación pretende comprobar la superioridad de las procedencias seleccionadas. Es necesario en esta fase asegurar la provisión de semillas mediante fuentes in situ, colecciones ex situ o almacenamiento de semilla.

2.4.2 Factores Edáficos

Los elementos que condicionan un buen crecimiento son el suelo, los minerales, la materia orgánica, el agua y los gases del suelo en proporciones y cantidades adecuadas a las necesidades del cultivo.

Para mantener un nivel elevado de productividad y calidad de un lugar es necesario compensar las pérdidas de nutrientes debidas a la cosecha y favorecer el reciclaje de los nutrientes.

Acidez: La silvicultura energética intensiva exige la consecución de un pH próximo al óptimo; la gama más apropiada está entre 5.5 y 6.0 para especies latifolladas de crecimiento rápido; no obstante esto hay algunas especies que crecen bien en el rango 4.5 - 5.5. Un pH inadecuado impide el crecimiento de las raíces y hará disminuir la absorción de iones.

En suelos muy ácidos la aplicación de fósforo (P) es casi inútil por su afinidad con el hierro (Fe) y el aluminio (Al) que lo fijan; en condiciones ácidas se acentúa la lixiviación del potasio (K) y del Magnesio (Mg) y disminuye la descomposición de la materia orgánica. Con un pH bajo se acumulan cantidades tóxicas de manganeso (Mn), y con un pH alto disminuye el fósforo disponible que se precipita con el calcio (Ca), y se presentarán deficiencias de boro (B) Mn y Mg. (Siren 1982).

Nutrientes y Fertilización: En la silvicultura energética intensiva es necesario reducir al máximo las pérdidas de nutrientes por lixiviación para asegurar la absorción constante de los esenciales.

Para asegurar el suministro de los nutrientes idóneos es necesario conocer la disponibilidad a largo plazo de cada uno, así como la demanda específica de la especie para mantener un ritmo óptimo de crecimiento. Los fertilizantes se deben mezclar de manera que se adapten a las condiciones locales del suelo.

Hay que compensar la pérdida de nutrientes que se produce con la cosecha, así como las pérdidas por lixiviación y consumo animal. Una fertilización equilibrada favorecerá la mineralización de la hojarasca que tiene un papel fundamental en el reciclaje de los nutrientes.

En forestaría intensiva el uso de fertilización puede estar justificado por:

- a) En plantaciones con especies de rápido crecimiento la demanda de nutrientes es alta y con rotaciones cortas, especialmente en suelos pobres, hay una disminución real de la fertilidad natural, especialmente en zonas húmedas.
- b) Con rotaciones cortas la respuesta obtenida por una fertilización adecuada hace que esta operación sea económicamente rentable.
- c) La utilización de una o unas pocas especies con requerimientos especiales de nutrientes, hace necesaria la adición de estos para mantener la productividad del sitio y reducir las irregularidades.
- d) En algunos suelos pobres en determinados nutrientes la adición de pequeñas cantidades de ese elemento puede ocasionar incrementos espectaculares, como en el caso de adición de pequeñas cantidades de boro (5 a 10 gm/planta) en plantaciones de Eucaliptos, en suelos de origen volcánico en Colombia o en suelos de pradera en el Africa.

El uso de fertilizantes debe estar precedido por un análisis cuidadoso del suelo y ensayos de fertilización.

Aporte de nitrógeno:

Este elemento es no sólo el nutriente biológico más importante, sino también el más caro y el que más energía consume en el proceso de producción. Por tanto si puede asegurarse su suministro por fijación biológica (como en el caso de Alnus sp. y muchas leguminosas), disminuyendo el consumo de energía no solar, se aumentará la producción neta. Si esta fijación biológica no es posible será necesaria la utilización de fertilizantes.

La absorción de nitrógeno por las raíces es tan eficaz que las dosis han de ser bajas y bien distribuidas a lo largo de la primera parte de la estación de crecimiento. La absorción total se puede calcular por medio de la producción de biomasa y el porcentaje de nitrógeno en los principales elementos de los árboles.

Se ha trabajado en la aplicación de fertilizantes al momento de plantar, con aplicaciones en el fondo del hoyo, recubriendo con tierra (una capa de 5 cm. o más).

Humedad del suelo:

En las regiones con marcada estacionalidad es un factor limitante que puede obviarse con riego intermitente, aunque ésta es una posibilidad costosa.

Parte de los efectos pueden minimizarse con una adecuada selección de la época de plantación (al inicio de las lluvias), un tamaño adecuado de plántulas a sembrar y un adecuado programa de fertilización si fuere necesario; en zonas con estación seca prolongada no es aconsejable el plateo alrededor de la planta cuando se acerca la época seca; se puede optar por recubrir el área cerca a la planta con las malezas cortadas o con piedras, para conservar la humedad.

2.4.3 Sistemas de cultivo

Los bosques energéticos de alto rendimiento así como otros tipos de plantaciones exigen un cultivo intensivo en las primeras etapas de establecimiento, lo que supone gran consumo de energía (y por tanto altos costos). El control de malezas ha probado ser un factor determinante en el éxito de este tipo de plantaciones.

Labranza:

El laboreo del suelo puede favorecer la cosecha y su aprovechamiento de múltiples maneras:

- a) Facilita condiciones de plantación y aprovechamiento cuando se usa maquinaria moderna, al uniformizar la superficie. También contribuye a mejorar la estructura al romper capas endurecidas.
- b) Aireamiento y mejora bioquímica de los suelos intensificando la actividad microbiológica, facilitando la penetración de oxígeno.
- c) Filtración de la lluvia a capas más profundas, aunque en algunos casos el régimen hídrico puede verse afectado por un aumento de la evaporación.
- d) Reducción de las malas hierbas, especialmente las de raíces profundas.
- e) Regulación del pH y, en algunos casos, de la aplicación de nutrimentos.

La labranza del terreno lógicamente exige la utilización de maquinaria agrícola. Los costos de establecimiento se pueden reducir mediante la introducción de la mecanización en la silvicultura, sin embargo el aumento de la mecanización exige que se organicen con carácter más regular las actividades silvícolas para poderlos efectuar de modo más económico.

Control de malas hierbas:

Como ya se dijo es un factor determinante del éxito. Existen varios métodos para el control de las malas hierbas: cultivos (por ejemplo cultivos anuales asociados a la plantación forestal); recubrimiento con materia orgánica; cultivo de plantas protectoras; control biológico; sombra (con la ayuda del espaciamiento); herbicidas. La elección del sistema más adecuado depende de las condiciones del lugar.

El uso de cultivos agrícolas asociados con árboles ha mostrado algunas ventajas en sitios de alta productividad:

- a) Se disminuyen los costos de plantación por los beneficios de la cosecha agrícola.
- b) El cultivo forestal se ve favorecido por las limpias periódicas y las prácticas de fertilización.
- c) Se estimula el crecimiento vertical por la competencia por luz. Sin embargo la competencia radicular por espacio, agua y nutrientes puede causar atrasos al cultivo forestal.

El recubrimiento con materia orgánica es una técnica que permite mantener las malas hierbas muertas sobre la superficie del suelo donde se descomponen gradualmente y se integran al ciclo de nutrientes. Las cubiertas orgánicas añaden tanto nutrientes como materia física al suelo.

Los efectos más importantes del recubrimiento, especialmente en zonas semiáridas, son la retención del agua, disminución de la evaporación y prevención de la formación de una costra superficial cuando se producen precipitaciones intensas, disminuyendo también los riesgos de erosión.

El uso de herbicidas químicos exige la presencia de personal entrenado y especializado.

Una vez establecida la plantación la sombra reduce notablemente la supervivencia de las malas hierbas, debiendo por tanto planificarse adecuadamente los raleos y las podas.

El uso de sistemas combinados de cultivos agrícolas y árboles, especialmente en la fase de establecimiento, pueden contribuir a disminuir los costos de mantenimiento.

Rotación y espaciamento:

Para obtener la mejor combinación de espaciamento y rotación hay que tener en cuenta factores ecológicos, genéticos, edáficos y de otra índole tales como la respuesta a cambios en la disponibilidad de agua y nutrimentos, capacidad de rebrote densidad de la madera según la edad.

Por otro lado, el espaciamento es función directa del tipo de producto que deseamos obtener, así como de la calidad de la estación donde se va a realizar la plantación.

En silvicultura energética el espaciamento puede ser no muy distinto del de la silvicultura convencional, pero cuando las condiciones ecofísicas son favorables y se aplican sistemas de aclareo intensivo, se pueden usar altas densidades iniciales, si las distancias de transporte son cortas.

Los espaciamentos más populares van desde 0.5 x 1.0 m hasta 2.5 x 2.5 y aún 4.0 x 4.0 m. en plantaciones homogéneas o 7 a 10 m x 2 a 4 m en plantaciones de enriquecimiento.

Es necesario diseñar un adecuado plan de raleos y podas con el objeto de concentrar la productividad en el tipo y calidad de producto que deseamos obtener.

2.4.4 Mantenimiento de la productividad.

Al seleccionar los sistemas de cultivo hay que tener en cuenta los posibles efectos a largo plazo sobre el suelo debidos a la descomposición de la hojarasca, la fertilización y el uso de maquinaria.

Se debe evitar la lixiviación al agua subterránea del nitrógeno aplicado en exceso y en caso de uso de maquinaria emplear vehículos que ejerzan poca presión sobre el suelo (no mayor a 200 g/cm²).

En el mantenimiento de la fertilidad del suelo sin el uso de fertilizantes de origen químico son prácticas corrientes:

- a) Rotación de especies con diferentes necesidades de nutrimentos y/o adición de materia orgánica rica en nitrógeno. Sin embargo en sitios con muy baja fertilidad, si no es posible la adición de fertilizantes, es necesario desechar la idea de plantaciones en ese sitio.
- b) Preparación del sitio: se debe evitar la compactación y la erosión del suelo durante las operaciones de preparación; la cubierta debe mantenerse tanto como sea posible para proteger el suelo de la erosión, lavado o pérdidas de nitrógeno por evaporación.

- c) **Ciclaje de nutrientes:** las prácticas de extracción total del árbol (fuste, ramas; hojas) produce hasta dos o tres veces la remoción de nutrientes que con la extracción de solo las partes de madera. Debe procurarse dejar el follaje en el sitio de aprovechamiento al realizar la extracción.

El pastoreo en zonas de plantación (especialmente plantaciones para producción de forraje) permite el reintegro de nutrientes vía excretas animales.

2.5 Sistemas de plantación:

En general se pueden distinguir tres formas de realización de las prácticas de plantación:

- a) Manual
- b) Mecanizado
- c) Combinación manual - mecanizado.

La utilización de métodos manuales es recomendable:

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

La mecanización es aconsejable cuando los costos de mano de obra hacen antieconómica la operación, y las condiciones de los sitios de plantación permiten la utilización de maquinaria.

Al seleccionar la maquinaria es esencial que el equipo sea totalmente adecuado para las operaciones en que se va a utilizar.

La planificación de las operaciones de campo debe permitir conseguir el máximo uso efectivo de la maquinaria elegida. Generalmente la maquinaria exige un número mínimo de horas de uso al año para que su operación sea rentable; este límite se sitúa por encima de 1500 a 2000 horas/año y exige que el operario sea una persona competente en el uso de la maquinaria, así como una planificación adecuada, para evitar demoras innecesarias y costosas.

La mecanización lleva aparejada un adecuado servicio de mantenimiento y un suministro asegurado de piezas de repuesto para garantizar un mantenimiento rápido y eficaz.

Las principales limitaciones para la mecanización en un programa de plantaciones son:

1. Terrenos difíciles por pendiente, afloramientos rocosos o exceso de humedad.
2. Elevado costo inicial, frecuentemente en moneda extranjera, a lo que se suman los costos crecientes de combustibles, lubricantes y repuestos.
3. Mala calidad del servicio a los tractores debido a la falta de personal capacitado que maneje, haga funcionar y mantenga los equipos, agravado con frecuencia por:
 - a) Falta de piezas de repuesto
 - b) Retrasos burocráticos en la tramitación de pedidos o en el pago de repuestos y servicios.
 - c) Mala limpieza del terreno que ocasiona daños al equipo de laboreo en las otras operaciones.
 - d) Falta de incentivos al personal.
4. Mal funcionamiento de las máquinas que con frecuencia se traduce en daños innecesarios del terreno o en compactación, perjudicial para el desarrollo posterior de las plantas.
5. La opinión, a veces ilógica, de que la mecanización ocasiona pérdidas de oportunidades de trabajo.

La tercera forma de operación es una combinación inteligente del uso de mano de obra y maquinaria para la obtención de altos rendimientos con los menores costos. Esta combinación y la proporción de cada uno de los elementos depende de la magnitud de la operación de plantación.

Finalmente las plantaciones forestales deben formar parte de la política forestal del país y en el caso de las plantaciones con fines energéticos estas deben formar de la política energética a largo plazo de los países. Igualmente deben visualizarse a las plantaciones forestales como una operación económica potencialmente de alta rentabilidad donde la planificación de todos los factores involucrados debe ser cuidadosa y su ejecución debe ser ordenada y controlada para obtener los resultados deseados.

3. CONCLUSIONES

Los programas de plantación ya sea con fines energéticos o de producción forestal en general son una posibilidad real que no debe subestimarse y a la cual debe dársele todo el apoyo necesario.

Se deben elegir cuidadosamente los sitios y las especies para asegurar altos volúmenes de producción en rotaciones cortas, con altas tasas de retorno del capital invertido.

Esta actividad debe estar orientada por personal técnico capacitado con el apoyo de sólidos programas de extensión forestal.

BIBLIOGRAFIA

ARNOLD, J.E.M., 1978. La madera fuente de energía y las comodidades rurales. In Congreso Forestal Mundial, 8o., Jakarta. 37 p.

BURLEY, J., 1980. Selection of species for fuelwood plantations. Commonwealth Forestry Review. 59 (2): 133-147.

_____, y WOOD, P.J., 1979. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Londres, CFI. Tropical Forestry paper No. 10 y 10 A: 265 p.

CACERES, R., 1982. Los sistemas bioenergéticos: Instrumentos del desarrollo. In Curso sobre metodologías de investigación y técnicas de producción de leña, Amatitlán, Guatemala, 1982. Actas. Editado por H.A. Martínez H. Guatemala, CATIE-INAFOR. pp. 32-39.

DYSON, W.G. y BUDOWSKI, G., 1980. Notes on species suitable for inclusion in wood fuel production trials. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 23 p.

ECKHOLM, E., 1975. The other energy crisis: Firewood. Worldwatch Institute, Washington, D.C. pp. 1-6.

EVANS, J., 1982. Plantation Forestry in the tropics. Oxford, Clarendon, 471 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 1978. Implementing forestry programmes for local community development. In World Forestry Congress, 78 th., Jakarta. 20 p.

_____, 1978. Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales. Roma, FAO, Estudio FAO: Montes No. 8. 206.

_____, 1977. The state of food and agriculture. Roma. p. Irr (Agricultural Series No. 8.).

JOHNSON, N.E., 1976. Biological oportunities and risks associated with fast growing plantations in the tropics. Journal of Forestry, 74 (3): 206-211.

MARTINEZ H., H.A., 1983. Comportamiento inicial de Gmelina arborea y Eucalyptus camaldulensis en La Máquina, Suchitupéquez. Guatemala, CATIE-INAFOR. 3 p. Presentado en Seminario Móvil Proyecto Leña, Guatemala, 1983.

_____, 1983. Eucalyptus deglupta Blume en Escuintla, Guatemala. Guatemala, CATIE-INAFOR. 2 p. Presentado en Seminario Móvil Proyecto Leña, Guatemala, 1983.

_____, y ZANOTTI, 1983. Informe Anual, Guatemala. Guatemala, CATIE-INAFOR. 63 p.

NAIR, P.K.R., 1980. Agroforestry species; a crop sheets manual. Nairobi, Kenya. International Council for Research in Agroforestry. 336 p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980. Firewood crops; Shrub and tree species for energy production. Washington, D.C. 237 p.

NICARAGUA, INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA, 1981. Balance energético nacional. pp. 101-105.

SIREN, G., 1982. Silvicultura energética. Unasylva 34 (138): 22-28.

WEBB, D.B., 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. Londres, Overseas Development Administration. 275 p.