

Cirad Forêt
Programa Arboles y Plantaciones

Capacidad del programa de reforestación comercial
realizado en la zona Atlántica de Colombia
de generar empleo y fomentar el desarrollo rural,
desde la plantación hasta la transformación y comercialización de los productos

Consultoría para ONF-I y CORMAGDALENA, Colombia

Bogotá, Colombia

Montpellier, Francia

Marzo de 2003

Plan

1.	Introducción	5
1.1.	Contexto del estudio	5
1.2.	Objetivo del estudio	5
2.	Objetivos, contexto, hipótesis y líneas del programa.....	7
2.1.	Los objetivos del programa	7
2.2.	Los elementos claves del contexto del programa	7
a.	Plantación.....	7
b.	Cadena y valorización.....	8
c.	Inversión forestal e instituciones	8
2.3.	Las hipótesis claves del programa.....	9
a.	Los postulados	9
b.	Las hipótesis por verificar.....	9
2.4.	Las líneas generales de opciones del programa	10
a.	Descripción general del programa	10
b.	Componente ganadero	10
c.	Ordenamiento del uso del suelo en las fincas	11
d.	Relación ganadería - plantación	11
e.	Inversión y contrato entre socios	11
f.	Papel del Estado	12
g.	Redistribución de los beneficios.....	12
3.	Opciones para las especies y la genética	13
3.1.	Elección de las especies de reforestación.....	13
3.2.	Mejoramiento genético y producción (volumen y calidad).....	13
4.	Opciones para las plantaciones.....	15
4.1.	Problemática general.....	15
4.2.	Logro de la plantación	15
4.3.	Aptitudes forestales de la zona	15
4.4.	Elección de los sitios	16
4.5.	Preparación del suelo	17
4.6.	El vivero.....	17
4.7.	Período óptimo para la plantación.....	18
4.8.	Mantenimiento de las plantaciones (lucha contra las malas hierbas).....	18
4.9.	Cortes y entresacas	19
4.10.	Actividades asociadas.....	20
5.	Opciones para la transformación y la valorización.....	21
6.	Opciones para la escala y las organizaciones.....	23
6.1.	Agrupación de los propietarios productores.....	23
6.2.	Organización global de las plantaciones.....	23
7.	Opciones para la investigación y la extensión.....	24
7.1.	Elección de los suelos	24
7.2.	Mejoramiento genético	24
7.3.	Mejoramiento de las técnicas de vivero.....	24
7.4.	Mejoramiento del manejo sostenible de las plantaciones	24
7.5.	Transformación.....	25

8.	Evaluación global del programa	27
8.1.	Evaluación de las opciones.....	27
	a. Rentabilidad del programa	27
	b. Empleo.....	27
	c. Comparación entre clases fertilidad y especies	28
8.2.	Evaluación de otras opciones y análisis de sensibilidad.....	28
	a. Evaluación de la silvicultura dinámica	28
	b. Impactos de los costos de plantación.....	28
	c. Transformación.....	28
	d. Impacto de un incentivo a la plantación	29
9.	Anexos.....	30
9.1.	Enfoque metodológico.....	30
9.2.	Descripción sumaria del entorno del programa	35
9.3.	Plantaciones existentes en el bajo valle de la Magdalena en 2000.....	38
	a. ¿Qué lecciones se puede sacar de estas plantaciones ?.....	38
	b. Productividad de las plantaciones y precipitaciones (lluvias).....	38
	c. Productividad de las plantaciones y agua del suelo.....	39
9.4.	Especies recomendadas	40
	a. Tres especies prioritarias	40
	b. Teca: presentación general y notas silvícolas.....	40
	c. Pachira quinata.....	47
9.5.	¿Se pueden mejorar las técnicas silvícolas utilizadas hasta ahora ?	50
	a. Limpieza del terreno	51
	b. Preparación del terreno.....	51
	c. Viveros y plantación	53
	d. Mantenimiento de las plantaciones : desyerba.....	55
	e. Prevención contra los fuegos	58
	f. Entresacas y podas	60
9.6.	Simulación de las especies prioritarias	62
	a. Crecimiento: ecuaciones utilizadas	62
	b. Crecimiento de Gmelina arborea	67
	c. Crecimiento de Tectona grandis	69
	d. Crecimiento de Pachira quinata	75
	e. Datos de costos y mano de abro.....	77
9.7.	Valorización de los productos.....	83
	a. Introducción	83
	b. Una estrategia de opciones complementarias de valorización.....	84
	c. Selección de las especies	86
	d. Diagrama de flujo de productos forestales para las dos especies	88
	e. Factibilidad de los procesos industriales	90
	f. Plan de trabajo para el tratamiento de estacas con óleo térmico	95
9.8.	Modelaje global del programa de desarrollo forestal de Cormagdalena.....	96
	a. Presentación del modelo de simulación.....	97
	b. Modelo básico y resultados	101
	c. Comparación entre Teca y Gmelina	104
	d. Impacto de una silvicultura más dinámica	105
	e. Impacto de costos más altos de plantación	106
	f. Impacto de un rendimiento más bajo para la transformación en tablas del mercado nacional	107
	g. Impacto de un incentivo a la plantación	108
9.9.	Bases para el mejoramiento genético de las principales especies de plantaciones	109
	a. Las especies apuntadas	109
	b. Los puntos claves del mejoramiento genético.....	109

c.	La Teca	111
9.10.	Multiplicación vegetativa	114
a.	Generalidades para la aplicación de la multiplicación vegetativa bajo el marco del proyecto Cormagdalena	114
b.	Apoyo potencial del CIRAD-Forêt para la producción de plántulas por multiplicación vegetativa	115
c.	Multiplicación vegetativa de <i>Tectona grandis</i>	115
d.	Bibliografía consultada	129
9.11.	El seguimiento y la protección sanitaria, al servicio de la rentabilidad forestal.....	133
9.12.	Investigaciones sobre la gestión sostenible de las plantaciones forestales	137
a.	Introducción	137
b.	Problemáticas científicas.....	139
c.	Investigaciones selvícolas	142
d.	Estudio de los ciclos biogeoquímicos	144
e.	Documentos consultados	150
9.13.	Diapositivas de la presentación del trabajo en Barranquilla el 14 de marzo 2003.....	151

Agradecimientos

Los expertos del CIRAD (Dominique Louppe, Christian Sales et Bruno Locatelli) agradecen a las personas que les han ayudado en esa consultoría: Claude Barbier, Octavio Lopez, Sylvain Léonard, Vincent Garros y Valérie Marchal (ONF Andina, proyecto Cormagdalena), así como las personas de CORMAGDALENA y de CONIF y los productores de la zona del bajo Magdalena.

1. Introducción

1.1. Contexto del estudio

El gobierno colombiano afirmó su voluntad de promover el desarrollo de las plantaciones forestales a vocación de producción.

CORMAGDALENA es una entidad pública cuyo papel es el desarrollo de la región del río Magdalena (7 millones de hectáreas). ONF-INTERNACIONAL brinda un apoyo para definir la estrategia de desarrollo forestal de CORMAGDALENA y para elaborar programas forestales que se puedan presentar a donantes.

Los objetivos del programa de reforestación comercial en la zona de jurisdicción de CORMAGDALENA son:

- Fomentar un desarrollo económico basado en las plantaciones forestales y sus impactos directos e indirectos al nivel de las cadenas de transformación y de valorización
- Generar productos maderables y servicios para el mercado nacional deficitario y para el mercado internacional.

La zona potencialmente disponible para reforestación cubre cerca de 1 millón de hectáreas en la zona de jurisdicción de CORMAGDALENA. El reto del programa es el establecimiento de 20.000 hectáreas en 5 años. La CONIF (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal) conduce un programa piloto de 5000 hectáreas en la zona baja de la cuenca del río Magdalena (o zona atlántica), de los cuales 3000 acaban de ser plantados en 2001-2002. En un plazo más largo, el programa tiene ambición de reforestar hasta 100.000 ha en 10 o 15 años, en las zonas baja, mediana (Barrancabermeja) y alta (Neiva) del Magdalena.

En la zona, las lluvias totalizan en promedio 1200 milímetros por año con una época seca de 4 a 5 meses. Los suelos tienen una buena fertilidad y los terrenos no son quebrados. Tradicionalmente, las actividades de ganadería extensiva predominan en la zona y la cobertura boscosa es reducida.

Se plantea el uso de las siguientes especies: *Tectona grandis* (Teca) y *Gmelina arborea* (Melina) en prioridad, así como *Tabebuia rosea* (Roble) y *Pachira quinata* (*Pachira quinata*). Se prevé que los trabajos de establecimiento y el manejo inicial se realizarán por CORMAGDALENA en los terrenos de los propietarios. Al final, los beneficios se compartirán entre propietarios y CORMAGDALENA en función de la inversión de cada uno. Se implementará un servicio de extensión forestal para apoyar las actividades de plantación. Antes de que lleguen los primeros ingresos de las entresacas, se necesitarán apoyos financieros del gobierno colombiano o de donantes internacionales.

1.2. Objetivo del estudio

El objetivo general es el siguiente:

- Analizar varias opciones del programa de desarrollo forestal de CORMAGDALENA en la parte baja de la cuenca del río Magdalena, que puedan fomentar el desarrollo local al nivel de los núcleos forestales, generando empleo y valor agregado en un sistema integrado de las plantaciones y de la cadena productiva.

En particular, se debe:

- Proponer opciones para la realización de las plantaciones forestales y para el desarrollo de cadenas de transformación y valorización de los productos, que toman en cuenta el contexto local y las grandes orientaciones ya definidas por el programa. Ya existe un paquete técnico de plantación que se debe mejorar, fortalecer o apoyar para reducir los costos de plantación y aumentar la calidad. Al nivel de la transformación y valorización, se debe proponer el desarrollo completo de una cadena, teniendo en cuenta el contexto local y las posibilidades de mercadeo. Se deben proponer esquemas de organizaciones de productores que permitan lograr los objetivos del programa.
- Evaluar las varias opciones con respecto a los múltiples objetivos del programa. En particular se debe demostrar la viabilidad económica de las varias opciones para los diferentes socios del programa (propietarios, CORMAGDALENA, inversionistas), que sea al nivel de la plantación, de la cadena o de la comercialización. Se deben también evaluar las opciones con respecto a los otros objetivos del programa (sociales por ejemplo, por medio del empleo generado).
- Proponer temáticas de investigaciones científicas que puedan apoyar el programa, así como posibles fuentes de financiamiento para la investigación.

2. Objetivos, contexto, hipótesis y líneas del programa

A continuación se presentan sucesivamente los objetivos del programa, los elementos importantes del contexto del programa y las principales hipótesis que conducen a la toma de decisión.

2.1. Los objetivos del programa

El análisis detallado de los principios y criterios que caracterizan los objetivos del programa se encuentra en anexo 9.1.

El principio más importante se refiere a la alta calidad de los productos y sus costos adecuados en la plantación y la cadena (P1). El segundo principio más importante trata sobre los impactos económicos del programa sobre los propietarios, CORMAGDALENA y los inversionistas (P3). Eso es coherente con el carácter comercial afirmado del programa de reforestación.

Los siguientes principios conciernen a los impactos sociales (P4) y los cambios en el entorno favorables para un desarrollo forestal (P2). Eso confirma que el programa no es solamente un programa de plantación sino más bien un programa de desarrollo forestal, con todas las implicaciones sociales e institucionales que eso tiene.

Los impactos ambientales (P5) no son un objetivo del programa, si no un efecto secundario. Se debe recordar que un futuro programa de reforestación al nivel de toda la cuenca podría ser justificado por sus impactos sobre el régimen hidrológico, pero que el programa actual trabaja sobre la parte baja de la cuenca y es un programa piloto.

2.2. Los elementos claves del contexto del programa

A continuación se presentan los elementos claves del contexto del programa que determinan las opciones posibles del programa.

a. Plantación

Es deficiente el conocimiento sobre las actividades forestales, sobre todo en las zonas tropicales del país, debido a la ausencia de tradición y de experiencia forestal.

Ya se aplicó localmente un paquete tecnológico básico de plantación y se tienen ideas de un paquete técnico más adecuado. Se deben evaluar, fortalecer y mejorar estos paquetes.

Las plantaciones de *Tectona grandis* y de *Gmelina arborea* ya realizadas en la zona muestran un crecimiento muy alto. Otras especies son prometedoras como *Tabebuia rosea*, *Pachira quinata* u otras especies a determinar. Falta conocimiento sobre el comportamiento local y el manejo de todas estas especies.

Existen fuentes privadas de semillas que tienen aparentemente buenos resultados en las plantaciones. Pero no se pueden tener garantías de calidad y controlar un proceso de mejoramiento, ni seguridad de cantidad o de almacenamiento de las semillas para las necesidades del programa.

b. Cadena y valorización

No existen cadenas para productos de plantaciones en la zona del bajo Magdalena. Existen pocas industrias en Cartagena y Barranquilla para productos de bosques naturales. En Barranquilla hay una planta que ya utiliza madera de plantaciones (*Gmelina*) para producción de tablero. En el departamento de Magdalena, hay una pequeña planta que está empezando ensayos para utilizar madera de *Tectona*.

No existen actualmente garantías con respecto a la comercialización de los productos maderables de plantaciones forestales.

El conocimiento sobre técnicas de transformación de la madera de plantación es reducido o inexistente.

Hay pocos mercados para productos de entresacas. Solamente las estacas y los postes podrían interesar a los ganaderos, a pesar de la oferta de los postes producidos con madera de bosques naturales.

La demanda local de dendroenergía es reducida. Puesta la baja densidad de población rural, no hay demanda para leña o carbón. En las ciudades, se utilizan principalmente el gas y la electricidad producida por hidroenergía y estas fuentes de energía son bastante baratas.

La implementación de las plantaciones en el principio de la fase piloto no tuvo en cuenta las futuras etapas de valorización y comercialización ni objetivos de calidad de los productos.

c. Inversión forestal e instituciones

Aparte de algunas entidades privadas (Pizano, Refocosta, Reforestador San Sebastián), no se encuentra en la zona baja otro tipo de inversionistas particulares dedicados a esta actividad con proyección industrial.

CORMAGDALENA es una entidad pública que tiene un presupuesto para realizar plantaciones. En el programa, CORMAGDALENA trabaja en asociaciones con actores privados (propietarios de la tierra y inversionistas privados). El Estado podría tener un papel de apoyo al programa (infraestructuras, incentivos y apoyo a investigación).

Existe un incentivo forestal, el CIF (Certificado de Incentivo Forestal). “Es un aporte directo en dinero, que consiste en una bonificación en efectivo de los costos de siembra de plantaciones forestales en terrenos de aptitud forestal, del 50% si se plantan especies introducidas y un 75% si se plantan especies nativas. Por los costos netos de manejo del segundo hasta el quinto año, se reconoce hasta un 50% para ambos casos” (CONIF, 2000a). Los costos presuntos se fijan anualmente por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Actualmente, el costo de siembra se estima a 1.500.000 pesos por hectárea¹.

Por el largo plazo de retorno de la inversión, el propietario de tierra no está dispuesto a disminuir sus ingresos agrícolas y/o ganaderos.

Existe capacidad de organización de los productores, como lo muestran las cooperativas lecheras.

¹ En enero 2003, 1 US\$ = 2900 pesos colombianos. El costo equivale a 517 US\$/ha.

2.3. Las hipótesis claves del programa

A continuación se presentan las hipótesis que determinan las opciones posibles de realización del programa. Las primeras tienen un valor de postulado dado que no tienen que ser verificadas. Las últimas son verdaderas hipótesis en el sentido que vale la pena verificarlas para lograr los objetivos del programa.

a. Los postulados

El programa logrará sus objetivos solamente si los ganaderos son actores del desarrollo forestal que están agrupados en una asociación e integrados en una cadena de transformación y valorización.

El programa logrará sus objetivos solamente si es un programa integrado desde la plantación hasta la comercialización, que desarrolla una cadena y una estructura de comercialización.

Las cadenas serán eficientes y generarán empleo y valor agregado solamente si las plantaciones generan productos de calidad con costos adecuados. Por lo tanto, las opciones de plantación deben privilegiar la rentabilidad sobre el empleo. Si se eligen opciones con más empleo, se debe imaginar un apoyo del Estado para los costos adicionales.

Solamente se puede hacer reforestaciones vinculando a los propietarios de las tierras como socios porque la compra de tierra castigaría la rentabilidad del programa.

Los propietarios no quieren desembolsar dinero para la inversión inicial.

Trabajar con una multitud de actores necesita agruparlos en organizaciones de productores, que permitirán reducir los costos y aumentar los beneficios (por ejemplo por mayor peso en las negociaciones de venta).

La diversificación de las especies es positiva porque existen especies con potencialidad. Pero se debe empezar las plantaciones solamente con especies ya conocidas, por seguridad y porque un número limitado permite tener cantidades suficientes de cada tipo de productos al momento de la transformación y comercialización.

Un programa de interés público de ese tamaño debe desarrollar sus propias fuentes públicas de semillas para no ser dependiente de fuentes privadas o extranjeras.

Investigaciones y ensayos mejorarán los paquetes técnicos, bajando los costos y aumentando la calidad o la cantidad.

El programa logrará sus objetivos solamente con extensión y capacitación de los propietarios.

b. Las hipótesis por verificar

Una silvicultura dinámica (una primera entresaca muy fuerte, una silvicultura al nivel del árbol con intervenciones humanas tipo podas, una rotación la más corta posible) es adecuada con los objetivos de calidad y de rentabilidad y con el contexto local (por ejemplo la ausencia de mercados de productos de entresacas).

La mayor parte del empleo y del valor agregado se crea al nivel de la cadena (en la etapa de transformación de los productos).

Es mejor desarrollar industrias in-situ para beneficiar al empleo local y generar valor agregado que vender los productos brutos.

Los productos de madera sólida de calidad siempre encuentran un mercado.

La transformación de la madera sólida de calidad genera más valor agregado y más empleo en la cadena que los productos tipo chips o pulpa. Además, cadenas de chips o pulpa (para papel o tablero de partículas) son más difíciles implementar que las de madera sólida fina (necesitan gran escala de plantaciones, gran inversión y son más dependientes de los mercados internacionales).

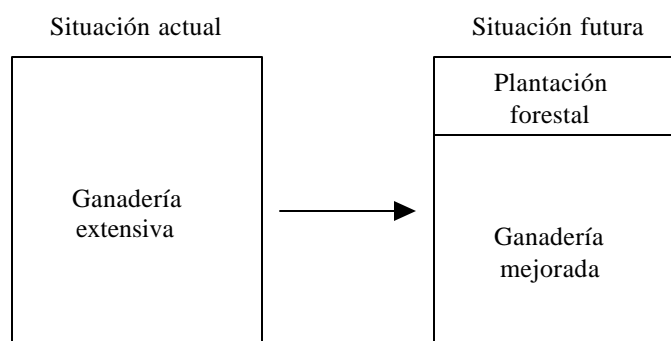
2.4. Las líneas generales de opciones del programa

A continuación se presentan las líneas generales del programa tales, como las ven CORMAGDALENA y ONF I.

a. Descripción general del programa

En la zona predominan actividades de ganadería extensiva (menos de un animal por hectárea) en fincas de 50 a 2000 hectáreas. La siguiente figura describe el esquema general del programa.

Figura 1. Esquema general del programa



b. Componente ganadero

Será encargada del componente ganadero del programa la Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN²). La ganadería mejorada incluye los siguientes elementos: recuperación de los rastrojos en pastos, con el uso de las máquinas de la plantación, trabajo del suelo (arado), introducción de pastos mejorados, rotación de los pastos (con cercas), construcción de abastecimientos de agua con las máquinas de la plantación, mejoramiento genético del ganado. La idea es mantener los ingresos de la ganadería en una zona reducida de pastos.

² <http://www.fedegan.org.co/>

c. Ordenamiento del uso del suelo en las fincas

En la finca se establecerá un ordenamiento del uso del suelo con fotos aéreas para identificar las zonas inundables, los rastrojos, los sitios para construir abastecimientos de agua y carreteras, la zonificación de los pastos y las posibilidades de acercar plantaciones de fincas adyacentes. Por lo tanto, el programa desarrollará una herramienta de SIG para disminuir los costos. Además de optimizar la conectividad entre plantaciones de diferentes fincas y las carreteras, el SIG permitirá reagrupar las operaciones de silvicultura y los productos para el mercado.

d. Relación ganadería - plantación

No se prevé la introducción de árboles en los pastos puesto que ya tienen una cobertura forestal suficiente. Tampoco se piensa en el cultivo de árboles maderables en los pastos por los riesgos de daños de los árboles por el ganado.

Solamente se prevé la posible introducción del ganado en la plantación a fines de la época seca, cuando las plantaciones tengan una edad suficiente (después de la última entresaca, al menos a los 5 años). Con Pachira quinata y Tectona, los riesgos de daños de la corteza son reducidos, pero existen para Gmelina y posiblemente para Tabebuia.

Durante los dos primeros años, las herbáceas de la plantación deben ser destruidas. La producción de forraje en la plantación está excluido, dado que eso compite con la producción de materia seca por los árboles.

e. Inversión y contrato entre socios

La inversión en la plantación se compartirá entre los socios:

- El propietario ganadero invertirá la tierra y, si lo quiere, mano de obra y máquinas. En algunos casos, esa posibilidad le permitirá optimizar el uso de su capital y de sus empleados.
- CORMAGDALENA e inversionistas privados pagarán los gastos de establecimiento y los otros gastos de mantenimiento no asumidos por el propietario.
- El Estado posiblemente pagará un incentivo forestal o ganadero (de monto igual a los CIF) e invertirá en infraestructuras (puentes, carreteras) y posiblemente en investigación.

Actualmente, CORMAGDALENA da préstamos sin interés a los propietarios. Pero sus recursos financieros limitados no permiten seguir en esa dirección para lograr un objetivo más amplio de plantación. Además, el préstamo no incentiva a la creación de una cultura forestal y beneficia solamente a los grandes propietarios que tienen garantías para el préstamo. Por lo tanto surgió la idea de un contrato con los propietarios y de una organización de productores forestales. Los propietarios, CORMAGDALENA y los inversionistas privados van a formar parte de una empresa reforestadora.

Cada inversión del propietario (tierra, trabajo, máquinas) estará valorado y cuenta para compartir los beneficios de la cosecha final. El propietario no tendrá que desembolsar dinero para la plantación y estará libre de participar en las operaciones con sus propios medios.

El contrato con el propietario incluirá un modelo de silvicultura que debe respetar, con la libertad de modificar un poco las fechas de las operaciones. Cada año, se elaborará un plan de trabajo con el propietario.

f. Papel del Estado

El incentivo del Estado podría tener una forma similar al incentivo existente (CIF). Dado que existen muchas incertidumbres sobre la perennidad de este incentivo, el programa intentará proponer otro tipo de mecanismo, por ejemplo el Certificado de Incentivo Ganadero, que se basaría sobre los montos que se pagan para el CIF y sería en función del área plantada pero serviría para cubrir los gastos del componente de ganadería mejorada. La ventaja sería aprovechar fondos disponibles para el sector ganadero.

El Estado también apoyaría al programa por medio de inversión en las infraestructuras públicas (carreteras, puentes...). Para que las operaciones de aprovechamiento de las plantaciones forestales sean factibles, el programa deberá planificar desde el principio las necesidades de infraestructuras. Estos costos no se pueden asumir por el programa: se debe demostrar las necesidades de una inversión estatal.

g. Redistribución de los beneficios

Los beneficios del aprovechamiento de las plantaciones se compartirán entre los socios en proporción de sus inversiones, que sean financieras (en el caso de CORMAGDALENA y de los inversionistas) o de mano de obra, de máquinas y de tierra (en el caso de los propietarios).

Los beneficios sacados por CORMAGDALENA serán utilizados para el Servicio Forestal que se implementaría, así como para actividades de capacitación, acciones ambientales e investigación.

3. Opciones para las especies y la genética

3.1. Elección de las especies de reforestación

Las conclusiones principales son las siguientes (ver más detalles en anexo 9.4):

- para desarrollar un sector maderero, es necesario tener una cantidad importante de materia primaria homogénea. Por lo tanto no ha de variar mucho las especies de repoblación y se debe trabajar con las que hicieron sus pruebas tanto en plantación como en la transformación y en la comercialización
- se adoptan dos especies principales : la Teca (*Tectona grandis*) y la Gmelina (*Gmelina arborea*). Para las zonas con inundación temporaria, la Ceiba roja (*Pachira quinata* o *Bombacopsis quinata*) puede utilizarse.
- para estas especies, se debe usar el material vegetal mejorado (ver más allá).

3.2. Mejoramiento genético y producción (volumen y calidad)

A continuación se encuentran las principales conclusiones (ver anexos 9.9 y 9.10 para más detalles).

- Las especies referidas en prioridad por el mejoramiento genético son la Teca y la Gmelina. Las características a mejorar son el crecimiento, la forma (rectitud, ausencia de horquilla, ramas finas, ausencia de acanaladuras o protuberancias en el tronco, ausencia de fibras reviradas) y la calidad de la madera.
- El mejoramiento de la Gmelina en Colombia parece ser bien adelantado : las Gmelinas procedentes del huerto semillero de segunda generación, visto en Reforestadora de la Costa, presentan un muy buen crecimiento y una muy buena forma. Probablemente descienden de los ensayos de progenie organizados alrededor del 1975 por Danida bajo los auspicios de la FAO. Este huerto semillero de Monterrey Forestal se constituye con 73 clones en mezcla aleatoria con 20 bloques. Cubre un poco más de 8 ha. Existe también un rodal semillero de 7 ha con Gmelina y un huerto semillero clonal de primera generación cuya producción de semillas sobrepasa una tonelada por año.
- Hay que verificar que estos huertos semilleros son capaces de proporcionar todas las semillas necesarias al programa de repoblación en Gmelina (en el Bajo Magdalena y en las demás regiones de Colombia). En una primera aproximación, estas fuentes deberían permitir repoblar entre 1500 ha (a 1100 árboles por hectárea) a 2600 ha (a 625 árboles/ha). Si la producción de semillas es insuficiente, hay que pensar en crear rápidamente dentro de la zona del proyecto un huerto semillero de clones de tercera generación multiplicando vegetativamente los individuos mejores progenie del huerto de segunda generación (seleccionados en la zona del proyecto para limitar las consecuencias de interacción del genotipo con el medio ambiente en la elección de los fenotipos).
- Ensayos de progenie deben realizarse para ralea el huerto y certificar la fuente de semillas
- Los mejores fenotipos elegidos para el huerto podrán también ser multiplicado vegetativamente para plantaciones clonales después de una fase preliminar de ensayos de comportamiento de clones.

- Para la Teca, la producción de semillas de calidad en cantidad suficiente es un problema crucial. Un huerto semillero de una hectárea solo permite la repoblación de unas decenas de hectáreas y por el momento parece ser que no exista huerto productivo en Colombia.
- Comfore (Cooperativa colombiana de mejoramiento genético forestal) ayuda a las empresas de repoblación para el mejoramiento del material vegetal. Para la Teca, 72 árboles « plus » fueron preseleccionados en Refocosta (35), Ganados y Maderas (32) y en Reforestadora Caribe (5).
- 36 clones están en el banco en Refocosta que emprendió el cultivo in vitro de la Teca. Las primeras plantaciones de clones in vitro fueron realizadas en 2000. El crecimiento es rápido : altura de 9 m y diámetro de 7,4 cm a los 18 meses y la forma es buena.
- Refocosta repobló 20 ha con este material clonal dentro del cual un huerto semillero de clones
- Se selecciona el material vegetal en la zona del proyecto lo que representa una ventaja notable en cuanto a la aclimatación. Será necesario en cuanto la mayor parte de los clones fructifiquen, probar el progenie de este huerto por familias.
- Las necesidades de semillas para un programa de repoblación de aproximadamente 1000ha/año es alrededor de 2 toneladas de semillas (plantaciones a 1100 árboles/ha) o sea la producción de un huerto de 60 ha (para los que menos producen) a 10 ha para los que más producen. Para agrandar el huerto rápidamente, injertos de árboles « plus » ya seleccionados podrán utilizarse.
- La multiplicación por esqueje o in vitro de los árboles seleccionados permitirá la realización de plantaciones clónales después de una fase de validez de los clones (forma, crecimiento y sobretodo calidad de la madera)

4. Opciones para las plantaciones

4.1. Problemática general

No se debe diseñar un nuevo paquete técnico si no proponer mejoramientos o innovaciones del paquete actual para generar, en menos tiempo y menos costos, productos de mejor calidad y cantidad.

Las próximas plantaciones seguirán el paquete técnico existente. Lo más pronto posible, el programa iniciará ensayos en parcelas demostrativas para probar los mejoramientos de corto plazo (preparación del suelo, mantenimiento, modelos de silvicultura). Resultados podrían ser disponibles después de 2 años y permitirían cambiar el paquete técnico. Otros mejoramientos ocurrirán a más largo plazo (por ejemplo en la genética).

4.2. Logro de la plantación

Los objetivos de las plantaciones son:

- crear una fuente forestal capaz de alimentar posteriormente una industria, o sea crear empleos y riqueza en esta zona desheredada.
- tener una madera de alta calidad y un producto homogéneo para un mejor valor añadido a la transformación y posibilidades a practicar precios altos a la exportación
- producir en los términos más cortos posibles, compatibles con los límites medioambientales, biológicos, industriales y económicos.

A nivel de la plantación, la producción de grumos de calidad necesitan reunir cinco condiciones :

- elegir buenos suelos, buenos terrenos : fértiles, profundos y drenantes
- elegir buenas especies : adaptadas a las condiciones medioambientales y produciendo una madera de calidad
- seleccionar el mejor material vegetal : clones o semillas seleccionadas que ya han sido un éxito en situaciones medioambientales comparables
- realizar la plantación en las normas :vivero, trabajo del suelo, plantación y mantenimientos
- adoptar la mejor silvicultura posible : régimen de entresacas optimizando el crecimiento conservando a la vez un microclima forestal y una duración de la revolución permitiendo la producción de un durámen de calidad.

4.3. Aptitudes forestales de la zona

A continuación se presentan las generalidades referentes a las aptitudes forestales de la zona. Más detalles se encuentra en el anexo 9.2.

- la vegetación autóctona fue fuertemente (por no decir casi completamente) eliminada para la instalación de los pastos,
- la vegetación natural, en las zonas en las cuales el pasto está abandonado, es un bosque denso y seco (una cubierta de árboles casi impenetrable – Prosopis juliflora y otras especies de zona seca),
- este bosque seco confirma que a pesar de la pocas precipitaciones (1000 a 1250mm/año), existen reales posibilidades de producciones forestales,
- varias especies epifitas se desarrollan en los árboles: demuestran fuerte humedad atmosférica y precipitaciones ocultas (probablemente abundantes) que mejoran el abastecimiento en agua de los árboles y confirman la potencialidad forestal del medio
- entre las zonas de valles inundables, el moldeado del terreno se constituye de colinas redondeadas en las cumbres y pocas pendientes. Se pueden trabajar los suelos fácilmente y mecánicamente.

4.4. Elección de los sitios

Se proponen las siguientes recomendaciones:

- El logro del proyecto dependerá de la elección de los suelos a repoblar. Solos los más fértiles garantizarán una producción rentable
- En ciertos sitios en las colinas la vegetación « autóctona » pareció poca productiva: árboles raquíuticos aunque sean aparentemente viejos. Una gran parte de las tierras de la zona del proyecto no soportarán una repoblación productiva.
- Al no haber catas, no fue posible estimar la profundidad útil de los suelos. Aparentemente parecen bastante profundos para soportar una masa forestal. En zona seca, ni la Teca ni la Gmelina soportan suelos con poca profundidad y menos suelos superficiales. Para plantaciones productivas es necesario tener suelos profundos
- La topografía parece reflejar la pedología : más arcillosos son los suelos cuando se acerca a la parte baja de la pendiente (no se hizo ninguna análisis y al tocarlos se notan suelos compactos y grasos). Se ven variaciones de crecimiento sin que sea necesario una medida en las plantaciones jóvenes, en función de su posición en la toposecuencia. La altura de las Tecas varía más que la de la Gmelina, lo que confirma que la Teca es más exigente al nivel de las calidades del suelo que la Gmelina aunque ésta lo sea también.
- Los suelos inundables solo tienen vocación forestal con la Ceiba roja o la Teca siempre y cuando la submersión no sobrepase una quincena de días para la Teca, la Ceiba siendo un poco más tolerante. Las inundaciones corren el riesgo de ahogar las plántulas. Hace falta plantar en montículos o al final de las inundaciones para que los árboles sean suficientemente altos para resistir a la submersión próxima. En estas zonas se pueden conseguir las mejores producciones pero la silvicultura es muy delicada.
- La influencia de la toposecuencia en el crecimiento de los árboles debe determinarse rápidamente con el fin de proporcionar a los plantadores una herramienta de ayuda a la selección de los suelos según las especies de repoblación (ver capítulo consagrado a las investigaciones a desarrollar)

Se puede encontrar más detalles en el anexo 9.3.

4.5. Preparación del suelo

A continuación se encuentran las principales conclusiones. Más detalles están en los anexos 9.5 (parte a y b).

- La primera cosa para hacer es eliminar la maleza y los árboles que entorpecen el terreno con el fin de facilitar todos los trabajos de plantación y el seguimiento silvícola. Se conservarán eventualmente los árboles ya bien desarrollados de especies con alto valor comercial. No obstante se evitará despoblar los sitios sensibles, en particular, a la erosión.
- En la zona del proyecto, la ahorro del agua en el suelo es un factor principal para el logro o no de las plantaciones forestales.
- Los suelos tienen un contenido más o menos fuerte en arcillas que inflan, lo que se traducen por rajadas de retirada más o menos amplias. Estas rajadas permiten a las aguas procedentes de las primeras aguas penetrar en el suelo y alimentar en agua las plantaciones nuevas
- Estos suelos arcillosos sin embargo son particularmente compactos en la temporada seca y solo pueden ser trabajados con el subsolado. Este va a aumentar la deestructuración de la superficie del suelo y permitir una mejor infiltración de las aguas de lluvia. Un subsolado cruzado será más eficaz ya que mejorará la infiltración de las aguas de lluvia específicamente cuando las rajadas de retirado sean rellenadas por el inflado de las arcillas después de las primeras lluvias
- La labranza es imposible en temporada seca y sólo puede realizarse cuando las primeras lluvias humedecen los primeros 40 centímetros y antes de que los suelos sean demasiado ablandados. Se dispone de poco tiempo para la labranza al contrario del subsolado que se lo puede hacer a lo largo de la temporada seca. La labranza debe hacerse con un arado pesado del tipo Rome con discos de 80 – 90 cm de diámetro y remolcado por un tractor oruga. No tiene que haber ningún tipo de grada después de la labranza ya que el deshecho de los terrones conduciría a un relleno rápido del suelo por las arcillas y a una reducción de la infiltración de las aguas de lluvia.

4.6. El vivero

(más detalles en el anexo 9.5, parte c).

- Las plantas que salen del vivero deben ser vigorosas y sobretodo se deben eliminar los 30 % menos conformados antes de la plantación ya que solo darán árboles sin porvenir. Esta fuerte selección en vivero permite plantar con densidades menos elevadas (625 plantas en lugar de 1100 por hectárea), lo que reduce los costos de plantación sin comprometer ni el volumen ni la calidad de la producción final de la masa.
- Las plantas del vivero visitado se parecían más a remanentes de vivero en fines de una campaña de plantación que a plantas destinadas a ser plantadas en los próximos días : plantas frágiles, mal brotadas, de forma poca atractiva para el porvenir
- La calidad de las plantas al salir del vivero debe mejorarse
- Hoy en día, los terrones son demasiado chicos y las plantas a la plantación no tienen ninguna reserva de agua permitiendo pasar una semana sin riego en caso de sequía imprevista. Para el material vegetal seleccionado, o sea escaso y caro, se deben producir plantas más vigorosas aumentando el tamaño del

terrón (o del sobre o contenedor) o bien plantarlos cuando están más chicos. Si se dispone de una fuente abundante de semillas es preferible producir "stumps" en plena tierra

4.7. Período óptimo para la plantación

- La temporada seca es corta, las plantaciones deben realizarse en cuanto empiecen las primeras lluvias. Experimentaciones en zonas secas de Africa con el *Eucalyptus camaldulensis* demuestran que cada día de atraso en la plantación implica una pérdida en el crecimiento de un cm en fines de la temporada de lluvia. Un atraso de un mes da así una pérdida de 30 cm en las plantas. Teniendo en cuenta el crecimiento de las plantaciones que hemos podido visitar, cada día de atraso podría implicar una pérdida mucho más importante que un centímetro. Una plantación tardía corre también el riesgo de tener consecuencias graves en el porvenir de los árboles, sobretodo cuando se tratan de árboles seleccionados
- Si tenemos el poder adquisitivo, un riego de plantas debe preverse en caso de sequía sobretodo si las plantaciones se realizan con material vegetal mejorado o clones seleccionados multiplicados por esqueje o cultivo in vitro.
- Para la Teca y la Ceiba roja, la bibliografía menciona que los stumps pueden ser plantados antes de la llegada de las lluvias. Vuelven a crecer con la llegada de las lluvias y aprovechan así de toda la temporada de las lluvias. Entonces tienen un crecimiento óptimo el primer año, lo que les da una ventaja segura para el porvenir. Se tendría que adaptar esta técnica exótica a las condiciones locales para una experimentación antes de generalizarla.

4.8. Mantenimiento de las plantaciones (lucha contra las malas hierbas)

(más detalles en el anexo 9.5 parte d).

- Los árboles jóvenes no soportan la competencia de las malas hierbas por el agua, sobre todo en zona seca. Guardar un suelo limpio durante el primer año es una apuesta para el logro de la plantación. La desyerba es una operación indispensable. Pueden combinarse la desyerba química (por ejemplo el round-up una semana antes de la plantación o alrededor de las plantas evitando tocar las hojas de los árboles) y la desyerba manual y mecánica. En este último caso, hay que privilegiar el paso del cover-crop que elimina los yuyos (hierbas) y trabaja el suelo, permitiendo así una mejor infiltración de las aguas de lluvia.
- La desyerba es también indispensable pues elimina los riesgos de fuego. Pudimos constatar que estos riesgos no son desdeñables en la zona del proyecto. Aunque las cortezas de la Teca y de la Gmelina les permiten soportar el paso de los fuegos sin mortalidad ni pérdida de crecimiento importante, parece que los fuegos pueden modificar el color o el dibujo de la madera y causar así una pérdida en una parte importante del valor comercial del producto finalizado (aserrado, desenrollado o corte).
- Una alternativa a la desyerba es el cultivo intercalado. Para los dueños que desean reducir los costos de inversión, el cultivo intercalado permite sacar un ingreso por la venta de la cosecha. Algodón, maíz o otro, todo dependerá de las salidas existiendo para estos productos. El cultivo intercalado reduce el crecimiento de los árboles en comparación con una plantación sin mantenimiento o mantenida muy tarde. A menudo, el cultivo intercalado presenta la mejor alternativa pues deja un terreno limpio después de la cosecha y los árboles no tienen competencia para el agua durante toda la temporada seca.

- Otra alternativa a la desyerba es el pasto en las plantaciones en la temporada de las lluvias. En esta temporada la hierba es de mejor calidad y el ganado no corre el riesgo de combatir los árboles. El ganado puede entrar en las plantaciones al tercer año lo que representa un excelente medio para limitar la proliferación de las malas hierbas y los riesgos de fuego. Si se dejan las hierbas desarrollarse durante las lluvias, el pasto de la temporada seca no permite limitar los riesgos de fuegos accidentales

4.9. Cortes y entresacas

(más detalles en el anexo 9.5 parte f y el anexo 9.6).

- La silvicultura ha de optimizarse para una producción de madera de calidad en tiempos más cortos posibles pero compatibles con las exigencias biológicas de las especies involucradas.
- Tablas de producción se presentan en el anexo 9.6 « simulación de las especies prioritarias »
- Al tener grandes espacios entre los árboles, la Teca y la Gmelina desarrollan generalmente ramas con grande calibre incompatibles con una madera de calidad. El corte es una operación indispensable. Este debe ser precoz y lo más alto posible para producir el máximo de madera sin nudos para la exportación y alcanzando así altos valores comerciales
- Para la Teca, un entresaca fuerte causa la aparición de brotes adventicios que se vuelven ramas si se espacian demasiado los árboles. En caso de que los entresacas no sean muy importantes, los brotes adventicios desaparecen rápidamente sin inducir defectos en la madera que puedan volverla invendibles en el mercado internacional. Para obtener una madera de calidad de la Teca, la silvicultura debe imperativamente tener una densidad de plantación alta seguida por varios entresacas cada 4 o 5 años y no muy importantes
- Para la Gmelina, la ausencia de brotes adventicios permite prever una silvicultura más dinámica. Entresacas importantes van a implicar una proliferación de la vegetación herbácea que debe controlarse por la desyerba o por el pasto. Se puso un ensayo de silvicultura intensiva en las plantaciones de Gmelina con reducciones muy fuertes de densidad : a los tres años se pasa, según los tratamientos de 1100 árboles/ha a más o menos 200/ha con tratamientos intermediarios. Este ensayo es particularmente interesante pues permite rápidamente definir la silvicultura óptima para la Gmelina.
- Para la Teca, la optimización de la rentabilidad de la plantación depende de la tasa de madera duraminizada y sin defecto. Más bajo es el diámetro del durámen del árbol más bajo es el rendimiento a la transformación. Le conviene por lo tanto al aserrador tener una madera mejor duraminizada aún pagando más. En promedio, las vetas de los últimos cinco años constituyen la albura de la Teca. Con una silvicultura optimizada en los mejores suelos y con material genéticamente mejorado, la tasa de la madera duraminizada es de 0 % a los 5 años (13 cm de diámetro), de 34 % a los 10 años (23 cm de diámetro), de 53 % a los 15 años (31 cm de diámetro), 61 % a los 20 años (40 cm de diámetro) y 74 % a los 25 años (47 cm de diámetro). Por lo tanto no se puede tener buenos rendimientos « materia » para la primera elección (exportación) a la transformación antes de los 25 años. Teniéndolo en cuenta, estimamos que había que esperar 30 años antes de valorizar a lo mejor la madera de la Teca y aprovechar el aumento simultáneo del porcentaje del durámen, de la tasa de transformación y del valor de la madera de calidad.
- Para la Gmelina, el durámen al no tener una diferencia visual con la albura, el precio de venta dependerá solo del diámetro de los árboles. El crecimiento siendo más rápido, puede esperarse una vuelta financiera

más rápida. Esta dependerá no obstante de los coeficientes de transformación de esta materia primaria dentro de todo homogénea

4.10. Actividades asociadas

(ver anexo 9.5, partes d y e para más detalles).

- Se mencionaron los cultivos intercalados y la ganadería asociada con las plantaciones en el capítulo de las técnicas de mantenimiento. Estas actividades permiten obtener un ingreso de la agricultura o de la ganadería que reduce el monto de la inversión representada por la plantación.
- Las ventajas ecológicas de las repoblaciones (microclima, medio ambiente, fijación del carbono...) no se incluyeron en nuestra reflexión. Podrían considerarse como ventajas complementarias para los dueños forestales. Estos beneficios medioambientales merecerían ser pagos, lo que incentivaría el aumento de las superficies plantadas, o sea el aumento tanto de los empleos forestales así como los empleos en toda la industria posteriormente.

5. Opciones para la transformación y la valorización

Hay muy claramente una demanda fuerte y en crecimiento, para los próximos decenios para una producción de madera de calidad, fácil de acceso y de abastecimiento (plantaciones en tierras de ganaderías), en cantidad controlada y planificada. Esta demanda concierne básicamente los mercados de la madera aserrada teniendo en cuanto que la globalización de los mercados pone más competitivos los productos de importación en los sectores de la pulpa y papel o de los paneles de fibras o virutas. Existe también en Colombia una producción y un consumo bastante importante de contrachapado. La producción de contrachapado a partir de trozas de plantación permite un aumento de rentabilidad debido a una materia prima más homogénea a precio más bajo. Estas ventajas compensan el tamaño más pequeño de los rollos y la baja de rendimiento en materia prima cuando se compara a las posibilidades ofrecidas por las especies de bosques naturales.

Hay básicamente una demanda para madera de construcción, liviana, con buenas características, que se podría utilizar de manera muy amplia en carpintería (primera calidad), estructura, encofrados, cajas y embalaje (segunda calidad): una madera de precio bajo, de calidad regular y destinado al mercado local o nacional. La madera de Melina podría cumplir con estas exigencias. Esta madera presenta unas dificultades tecnológicas que hay que tomar en cuenta al inicio de un tal proyecto. Esta madera, básicamente de buena calidad sobre todo cuando se ha desarrollado una silvicultura con poda artificial, presenta unos problemas debidos a su débil durabilidad natural y su difícil impregnabilidad por los tratamientos de preservación. Es por eso que la Melina es básicamente una madera de usos interiores. Además, su muy alto contenido de humedad en verde aumenta la duración del secado . En tablas se necesita manejar una fase de secado al aire antes de pasar a la secadora para tener un costo de secado competitivo. En contrachapado el problema sigue con más efecto porque se necesita reducir la velocidad de las secadores para permitir la fabricación del contrachapado o hacer dos vueltas o disponer de dos secadores en la misma cadena.

Hay también una demanda para una madera linda, de grano fino y de alta durabilidad natural para ebanistería, muebles, parqués y carpintería de lujo (exterior y interior). Al nivel internacional se va creciendo, en relación con la prohibición de los productos de preservación, la demanda para una madera de uso exterior que sea en carpintería o en muebles. La Teca es básicamente la especie la más buscada en el mercado internacional para estos tipos de usos. La oferta no es muy importante y quedará baja. Los precios de compra en el mercado internacional son altos y hay una fuerte demanda para productos finales como muebles de jardín, parqués o revestimientos de suelos en exterior. Los utilizadores buscan una madera de muy alta calidad y se fabrican productos de lujo por los cuales la materia prima representa un pequeño porcentaje del costo final. Pero, la calidad del dicho producto depende de manera muy importante de la madera utilizada. Es a decir que en el caso de la Teca, existe un mercado muy importante para una madera de calidad que se pagaría muy caro, en cambio no hay ningún mercado para una madera de Teca de mala calidad. La única excepción en este caso queda el mercado de la madera para la cremación de los muertos en ciertos países como India.

La calidad de la madera de Teca es directamente relacionada con el porcentaje de duramen que es la sola parte del tronco que se puede valorizar en forma de tablas. Si se corten los arboles demasiados jóvenes, la cantidad de madera juvenil y de albura es demasiada importante y es imposible de mantener un rendimiento suficiente. Es a decir que no se puede pensar producir tablas de Teca de nivel “exportación” a menos de los 25 y mejor 30 años. Las Tecas que hemos visto en el terreno de esta edad presenta diámetros de 30 a 35 cm y un porcentaje de duramen de 50% en volumen lo que es suficiente para el objetivo. Además se necesitan arboles que crecen el más recto posible para evitar contrahilo y sin ramas (practica de poda), un nudo en una tabla implica la clasificación en segunda calidad. La Teca en verde se asierra sin problema mayor aunque en el caso de una transformación industrial se podría necesitar el estelitaje de las dientes.

El mercado de exportación podría encontrar un problema mayor en relación con los problemas de rendimiento y de precios del mercado. Ahora se compra la Teca en rollos de 25 a 30 años en FOB en Barranquilla a 300 US\$ el m³. La madera aserrada se compra actualmente FOB 900-1000 US\$ el m³ para la calidad superior, es a decir calidad absolutamente sin defecto. Para obtener una tal calidad en tablas no se puede esperar un rendimiento mayor de 20%, es a decir que se necesita 5 m³ de trozas para 1 m³ de tablas. Entonces el costo de la materia prima es mayor que el precio de venta de las tablas aunque los productores vendieran mucho más barato las trozas en el mercado interior. Económicamente no se puede aceptar de perder 50% cuando se podría vender el doble directamente a los mercados de exportación de trozas. Por eso, el producto intermediario que son las tablas no es un producto final conveniente para el desarrollo de una cadena de transformación de la Teca. Para aumentar el rendimiento hay que ir más lejos en la cadena de transformación. Se necesita introducir a nivel del aserradero un taller de producción de perfiles (muebles o carpintería) obtenidos directamente a partir de la madera aserrada sin ser cortada en tablas a dimensiones estándar. Así el dibujo de corte en perfiles (pedazos de menos de 50 cm) aprovecha mejor la materia prima y además se secan directamente los perfiles, lo que es posible con una madera tan estable que la Teca. A partir de esta etapa se puede trasladar el producto directamente de los aserraderos localizados en el “núcleo forestal” hacia una fábrica de muebles cerca del puerto de exportación o introducir un taller de muebles y eventualmente un de parqué en el sitio mismo del núcleo si el nivel de producción es suficiente y si las vías de comunicaciones permiten el transporte fácil de productos elaborados como muebles de alto valor.

6. Opciones para la escala y las organizaciones

6.1. Agrupación de los propietarios productores

Hay básicamente dos niveles de agrupación de los propietarios productores. Un primero, al nivel del núcleo forestal, permite garantizar un abastecimiento en materia prima del aserradero y de los talleres relacionados en la base de un consumo de 40 000 a 50 000 m³ de trozas. Este tamaño permite una transformación a un nivel industrial incluyendo el acondicionamiento, secado y tratamiento en el caso de la Melina. Un aserradero de base de este tipo representa una inversión de 1.2 M US\$, incluyendo el secado, sea más o menos 15 US\$ por m³ de madera aserrada. En el sitio mismo, el aserradero necesita de 50 a 70 personas para su funcionamiento. Si, en el caso de la Teca, se producen productos finales como muebles o parkés, se multiplica por 2 a 4 el número de obreros, teniendo en cuenta que una parte del personal del aserradero produce los perfiles que normalmente se sacan de las tablas secas compradas en el mercado cuando no se integra al aserradero la fábrica de productos finales.

El segundo nivel concierne el comercio y la introducción de los productos en el mercado y especialmente el mercado de exportación. Para este tipo de mercado (básicamente Teca) se necesita ofrecer una cantidad suficiente que permite de llenar naves por partes o enteros si se exportan trozas. En el caso de tablas, perfiles, o productos finales en cajón y listos para ponerse directamente en venta en las almacenes de exportación, se necesita un reconocimiento comercial del producto con un sello de origen reconocido (como Teca de Colombia o Teca del Magdalena...). El sello se podría relacionar con un sistema de calidad del nivel del ISO-9000 incluyendo la calidad del producto, la garantía de un buen manejo forestal, la no utilización de productos químicos prohibidos, una transformación limpia con una buena valorización de los desechos y el respecto de buenas condiciones de trabajo para las personas. Un tal sistema de buen manejo y de promoción del producto no podría ser soportado por una empresa sola. Es la agrupación de todos los productores para sostener el producto comercial que puede permitir de reunir el presupuesto necesario con una participación aceptable para cada uno.

6.2. Organización global de las plantaciones

A nivel de la organización, el servicio forestal de Cormagdalena tiene un papel importante. Además de fomentar la asociación de productores, debe apoyar las asociaciones. Con las asociaciones, se debe establecer un dispositivo de parcelas permanentes de demostración. También las asociaciones deben disponer de herramientas de planificación y deben ser apoyados por el servicio forestal que manejaría las herramientas. Se trata por ejemplo del SIG que permitirá aconsejar útilmente a los dueños para decidir del momento de los entresacas, optimizar los trabajos dentro de las organizaciones y regular las producciones finales. Esta herramienta de ayuda a la decisión permitirá programar la producción forestal en cuanto a la herramienta industrial instalada y a otras salidas posibles.

7. Opciones para la investigación y la extensión

A continuación se resumen los temas prioritarios de investigación. Estos deben ser acompañados de actividades de extensión (por ejemplo con parcelas de demostración fácilmente accesibles a los productores).

7.1. Elección de los suelos

Para medir la influencia de la toposecuencia (a priori visible sin medir los árboles) hace falta instalar urgentemente parcelas permanentes de seguimiento del crecimiento de los árboles en las plantaciones de la zona a 950-1000 mm de precipitación. Se distribuirán estas parcelas de abajo hacia arriba de la toposecuencia y éstas permitirán determinar las situaciones más propicias a la Teca (especie raro del proyecto Cormagdalena) y después las convenientes a la Gmelina (menos exigente).

Se merecería hacer el ensayo con varias técnicas de preparación del suelo especialmente para mejorar el ahorro del agua en los suelos con pendiente.

7.2. Mejoramiento genético

La productividad y la calidad de las plantaciones no provienen solo de una buena silvicultura, de un buen clima y de un suelo bueno. Estas resultan también de la consecuencia de la selección y del mejoramiento genético. La selección permite multiplicar los individuos notables por esqueje o cultivo in vitro. El mejoramiento permite cruzar individuos notables con el fin de plantar su progenie. En este último caso este progenie debe ensayarse antes de multiplicarlo o por semillas (huerto semillero) o por esqueje o in vitro. El programa de mejoramiento genético – ya existiendo para la Gmelina y la Teca – debe desarrollarse rápidamente si Cormagdalena quiere desarrollar un programa integrado (plantaciones – primera transformación – producto terminado).

La cooperativa Comfore, la cual reúne varias empresas de repoblación, está coordinada por la Conif (Corporación nacional de investigación y fomento forestal). Se merecería apoyar el programa de mejoramiento genético de la Teca teniendo en cuenta la importancia del futuro programa de repoblación. Una colaboración con el Cirad que trabaja en el mismo tema podrá desarrollarse útilmente.

7.3. Mejoramiento de las técnicas de vivero

Las técnicas deberán mejorarse con la utilización de las semillas de huertos semilleros con el fin de tener plantas vigorosas.

La puesta a punto de las técnicas de multiplicación vegetativa (esqueje y cultivo in vitro) va también a modificar las técnicas de vivero que se tendrán que adaptar a estas producciones nuevas.

Se encuentran más detalles sobre la multiplicación vegetativa en el anexo 9.10.

7.4. Mejoramiento del manejo sostenible de las plantaciones

En el anexo 9.10 se encuentran temas de investigaciones sobre el manejo sostenible de las plantaciones.

7.5. Transformación

Existen diferentes temas de investigación al nivel de la tecnología de la madera. En práctica, se va separar el corto del largo plazo.

A corto plazo, se debe traer las respuestas necesarias para el desarrollo de la cadena de transformación a partir de las interrogaciones que quedan pendiente.

Los productos de cortes intermediarios van a dar pequeños productos redondos para el mercado de las estacas y limatones. Se usan estos productos en el campo en contacto con el suelo. Las estacas de Teca serán más resistente pero el pequeño contenido de duramen de los árboles jóvenes va a disminuir la resistencia del poste. En el caso de la Melina la resistencia será muy débil y se necesitará un tratamiento de preservación para obtener una vida útil de más de 5 años. Un tratamiento de preservación en autoclave cuesta entre 30 y 40 US\$ el m³. Normalmente el precio actual de las estacas es de 30 US\$/m³. Un tal tratamiento parece demasiado costoso pero puede ser aceptable si se considera el aumento por 3 o 4 la vida útil de las estacas. El único problema se pone en la posibilidad para el comprador de invertir más para la compra de estacas más durables. Una planta de este tipo necesita una inversión de 100 000 US\$ y una producción de 20 a 30 m³ diarias. Existen otras tecnologías que permitirían producir a un costo reducido estacas con solamente la parte baja protegida y también en cantidad mucho menos importante lo que puede ser conveniente en algunos casos.

El proceso llamado “Boucherie” permite el tratamiento de las estacas en verde por desplazamiento de savia. Se puede fabricar directamente el equipo en el sitio con estanques y tubería de fabricación local. A 2 000 US\$ de inversión se puede producir 1 m³/día.

El proceso llamado de “fritura” patentado por el Cirad permite un tratamiento en aceite caliente (de palmera o otro tipo) a unos 180° mientras de 10 a 30 minutos. Esta primera fase permite el secado y prepara la madera a una segunda fase que es un tratamiento en un baño frío a base de aceite (residuos de carros o aceite con productos de tratamiento). El diferencia de presión introducido por el tratamiento caliente permite la penetración del producto del baño frío hasta el corazón de las piezas. Se puede aplicar el tratamiento a una parte del poste o al poste entero. El tratamiento es conveniente para las maderas pocas impregnables como la Melina. La inversión promedio sería de 20 000 US\$ para una planta de fabricación de 10 m³ diarias de estacas.

Las dos últimas tecnologías necesitarían una experimentación a partir de las especies del proyecto antes de un desarrollo a más grande escala. Se podría realizar una instalación piloto en un sitio con el apoyo de los expertos del Cirad para llegar rápidamente a una proceso de aplicación industrial. Un plan de trabajo más detallado es adjunto en anexo 9.7, parte f.

Al nivel del aserradero y del sistema de transformación del núcleo, se necesita realizar un estudio más detalladas de implantación de una planta de aserrado, secado, acondicionamiento y producción de perfiles. Además sería importante estudiar la posibilidad de complemento con una planta de producción de muebles en Teca con dos localizaciones principales, una dentro del núcleo y otra de tamaño más importante en el sitio mismo de un puerto de exportación. (Barranquilla, Cartagena,.....). El costo de un estudio de este tipo llegando hasta la producción de un plano de instalación de los equipos, un presupuesto detallado, unas referencias para lanzar la adjudicación y un estudio de factibilidad económica realizada por una oficina especializada es de 20 000 US\$ viajes incluidos.

En cuenta a la calidad de la madera de Teca y de Melina que sería posible de producir en el área del proyecto, hay plantaciones de edad suficiente para la Teca y en poco tiempo para la Melina para desarrollar un programa de calificación tecnológica de estas dos especies. El objetivo principal es obtener un buen conocimiento de las características de estas especies en las condiciones colombianas de crecimiento y de procedencia a partir de medidas resultadas de muestras sacadas a partir de los árboles resultados de los cortes planificados en las plantaciones actuales. El Cirad podría ayudar al establecimiento del plan de muestreo, a la definición de los protocolos de ensayos, a la formación de unos investigadores o técnicos colombianos para permitir la realización de estos estudios en relación con instituciones locales como la CONIF o otro instituto de investigación. Se necesitaría un estudio específico con el apoyo del Cirad para llegar a una estimación del presupuesto necesario a este trabajo en función de las facilidades tecnológicas del laboratorio colombiano implicado en el estudio.

A largo plazo, se necesita establecer una célula tecnológica en carga del estudio de la calidad de la madera producida para orientar a los silvicultores en los procesos de mejoramiento y de manejo forestal. Tecnólogos y forestales tendrán que trabajar la mano en la mano para que sigan en permanente relación las funciones de oferta y de demanda de madera. Este camino de investigación es la prioridad del Cirad que podría desarrollar en el futuro un plano de investigación conjunto con las relevantes organizaciones colombianas que sea Cormagdalena como responsables del proyecto o la Conif como instituto de investigación.

8. Evaluación global del programa

Se estableció un modelo para evaluar globalmente el programa de desarrollo forestal. El objetivo del modelo es automatizar los cálculos de flujos de productos, de costos y ingresos y de empleo generado por el programa de desarrollo forestal de Cormagdalena, tanto a nivel de la plantación como de la transformación, tomando en cuenta varias opciones.

En el anexo 9.8 se describen en detalle los parámetros utilizados, las hipótesis y los resultados del modelo.

8.1. Evaluación de las opciones

Se simuló un programa de plantación y de transformación con las siguientes características:

- 5000 ha anuales de plantación de Teca y 2000 ha anuales de Gmelina durante 15 años.
- En los primeros años, las plantaciones se distribuyen entre la clase 3 (70% de las plantaciones) y la clase 2 (30%). A partir del año 5, se cambia la distribución entre clases para reflejar el mejoramiento genético. A partir del año, la distribución es de 25%, 60% y 15% en las clases 1, 2 y 3 respectivamente.
- Se utilizan valores conservadores para el empleo y los costos de plantación (ver anexo 9.8).
- Los productos se distribuyen entre 4 usos, dependiendo de las especies y del tamaño de las trozas: estacas, tablas para el mercado nacional, tablas de Teca para la exportación y contrachapado. Cada producto es asociado a unos costos, rendimientos y empleo en la cadena de transformación. Cada tipo de unidad de transformación se caracteriza una capacidad máxima y una inversión financiera inicial. A nivel de la cadena, se utilizó un ratio de 4 entre los empleos indirectos y directos (para un empleo en la primera transformación, se crean 4 empleos en la continuación de la cadena).

A continuación se presentan los resultados principales del modelo.

a. Rentabilidad del programa

Con los datos bastante conservadores utilizados, se encuentra una tasa interna de retorno de 8,40%. La TIR es aceptable pero podría ser mejorado. El análisis de las alternativas deberá mostrar como aumentar la TIR.

b. Empleo

El programa generaría 3950 empleos permanentes en la plantación, 415 en el aprovechamiento, 580 en las transformación, así como 2320 empleos en la transformación secundaria de los productos. Eso representa un total de 7260 empleos permanentes, distribuidos casi igualmente entre la plantación y la cadena.

Dado que los impactos sociales son importantes, el Estado podría tener un papel de apoyo adicional del programa.

c. Comparación entre clases fertilidad y especies

El modelo mostró que la TIR es muy buena en las clases de fertilidad 1 y 2 (más de 10) y insuficiente en la clase 3 (7,4% para la Teca y 6,1% para la Gmelina). Eso muestra el interés del mejoramiento genético y de la elección de los mejores suelos de las fincas.

En promedio, con la distribución de clases de fertilidad que refleja el progresivo mejoramiento genético, la Gmelina tiene una TIR un poco baja (7,9%) en comparación con la Teca (9%). Sin embargo, se puede considerar que los dos son complementarias en términos de valorización (ver capítulo 5).

8.2. Evaluación de otras opciones y análisis de sensibilidad

a. Evaluación de la silvicultura dinámica

Se compararon dos tipos de silvicultura para la Gmelina: la clásica con las entresacas presentadas previamente y la dinámica con solamente dos entresacas (años 4 y 7). También se observó el efecto de una rotación más corta en la silvicultura dinámica, por ejemplo 17 años en vez de 20 años, dado que eso puede cambiar la rentabilidad.

El modelo muestra que la silvicultura dinámica produce una TIR más baja (6,2% con una rotación de 20 años y 7,7% con una rotación de 17 años) que la silvicultura clásica (9,1%). Eso se explica por la debilidad de los ingresos a corto plazo en el caso de dos entresacas tempranas y fuertes. Por lo tanto, no se recomienda esta alternativa, que podría ser poca atractiva para los productores.

b. Impactos de los costos de plantación

Se pudo ver que un aumento de 50% de los costos de plantación disminuiría la TIR del programa de 8,4% a una TIR no aceptable (6,5%). La TIR de las plantaciones de Gmelina es más sensible ya que bajaría al 5,0%.

Eso muestra la importancia de disminuir los costos a nivel de la plantación y de monitorear los costos en algunas plantaciones “piloto”.

c. Transformación

Se evaluó el impacto de una bajada del rendimiento de transformación en tablas para el mercado nacional de 20% a 15%. Este cambio tiene un efecto sobre la ventaja comparada de vender directamente las trozas a una empresa de contrachapado o de transformarlas en tablas.

Con un rendimiento de 20%, la transformación en tablas de las trozas de la última entresaca y de la corte final tiene una TIR de 8%, un poquito más baja que para la venta a empresas de contrachapado (8,3%). Pero los empleos generados directamente por el programa son muchos más importantes cuando se producen tablas (11000 y 7300 empleos respectivamente). Se puede considerar que la transformación en tabla corresponde a los objetivos sociales del programa.

Pero, si baja a 15% el rendimiento en la transformación de tablas, se vuelve no rentable la producción de tablas en comparación con la venta de trozas. Por lo tanto, la rentabilidad global está muy afectada (la TIR baja a 4,8%). Con esta situación, para mantener la rentabilidad, se necesitaría vender las trozas sin

transformarlas, lo que tendría un impacto negativo sobre el empleo generado (un TIR de 7,9% pero menos 2700 empleos).

También se pudo ver con el modelo que la inversión en las unidades de transformación no cambia mucho la TIR, aunque los rendimientos de estas unidades tienen un impacto fuerte sobre la rentabilidad del proyecto.

Para que el programa cumpla con sus objetivos de rentabilidad y de creación de empleos, deben establecerse unidades de transformación eficientes y monitorear los rendimientos y costos de transformación.

d. Impacto de un incentivo a la plantación

Se pudo ver que un incentivo similar al CIF tendría un impacto importante sobre la rentabilidad del programa : la TIR aumentaría de 8,40 à 10,23%. Eso confirma que el apoyo del Estado es importante para el programa.

9. Anexos

9.1. Enfoque metodológico

(por Bruno Locatelli)

- **Tres fases**

Se han seguido tres grandes fases descritas en la siguiente tabla.

Tabla 1. Las tres grandes etapas de la consultoría

Fase	Fecha	Objetivos específicos	Métodos	Productos	Responsable y participantes
1. Primera misión	6-10 de enero 2003	Analizar la situación actual. Recolectar datos e información. Desarrollar PCI que caracterizan los objetivos del programa (para servir de marco de análisis de las opciones)	Entrevistas a expertos y recolección de literatura. Elaboración y calificación de los principios, criterios e indicadores (PCI) por los expertos.	- Un informe de misión para entregar a ONF-I, a CORMAGDALENA y a los investigadores del CATIE involucrados en la segunda fase.	Bruno Locatelli
2. Elaboración de las opciones y análisis	Enero - Febrero 2003	Proponer distintas opciones de plantación y valorización. Analizar las opciones. Proponer colaboraciones científicas	Discusión entre los especialistas del CIRAD-Forêt involucrados en la consultoría, basada en la información recolectada durante la primera fase.	Un informe para entregar antes de la tercera fase que presenta: - La diversidad de las opciones posibles - Un primer análisis de las opciones para servir de base a la discusión de la tercera fase en particular un análisis financiero y económico. - Las propuestas de colaboraciones científicas	Bruno Locatelli Dominique Louppe Christian Sales Bernard Mallet Philippe Vigneron Jean Pierre Bouillet Olivier Monteeuis
3. Taller e informe final	Inicio de Marzo 2003	Presentar y discutir las propuestas para revisar los resultados de la segunda fase.	Taller de discusión sobre: - Las opciones. - El análisis multi criterios (AMC) de las opciones. - Las colaboraciones científicas futuras para las opciones escogidas. El taller se llevará a cabo probablemente en Barranquilla para permitir visitas de campo	Presentaciones PowerPoint del taller. Un informe final que resuma la consultoría y las discusiones y observaciones del taller, que se entregará antes del 31 de marzo.	Bruno Locatelli Dominique Louppe Christian Sales

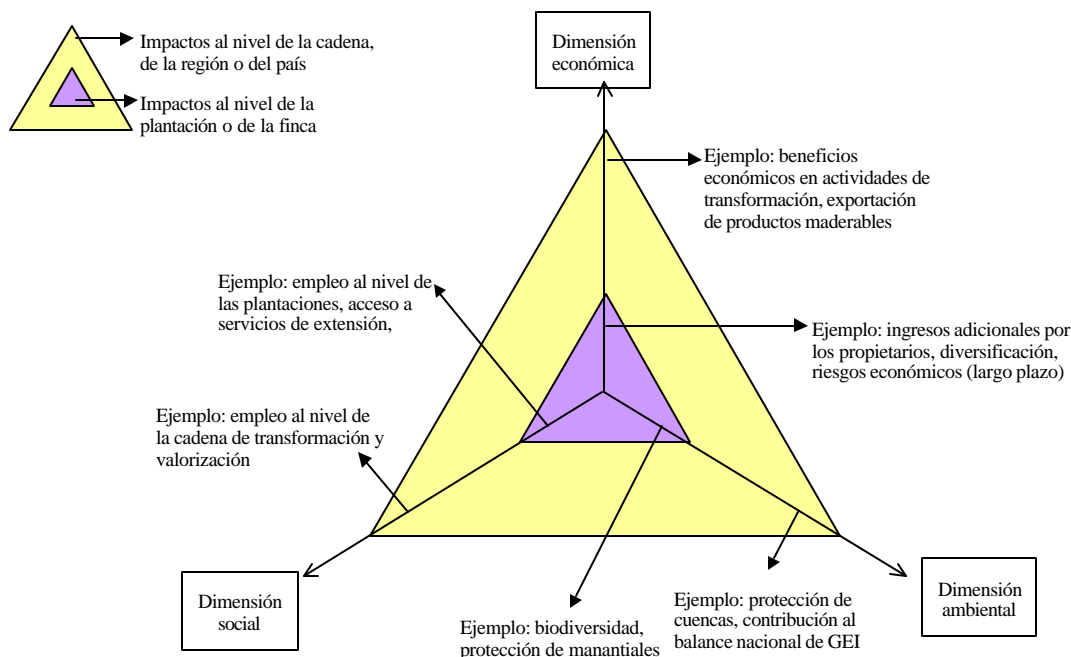
- **Metodología de la primera fase**

Entender los objetivos, el contexto y las hipótesis del programa

Para caracterizar los objetivos del programa, se utilizó un enfoque de principios, criterios e indicadores, que tiene dos utilidades: entender los objetivos múltiples y sus importancias relativas y establecer un marco para evaluar las varias opciones del programa.

El uso de PCI (principios, criterios e indicadores) permite tomar decisiones sobre el programa de plantaciones tomando en cuenta los distintos objetivos de la plantación (ver figura 1) así como las varias opiniones de los actores involucrados sobre los objetivos prioritarios.

Figura 1. Marco general de análisis de los objetivos del programa de plantaciones forestales con respecto a las tres componentes del desarrollo sostenible



El método empezó con el establecimiento de un conjunto de principios, criterios e indicadores (PCI) que puedan caracterizar los objetivos y evaluar ex-ante las opciones del programa de plantación

El conjunto de PCI se puede desarrollar a partir de una lluvia de ideas en un taller reuniendo los actores y expertos. Eso implica un trabajo bastante largo de discusión y de ordenación de los PCI. Por la tanto, se empezó con una lista general ya estructurada, la cual fue adaptada al contexto local, modificada y completada por medio de reuniones con los representantes del proyecto.

Cuando se dispuso de una lista adaptada, se empezó un proceso de calificación cuyo objetivo es ordenar los principios entre ellos y los criterios dentro de cada principio. Eso se hizo tomando en cuenta la opinión de cada experto que debe decir cuales principios y criterios parecen los más importantes para caracterizar los objetivos del programa.

El proceso de ordenación y calificación da un peso relativo a cada PCI que refleja la importancia relativa de cada objetivo o sub-objetivo. Los principios, criterios o indicadores que tienen un peso relativo muy bajo pueden ser eliminado para disminuir la cantidad total de PCI.

Precisar el termino «opciones del programa»

Después de haber caracterizado los objetivos y conocido el contexto local y las hipótesis del programa, se buscó definir el termino de “opciones del programa”. Los responsables del programa ya definieron las grandes líneas para las plantaciones y las cadenas, teniendo en cuenta los objetivos del programa y el contexto local. Dentro de esas grandes líneas, el CIRAD deberá proponer opciones. Por eso, este informe presenta las preguntas específicas al CIRAD para fortalecer, mejorar y precisar las opciones de desarrollo forestal.

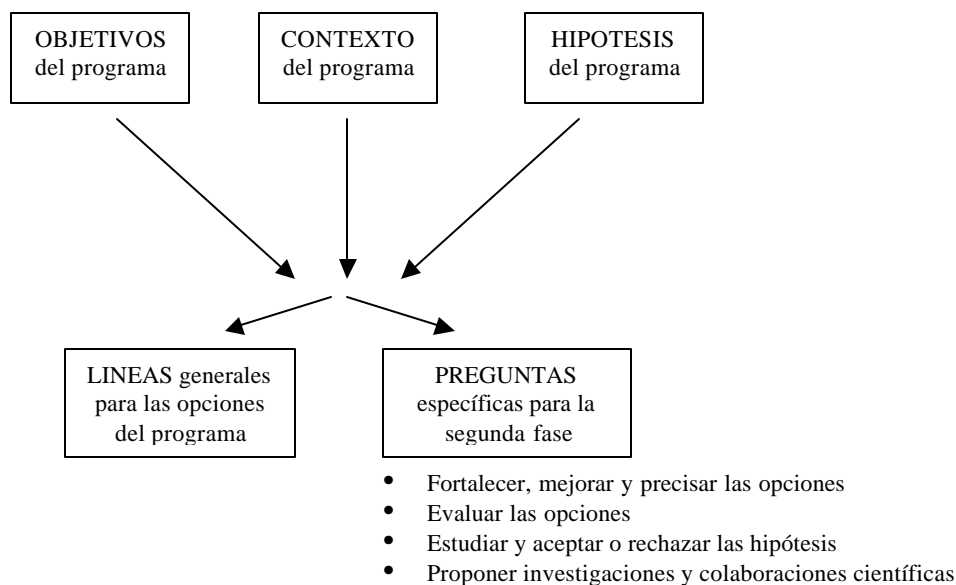
Recolección de datos

Se estableció una lista de datos necesarios para contestar a las preguntas específicas definidas anteriormente y se buscaron fuentes de datos.

Presentación de los resultados de la primera fase

Los resultados de la primera fase se organizan según el siguiente esquema. El análisis de los objetivos del programa, de su contexto, y de las hipótesis expresadas por el programa permiten distinguir las líneas generales para las opciones del programa. Dentro de esas líneas, en la segunda fase se propondrán opciones que permiten fortalecer, mejorar, precisar y evaluar las opciones. Al mismo tiempo, se deberá estudiar y demostrar la relevancia de las hipótesis.

Tabla 2. Esquema de presentación de los resultados de la primera fase



• Metodología de las segunda y tercera fases

Dentro de las líneas generales del programa, los papeles de la consultoría son:

- Estudiar las maneras de fortalecer, mejorar y precisar las opciones de desarrollo forestal: el paquete técnico de plantaciones (silvicultura y genética), el desarrollo de la transformación y valorización, la implementación de organizaciones y de investigaciones.
- Estudiar y demostrar las hipótesis del programa
- Evaluar globalmente las opciones

Los resultados presentados en el informe siguen el plan siguiente.

- Presentación, discusión y evaluación de las opciones y de las hipótesis para las plantaciones, las especies y la genética; la transformación y la valorización, la escala y las organizaciones, la investigación y la extensión.
- Evaluación global

Las opciones relativas a cada asunto no se pueden proponer independientemente. Por ejemplo, las opciones de transformación y valorización van a influir sobre las opciones de organizaciones o de plantación. Por lo tanto, se proponen opciones integradas y se necesita un trabajo de equipo interdisciplinario.

Cada opción propuesta deberá convertirse en dos indicadores importantes, utilizando las respuestas a las preguntas específicas:

- Costos-Beneficios: ¿Cuál es la rentabilidad global del programa en cada opción integral propuesta? Se calcularán indicadores económicos tales como la TIR para demostrar a los inversionistas el interés económico del programa.
- Empleo. ¿Cuál son los efectos de las opciones integrales sobre el empleo (obreros de la plantación, leñadores, choferes de máquinas, mecánicos, carpinteros...)? La evaluación estará cuantitativa (número de empleo) y cualitativa (tipo de calificación, empleo cualificando sobre todo para los jóvenes que podrán recibir una capacitación profesional). Esa evaluación permitirá demostrar al Estado el interés social del programa.

El análisis global utilizará los principios y criterios elaborados previamente, para contestar a la pregunta:

- ¿Cuál es la opción global que corresponde más a los objetivos del programa?

• **Resultados del análisis los objetivos del programa**

Después de la fase de discusión y de notación de los 23 criterios iniciales propuestos para caracterizar los objetivos del programa, el análisis de la opinión de los expertos sobre los PCI resultó en una disminución del número total de criterios a 10. Además, el principio relacionado con los impactos ambientales desapareció puesto que todos sus criterios se habían eliminado. En las siguientes tablas se presenta la nueva lista de los PCI en orden decreciente de peso.

Tabla 3. Principios, criterios e indicadores que caracterizan los objetivos del programa

PCI	Peso relativo
P1. Las plantaciones y las cadenas generan productos de alta calidad, de manera previsible, con costos atractivos y en cantidad significativa para la creación de una cadena eficiente	28,3%
C12. Las técnicas de plantación aseguran la rentabilidad para fomentar la inversión forestal y para producir una materia prima atractiva para la cadena I121. Se puede modelar los costos y beneficios futuros de las plantaciones I122. Los itinerarios técnicos (establecimiento, manejo...) se eligen por sus costos adecuados para que las industrias de transformación sean competitivas	11,7%
C13. El diseño y la escala del programa son adecuados para lograr un objetivo de calidad y de cantidad suficiente I131. El programa tiene conocimiento sobre las tecnologías adaptadas, con respecto al material vegetal, a las prácticas silviculturales y a la valorización I132. Se puede monitorear las plantaciones I133. Se estimaron los riesgos y se implementó un plan de prevención de los riesgos (fuegos, plagas, destrucción de plántulas por ganado, sequías, tormentas, inundaciones...) I134. Existen actividades de extensión y capacitación destinadas a los propietarios	5,7%
P3. Los impactos económicos del programa son positivos para los actores involucrados	25%
C31. Los impactos económicos son positivos para los propietarios en términos de ingresos, riesgos y diversificación I311. Los beneficios y costos generados por la reforestación se comparten entre socios de manera que las plantaciones resulten atractivas para los propietarios I312. Las plantaciones no reemplazan otros usos de la tierra más rentables I313. El propietario aumenta su nivel de ingreso a corto y mediano plazo al nivel de la finca I314. El propietario diversifica sus actividades y disminuye su riesgo económico I315. Los ingresos de la ganadería se mantienen o se aumentan gracias a los pastos mejorados I316. La plantación permite que el propietario optimice su mano de obra disponible y sus máquinas en los periodos de sub-uso.	9,1%
C33. El programa de plantación es económicamente rentable para la empresa reforestadora I331. Las plantaciones son rentables para la empresa reforestadora	5,8%
C35. Los productos alimentan y fortalecen exitosamente la cadena productiva I351. En el núcleo, las empresas generan valor agregado I352. Los productos no transformados en el núcleo generan valor agregado en la cadena nacional o en la exportación	5,0%

P4. El programa genera cambios en el entorno social de la zona	24,4%
C41. Las plantaciones generan empleo I411. El establecimiento y el manejo de las plantaciones generan más empleo directo que el uso de la tierra de referencia (que hubiera ocurrido sin el programa de plantación)	8,1%
C42. La transformación y la comercialización generan empleo directo e indirecto I421. Las cadenas de valorización y de transformación generan empleos directos I422. Las plantaciones y las cadenas generan empleos indirectos	7,7%
C43. El programa de plantaciones mejora el nivel de vida y el acceso a servicios básicos de las comunidades rurales I431. La comunidad beneficia de las infraestructuras generadas por las actividades de plantación (puentes, carreteras, medio de comunicación...) I432. Las plantaciones producen subproductos utilizados por la comunidad (leña, productos no maderables...) I433. La comunidad beneficia de extensión, capacitación y difusión de información por medio del programa	6,9%

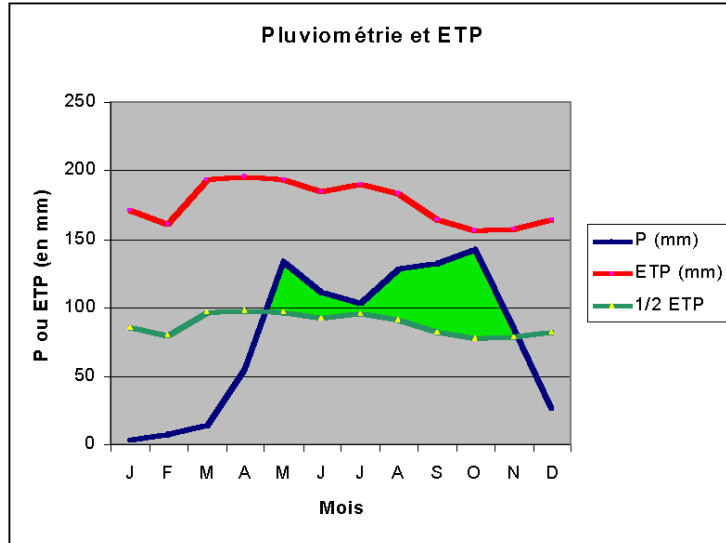
P2. Las plantaciones generan cambios en el entorno, favorables para el desarrollo forestal	15%
C22. Se desarrollan industrias de transformación en el núcleo forestal I221. Se desarrollan industrias de valorización in-situ de los productos de las entresacas I222. Se desarrollan industrias de transformación in-situ de los productos de la cosecha final	7,9%
C24. Se crea una percepción positiva de las plantaciones y una cultura forestal I241. Los propietarios participan en las actividades de plantación y de manejo I242. Los propietarios muestran interés en seguir las plantaciones a largo plazo I243. Aumenta el número de propietarios interesados I244. El programa promueve la idea de las plantaciones I245. El programa tiene actividades de extensión y capacitación	4,9%

9.2. Descripción sumaria del entorno del programa

(Por Dominique Louppe)

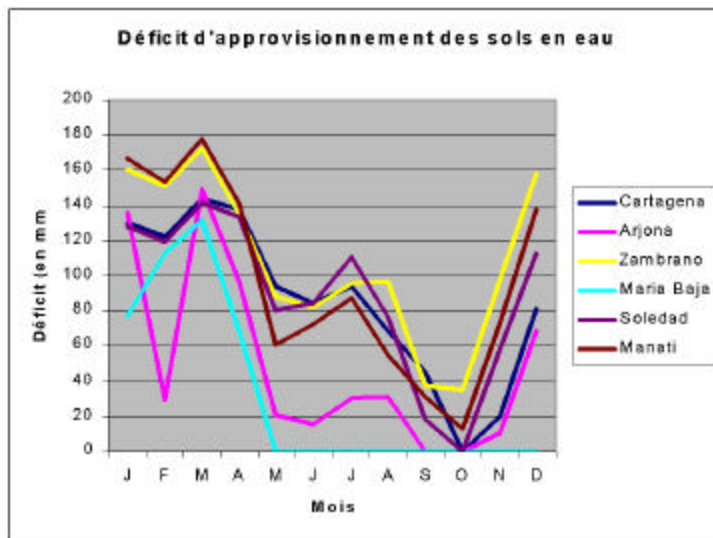
- **Condiciones climáticas del Núcleo de desarrollo forestal Bajo Magdalena Seco**

La zona retenida para la instauración de las plantaciones de madera de construcción en Bajo Magdalena tiene una pluviometría de aproximadamente 1000-12000 mm por año (hasta 780 a 1650mm/año). Las temperaturas medias anuales alcanzan 28°C aproximadamente y las temperaturas medias mensuales varían entre 26,5°C y 30° C ; los meses más cálidos son marzo y abril ; la insolación es de 2500h/año). Estas condiciones implican una fuerte evapotranspiración potencial (ver gráfico).



La humedad atmosférica varía de cerca de 65 a 85 %. La evapotranspiración potencial (cerca de 2100mm/año) supera la pluviometría durante todos los meses del año. La pluviometría no supera 1/2ETP durante seis meses al año, lo que corresponde al período de vegetación activa. Sin embargo, como se queda por debajo del ETP durante seis meses, la vegetación no podrá expresar todo su potencial productivo.

El déficit anual en agua en los suelos de la zona se incluye entre 400 y 1300mm.



Nos encontramos pues frente a una dificultad climática fuerte limitando la producción de biomasa vegetal salvo si se aportan suministros de agua suplementarios por el riego, por la alimentación de las capas freáticas lateralmente superficiales a partir de los cursos de agua permanentes o por inundaciones temporales. Se podrá apuntar una alimentación en agua de las capas en octubre para la mayor parte de las estaciones y en un período cerca de 8 meses para María Baja.

En Costa Rica, Montero y al. indican que el crecimiento de la Teca depende fuertemente de las precipitaciones que han de superar los 1500 mm para tener una producción satisfactoria. Existe una correlación negativa entre el crecimiento y el largo de la temporada seca. (Por ejemplo la Teca soporta sin daño ninguno períodos de inundación temporal durante una semana o más)

Teniendo en cuenta estas dificultades climáticas, los suelos más adecuados para la producción intensiva de madera de construcción serían los que más agua reciben fuera de las únicas precipitaciones. Pues parece ser que los suelos más propicios a las plantaciones sean las llanuras aluviales de la Magdalena y de sus afluentes siempre que uno se encuentre fuera de las zonas donde la submersión supera quince días consecutivos.

• Pedología

Suelos llanos o un poco ondulados (pendientes menos de 7%), sobre materiales finos, profundos, bien drenados, con una fertilidad media a elevada.

- colinas : suelos desarrollados sobre arenas y aglomerados : textura media en superficie y moderadamente gruesa en profundidad. Profundidad superior a un metro, buen drenaje natural. Horizonte superficial de 20cm. Ph moderadamente ácido, buen contenido en materia orgánica, fuerte saturación en bases, capacidad de intercambio catiónico media y fertilidad alta.
- terrazas : formadas por depósito coluvial de materiales finos, textura arcillosa en todo el perfil con ripios de 2 cm a 50 cm de profundidad. Drenaje malo y fluctuación del nivel de la capa freática que puede subir hasta los 100 primeros cm del perfil . Pendientes leves menos de 3 %. Ph neutro, buen contenido en elementos minerales, fuerte saturación en bases, capacidad de intercambio catiónico medio y fertilidad alta.
- zona de piemontes : 2 categorías de suelo
 - suelo pedregoso desarrollado en sedimentos de rocas volcánicas. Suelos superficiales a profundos. Pendientes leves < 7 %. Ph moderadamente ácido, bajo contenido en materia orgánica, saturación media en bases, baja capacidad de intercambio catiónico medio y fertilidad baja a media.
 - Suelo desarrollado en sedimentos finos, arcillosos en todo el perfil, agrietándose en superficie, a veces sobre más de 100 cm. Profundidad generalmente limitada por un horizonte indurado a una profundidad media. Drenaje natural moderado, Ph moderadamente ácido, buen contenido en materia orgánica, fuerte saturación en bases, capacidad de intercambio catiónico medio y fertilidad alta.
- valles : sobre coluviales y aluviones finos, textura arcillosa, agrietada en superficie llegando a superar 1m de profundidad. Drenaje bueno a medio con rasgos de hidromorfía temporal, profundidad limitada por la fluctuación de la capa freática o por un horizonte indurado. Ladera < 3 %. Ph neutro o moderadamente básico, buen contenido en materia orgánica, buena saturación en bases, capacidad de intercambio y fertilidad altas.
- Presas o diques: la zona más drenada del llano de inundación. Texturas variadas, principalmente grosera ; factor limitando : profundidad. Ph alcalino, suelos sódicos por plazas, buen contenido en materia orgánica, fuerte saturación en bases, capacidad de intercambio catiónico y fertilidad medias.

En general, los suelos no presentan dificultades de riqueza, salvo excesos de sales localmente. Son a menudo profundos y presentan un buen drenaje, los horizontes indurados no parecen ser frecuentes ni representar una dificultad mayor.

- **Uso actual de los suelos**

La actividad principal es la ganadería y los cultivos alimenticios. Los cultivos de algodón en el área no dieron las producciones previstas pero dejaron suelos deteriorados. Las especies forestales autóctonas y la fauna salvaje disminuyeron fuertemente .

El clima se presta bien a ciertos cultivos frutales tal como los mangos y anacardos, específicamente en el valle de la Magdalena cerca de la costa.

9.3. Plantaciones existentes en el bajo valle de la Magdalena en 2000

Por Dominique Louppe

Se encuentra las siguientes especies y áreas : Gmelina arborea (4885 ha), Pachira quinata (5743 ha), Tectona grandis (2644 ha)

a. ¿Qué lecciones se puede sacar de estas plantaciones ?

Dentro de la documentación que nos han dado, se encuentran pocos datos sobre los trabajos realizados y sus impactos en el crecimiento de los árboles, o sea en la silvicultura a preconizar.

Las condiciones climáticas, las condiciones topográficas, la red hidrológica condicionan la alimentación de los suelos en agua. La silvicultura para usar para cada una de las especies tendrá sí o sí que tomar en cuenta estas condiciones medioambientales.

b. Productividad de las plantaciones y precipitaciones (lluvias)

En los años 1970 se instauraron grandes proyectos de repoblación en las zonas secas de Africa para abastecer las ciudades grandes en madera para leña y postes esencialmente. Ahora bien, varios proyectos de plantación no dieron resultados esperados mientras el crecimiento de los árboles en los primeros años fue más que satisfactorio teniendo en cuenta la debilidad de las precipitaciones.

Esto tiene una explicación simple. Supongamos que el trabajo del suelo hace que el agua no chorree, se infiltra y los mantenimientos limitan la competitividad herbácea. En este caso el suelo se abastece bien con agua. Estimemos que sea así durante toda la duración de vida de la masa.

Al finalizar el primer año, si la cubierta de los árboles representa 10 % de la superficie, puede considerarse que los árboles han recibido proporcionalmente 10 veces más agua que los árboles de una masa cerrada. El segundo año, si la cubierta es de 25 %, reciben 4 veces más agua. Si la cobertura es de 50 %, reciben dos veces más agua y si la cubierta es total, solo reciben la lluvia caída. O sea, en los primeros años, los árboles se encuentran bien abastecidos con agua y muestran un crecimiento elevado, dejando pensar que se adaptaron bien a las condiciones locales, lo que resulta inexacto. Los árboles pueden mostrar su potencialidad real solo cuando la cubierta está cerrada. Y en estas condiciones, su crecimiento es a menudo menor que lo que su vigor juvenil dejaba suponer.

Por supuesto se puede influir en los entresacas para limitar el cierre de la cubierta. Se entresaca muy temprano y muy fuerte para conservar un abastecimiento con agua satisfactorio. Pero eso plantea otras dificultades, a menudo difíciles de dominar y relativamente costosas. En efecto debe limitarse al máximo la competitividad de la vegetación adventicia y para eso hacer desyerbas frecuentemente. Si no se realizan éstas,

el estrato herbáceo va consumiendo una gran parte del agua disponible y además va constituyendo un reserva de materia combustible que arriesgaría la propagación de los fuegos durante la temporada seca.

En resumen, el crecimiento de los primeros tres años de plantaciones en zona seca supera generalmente las posibilidades del medio, más que los mantenimientos de los primeros tres años son muy seguido correctamente hechos.

c. Productividad de las plantaciones y agua del suelo

Para el Núcleo de desarrollo forestal Bajo Magdalena Seco, dada la aridez del clima conviene ordenar el paisaje y trabajar el suelo de modo que no hayan chorreos o pérdidas de agua útil. También es necesario limitar al máximo la competitividad para el agua que representa la vegetación adventicia, herbácea o espesa.

A pesar de eso, la pluviometría local queda insuficiente para asegurar una productividad forestal elevada y sostenible y eso cualquiera que sea la riqueza del suelo. Se podrá alcanzar una productividad elevada si los árboles tienen acceso a una capa freática regularmente alimentada por aportes laterales procedentes o de las infiltraciones de agua en los relieves o de los arroyos y ríos cruzando la zona. Algunos suelos (ver datos pedológicos) presentan rastros de hidromorfia temporal que confirmarían esta hipótesis. La recarga en agua de las capas puede también provenir de inundaciones que afectan seguido las tierras aluviales en borde de la Magdalena y de sus afluentes.

También es posible crear dispositivos que concentran las aguas de chorreo al pié de los árboles. Estas técnicas se utilizan en general más para las plantaciones frutales (huertos) pues exigen trabajos relativamente importantes. Además para que éstas sean eficaces, los árboles deben plantarse con separaciones grandes ; así se favorecerá el crecimiento de la vegetación adventicia y ocasionará costos de mantenimiento suplementarios. La desyerba solo puede ser manual o química para no destruir las calzadas. Se puede prever entonces el pasto entre los árboles para el ganado durante la temporada de lluvias pero también con un riesgo que las calzadas se deterioren, lo que podría llegar a concentrar las aguas y ocasionar altos riesgos de erosión.

El agua es un factor esencial de la producción y sin esta alimentación en agua, cabe de maduro que una productividad tan elevada como la mencionada por Cormagdalena no puede alcanzarse.

La estación de Antanimiheva en Madagascar es un ejemplo instructivo. Está ubicada en una veintena de kilómetros del mar. La pluviometría media es de 850 mm con 5 meses de temporada de lluvias. Los suelos son limono-arenosos y presentan capas freáticas a bajas profundidades. Las plantaciones de Eucalipto tereticornis fueron realizados con una densidad de 1100 pies por hectárea.

Relación entre el crecimiento de los árboles y la profundidad de la capa freática

Edad	Altura media (m)	Diámetro (cm)	Profundidad de la capa (m)
0	-	-	2 a 3 m
2	5.3	7.5	4.3
5	11.0	16.8	6.5

El crecimiento no es excepcional pero superior a lo esperado para esta zona climática. Después, las capas se desecaron. Resultaron ser capas discontinuas basándose sobre « copelas » de arcilla. El crecimiento de los árboles pues fue bueno mientras hubiera agua a su disposición y se retrasó fuertemente, hasta que se paró en

cuanto se consumió totalmente el agua ; los árboles no podían contar más que con las lluvias. En la base del crecimiento de las primeras plantaciones (entre 10 y 18m³/ha/año a 7 años), 2311 ha fueron plantados para finalmente ser abandonados.

Este ejemplo solo está aquí para mostrar que hay que prestar particularmente atención a la alimentación en agua de los árboles, o sea al modo de funcionamiento de las capas freáticas : su disposición, su profundidad, su recarga.

9.4. Especies recomendadas

(Por Dominique Louppe)

a. Tres especies prioritarias

Cormagdalena propone el uso de tres especies :

- Gmelina arborea
- Pachira quinata (*Bombacopsis quinata*)
- Tectona grandis

Estas tres especies se describen más adelante en tres capítulos. De estas tres especies solo *Pachira quinata* es una especie autóctona que ya se usa para transformación industrial y que se busca mucho por sus calidades tecnológicas y estéticas.

La Gmelina en general presenta las mismas exigencias climáticas que la Teca, pero en cuanto a esta última, es menos exigente con el suelo. Pues si se buscan plantaciones productivas y madera de alta calidad, hay que plantar Teca sobre tierras presentando la mejor fertilidad³ (clases de fertilidad 1 a 2 de la especie)⁴ y Gmelina en la clase siguiente, tal vez en suelos mejores de la clase 4 de la Teca. Se puede, por lógica, estimar que la productividad en volumen de la Gmelina en clase 3 es idéntica a la de la Teca en clase 2 y a la de la Teca en clase 1. Es el valor comercial de la madera que permite decidir cuál es la especie más adecuada (producción x precio/inversión) a la clase de fertilidad referida.

En las zonas secas, la Ceiba roja parece preferir los bordes de los arroyos, aún si son temporalmente inundables. En estos sitios se presentaría la mejor productividad.

b. Teca: presentación general y notas silvícolas

Teca (*Tectona grandis* Linn. f. – *Verbenaceae*). Presentación general y notas silvícolas.

³ la fertilidad de un suelo forestal no se define solo por la riqueza química, la textura y la estructura sino también y sobretodo por la profundidad útil (los árboles pueden tener arraigamientos muy profundos) y por las posibilidades que tienen los árboles en acceder al agua (pluviometría o capas freáticas accesibles por las raíces) en las zonas donde el déficit hídrico es alto.

⁴ La clase de fertilidad puede variar según la especie ya que integra el conjunto de los datos ecológicos y la repuesta de la especie a las condiciones del medio. Por eso se define muy a menudo la clase de fertilidad *a posteriori*. Un buen conocimiento del medio ambiente y de las exigencias de las especies pueden llegar a estimarla *a priori* pero con un gran riesgo de error.

Por Dominique Louppe.

- **Generalidades**

La Teca es una madera que tiene muy buena fama, a pesar de su grano bastante grueso, gracias a su color, muchas veces dorada, de su durabilidad natural en el exterior, especialmente frente a las termitas y a los hongos.

Esta especie, de origen natural del Asia del Sur Este, fue introducida con plantaciones en numerosos otros países en razón de su importante valor comercial. No se conoce exactamente las superficies plantadas en el mundo y se supone que cubran alrededor de tres millones de hectáreas. Indonesia sola tiene más de un millón de hectáreas de plantaciones de Teca, entre las cuales 700.000 ha tienen más de 20 años. El ritmo actual de plantación es de 45 000 hectáreas por año en los países tropicales.

En cambio, la regresión de los bosques naturales de Teca fue muy fuerte y muy rápida, así que, Tailandia, uno de los países de origen de la Teca, ha empezado a importar madera de Teca desde el principio de los años 80, a pesar del establecimiento de las primeras plantaciones en 1910.

En Africa, la Teca fue importada desde el principio del siglo (lo más tarde en 1929 en Costa de Marfil, posiblemente diez años antes en Togo). Costa de Marfil posee las mayores plantaciones de Teca en Africa.

Teniendo en cuenta la situación actual de las plantaciones de Teca en el mundo, se estima que la producción anual potencial será de 24 millones de m³ por año en 2030, de 27 millones en 2040 y de casi 30 millones de m³ por año en 2050. Estas cifras no son por supuesto ciertas (-39 % hasta + 56 % según que las previsiones sean pesimistas o optimistas). A pesar de esto, la Teca sólo cubrirá una pequeña parte de la demanda en madera de calidad. Se puede concluir que **los mercados quedarán firmes para una madera de Teca de calidad**.

- **Madera**

Es una madera bastante dura, con un grano bastante grueso, oleoso y con olor característico.

El duramen resista naturalmente a los ataques de los hongos y de las termitas; sin embargo, es sensible a los teredos marinos. Para usos exteriores, su durabilidad es casi ilimitada y es también buena frente a las inclemencias o bajo el agua. El tratamiento preservativo no es necesario, excepto para la albura.

Se trabaja fácilmente. Es la madera que conviene mejor para la construcción naval. Conviene muy bien para carpinterías de lujo, los muebles de madera maciza, el rebanado y el entarimado.

Nota : el crecimiento para obtener el óptimo tecnológico de la madera es de alrededor de 1,2 cm/año de diámetro. Un crecimiento inferior a 0,5 cm por año proporciona una madera de menor calidad, demasiado de madera de primavera comparado a la madera de verano.

- **Defectos del fuste o de la troza en pies**

acanaladuras marcadas que pueden, según la importancia, reducir fuertemente el rendimiento del aserrado

horcaduras bajas (debidas a una fructificación precoz acelerada por unas condiciones del entorno poco favorables para un crecimiento óptimo), limitando el volumen de madera de construcción

Importante numero de chupones que pueden inducir defectos o aumentar el diseño de la madera

- **Ecología**

Los climas intertropicales son favorables a la Teca cuando las temperaturas mínimas medias no bajan debajo de los 18°C, cuando se observa una estación seca marcada de al menos dos meses y cuando la pluviometría supera los 1.000 mm. Para un crecimiento elevado, es necesario que la pluviometría supere los 1.500 mm y que la estación seca, necesaria, sea la más corta posible (2 meses). Las importantes lluvias y la humedad favorecen el *podrimiento de las raíces*. Sin embargo, cuanto más larga es la estación seca, mejor la Teca soporta lluvias elevadas. La Teca acepta una aridez más marcada pero en este caso, necesita buenos suelos profundos para exprimir plenamente su potencial de producción.

En lo que se refiere a la pedología (suelo), es una especie muy exigente: el suelo debe ser profundo, con un buen drenaje y con importantes contenidos en bases, sobre todo Ca y Mg. Es preciso evitar plantar en arcillas, suelos lateríticos poco drenantes y sobre todo en zona hidromórfica. Se obtiene las mejores producciones con suelos aluviales limosos o arcillosos - limosos - arenosos, profundos y con un buen drenaje. Sin embargo, la Teca soporta periodos de inundaciones que pueden durar hasta diez días.

La Teca es una especie de luz (heliofila), pues una especie pionera que necesita un pleno despoblado para un crecimiento óptimo. Sería a la vez sensible a la concurrencia a nivel de la corona (de la copa) y de las raíces. En este último caso, soportaría sin embargo la asociación con especies con un sistema radicular profundo.

En suelos profundos, la Teca produce una raíz vertical que le hace más resistente al viento; es menos resistente en suelos más superficiales o en zonas demasiado húmedas donde está atacado por el **podrimiento de las raíces**. Su corteza fibrosa le permite soportar los fuegos corrientes, aun anuales, que están favorecidos por una **capa orgánica** espesa y fácilmente combustible. Unos consideran que estos fuegos corrientes favorecen el crecimiento de la Teca mientras otros indican que un sotobosque denso limitaría mucho los riesgos de fuego.

La zona de extensión natural de la Teca es muy larga. Resulta en grandes variaciones del material vegetal que se pueden utilizar para mejorar genéticamente la especie. La selección de las procedencias (origen de las semillas) es pues esencial para el suceso de un programa de plantación en un entorno dado. Es también posible utilizar un material seleccionado en condiciones ecológicas similares, por ejemplo, semillas procedentes de los huertos semilleros de la SODEFOR cuyos arboles madre son clones de arboles A+ seleccionados dentro de varias procedencias adaptadas.

- **Fenología**

La Teca es una especie decidua.

La aparición de las yemas al momento de las primeras lluvias precede una fase de crecimiento apical rápido (un mes) seguida, dos meses más tarde, del crecimiento máximo en diámetro del fuste. El crecimiento en diámetro parece ser una función de la duración de la estación vegetativa.

La floración interviene después de la fase de crecimiento en altura. En Costa de Marfil, la plena floración se produce durante la larga estación lluviosa. La maduración de las frutas se hace 4 a 5 meses después de la polinización.

- **Heredabilidad genética**

Según Keiding y al (1986) citados por Dupuy y Verhaegen (1993), la heredabilidad genética de:

- el crecimiento en diámetro es reducido ($h^2 = 0,41$),
- la ausencia de horcadura es mediana ($h^2 = 63$),
- la rectitud del fuste es importante ($h^2 = 0,88$),
- la fineza de las ramas es muy reducida.

En otros términos, para crear un rodal semillero, es preferible seleccionar primero según la rectitud del fuste y la altura de **horcadura**. Seleccionar después según el tamaño del árbol amenaza con sólo traer una ganancia de crecimiento reducida. En cuanto a la fineza de las ramas, factor esencial para una poda natural rápida, elegir los huertos semilleros con dicho criterio llevará ninguna mejora de la progenie. Pues, es con la silvicultura que se favorecerá el crecimiento en diámetro y la poda natural, dilema delicado ya que dar la ventaja a uno desventaja el otro.

En cuanto a los demás criterios de calidad del fuste (ausencia de acanaladuras, de protuberancias, etc.), la heredabilidad parece poco conocida. Unos piensan que habría una correlación negativa entre el vigor y la cualidad de la madera.

Un método para conservar caracteres de interés probados con arboles adultos es la propagación vegetativa: esquejado y cultivo *in vitro*.

- **Semillas**

La tasa de germinación es muy variable. No se conoce las razones exactas. Parece que hay una relación entre el tamaño de las frutas y su viabilidad. Por esto, es recomendado (especialmente en Tailandia) eliminar las frutas más pequeñas al momento de la cosecha.

La germinación de un mismo lote de semillas puede empezar después de una decena de días para terminarse después de varios años. La dormición que retrasa y alarga la germinación se puede difícilmente quitar, lo que ocasiona la producción en vivero de plántulas de edad y tamaño diferentes. Sería pues indispensable para el silvicultor (o arbolista) concentrar la germinación.

Para esto, varias técnicas de pretratamiento de las semillas fueron aconsejadas: la más conocida es la alternancia de humectación (1 o 2 días) y de secado (2 a 5 días) repetida 5 a 10 veces.

Según la SODEFOR, parece que obtener 600 plántulas por kg de frutas sea ya un buen éxito en vivero.

- **Técnicas de vivero**

Las técnicas más utilizadas son el **vivero seco** que permite producir plántulas destinadas a plantaciones bajo la forma de **tocón** y la educación, más clásica en contenedores para producir plántulas con terrones. Las ventajas y desventajas de las dos técnicas se podrían discutir.

Como el tocón se da bien en plantaciones, parece preferible utilizarlo por razones de reducción de coste de vivero, de transporte y de plantación. El tocón tiene también la ventaja de poder estar preparado de antemano y conservado en una cama de arena bien seca, mientras esperando el momento adecuado para la plantación. Esto permite emplear la mano de obra durante periodos cuando normalmente está menos ocupada.

Las plántulas oriundas de esquejes o de cultivos *in vitro* serán plántulas en terrones, en razón de su modo de producción.

- **Plantación**

Suelo

La Teca es una planta particularmente exigente: la calidad del suelo influye más sobre su crecimiento que variaciones climáticas dentro de límites razonables. Los suelos profundos, aluviales y con un buen drenaje, con un pH superior a 6,5, con un contenido en fósforo y sobre todo en calcio bastante elevado, pueden soportar rodales de Teca productivos. La Teca puede soportar periodos de inundaciones de unos quince días sin problemas en estos suelos profundos y bien drenantes. La ausencia de un largo anegamiento del suelo es un factor determinante del crecimiento de la Teca.

Las plantaciones no deben hacerse en suelos cuyo índice de fertilidad es inferior a 24: altura dominante de 24 m a los 50 años, lo que corresponde a una producción mediana anual de 7 m³/ha-año según las tablas de rendimiento de Costa de Marfil. Las clases de fertilidad se determinan a priori difícilmente ya que los estudios pedológicos clásicos para las producciones agrícolas dan resultados que muchas veces no se puede aplicar a las producciones perennes. Pues, los criterios más pertinentes son la textura, la profundidad, el drenaje y después la riqueza química y el pH. Estos entran en juego sólo cuando los tres primeros criterios están reunidos.

Técnicas de plantación

Parece que se puede instalar los tocones 3-4 semanas antes el principio de las lluvias con una tasa de mortalidad aceptable pero ganando sobre el crecimiento inicial; lo que permite ahorrar sobre las escardas. Hay que recordar que el crecimiento en altura de la especie se hace desde el principio de la estación lluviosa. Para aprovechar mejor este periodo de crecimiento, conviene plantar los tocones o las jóvenes plántulas en macetas al principio de la estación. La Teca es una especie cuya **tasa de recuperación**, aun en tocones, es muy elevada aun cuando la plantación haya sido hecha antes de un periodo de 10 a 15 días sin lluvia.

Se tiene que hacer una selección a la salida del vivero, pero es difícil en razón del escalonamiento de la germinación. De hecho, es difícil comparar dos plántulas cuando estos tienen varias semanas o meses de diferencia.

En caso de necesidad, se puede producir plántulas en contenedores de plástico, por ejemplo cuando la campaña de vivero no pudo empezar al principio de la estación de lluviosa precedente. Esta técnica aumenta mucho el coste de producción de la plántula (bolsitas, tierra, mano de obra, riego, transporte de las plántulas del vivero hacia la plantación) y también el riesgo de malformación del sistema radicular sin incrementar de modo sensible la tasa de recuperación durante la plantación. La producción de plántulas en macetas sólo puede intervenir en dos casos: o retraso a recuperar, o falta de semillas de calidad. De hecho, en este último caso, el aumento del coste del vivero (que es relativamente reducido comparado a otros costes) será compensado por la ganancia de productividad y de calidad de la plantación. Tales ganancias pueden aun justificar la propagación vegetativa aun *in vitro*; en efecto, si la calidad de las plántulas es segura, se puede disminuir la densidad de plantación de Teca de porvenir y utilizar un **relleno** que asegurará la lucha contra las **plantas infestantes** y favorecerá la poda natural y la adquisición de un fuste bien conformado.

La plantación de tocones va ocasionar la aparición de horcaduras cerca de la **base**. Desde la recuperación de la plantación, en el momento de los trabajos de mantenimiento, es imprescindible eliminar estos tallos excedentarios, lo que no necesita un importante trabajo para un resultado seguro.

Las jóvenes plántulas de Teca son reputadas por su sensibilidad a la concurrencia de las **plantas infestantes**. Además de que estas aumentan mucho el riesgo de fuego durante la estación seca, amenazan con aminorar el crecimiento inicial. Y si se recuerda que muchas especies leñosas fructifican tanto más temprano cuanto que sus condiciones de crecimiento son malas, esta concurrencia herbácea podría provocar una menor longitud del fuste. Este mantenimiento de las jóvenes plantaciones puede hacerse por escardas o por cultivos intercalares. Se reconoce ahora que los cultivos intercalares son más eficaces, de una parte porque las desyerbas nunca se hacen en tiempo y en número requeridos y por otra parte, en razón del efecto cultural de las producciones agrícolas. Para cualquier especulación agrícola anual, el terreno está preparado desde el principio de las lluvias, así la infiltración de las precipitaciones es máxima; se añade muchas veces una fertilización (estiércol o abonos) lo que es benéfico para los árboles; los cultivos son escardados varias veces, así son menos concurrenciales que un tapiz herbáceo continuo; por fin, después de la cosecha, los cultivos ya no llevan alguna concurrencia para el agua y en estancia seca, ya no presentan riesgos de fuego por falta de combustible. A pesar de una ligera pérdida de productividad frente a una situación idónea, los cultivos intercalares bien hechos resultan ser la mejor relación costo/producción.

Silvicultura

Los problemas de forma, poda natural, chupones, pueden resolverse con una silvicultura adecuada. En efecto, solo el mantenimiento de una cubierta bastante densa, cerca de un cierre completo puede favorecer la poda natural de la Teca. Se puede reemplazar con ventajas la poda natural por la poda mecánica teniendo en cuenta el importante valor de esta madera si es sin defectos. Sin embargo, la poda natural no autoriza los raleos intensivos. En efecto, en cuanto el fuste de la Teca es bajo la luz, se cubre de chupones, más aun cuando el raleo es importante. Si la cubierta se cierra rápidamente, los chupones desaparecen después de dos o tres años, sin impacto marcado sobre la calidad de la madera. Si la cubierta no se cierra, los chupones subsistirán más tiempo y podrán así provocar defectos sobre la madera. La regulación de los raleos de Teca es pues delicada y esencial para la formación de un fuste de alta calidad. Se tiene que recordar también que unos anillos de crecimiento demasiado estrechos provocan una menor calidad de la madera y que inversamente, Tecas de plantación con un crecimiento muy rápido van presentar una madera tecnológicamente de calidad pero con una densidad inferior a la media de la especie (0,58 en vez de 0,67 (Montero y al.)).

La Teca tiene también la particularidad de duraminazar. El espesor de la albura corresponde más o menos al crecimiento de los seis últimos años y pues será función de la velocidad de crecimiento. Pero, para que la calidad del duramen sea comparable a la calidad de las maderas de valor procedentes de bosques naturales, parece necesario que el árbol tenga unos treinta años. Antes, la duraminización, aun que la coloración permita bien diferenciar la albura del duramen, es incompleta y la calidad de la madera, especialmente su contenido en oleoresinas y su durabilidad natural, permanece inferior a la calidad esperada por los industriales.

La Teca es una especie reconocida por ser resistente a los fuegos aun que estos ocasionen daños que se repercutan sobre la calidad de la madera de la base del fuste. Es por eso que se favorece esta especie en las zonas de sabanas donde el riesgo de fuego es importante. Sin embargo, gracias a su hojarasca espesa compuesta de grandes hojas lignificadas, rígidas y no planas, la Teca es una especie que "transmite" el fuego y pues presenta un riesgo.

Muchas veces, a causa de los fuegos, se encuentra bajo las Tecas, una alternancia en el tiempo de una hojarasca espesa y de un suelo desnudo. Esta presencia de suelos desnudos, sobre todo al principio de la estancia lluviosa, cuando las lluvias son tempestuosas, aumenta muy sensiblemente los riesgos de erosión. Y

dicha erosión por eliminando los horizontes superficiales del suelo, provocará una disminución durable de productividad, que se puede difícilmente evitar. Otra desventaja de los fuegos bajo las Tecas, la descomposición rápida de elementos minerales contenidos en el follaje, cuya gran mayoría salí del ecosistema por erosión o escorrentía. A largo plazo, estas exportaciones - aun con una erosión reducida del suelo - pueden disminuir la productividad del rodal. Por fin, desventaja cierta, aun que no sea medida hasta ahora, la insolación directa durante la estación seca (ningún follaje, ningún sotobosque) provoca una esterilización del suelo. La vida es reducida para un gran numero de especies, entre ellas los gusanos.

En consecuencia, para garantizar la productividad a largo plazo de las plantaciones de Teca, es imprescindible eliminar los fuegos anuales.

Manejo

La diferencia de precios entre los diámetros medianos y grandes es suficiente para justificar revoluciones más largas que las que se pudieran prever en el caso de maderas menos preciosas.

Se establecieron ecuaciones en Catie para hacer tablas de rendimiento de la Teca en América Latina o al menos para ayudar al manejo de las plantaciones existentes. Hemos utilizado estas ecuaciones para estimar la productividad de las plantaciones futuras de Baja Magdalena.

Se elaboraron tablas de rendimiento para la Teca en Costa de Marfil: Tabla de rendimiento de Teca (*tectona grandis*). El ejemplo de Costa Marfil. por Bernard Dupuy, Henry-Félix Maître y Anatole NGuessan Kanga, revista Bois et Forêts des Tropiques, 1999, n° 261(3) paginas 7 a 16. Estas tablas están presentadas abajo.

Es probable que se tendrá que reajustar estas tablas en función de la utilización de material clonal acompañado de una silvicultura intensiva y rigurosa. De momento, proporcionan las primeras reglas de manejo que hay que aplicar.

• **Tablas de producción de la Teca en Costa de Marfil**

Source : Bernard Dupuy, 1990,

N : densité de tiges à l'hectare

Ho : hauteur dominante

Dg : diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne

Hg : hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne

G : surface terrière

DGe : variation de surface terrière

Do : diamètre dominant

V : volume sur pied (découpe bois fort) à l'hectare

Ve : volume enlevé en éclaircie à l'hectare

Vt : volume total produit par le peuplement à l'hectare

Classe de fertilité 1

Age (ans)	N (tiges/ha)	Ho (m)	Dg (cm)	Hg (m)	G (m ² /ha)	Dge (%)	Do (cm)	V (m ³ /ha)	Ve (m ³ /ha)	Vt (m ³ /ha)	Accroissement (m ³ /ha/an)	
											moyen	courant
3	1450	10,2	10,5	9,3	12,6		13,0	45	15	45	15,0	
3	750	10,2	11,4	9,7	7,7	39	13,3	30				
5	750	14,1	15,0	13,0	13,3		19,4	76				
6	750	15,7	16,4	14,3	15,8		21,8	100	30	117	19,6	24,1
6	400	15,7	18,5	14,9	10,7	32	22,3	71				
10	400	20,3	24,0	19,0	18,1		29,7	150	33	195	19,5	19,4
10	250	20,3	26,5	19,7	13,8	24	30,2	117				
15	250	24,6	32,4	23,5	20,6		37,0	202	41	284	18,9	17,7
15	165	24,6	35,3	24,3	16,1	22	37,7	165				
20	165	28,0	40,6	27,4	21,3		43,1	243	46	362	18,1	15,7
20	115	28,0	43,3	28,3	16,9	21	44,0	198				
25	115	30,8	48,2	31,0	21,0		48,5	267				
30	115	33,3	52,1	33,4	24,5		52,5	335				
35	115	35,6	55,3	35,6	27,7		56,0	401		565	16,1	13,5

Classe de fertilité 2

Age (ans)	N (tiges/ha)	Ho (m)	Dg (cm)	Hg (m)	G (m ² /ha)	Dge (%)	Do (cm)	V (m ³ /ha)	Ve (m ³ /ha)	Vt (m ³ /ha)	Accroissement (m ³ /ha/an)	
											moyen	courant
4	1450	11,0	11,0	9,9	13,9		14,2	55	18	55	13,8	
4	750	11,0	12,1	10,4	8,7	38	14,5	38				
5	750	12,6	13,6	11,7	10,9		16,9	55				
8	750	16,2	16,9	14,8	16,8		22,7	110	26	129	16,1	18,4
8	450	16,2	18,7	15,3	12,4	26	23,0	84				
10	450	18,1	20,9	16,9	15,4		26,0	115				
12	450	19,7	22,7	18,4	18,2		28,6	146	28	191	15,9	15,6
12	300	19,7	24,8	18,9	14,4	21	29,0	118				
15	300	21,9	27,6	20,8	17,9		32,4	160				
19	300	24,3	30,6	23,0	22,1		36,3	216	39	289	15,2	14,0
19	200	24,3	33,6	23,7	17,7	20	36,9	177				
20	200	24,9	34,4	24,2	18,6		37,8	190				
25	200	27,4	38,0	26,5	22,7		41,8	252				
26	200	27,9	38,7	27,0	23,5		42,5	264	44	376	14,5	12,5
26	140	27,9	41,7	27,7	19,1	19	43,3	220				
30	140	29,6	44,5	29,4	21,8		46,1	264				
35	140	31,6	47,5	31,3	24,8		49,2	319				
40	140	33,4	50,1	33,00	27,6		52,1	372		528	13,2	10,9

c. *Pachira quinata*

Pachira quinata (Jacq.) W.S. Alverson (Bombacaceae)

Sinonimia : *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand

Pochota quinata (Jacq.) W.D. Stevens

Nombres comunes en castellano : pochote, saqui saqui, Ceiba roja, cedro espino, Ceiba tolúa

Arbol con crecimiento medio cuya madera se aprecia mucho en su aire de distribución para muebles y contrucciones. Se considera la especie amenazada en ciertos bosques por una explotación de por de más fuerte. Se establecieron pues plantaciones en varios países de su aire natural. La sobrevivencia y el crecimiento dependen mucho de la riqueza y de la profundidad del suelo. La revolución es bastante larga, la inversión de instalación no da ingresos durante un período bastante largo.

- **Descripción**

P. quinata es un árbol desiduo de 25 a 35 m de altura con un diámetro de fuste de 1 a 3 m. Este es recto y cilíndrico con una base espesada y acanalada. La cima es desarrollada pero irregular con ramas gruesas horizontales. La poda natural es mala. La corteza es espesa, pardo-gris con espinas largas y gruesas de 3 cm. El sistema de las raíces presenta una raíz primaria cónica de 2,5 m máximo.

El árbol llegaría a madurez sexual antes de los 5 años. La floración interviene después de la caída de las hojas y dura 3 a 4 meses. Son las ramas más soleadas que florecen. Las flores fecundables se abren alrededor de las 19h y se las fecundan los murciélagos. Se marchitan la mañana siguiente. 10 a 20 % de las flores desarrollan frutos, sólo hacia la parte de afuera de la copa. La madurez de los frutos ocurre entre 35 a 50 días después de la fecundación.

- **Area natural**

En la costa pacífica de Honduras, Nicaragua y Costa Rica así también en el norte de América del Sur (Colombia y Venezuela). En Panamá se lo encuentra en ambas costas.

La especie tolera condiciones climáticas variadas. En general en los bosques secos pero también en los bosques húmedos de los piemontes. Requiere una temporada seca marcada. Temperaturas medias anuales : 20 – 27°C. Precipitaciones : 800-3000mm, con una temporada seca marcada de 2 a 6 meses. Altitud inferior a 900m.

Tolera una gran variedad de suelos, prefiriendo los bien drenados pero creciendo también en los vertisuelos profundos de las llanuras aluviales a hidromorfía o inundaciones temporales. Aun representa la especie dominante en este tipo de suelos. Su mejor crecimiento en plantación se observa en los suelos profundos, bien drenados, de pH 5,5 a 7,5 con contenido en arcilla inferior a 50 % y en arena inferior a 40 % ; suelos limonoarcillosos a arcilloarenosos. Tolera también los suelos salinos.. En zonas áridas y semiáridas el acceso al nivel freático le es necesario.

- **Silvicultura**

Especie semiheliófila a crecimiento medio requiriendo una sombra liviana a la siembra y luego días soleados totales para un desarrollo máximo. Las regeneraciones son escasas en bosques naturales explotados o no.

La especie no tolera la competencia, lo que tiene incidencias en la densidad de plantación, los mantenimientos y el régimen de entresacas. La especie es sensible al viento y no resiste a los fuegos. No soporta bien los suelos mal drenados o demasiado secos. Se puede prever una producción económica sólo sobre los suelos más fértiles. Se propaga fácilmente por multiplicación vegetativa. La conservación de las semillas y su germinación no plantean problemas. El árbol desarrolla por un lado una raíz primaria fuerte

pero por el otro lado un sistema de raíces secundarias de baja extensión ; se lo vuelve así más sensible a los vientos. Brotes de estirpe y puede ser tratado como « mondar »⁵.

Los frutos se cosechan una vez llegados a maduración justo antes la dehiscencia de las cápsulas. Se los secan a la sombra. Se extraen las semillas de los frutos abiertos luego secados a 6-8 % de humedad. Las semillas se conservan por lo menos 12 meses en embalajes cerrados y a 5-6°C. No se necesita ningún tratamiento de semillas, la germinación ocurre entre 8 y 35 días.

La plantación se hace con plántulas de 15 a 30 cm de altura, que han crecido 3-4 meses en vivero. Los tocones están producidos por siembra directa en planchas donde pasan 6 a 12 meses. Se preparan tocones cortos de 2 cm de diámetro aproximadamente. Se puede plantar tocones sin problemas 15 días a un mes antes el principio de la estación lluviosa, lo que favorece mucho el crecimiento en comparación con plantaciones más tardías. Grandes esquejes (1,5 a 2m) obtenidos a partir de ramas ortotropas están utilizados para realizar cercas vivas. Actualmente, no se utiliza la propagación vegetativa aparte para la creación de huertos semilleros o para la investigación.

En Colombia, Monterey Forestal ha hecho investigaciones para identificar las mejoras técnicas de preparación de los suelos arcillosos (vertisoles) de terrazas cerca de Zambrano. El suelo es montmorillonítico, con una textura muy fina. El subsolado a 60 cm sobre la línea de plantación mejora el crecimiento del Ceiba roja de un 20% el primer año comparado al testigo no subsolado. La supervivencia está correlada negativamente con la densidad aparente del suelo y el crecimiento en altura está correlado negativamente con el contenido de humedad del suelo. Lo que deja suponer que los suelos son hifomorfos y que existen periodos de exceso de agua.

Se realizara plantaciones con largo espaciamiento ya que no existe un mercado para productos de entresaca y también para permitir la practica de cultivos intercalados. Los huertos semilleros estarán plantados con un mínimo de 8x8 m para permitir una buena insolación de las copas y favorecer la floración y la fructificación. La desyerba de las plantaciones es necesaria durante el periodo de instalación. Para la madera de desenrollado, la poda es necesaria para obtener rápidamente un tronco sin nudos. Después de una poda de penetración sobre aproximadamente 2 metros, efectuada desde el segundo año, tres pasos son necesarios para despejar el tronco sobre 6, luego 9 y 12 m. Se debe realizar los entresacas desde el cierre del cubierto para reducir progresivamente la densidad hasta una densidad final de una centena de arboles al hectárea. Se tiene que mencionar que la fuerte densidad des espinas sobre el tronco complica los trabajos de poda y de cosecha.

Cuando joven, el crecimiento sobre buenos suelos puede alcanzar 4 cm por año en diámetro y 2 cm en altura. En Colombia, Monterey Forestal ha realizado plantaciones con una rotación de 8 años para la producción de madera de trituración (tableros de partículas). Para el desenrollado, la revolución puede ser de 25 a 35 años con una productividad de 10 a 15 m³/ha/año durante los primeros quince años; la producción disminuye progresivamente después. Unos análisis económicos han mostrado tazas internas de rentabilidades elevadas para tales plantaciones realizadas sobre buenos sitios, con material genéticamente eficiente (sin embargo, es probable que ninguna de las plantaciones consideradas haya llegado a la fase de explotación final y se tiene que considerar esas cifras con prudencia).

⁵ trimming out , têtard (francés)

- **Problemas fitosanitarios**

Podredumbre del cuello de la raíz vivero, así que ataques de saltamontes, de orugas, de gusanos y hormigas defoliadores. En plantaciones, se observan ataques de insectos defoliadores (atta sp y Phyllophaga sp), la destrucción de las raíces de plántulas de menos de 3 años y ataques de taladradores a cualquier edad. Ciertos roedores descortezan las jóvenes plántulas y jóvenes arboles. Las frutas y semillas están muchas veces atacadas sobre el árbol por insectos.

- **Genética**

La alo-fecundación parece ser la norma. Los marcadores genéticos muestran poca variabilidad entre 12 procedencias de Baranquilla en Colombia. Comparaciones de procedencias han mostrado grandes diferencias de comportamiento entre las de Colombia y de Venezuela pero una importante homogeneidad al seno de las procedencias (CAMCORE : cooperativa de recursos en coníferos de América central y de Méjico - Universidad de Carolina del Norte - USA). En estos ensayos de procedencias de zonas secas (P<2000 mm), el crecimiento es reducido : a 8 años, 6-7 m de altura y 12-13 cm de diámetro, de mucho inferior a las cifras de los proyectos de repoblación forestal.

En Colombia, 2 procedencias de Nicaragua (Hacienda San Juan y Los Playones) se comportan igual que las procedencias locales (de 11 a 16% superiores en volumen a la media de las procedencias testadas, probablemente en razón de su adaptación a las sequías importantes pero también a las sumersiones temporarias. Hay que buscar buenas fuentes de semillas y realizar nuevos ensayos de procedencias.

En Colombia, se estima que una ganancia genética sobre la productividad en volumen es posible por la selección de familias y al seno de las familias.

- **Usos diversos**

Cercas vivas, enramada de los cafetales (Nicaragua) y de los pastos.

- **Madera**

La madera tiene un gran valor tecnológico y comercial. La albura es distinta del duramen. El duramen es naturalmente muy durable y resistente a los termitas y a los teredos marinos. Producción de chapados, ebanistería, carpintería : ventanas, puertas, molduras...con un hermoso acabado. Utilizado también para maderas de construcción, tableros de partículas...

Los arboles de 25-30 años procedentes de plantaciones muestran calidades tecnologicas inferiores a las de los arboles de bosques naturales.

9.5. ¿Se pueden mejorar las técnicas silvícolas utilizadas hasta ahora ?

(por Dominique Louppe)

Veamos dónde los mejoramientos pueden ser posible y en qué condiciones. Primero consideraremos solo el aspecto técnico, más adelante se considerará el aspecto financiero.

a. Limpieza del terreno

Es necesario sacar las cercas viejas y malezas y no parece imprescindible modificar la técnica en uso. El rescate de la madera utilizable garantiza un cierto ingreso (o de autoconsumo).

Sin embargo se podría considerar quemar los herbáceos justo antes de empezar a trabajar el suelo. Si se aran rápidamente las tierras, habrá poco o nada de riesgo de erosión eólica o hídrica sobre los elementos minerales mineralizados por la combustión de la materia orgánica. Pero para aplicar esta técnica, hay que estar seguro de que el fuego pueda ser controlado (cortafuegos, equipos suficientes de vigilancia) y que no salga de la parcela que debe quemarse.

Costos por hectárea (en tiempo de trabajo) de la limpieza del terreno :

- 3 horas máquina (tipo de máquina no precisado : tractor oruga 40 cv ?)
- 2 hombres-días

Agregar : transporte del personal, recolección y transporte de la madera ?

b. Preparación del terreno

Actualmente la técnica de preparación del terreno es el subsolado en la línea de plantación con el tractor agrícola. La profundidad del trabajo de suelo se estima a 30 cm.

Costos por hectárea (en tiempo de trabajo) de la preparación del terreno :

- 2 horas de tractor (a oruga 120 cv o agrícola 95 cv ?) para el arado (labranza)
- 1 hora de tractor (95cv ?) para la rastrillada
- 2 horas de tractor agrícola (75 cv ?) para el subsolado
- mano de obra : 0,3 hombres/día

• Consideraciones sobre la preparación del terreno

El subsolado es necesario solo si los suelos están indurados a poca profundidad o si presentan una carga arcillosa de por de más fuerte. Ahora bien, según las informaciones que nos han dados, los suelos indurados parecen ser una excepción y todos los suelos presentando aptitudes forestales se declaran tener un buen drenaje.

El subsolado también puede presentar la ventaja de concentrar el agua de chorreo al nivel de la raya de subsolado para las plantas jóvenes. En contraparte, si la plantación no se realiza con mucho cuidado, los árboles jóvenes pueden tener el sistema de raíz colgado en el vacío creado por el subsuelo.

En los terrenos herbosos, caso de los pastizales, el diente del subsolado rompe el suelo pero no actúa o muy poco en la vegetación. Por eso no se desyerba el suelo con este tipo de trabajo, caso contrario con la labranza que da vuelta y entierra las hierbas. Así la labranza garantiza un suelo limpio durante unas semanas mientras el subsolado no frena el crecimiento de las plantas. Esta diferencia tiene un impacto directo en los trabajos de mantenimiento después de la plantación.

Cuando se realiza un arado con fines forestales, no se debe deshacer los terrones creados por el arado (entonces se suprime el uso de la grada). Los terrones (o briquetas) desempeñan varios papeles : permiten una buena infiltración de las aguas de lluvia, con un papel activo en la erosión hídrica, y crean una rugosidad del suelo que reduce de manera muy sensible la erosión eólica. Si los terrones se deshacen por grada, las lluvias pueden rápidamente crear una película de *battance*⁶ que vuelve el suelo menos permeable, favorece el principio de chorreo después de solo unos milímetros de precipitación y el comienzo de la erosión hídrica ; además, el suelo se vuelve más susceptible a la erosión eólica si la película de *battance* se destruye por el pisado de los animales.

Los inconvenientes del subsolado en cuanto a la labranza pueden resumirse así :

- no eliminación de la vegetación adventicia
- si hay una vegetación leñosa preexistente, las raíces pueden bloquear el diente del subsolado y el tractor debe hacer marcha atrás para salir, aumentando así el tiempo de trabajo
- infiltración localizada en la raya del subsolado de las aguas de lluvia
- concentración progresiva de las arcillas por erosión en capas de partículas finas hacia la raya del subsolado ; ellas pueden llegar a rellenar ésta.
- sensibilidad más importante del suelo no arado a los riesgos de erosión hídrica y eólica
- reanudación más rápida de la vegetación adventicia implicando la necesidad de mantenimientos suplementarios
- mantenimientos (desyerbas) más difíciles a realizar ya que el suelo no se temperó por la labranza

Ventajas del subsolado en el cultivo :

- si el subsolado se realiza en la línea de plantación, el jalonamiento previo a la plantación debe cancelarse
- el arado que corta las raíces de los leñosos y los rizomas de las hierbas puede provocar esquejes de estas especies y una invasión por los adventicios.

• **Proposiciones para el mejoramiento del trabajo del suelo**

- pseudocultivo con el pulverizador pesado (tipo Rome-plough, 12 discos de 80 cm cargados de 350 kg por disco, profundidad de trabajo 20 a 25 cm o de 90 cm cargados a 500 kg : profundidad de 25 a 30 cm) tractado por un tractor oruga de 140 o 200 cv. Tiempo de trabajo : 1 hora (+ desplazamientos) por hectárea.
- Jalonamiento de las líneas de base para guiar el subsolado : 0,3 hombres/día
- Subsolado en la línea de plantación con el tractor (65 cv) para marcar las líneas de plantación (perpendicularmente a la pendiente). Tiempo de trabajo : 1h/ha
- El jalonamiento de los lugares de plantación puede suplentarse al subsolado. Tiempo de trabajo : hasta 3 hombres-día/ha más la fabricación de las estacas (1 a 2 hombres-día/ha).

⁶ cuya formación puede ser tanto más rápida que el contenido en arcillas es importante (*battance* :casha superficial)

c. Viveros y plantación

Las técnicas de reproducción de las plantas en viveros dependerán de la calidad genética del material vegetal, de la escasez o no de las semillas o de la voluntad de multiplicar los clones seleccionados.

Cuando se utiliza clones de individuos notables, hay que disponer de instalaciones especializadas en viveros. Por más detalles, ver el capítulo de O. Monteuuis « propagación vegetativa de la Teca ».

Si las semillas son escasas o caras, hay que ahorrarlas al máximo usando técnicas de vivero tal como la reproducción de las plantaciones en maceta. Esta técnica se usará también si se dispone de unos meses para preparar la próxima campaña de plantación.

La producción de las plantaciones en maceta necesita transportes de tierra, preparación de mezclas adecuadas, relleno de las macetas, siembra directa en macetas o picado de plantas producidas en germinación (con la necesidad de disponer de una zona de picado en la sombra), un riego diario, el desplazamiento regular de las macetas para evitar que las raíces se hundan en el suelo del vivero (o el uso de técnicas de autopicado *en situ*⁷). La Conif tiene un buen conocimiento de las técnicas de producción en macetas para las especies seleccionadas por Cormagdalena.

Con las restricciones emitidas arriba, los costos de vivero y de plantación pueden reducirse usando la técnica del stump. Parece ser que esta técnica esté ampliamente utilizada por Monterrey Forestal para *Pachira quinata* (se conservan 30 cm de planta y 20 cm de raíz primaria).

Para las tres especies preconizadas, la Teca, la Gmelina y la Ceiba roja, se puede poner en tierra los stumps sin mayor riesgo, 2 a 3 semanas antes de las lluvias. La plantación antes de la temporada de las lluvias implica un crecimiento más importante que con una plantación más tardía. Tendría que confirmarse este punto por una experimentación que estudiaría a la vez los viveros secos, el período de preparación de los stumps y la duración de conservación en depósito de los stumps. Parece que estas tres especies pueden prepararse en stumps durante el paro de la vegetación (el cual les caracteriza). La preparación de los stumps debe precederse de la subida de la savia que se produce mucho antes de la vuelta de las lluvias. Si los stumps se preparan mientras la subida de la savia ya tuvo lugar, hay que plantarlos rápidamente en un suelo ya bien humedecido.

El vivero seco es una técnica que reduce fuertemente los costos de vivero pues no hay riego. ¿cómo proceder ?

El terreno del vivero se ara al final de la temporada seca y se delimitan tableros. Para evitar los problemas de invasión por las hierbas, se lo puede tratar con un herbicida previa a la germinación. Cuidado con las siembras de las distintas especies arbóreas : no todas tendrán la misma resistencia a los herbicidas : la Gmelina por ejemplo es muy sensible a la dosis de Diuron. Experimentaciones tendrán que llevarse a cabo para la selección de los herbicidas más que la comunidad europea próximamente va a sacar del mercado un número creciente de productos fitosanitarios.

⁷ Para obtener un buen autopicado *en situ*, las plantas deben reproducirse en canutos dispuestos sobre una reja sobreelevada. Cuando las raíces salen del canuto a nivel de la reja, su apex se deseca. Esto induce la formación de muchas raíces laterales. Las raíces son más abundantes con picado regular *en situ* que con una planta reproducida en maceta. Además, en el tubo sobre reja, no hay formación de « culata » en el fondo de la maceta. Todo eso concurre a un arraigamiento bien conforme garante de una buena reanudación de la plantación y de un buen crecimiento inicial.

Las siembras se efectúan en líneas con un espacio de alrededor de 5 cm en la línea y 20 cm entre las líneas. Las siembras deben efectuarse en cuanto empieza la temporada de las lluvias. Eso es vital para la Gmelina cuyo poder germinativo baja rápidamente. Si las lluvias son de por demás erráticas, hay que prever un riego durante el período de germinación. Durante este período puede también preverse la puesta de un empajado temporal en el suelo para evitar que se seque demasiado rápidamente.

Los tablados se mantienen manualmente (binado) o químicamente (herbicida selectivo de monocotiledonas). Un entresaca se realizará para alcanzar una densidad de 50 plantas/m². Así las plantas jóvenes pueden desarrollarse a lo largo de la temporada de las lluvias. Se las madura suficientemente para resistir a la temporada seca sin riego. Semejantes viveros pueden instalarse cerca de los lugares de plantación.

Para la Teca, los stumps pueden prepararse durante la temporada seca. Se los arrancan con cuidado y se los preparan : se guardan 15-20 cm de raíces y una decena de cm de tallo (2 cm mínimo para la Gmelina y 6 cm para la Teca), se cortan las raíces laterales. Se envuelve la parte de las raíces con una tierra arcillosa. En Asia, los stumps se ponen en manojos de 50 (lo que facilita la manutención ulterior) y se los almacenan bajo techo en lechos de arena bien seca. Así pueden conservarse hasta la plantación. Esta técnica de almacenamiento permite usar la mano de obra a la preparación de los stumps fuera del período de plantación. Es probable que a la Gmelina, al ser también una verbenacea caduciolida, se le pueda adaptar la misma técnica. No obstante, debería instaurarse una experimentación de adaptación de la técnica a las condiciones colombianas, tanto para la Gmelina como para la Teca y por qué no para la Ceiba roja, aún si ésta ya ha demostrado su aptitud a la plantación antes de las lluvias.

El uso de los stumps reduce fuertemente los costos de transportes de las plantas en comparación con las plantaciones en maceta. El que planta puede llevar las plantas en un bolso y no es necesario usar un tractor con remolque para distribuir las plantas. El stump facilita también considerablemente la plantación : no es necesario hacer un gran agujero, basta con una simple apertura con azada si el suelo fue previamente arado. Se pone la planta rápidamente ya que el sistema de las raíces no corre riesgo de deformarse. Las plantaciones, según su densidad, exigen 1 a 2 hombres-día/ha.

Ya que un stump generalmente da 2 o 3 brotes, es necesario eliminar los brotes excedentarios con una podadera unas semanas después de la plantación, lo que puede exigir hasta un hombre-día/ha. Una segunda vuelta puede ser necesaria al principio de la temporada seca (0,5 hombres-día/ha).

Con los viveros secos, se pueden realizar ahorros en los viveros (sobretudo en la inversión pero también en los transportes de tierra, la mano de obra y algunas compras), el transporte de las plantas y la plantación. Pero esta técnica supone que se disponga de muchas cantidades de semillas, lo que muy raro es el caso para el material vegetal genéticamente mejorado.

Cualquiera sea el tipo de vivero utilizado, un seguimiento fitosanitario es necesario (muerte de las plantas, ataques de insectos y roedores....).

El jalonamiento es una operación costosa. Es posible suprimirlo si se materializa la línea de plantación por la raya del subsolado. El espacio sobre la línea puede medirse con un paso o con un palo de un largo dado. Esto supone también que no se piensa efectuar una desyerba cruzada mecanizada. La distribución de las plantas en macetas resulta más fácil que con un previo jalonamiento. No se plantea el problema con los stumps. Esta medida realizada directamente por los plantadores (stumps) o por los distribuidores aumenta el tiempo de trabajo de 10 a 20 % por planta.

d. Mantenimiento de las plantaciones : desyerba

Las hierbas pueden obstruir las plantas jóvenes y implicar su desaparición. Además, en las zonas secas, los árboles, sobretodo los jóvenes, son muy sensibles a la competencia para el agua. Por estas dos razones, las desyerbas deben efectuarse regularmente. Una desyerba en fines de la temporada de las lluvias es también necesaria para limitar los fuegos, peligrosos sobretodo para los árboles jóvenes.

La desyerba es una operación costosa. Pues es imprescindible limitar su cantidad al máximo sin dejar no obstante que las plantas adventicias invadan las plantaciones. Es menos costoso desherbar plantaciones al principio de la invasión por las hierbas que cuando éstas ya las han invadido todas y han dominado las plantas. Bien mantenidas, las plantaciones tendrán un crecimiento rápido y cerrarán la cubierta rápidamente. Una vez ésta cerrada, la competencia de las plantas adventicias se reducirá mucho, lo que limitará o suprimirá la necesidad de desherbar, salvo tal vez para las trepadoras que se seguirán vigilando y eliminando.

La técnica actual utilizada por Cormagdalena consiste en una desyerba manual dentro de un radio de 50 cm alrededor de la planta acompañada por la vuelta de un girotrituradora entre las líneas. Durante la temporada de vegetación, hasta ocho vueltas de girotrituradora son necesarias. El número de desyerbas manuales no fue precisado pero debería alcanzar tres o cuatro según la calidad del mantenimiento querido.

Costos de mantenimiento de Cormagdalena :

- desyerba manual : 20 hombres-día/año
- desyerba mecanizada : 4 horas de tractor por año
- corte de trepadoras : 5 hombres-día/año

• Consideraciones en el mantenimiento mecanizado de las plantaciones

La girotrituradora es un herramienta que corta las hierbas a una decena de centímetros del suelo como lo haría una máquina de cortar el césped. Se deposita la vegetación cortada en el suelo. Este corte no atrasa el crecimiento de las hierbas, lo que explica la necesidad de volver a cortar los renuevos frecuentemente. Para las hierbas con rizoma, el corte aún favoriza los renuevos : la cantidad de materia seca producida por hectárea es superior más con el corte regular de las hierbas que sin corte. La girotrituradora pues no es adaptada al mantenimiento de las plantaciones.

El pulverizador a discos⁸, si no es muy liviano, teniendo en cuenta el contenido de arcilla en los suelos, desarraiga parcialmente las hierbas, las cuales tardan más en crecer de vuelta que con una vuelta de girotrituradora. Es por supuesto necesario que el ángulo de ataque sea bien regulado en función de la textura del suelo para que el arranque y la incorporación de la materia vegetal al suelo sean óptimas. El uso de discos dentados en la parte delantera puede mejorar la calidad del trabajo.

Frenando más la actividad biológica de los adventicios que con la girotrituradora, el pulverizador a discos permite un mejor control de la competitividad sobretodo para el agua. Además, ya que los horizontes de

⁸ modelo pesado semi-portado con dos hileras de discos (más de 80kg/disco) formando un ángulo variable permitiendo regular la profundidad del trabajo de suelo en función de su textura. Puede utilizarse para una labranza agrícola – profundidad máxima y avance lerdo – o un rastrojo (mantenimiento) – trabajo con una decena de cm de profundidad en avance rápido

superficie se remueven y se enriquecen con materia orgánica, las condiciones de infiltración de las aguas de lluvia pueden resultar mejores.

El tiempo de mantenimiento se reducirá por un trabajo más largo : un vuelta en lugar de dos en la línea, aún si puede estimarse que la velocidad del avance de la girotrituradora es de 25 a 50 % superior a la del pulverizador a discos. Pulverizador a discos : una hora de trabajo por y por vuelta

- **Mantenimiento de las plantaciones : desyerba química**

Para evitar una invasión demasiado rápida de las plantaciones por la vegetación adventicia, puede resultar interesante efectuar un tratamiento herbicida previa a la germinación, después de la labranza y antes de la plantación de los árboles. En Costa de Marfil, tratamientos con Diuron con 2 a 2,5 litros de materia activa por hectárea permiten guardar el terreno limpio durante suficientemente tiempo como para evitar dos mantenimientos. Así le permite a la Teca instaurarse con buenas condiciones. La Gmelina es más sensible al Diuron que puede implicar una cierta mortalidad o retraso en el crecimiento si la dosis es demasiado alta. La dosis del herbicida y el tiempo entre su aplicación y plantación son esenciales : sin inducir la mortalidad, el herbicida antes de la germinación puede frenar el crecimiento de los árboles.

El uso de herbicida antes de la germinación es incompatible con las plantaciones hechas en temporada seca con stumps.

Los mantenimientos ulteriores plantean el problema del riesgo de contacto entre las hojas de los árboles y el herbicida. Si el herbicida no mata solo los monocotylédonos, puede implicar la muerte de los árboles. Al considerar este riesgo se prefieren otras técnicas de mantenimiento : o la desyerba con pulverizador a discos o los cultivos intercalados.

Numerosos ensayos de mantenimientos con los herbicidas fueron llevado en la época de las grandes repoblaciones a fines de los años 1970, principio 1980. Desde esta época, se prohibieron muchos productos fitosanitarios en Europa y en América del norte. Parece pues lógico que nuevas investigaciones se emprendan si, por falta de mano de obra, no queda otra sino utilizar la desyerba química.

- **¿Taungya, cultivos intercalados o desyerbas ?**

Tal como lo acabamos de leer, una de las dificultades principales encontradas en los programas de repoblaciones industriales es la desyerba de las plantaciones para evitar que los árboles jóvenes no estén dominados y obstruidos por las hierbas y/o para limitar la competencia para el agua, en especial en las zonas secas.

En la mayor parte de los proyectos importantes, se sigue plantando todavía mientras que habría tiempo para desherbar las primeras parcelas plantadas, de ahí un atraso de mantenimiento y un atraso de crecimiento para los árboles. Después, la frecuencia de las desyerbas necesarias no puede asegurarse, muchas veces por falta de material agrícola (falta de tractores, pulverizadores a discos...) o por lo caro que cuestan estas intervenciones.

Lo más económico para realizar plantaciones y mantenerlas es el método taungya más o menos adaptado al entorno local. La taungya clásica es la plantación de árboles en los cultivos hechos en tierras que los campesinos reciben en préstamo por dos o tres años en cambio del éxito de la plantación. Para aumentar el incentivo de esta técnica, la empresa de repoblación ara el terreno, el cual se asigna a los agricultores que necesitan de tierras. La preparación del suelo presenta un ahorro de trabajo substancial para el agricultor, o

sea un incentivo fuerte a invertir en este tipo de plantaciones. Se les dan éstas con un contrato. Este contrato, por ejemplo, precisa que se alquila la tierra a los agricultores por dos, tres o cuatro años bajo la condición que éstos planten los árboles y cuiden su mantenimiento. Los agricultores reciben una formación para el mantenimiento de los árboles⁹ y para su poda¹⁰ así que para el uso eventual de productos fitosanitarios¹¹ compatibles con la seguridad sanitaria y la legislación vigente. Los agricultores pueden elegir sus cultivos y el método de gestión, siempre y cuando esas sean anuales y no competitivos para los árboles : éstos, por ejemplo, no pueden usarse de tutor para los ñames. Los agricultores conservan la integralidad de las rentas agrícolas. Para garantizar un buen éxito de las plantaciones forestales, se puede brindar un premio a los agricultores en función de la tasa de sobrevivencia, de la altura de los árboles y del cuidado aportado a las podas. La dificultad es la eventual sanción en el caso en que el agricultor no respete el contrato : una cláusula de norespeto debe preverse.

Le conviene al dueño de las tierras que realiza sus propias plantaciones realizar cultivos intercalados que le van a asegurar una entrada de dinero por la venta de su cosecha y reducir así los costos de plantación.

Las ventajas de los cultivos intercalados para la plantación forestal :

- un suelo bien arado (labranza agrícola) facilita la plantación de los árboles y la infiltración de las aguas de lluvia
- los árboles se aprovechan de los aportes en fertilizantes para los cultivos
- los tratamientos fitosanitarios aprovechan a los árboles (si existe una compatibilidad de tratamientos, en especial para los herbicidas)
- el mantenimiento de los cultivos sustituyen parcialmente las desyerbas imprescindibles
- la cosecha deja el suelo limpio, evita así la competencia de las adventicias a lo largo de la temporada seca
- se mejora el crecimiento de los árboles en comparación con un terreno no mantenido
- los riesgos de fuego son menos importantes que en un terreno sin desyerba
- el cultivo aporta rentas al agricultor

Los inconvenientes :

- el crecimiento de los árboles es meno bueno que si se realizan correctamente los mantenimientos (lo que raramente llega al caso).

En Colombia, Monterrey Forestal efectúa cultivos intercalados en sus plantaciones de *Pachyra quinata*. Las plantas cultivadas son el maíz, el niebé (Caupi = *vigna inguiculata*) y el yuca (Yuca es el nombre utilizado por los indios para designar la mandioca). Si no cultivan sus plantaciones, se las dejan para pasto entre los árboles. Aunque estas prácticas se hayan llevado en áreas distintas de las de la Baja Magdalena, la asociación cultivos con árboles y el pasto parecen implicar ingresos financieros interesantes por la venta de producciones anexas (por más información : <http://www.turipana.org.co/silvopastoril.htm>)

⁹ ningún cultivo dentro de un rayo de 50 cm alrededor de la planta, se debe desherbar esta zona seguido

¹⁰ el segundo o tercer año, depende de la velocidad de crecimiento, se deben podar los árboles para seguir los cultivos intercalados

¹¹ elección de herbicidas compatibles con la presencia de árboles jóvenes, métodos de aplicación...

e. Prevención contra los fuegos

En general uno piensa que los riesgos de incendio en las plantaciones provienen de las hierbas de la maleza. Pero la materia combustible en el suelo incluye también la hojarasca, los desechos de la poda natural o artificial así que todos los remanentes de los entresacas. Todos estos materiales representan un riesgo más elevado que el clima es seco.

- **Comportamiento de las especies en cuanto a los fuegos**

Las dos especies principales seleccionadas son la Teca y la Gmelina. Aún si pasa el fuego en plantaciones del año, la plantación de estas especies no está destruída. La parte aérea de la planta se quema pero aparecen brotes. Sin embargo es preferible si no imprescindible que se recorten las plantas a nivel del suelo para formar un brote que garantice un fuste bien recto desde su base. Si no se hace el recorte, importantes deformaciones, específicamente numerosas horquillas, pueden comprometer el porvenir industrial del árbol.

La corteza de los árboles jóvenes se vuelve gruesa bastante rápido para resistir a los fuegos. Pero lo interesante es el comportamiento más del fuego que del árbol.

La Teca tiene hojas fuertemente leñosas que se tuercen al secar. Forman entonces una cubierta espesa en el suelo, cubierta conteniendo vacíos numerosos, o sea aire. La hojarasca de la Teca se prende así fácilmente y el fuego se propaga rápidamente. La forma de las hojas secas hace que algunas de ellas se comportan como globos aerostáticos y vuelan llevadas por el aire caliente. Y si sopla poco viento, estas hojas pueden llevar el fuego sobre distancias bastante grandes : 30 – 40 m o mucho más por viento fuerte. Así el fuego puede saltar fácilmente los cortafuegos.

Al contrario, la Gmelina tiene hojas finas, flexibles, poca leñosas. Se apilan cayendo en el suelo como lo harían hojas de papel, sin hacer aire entre ellas. De esta forma el fuego que llega bajo plantaciones de Gmelina solo puede ser arrastrado, por falta de oxígeno en hojarasca. La Gmelina reduce los fuegos mientras que la Teca lo propaga.

La Ceiba roja no resiste a los fuegos, lo que implica mucho en cuanto a la necesidad de dominar los fuegos y en cuanto a las inversiones a consentir para evitarlos.

- **Desyerba de las plantaciones**

Vimos más arriba que una de las técnicas preventivas de los riesgos de incendio es la desyerba antes de la temporada seca. Sin embargo, ésta no elimina todo el riesgo pues queda la hojarasca que generalmente cae más adelante en la temporada. Se puede por ahí hacer coincidir la desyerba con el entierro de la hojarasca pero se toma un riesgo suplementario dejando por un tiempo corto las hierbas secas en las plantaciones. Además, cuando las hierbas caen, el suelo superficial ya está muy desecado y difícil para arar.

Si la hojarasca es un elemento que no se lo puede dominar, sin embargo es posible limitar la vegetación adventicia por una cobertura continua. Si las cumbres se tocan, la sombra en el suelo limita la germinación y el crecimiento de los herbáceos. Esta técnica es más económica que las desyerbas pero con el fin de aplicarla de manera económica es necesario que el abastecimiento con agua sea suficiente para soportar una masa forestal densa de fuerte crecimiento. La masa densa además presenta ventajas en cuanto a la conformación de los fustes a la poda natural.

Nota : es posible también limitar la importancia de la biomasa herbácea al principio de la temporada seca introduciendo el ganado en las plantaciones en la temporada de lluvia. Por supuesto, esto implica que la cubierta herbácea sea abundante y que se retire el ganado cuando la hierba vuelve a ser demasiado desparramada. Si se deja el ganado en plantaciones donde las hierbas han desaparecido, el ganado corre el riesgo de combatir los árboles para comer las hojas y las cortezas, implicando así daños.

- **Los cortafuegos**

Es imposible tener un suelo limpio bajo plantaciones por la hojarasca ; pues existen riesgos de fuegos, hay que evitar que los fuegos entren en las plantaciones. Aunque la Teca y la Gmelina parecen poco sensibles a los fuegos, no se desean éstos por sus impactos ecológicos negativos. No se sabe todavía qué reducciones de crecimiento pueden inducir los fuegos y qué cambios ellos pueden aportar a las características de la madera. Así y para la Teca, se supone que los fuegos inducen cambios de coloridos nocivos para la estética de la madera, pues a su comercialización como madera preciosa de alto valor comercial.

Se deben orientar los cortafuegos perpendicularmente a los vientos dominantes de la temporada seca, período con riesgos. Hay que poner también cortafuegos perpendicularmente a los primeros con el fin de prevenir todo fuego durante un período en el cual los vientos se orientan diferentemente : pero esta red « secundaria » puede ser más distanciada que la primera.

Varios tipos de cortafuegos pueden considerarse :

Cortafuego desnudo

Los cortafuegos son cortes de combustibles que impiden la propagación del fuego. El más común es una franja de suelo desnuda. Sin embargo, mantener el suelo desnudo exige mucho trabajo, tanto para arar el suelo como para tratar con herbicidas.

Pero se puede también utilizar el fuego : se ara dos franjas de tierra de cada lado del cortafuego y la vegetación entre estas dos franjas de suelo desnudo se elimina por un fuego controlado. Para evitar la propagación del fuego, puede llegar a ser preferible efectuar la quema mientras las hierbas fuera del cortafuego no estén todavía secas. Entonces se debe cortar el cortafuego y secar el heno antes de quemarlo.

Si no se quiere cortar, se prenderá fuego más adelante en la temporada y se hará por la mañana antes que se levanten los vientos para evitar una propagación accidental del fuego. Es necesario tener a un equipo de gente suficiente para apagar rápidamente todo tipo de fuego accidental. Con esta técnica de quemar sin cortar, se pueden fabricar cortafuegos con anchos grandes (50m o más) a menor costo, lo que resultan necesarios si los riesgos son altos y los vientos violentos frecuentes.

Cortafuegos cultivados

Con el fin de reducir el costo de mantenimiento de los cortafuegos y no dejar estas tierras sin producir, se las pueden cultivar. Así franjas de tierras cultivadas dividen el espacio forestal. Después de la cosecha de los cultivos, el suelo queda desnudo y forma así un buen cortafuego.

Los cultivos deben ser intensivos con entre de todo aportes de insumo (abono, estiércol, ...) para evitar los riesgos de pérdida de la fertilidad de los suelos con el tiempo. Hay que instaurar también dispositivos de limitación de la erosión para conservar su aptitud agrícola a largo plazo.

Cortafuegos verdes

El cortafuegos verde es una franja de vegetación leñosa cuya meta es reducir la progresión del fuego para permitir apagarlo por una lucha eficaz. Los árboles del cortafuegos deben tener las características siguientes :

- ser resistentes al fuego
- cubrir eficazmente el suelo para eliminar todo tipo de vegetación adventicia herbácea
- tener una hojarasca que no tienda a propagar el fuego (quema despacio)

Distinto de los otros tipos de cortafuegos, el cortafuego verde no crea apertura importante en el masizo forestal. Contribuye así a la producción de la madera y otros productos forestales no-leñosos, conservando a la vez un ámbito forestal.

Un tipo de cortafuegos verde que podría realizarse en la zona de Cormagdalen se constituiría con (saliendo del lado del viento) :

- 3 hileras de anacardos (*Anacardium occidentale*) a 3 m de espacio
- 10 a 12 hileras de Gmelina con mismo espacio
- una pista o franja de suelo arado

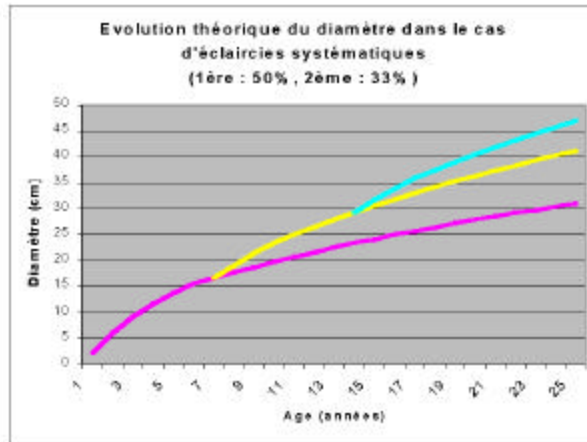
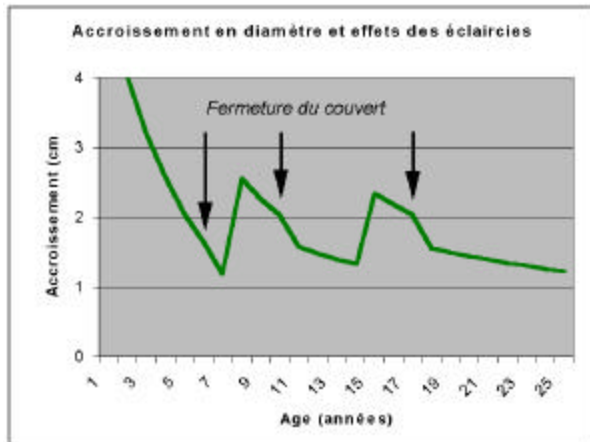
El anacardo tiene la característica de tener una copa muy ancha con ramas bajas cayendo hasta el suelo. Cubre muy bien el suelo y elimina todo tipo de vegetación adventicia. Los fuegos violentos chocan esta barrera vegetal que los disminuye mucho pero no les impide pasar, o saltando por arriba de los anacardos o pasando en la hojarasca. El principal efecto de estas hileras de anacardo es reducir la violencia del fuego aunque las hojas de este árbol tenga aceites combustibles.

f. Entresacas y podas

• **Ajuste de los entresacas**

En caso de una silvicultura intensiva, es importante optimizar el crecimiento individual de los árboles en cuanto a la productividad potencial de la masa. El crecimiento máximo de la masa se obtiene cuando la cubierta está cerrada y se reparte inegalmente en todo los individuos, los dominantes creciendo más rápidamente que los dominados.

Los dos gráficos siguientes muestran la reacción media teórica de una masa fictiva al entresaca, en el caso de entresacas sistemáticos que no influyen sobre el diámetro medio de los árboles de la población.



- **Crecimiento individual**

La Gmelina y la Teca son especies que forman horquillas bastante fácilmente. Por una parte es un defecto que limita la producción de la madera de construcción et por otra parte, estos árboles sin mucho porvenir industrial muestran un crecimiento generalmente más importante que los árboles sin horquilla (la copa siendo más larga, la fotosíntesis es más activa). Así estos árboles horquillados con fuerte crecimiento (los lobos en francés) compiten fuertemente con los árboles de buen porte y de porvenir industrial seguro. Estos « lobos » deben eliminarse en cuanto se hagan los primeros entresacas. Resulta que el diámetro medio de la masa aumenta poco por el entresaca.

Los gráficos anteriores muestran que no es posible tener un aumento constante del diámetro en el tiempo. Aún para los árboles aislados, este aumento disminuye poco a poco. Se verá la capacidad del selvicultor cuando se regulen los entresacas para evitar grandes variaciones en los crecimientos anuales, las cuales podrían implicar variaciones brutales de características tecnológicas, o sea problemas ulteriores con la elaboración de la madera.

Es pues esencial que el selvicultor disponga de herramientas de ayuda para decisiones. En general, los más utilizados son las tablas de producción. Más adelante, se presenta las de Costa de Marfil para la Teca. A falta de tablas de producción, pueden tomarse otros indicadores tal como las densidades relativas (índices de espacios) o áreas basimétricas.

- **Cubierta forestal y vegetación adventicia**

La intensidad de la cubierta forestal tiene un impacto importante sobre el desarrollo de las especies adventicias. Más se cierra, más raras se ponen las especies heliófilas y en particular las gramíneas. En las zonas secas, la cubierta forestal aparece como un medio de lucha contra las herbáceas, lo que reduce su competencia hídrica (baja por la importancia de la cubierta) y limita el riesgo de propagación de los fuegos.

Al contrario, si la cubierta no se cierra, la multitud de gramíneas obliga las desyerbas regulares (por lo menos una vez al año) para reducir la competencia y los riesgos.

No todas las especies leñosas tienen una cubierta suficientemente densa para impedir el crecimiento de los herbáceos. No es el caso ni de la Teca ni de la Gmelina.

- **Cubierta forestal y calidad de la madera**

La importancia de la cubierta forestal sobre la poda natural y sobre la conformación del fuste debe ya demostrarse. Una canopea¹² de por demás abierta inducirá la presencia de ramas grandes que persisten en el tronco por mucho tiempo, implicando presencia de nudos (no todos sanos) en la madera.

Una cubierta densa limita el tamaño de las ramas bajas que se cortan naturalmente. Por otro lado, el ancho de los anillos depende de la competencia. Hay que regular el crecimiento de los árboles por entresaca que es la única herramienta permitiendo alcanzar un crecimiento en diámetro más o menos constante. Recordemos no obstante que en crecimiento libre, un árbol tiene un aumento en volumen dependiendo del volumen de la copa (de la fotosíntesis en ausencia de todo otro factor reductor). Una parte del crecimiento se absorbe por la altura del árbol y el porte de la copa, lo que da un crecimiento en volumen del fuste más o menos constante. Ya que este aumento en volumen tiene un largo de fuste constante, este depende del cuadrado del diámetro del fuste. Resulta que el crecimiento en diámetro disminuye poco a poco cada año en función del diámetro del fuste. Un crecimiento constante en diámetro se puede obtener aproximadamente para árboles aislados con una copa que empieza muy cerca del suelo. No es el caso de los árboles en masas forestales.

Que sea para la Teca o para la Gmelina, la poda artificial es necesaria a la obtención de fustes sin nudos destinados al corte rebanado (Teca) o al desenrollo (Gmelina).

Para la Teca, debe evitarse abrir demasiado la cubierta cuando se aclarea ya que la aparición de la luz en los fustes provoca el nacimiento del chupón.¹³ Si la cubierta se encierra rápidamente, estos chupones se podan naturalmente sin consecuencia para la calidad de la madera. Si el entresaca persiste los chupones se vuelven verdaderas ramas con todas las consecuencias en la calidad de la madera.

9.6. Simulación de las especies prioritarias

Por Dominique Louppe

El objetivo de esta simulación es prever el registro de vencimientos de las cosechas en función del ritmo de plantación. En efecto es imprescindible prever estas producciones para poder elaborar un proyecto (o un programa) de desarrollo de transformación de las maderas.

a. Crecimiento: ecuaciones utilizadas

Las ecuaciones utilizadas para elaborar las « tablas de producciones teóricas preliminares » de la Gmelina y de la Ceiba roja fueron establecidas a partir de datos colectados en Colombia por Alvaro Vallejo dentro de las plantaciones de la empresa « Monterrey Forestal » ubicadas en la Costa atlántica colombiana . Para *Tectona grandis* los datos provienen de Costa Rica y las ecuaciones fueron establecidas por Marcelino Montero.

¹² canopy (English)

¹³ brote adventicio

Se utilizan estas ecuaciones en el software Silvia¹⁴ desarrollado por el Catie¹⁵. No se utilizó Silvia para este estudio pues este software se está desarrollando y no nos da todas las salidas esperadas. Por el otro lado, utilizamos estas ecuaciones para elaborar nuestros modelos de producción.

Advertencia

Los modelos utilizados y desarrollados abajo (tan como los de Silvia) se basan en curvas de crecimiento globales. Estas sólo toman en cuenta la repuesta a los entresacas¹⁶: en efecto la masa entresacada crece en los modelos tal como una masa sin entresaca.

Es probable que el crecimiento en volumen de las masas viejas y entresacada sea superior al crecimiento dado por los modelos desarrollados y presentados abajo.

• **Definición de las variables utilizadas**

ccG	Crecimiento corriente en área basal.
ccDg	Crecimiento corriente en diámetro cuadrático.
ccVtc	Crecimiento corriente en volumen total con corteza.
Dg	Diámetro del árbol medio.
G	Área basal.
Hd	Altura de árboles dominantes.
Idr	Índice de densidad relativa.
rDg	Diámetro cuadrático remanente.
rIdr	Índice de densidad relativa remanente.
rG	Área basal remanente.
rN	Número de árboles remanente
S	Índice de sitio.
T	Edad.
Vtc	Volumen total con corteza.
xVtc	Volumen total con corteza extraído.

¹⁴Silvia : el Sistema de Manejo Forestal es un conjunto de programas orientados al manejo técnico, ordenado y sostenible de proyectos forestales.

¹⁵ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.

¹⁶ No obstante se toma en cuenta la evolución del diámetro medio ante y después del entresaca

- **Gmelina arborea**

Los datos básicos provienen de la Costa atlántica colombiana. Fuentes : Vallejo, Alvaro, Estudio de crecimiento de Gmelina arborea. Monterrey Forestal Ltda., 1998 & 1999. Informe interno. Zambrano, Colombia.

Ecuaciones

Observaciones :Los valores se redondearon a 4 cifras significativas

En negrita las ecuaciones utilizadas para la elaboración de las simulaciones

$$ccDg = 61.70 * T^{(-0.4548)} * S^{(-0.1523)} * Idr^{(-0.4334)}$$

$$ccG = 0.02345 * T^{(-0.5715)} * S^{0.4553} * Idr^{0.7091}$$

$$ccVtc = 0.002436 * T^{(-0.1850)} * S^{1.531} * Idr^{0.7955}$$

$$**Dg = 4.194 * T^{0.3378} * S^{0.7391} * N^{(-0.2398)}**$$

$$Dg = 1.155 * T^{0.5272} * S^{1.021} * Idr^{(-0.2555)}$$

$$G = 0.01465 * T^{0.2061} * S^{0.3975} * Idr^{0.9024}$$

$$G = 0.00136 * T^{0.6771} * S^{1.480} * N^{0.5216}$$

$$**Hd = Exp(Ln(S) - 2.047 * (1/T - 1/15))**$$

$$rDg = 2.984 + 0.9917 * Dg - 0.004609 * rIdr$$

$$rG = 0.7625 * G^{0.9433} * Idr^{(-0.8563)} * rIdr^{0.9304}$$

$$rN = 0.4235 * N^{0.9429} * Idr^{(-1.3039)} * rIdr^{1.288}$$

$$S = Exp(Ln(Hd) + 0.445078 * Ln(14/T))$$

$$Vtc = 0.6661 * Hd^{0.8995} * G^{0.9518}$$

$$Vtc = 0.004709 * T^{0.6025} * S^{1.235} * Idr^{0.8587}$$

$$XVtc = 2.312 + 0.2030 * Idr - 0.2850 * rIdr + 0.2380 * Vtc$$

Límites de validez

T : 1 – 15 ans

G : 3 – 23 m²/ha

N : 170 – 1466

S : 14 – 29 (a 15 años)

Dg : 7 – 33 cm

Hd : 6 – 22

Vtc : 25 – 202

- **Tectona grandis**

En ausencia de datos referentes a plantaciones de Teca en Colombia, los datos básicos utilizados provienen de « todas las zonas con plantaciones de la especie en Costa Rica ».

Fueron publicados por Montero, Marcelino, Ecuaciones de crecimiento y productividad de *Tectona grandis* L.f. en Costa Rica. Documento en preparación, septiembre de 2002. Estudio de crecimiento realizado con 871 mediciones de parcelas permanentes distribuidas por todo el país.

$$Dg = 1.514 * T^{0.4284} * S^{0.7296} * N^{(-0.09822)}$$

$$G = 0.00112 * T^{0.7144} * S^{1.4519} * N^{0.5776}$$

$$H = 10^{Ln(S) / Ln(10) - 1.2819 * (1/T - 1/10)} \quad (\text{Henaó, I. Colombia})$$

$$Hd = \text{Exp}(4.475 - (3.094/T^{0.326}))$$

$$Hd = \text{Exp}(Ln(S) - 3.094 * (1/T^{0.3256} - 1/10^{0.3256}))$$

$$Vtc = 0.4890 * Hd^{0.9259} * G^{1.019}$$

$$Vtc = 0.00792 * Hd^{3.063} * N^{0.4706}$$

- **Pachira quinata (Bombacopsis quinata)**

Las ecuaciones utilizadas para la Ceiba roja fueron establecidas por Alvaro Vallejo a partir de datos colectados en Colombia en las plantaciones de la empresa « Monterrey Forestal » ubicada en la Costa atlántica colombiana.

Fuentes : Vallejo, Álvaro, Estudio de crecimiento de *Gmelina arborea*. Monterrey Forestal Ltda., 1998 & 1999. Informe interno. Zambrano, Colombia.

Ecuaciones

Observaciones : los valores se redondearon a 4 cifras significativas

En negrita las ecuaciones utilizadas para la elaboración de las simulaciones

$$Dg = 3.518 * T^{0.4} * S^{0.64} * N^{(-0.142)}$$

$$G = 0.000987 * T^{0.799} * S^{1.278} * N^{0.714}$$

$$Hd = \text{Exp}(Ln(S) - 3.369 * (1/T - 1/15))$$

$$\mathbf{Hd = 1.308 * T ^ 0.414}$$

$$xVtc = 0.910 * Hd^{0.620} * G^{0.965}$$

Límites de validez

$$T = 3 - 16 \text{ años}$$

$$S = 6,9 \text{ a } 18,2$$

$$N = 170 = 1466 \text{ arbres}$$

$$Hd = 4,5 - 16,2 \text{ m}$$

$$G = 4,6 - 26,3 \text{ m}^2/\text{ha}$$

b. Crecimiento de Gmelina arborea

• **Gmelina arborea : Producción de la clase de fertilidad 1 (Hd = 29 m a 15 años)**

Para la clase de fertilidad 1, se preve la explotación final a los 20 años : 125 árboles por hectárea con un diámetro medio de 43,7 cm y un volumen madera fuerte sobre corteza de 1,85m³ ou 1,6m³ madera fuerte bajo corteza.

La productividad total de la plantación es de 19,2 m³/ha/año.

Masa de fuste							Aclareos							
T	S	Hd	Dg	N	G	Vtc	T	Hd	Dg	N	G	Vtc	c/arb	Vtprod
3	29	16,8	15,6	625	12	89,8								86
4	29	19,9	17,2	625	14,6	126								122
5	29	22,1	18,6	625	17	159								156
5	29	22,1	20,7	400	13,4	128	5	22,1	14,1	225	3,52	31,7	0,14	156
6	29	23,6	22,0	400	15,2	153								181
7	29	24,8	23,2	400	16,9	176								204
8	29	25,7	24,2	400	18,5	199								226
9	29	26,5	25,2	400	20	220								248
10	29	27,1	26,1	400	21,5	240								268
10	29	27,1	29,3	250	16,8	190	10	27,1	19,9	150	4,67	50	0,33	268
11	29	27,6	30,2	250	17,9	206								283
12	29	28,0	31,1	250	19	221								298
13	29	28,4	32,0	250	20,1	235								313
14	29	28,7	32,8	250	21,1	249								327
15	29	29,0	33,6	250	22,1	263								340
15	29	29,0	39,6	125	15,4	186	15	29	26,2	125	6,71	76,4	0,61	340
16	29	29,2	40,5	125	16,1	196								350
17	29	29,5	41,3	125	16,8	205								359
18	29	29,7	42,1	125	17,4	214								368
19	29	29,8	42,9	125	18,1	222								377
20	29	30,0	43,7	125	18,7	231								385
21	29	30,2	44,4	125	19,4	239								394
22	29	30,3	45,1	125	20	248								402
23	29	30,4	45,8	125	20,6	256								410
24	29	30,5	46,4	125	21,2	264								418
25	29	30,6	47,1	125	21,8	272								426
26	29	30,7	47,7	125	22,4	279								434
27	29	30,8	48,3	125	23	287								441
28	29	30,9	48,9	125	23,5	295								449
29	29	31,0	49,5	125	24,1	302								456
30	29	31,0	50,1	125	24,7	309								464
							30	0	50,1	125	24,7	309	2,47	

• **Gmelina arborea : Producción de la clase de fertilidad 2 (Hd = 26 m a 15 años)**

Para la clase de fertilidad 2, se preve la explotación a los 25 años : 125 árboles por hectárea con un diámetro medio de 43,4 cm y un volumen de madera fuerte sobre corteza de 1,69 m³ o 1,5m³ madera fuerte bajo corteza.

La productividad total de la plantación es de 13,4 m³ /ha/año

Masa de fuste							Aclareos							
T	S	Hd	Dg	N	G	Vtc	T	Hd	Dg	N	G	Vtc	Vtc/art	Vtprod
3	26	15,1	14,4	625	10,2	69,8								70
4	26	17,9	15,9	625	12,4	97,9								98
5	26	19,8	17,1	625	14,4	124								124
5	26	19,8	19,1	400	11,4	99,3	5	19,8	13	225	3	24,6	0,11	124
6	26	21,2	20,3	400	12,9	119								143
7	26	22,2	21,4	400	14,4	137								162
8	26	23,1	22,4	400	15,7	154								179
9	26	23,7	23,3	400	17,0	171								195
10	26	24,3	24,1	400	18,3	187								211
10	26	24,3	27,0	250	14,3	148	10	24,3	18,4	150	3,97	38,8	0,26	211
11	26	24,7	27,9	250	15,3	160								223
12	26	25,1	28,7	250	16,2	171								235
13	26	25,5	29,5	250	17,1	183								246
14	26	25,7	30,2	250	18,0	193								257
15	26	26,0	31,0	250	18,8	204								268
15	26	26,0	36,6	125	13,1	145	15	26	24,1	125	5,71	59,4	0,48	268
16	26	26,2	37,4	125	13,7	152								275
17	26	26,4	38,1	125	14,3	159								282
18	26	26,6	38,9	125	14,8	166								289
19	26	26,8	39,6	125	15,4	173								296
20	26	26,9	40,3	125	15,9	180								302
21	26	27,0	41,0	125	16,5	186								309
22	26	27,2	41,6	125	17,0	193								315
23	26	27,3	42,2	125	17,5	199								322
24	26	27,4	42,8	125	18,0	205								328
25	26	27,5	43,4	125	18,5	211								334
26	26	27,5	44,0	125	19,0	217								340
27	26	27,6	44,6	125	19,5	223								346
28	26	27,7	45,1	125	20,0	229								352
29	26	27,8	45,7	125	20,5	235								358
30	26	27,8	46,2	125	21,0	240								363
							30	27,8	46,2	125	21	240	1,92	

• **Gmelina arborea : Producción de la clase de fertilidad 3 (Hd = 23 m a 15 años)**

Para la clase de fertilidad 3, se preve la explotación final a los 30 años : 150 árboles por hectárea con un diámetro medio de 40,4 cm y un volumen madera fuerte sobre corteza de 1,32 m³ o 1,15m³ madera fuerte bajo corteza.

La productividad total de la plantación es de 11,4 m³/ha/año.

Masa de fuste							Aclareos							Vtc/arb	Vtprod
T	S	Hd	Dg	N	G	Vtc	T	Hd	Dg	N	G	Vtc	Vtc/arb		
3	23	13,3	13,2	625	8,52	52,6								53	
4	23	15,8	14,5	625	10,3	73,8								74	
5	23	17,5	15,7	625	12	93,4								93	
6	23	18,7	16,7	625	13,6	112								112	
7	23	19,7	17,5	625	15,1	129								129	
7	23	19,7	19,5	400	12	103	7	19,7	13,3	225	3,14	25,6	0,11	129	
8	23	20,4	20,4	400	13,1	116								142	
9	23	21	21,3	400	14,2	129								154	
10	23	21,5	22	400	15,2	141								166	
11	23	21,9	22,7	400	16,3	152								178	
12	23	22,2	23,4	400	17,3	163								189	
13	23	22,5	24,1	400	18,2	174								199	
14	23	22,8	24,7	400	19,2	184								210	
14	23	22,8	27	275	15,8	153	14	22,8	18,6	125	3,4	31,3	0,25	210	
15	23	23	27,6	275	16,5	161								218	
16	23	23,2	28,2	275	17,2	169								226	
17	23	23,4	28,8	275	18	177								234	
18	23	23,5	29,4	275	18,7	185								242	
19	23	23,7	29,9	275	19,4	193								250	
20	23	23,8	30,5	275	20,1	200								257	
21	23	23,9	31	275	20,7	207								264	
21	23	23,9	35,8	150	15,1	154	21	23,9	23,9	125	5,62	53,9	0,43	264	
22	23	24	36,4	150	15,6	159								270	
23	23	24,1	36,9	150	16,1	164								275	
24	23	24,2	37,5	150	16,5	169								280	
25	23	24,3	38	150	17	174								285	
26	23	24,4	38,5	150	17,5	179								290	
27	23	24,4	39	150	17,9	184								295	
28	23	24,5	39,5	150	18,4	189								300	
29	23	24,6	39,9	150	18,8	194								304	
30	23	24,6	40,4	150	19,2	198								309	
							30	0	40,4	150	19,2	198	1,32		

c. Crecimiento de *Tectona grandis*

En los cuadros de abajo, las alturas dominantes, las áreas basimétricas, los diámetros del árbol del área basimétrica media y los volúmenes totales sobre corteza fueron calculados independientemente uno del otro en la base de ecuaciones de arriba. Resultan pequeñas diferencias específicamente para el diámetro del árbol

medio en la cosecha final ; éste se calcula a partir del área basimétrica por hectárea y del número de árboles cosechados pero no se calcula a partir de la ecuación que da el Dg de T, S y N.

La silvicultura de la Teca necesita entresacas livianos y frecuentes para evitar la proliferación de chupones¹⁷ que depreciarían la calidad de la madera. El mantener la masa bastante densa permite también favorecer la poda natural, la cilindridad del fuste y la corrección natural de una parte de las horquillas consecutivas a una floración precoz del árbol.

¹⁷ o brotes adventicios (« gourmands »)

• **Tectona grandis : Producción de la clase de fertilidad 1 (Hd = 22,5 m a los 10 años)**

Para la clase de fertilidad 1, la explotación final se preve a los 30 años (para conseguir una buena duramenización del duramen y una tasa de albura no muy elevada, no hay que explotar la Teca muy temprano. 30 años parecen ser un buen compromiso entre la duración de la inversión y la calidad de la madera).

A los 30 años, se cosechan 125 árboles por hectárea con un diámetro medio de 44 cm y un volumen madera fuerte sobre corteza de 2,1 m³ o 1,8 m³ madera fuerte bajo corteza.

La productividad total de la plantación es de 16,3m³/ha/año

Masa de fuste							Aclareos							
T	S	Hd	Dg	N	G	Vtc	T	Hd	Dg	N	G	Vtc	Vtc/arbre	VtcProd
3	22,5	11,2	11,8	1100	12,9	61,6								62
4	22,5	13,5	13,4	1100	15,8	90,9								91
5	22,5	15,5	14,7	1100	18,6	121,6								122
5	22,5	15,5	15,7	550	12,4	80,8	5	15,5	11,9	550	6,1	40,7	0,1	122
6	22,5	17,3	17,0	550	14,2	101,8								143
7	22,5	18,8	18,2	550	15,8	123,1								164
8	22,5	20,2	19,3	550	17,4	144,8								186
9	22,5	21,4	20,2	550	18,9	166,6								207
10	22,5	22,5	21,2	550	20,4	188,6								229
10	22,5	22,5	22,0	375	16,4	150,5	10	22,5	17,2	175	4,0	38,1	0,2	229
11	22,5	23,5	22,9	375	17,5	168,2								247
12	22,5	24,5	23,8	375	18,6	185,9								265
13	22,5	25,4	24,6	375	19,7	203,6								282
14	22,5	26,2	25,4	375	20,8	221,3								300
15	22,5	27,0	26,2	375	21,8	239,1								318
15	22,5	27,0	27,2	250	17,3	188,3	15	27,0	21,6	125	4,6	50,8	0,4	318
16	22,5	27,7	28,0	250	18,1	202,3								332
17	22,5	28,4	28,7	250	18,9	216,3								346
18	22,5	29,0	29,4	250	19,7	230,3								360
19	22,5	29,6	30,1	250	20,5	244,3								374
20	22,5	30,2	30,8	250	21,2	258,2								388
20	22,5	30,2	31,9	175	17,3	209,3	20	30,2	25,9	75	4,0	48,9	0,7	388
21	22,5	30,8	32,6	175	17,9	220,6								399
22	22,5	31,3	33,2	175	18,5	231,9								410
23	22,5	31,8	33,9	175	19,1	243,1								422
24	22,5	32,3	34,5	175	19,7	254,4								433
25	22,5	32,8	35,1	175	20,3	265,6								444
25	22,5	32,8	36,3	125	16,7	217,8	25	32,8	30,2	50	3,6	47,7	1,0	444
26	22,5	33,3	36,9	125	17,2	227,0								453
27	22,5	33,7	37,5	125	17,6	236,2								462
28	22,5	34,1	38,1	125	18,1	245,4								472
29	22,5	34,5	38,7	125	18,6	254,5								481
30	22,5	34,9	39,2	125	19,0	263,6								490
30	22,5		44,0	125	19,0	263,6	30	22,5	44,0	125	19,0	263,6	2,1	490

• **Tectona grandis : Producción de la clase de fertilidad 2 (Hd = 20 m a los 10 años)**

Para la clase de fertilidad 2, la explotación final se preve a los 30 años ; 125 árboles por hectárea con un diámetro medio de 40,4 cm y un volumen madera fuerte sobre corteza de 1,6 m³ o 1,4 m³ madera fuerte bajo corteza.

La productividad total de la plantación es de 12,3 m³/ha/año.

masa de fuste							aclareos							VtcProd
T	S	Hd	Dg	N	G	Vtc	T	Hd	Dg	N	G	Vtc	Vtc/arb	
3	20	9,9	10,8	1100	10,9	46,4								46
4	20	12,0	12,3	1100	13,3	68,5								68
5	20	13,8	13,5	1100	15,6	91,6								92
5	20	13,8	14,4	550	10,5	60,9	5	13,8	10,9	550	5,2	30,7	0,1	92
6	20	15,4	15,6	550	11,9	76,7								107
7	20	16,7	16,7	550	13,3	92,7								123
8	20	17,9	17,7	550	14,7	109,1								140
9	20	19,0	18,6	550	15,9	125,5								156
10	20	20,0	19,4	550	17,2	142,1								173
10	20	20,0	20,2	375	13,8	113,4	10	20,0	15,8	175	3,4	28,7	0,2	173
11	20	20,9	21,0	375	14,8	126,7								186
12	20	21,8	21,8	375	15,7	140,0								199
13	20	22,5	22,6	375	16,6	153,4								213
14	20	23,3	23,3	375	17,5	166,7								226
15	20	24,0	24,0	375	18,4	180,1								239
15	20	24,0	25,0	250	14,6	141,9	15	24,0	19,8	125	3,8	38,3	0,3	239
16	20	24,6	25,7	250	15,3	152,4								250
17	20	25,2	26,4	250	15,9	162,9								261
18	20	25,8	27,0	250	16,6	173,5								271
19	20	26,3	27,7	250	17,2	184,0								282
20	20	26,9	28,3	250	17,9	194,5								292
20	20	26,9	29,3	175	14,6	157,6	20	26,9	23,8	75	3,3	36,8	0,5	292
21	20	27,4	29,9	175	15,1	166,1								301
22	20	27,8	30,5	175	15,6	174,6								309
23	20	28,3	31,1	175	16,1	183,1								318
24	20	28,7	31,7	175	16,6	191,6								326
25	20	29,2	32,2	175	17,1	200,0								334
25	20	29,2	33,3	125	14,1	164,1	25	29,2	27,7	50	3,0	36,0	0,7	334
26	20	29,6	33,9	125	14,5	171,0								341
27	20	30,0	34,4	125	14,9	177,9								348
28	20	30,3	35,0	125	15,2	184,8								355
29	20	30,7	35,5	125	15,6	191,7								362
30	20	31,0	36,0	125	16,0	198,6								369
30		31,0	40,4	125	16,0	198,6							1,6	369

- **Tectona grandis : Producción de la clase de fertilidad 3 (Hd = 17,5 m a los 10 años)**

Para la clase de fertilidad 3, la explotación final se preve a los 40 años : 150 árboles por hectárea con un diámetro medio de 39 cm y un volumen madera fuerte sobre corteza de 1,4 m³ o 1,2 m³ madera fuerte bajo corteza

La productividad total de la plantación es de 9,6 m³/ha/año.

masa de fuste							aclareos							
T	S	Hd	Dg	N	G	Vtc	T	Hd	Dg	N	G	Vtc	Vtc/arbre	VtcProd
3	17,5	8,7	9,8	1100	8,9	33,7								34
4	17,5	10,5	11,1	1100	11,0	49,7								50
5	17,5	12,1	12,2	1100	12,9	66,4								66
6	17,5	13,4	13,2	1100	14,7	83,6								84
7	17,5	14,6	14,1	1100	16,4	101,2								101
8	17,5	15,7	15,0	1100	18,0	118,9								119
8	17,5	15,7	16,0	550	12,1	79,1	8	15,7	11,7	550	5,9	39,9	0,1	119
9	17,5	16,6	16,9	550	13,1	91,0								131
10	17,5	17,5	17,6	550	14,2	103,0								143
11	17,5	18,3	18,4	550	15,2	115,1								155
12	17,5	19,0	19,1	550	16,1	127,2								167
13	17,5	19,7	19,7	550	17,1	139,3								179
14	17,5	20,4	20,4	550	18,0	151,5								191
15	17,5	21,0	21,0	550	18,9	163,7								204
16	17,5	21,5	21,6	550	19,8	175,8								216
16	17,5	21,5	22,9	300	14,0	123,0	16	21,5	17,3	250	5,9	52,8	0,2	216
17	17,5	22,1	23,5	300	14,6	131,5								224
18	17,5	22,6	24,1	300	15,2	140,0								233
19	17,5	23,1	24,6	300	15,8	148,5								241
20	17,5	23,5	25,2	300	16,4	157,0								250
21	17,5	23,9	25,7	300	17,0	165,5								258
22	17,5	24,4	26,2	300	17,5	174,0								267
23	17,5	24,8	26,7	300	18,1	182,4								275
24	17,5	25,1	27,2	300	18,7	190,8								283
25	17,5	25,5	27,7	300	19,2	199,3								292
26	17,5	25,9	28,2	300	19,8	207,7								300
27	17,5	26,2	28,6	300	20,3	216,1								309
28	17,5	26,5	29,1	300	20,8	224,4								317
28	17,5	26,5	31,1	150	14,0	149,2	28	26,5	24,2	150	6,9	75,2	0,5	317
29	17,5	26,9	31,6	150	14,3	154,8								323
30	17,5	27,2	32,1	150	14,7	160,3								328
31	17,5	27,5	32,5	150	15,0	165,8								334
32	17,5	27,7	33,0	150	15,4	171,4								339
33	17,5	28,0	33,4	150	15,7	176,9								345
34	17,5	28,3	33,8	150	16,0	182,4								350
35	17,5	28,6	34,3	150	16,4	187,9								356
36	17,5	28,8	34,7	150	16,7	193,3								361
37	17,5	29,1	35,1	150	17,0	198,8								367
38	17,5	29,3	35,5	150	17,4	204,3								372
39	17,5	29,5	35,9	150	17,7	209,7								378
40	17,5	29,8	36,3	150	18,0	215,1								383
							40	29,8	39,1	150	18,0	215,1	1,4	

d. Crecimiento de Pachira quinata

• Pachira quinata :Producción de la clase de fertilidad 1 (Hd = 20 m a los 15 años)

Peuplement sur pied							Eclaircies							VtcProd
T	S	Hd	Dg	N	G	Vts	T	Hd	Dg	N	G	Vtc	Vtc/arbre	
3	20	8,1	17,4	200	4,8	15,1								15
4	20	10,8	19,6	200	6,0	22,5								23
5	20	12,8	21,4	200	7,2	29,7								30
6	20	14,3	23,0	200	8,3	36,6								37
7	20	15,5	24,5	200	9,4	43,3								43
8	20	16,4	25,8	200	10,5	49,9								50
9	20	17,2	27,1	200	11,5	56,2								56
10	20	17,9	28,2	200	12,5	62,4								62
11	20	18,4	29,3	200	13,5	68,4								68
12	20	18,9	30,4	200	14,5	74,4								74
13	20	19,3	31,3	200	15,4	80,2								80
14	20	19,7	32,3	200	16,4	85,9								86
15	20	20,0	33,2	200	17,3	91,5								91
15	20	20,0	36,6	100	10,5	56,7	15,0	20,0	29,3	100	6,8	34,7	0,3	91
16	20	20,3	37,6	100	11,1	60,2								95
17	20	20,5	38,5	100	11,7	63,5								98
18	20	20,8	39,4	100	12,2	66,8								102
19	20	21,0	40,3	100	12,7	70,1								105
20	20	21,2	41,1	100	13,3	73,3								108
21	20	21,3	41,9	100	13,8	76,5								111
22	20	21,5	42,7	100	14,3	79,7								114
23	20	21,6	43,5	100	14,8	82,8								118
24	20	21,8	44,2	100	15,4	85,9								121
25	20	21,9	44,9	100	15,9	88,9								124
26	20	22,0	45,6	100	16,4	92,0								127
27	20	22,1	46,3	100	16,9	95,0								130
28	20	22,2	47,0	100	17,4	97,9								133
29	20	22,3	47,7	100	17,9	100,9								136
30	20	22,4	48,3	100	18,3	103,8								138
31	20	22,5	49,0	100	18,8	106,7								141
32	20	22,5	49,6	100	19,3	109,6								144
33	20	22,6	50,2	100	19,8	112,4								147
34	20	22,7	50,8	100	20,3	115,2								150
							30,0	22,7	50,8	100	20,3	115,2	1,2	

• **Pachira quinata: Producción de la clase de fertilidad 2 (Hd = 18 m a los 15 años)**

Peuplement sur pied							Eclaircies							
T	S	Hd	Dg	N	G	Vts	T	Hd	Dg	N	G	Vtc	Vtc/arbre	VtcProd
3	18	7,3	16,3	200	4,2	12,5								12
4	18	9,7	18,3	200	5,3	18,5								19
5	18	11,5	20,0	200	6,3	24,4								24
6	18	12,9	21,5	200	7,3	30,1								30
7	18	13,9	22,9	200	8,2	35,7								36
8	18	14,8	24,1	200	9,2	41,0								41
9	18	15,5	25,3	200	10,1	46,2								46
10	18	16,1	26,4	200	10,9	51,3								51
11	18	16,6	27,4	200	11,8	56,3								56
12	18	17,0	28,4	200	12,7	61,2								61
13	18	17,4	29,3	200	13,5	65,9								66
14	18	17,7	30,2	200	14,3	70,6								71
15	18	18,0	31,0	200	15,1	75,2								75
16	18	18,3	31,8	200	15,9	79,8								80
17	18	18,5	32,6	200	16,7	84,2								84
18	18	18,7	33,4	200	17,5	88,6								89
19	18	18,9	34,1	200	18,3	92,9								93
20	18	19,0	34,8	200	19,0	97,2								97
20	18	19,0	38,4	100	11,6	60,3	20,0	19,0	30,7	100	7,4	36,9	0,4	97
21	18	19,2	39,2	100	12,1	62,9								100
22	18	19,3	39,9	100	12,5	65,5								102
23	18	19,5	40,6	100	13,0	68,1								105
24	18	19,6	41,3	100	13,4	70,6								108
25	18	19,7	42,0	100	13,9	73,2								110
26	18	19,8	42,7	100	14,3	75,6								113
27	18	19,9	43,3	100	14,7	78,1								115
28	18	20,0	44,0	100	15,2	80,5								117
29	18	20,1	44,6	100	15,6	83,0								120
30	18	20,1	45,2	100	16,0	85,4								122
31	18	20,2	45,8	100	16,5	87,8								125
32	18	20,3	46,4	100	16,9	90,1								127
33	18	20,3	46,9	100	17,3	92,5								129
34	18	20,4	47,5	100	17,7	94,8								132
							30,0	20,4	47,5	100	17,7	94,8	0,9	

• **Pachira quinata :Producción de la clase de fertilidad 3 (Hd = 16 m a los 15 años)**

Peuplement sur pied							Eclaircies							
T	S	Hd	Dg	N	G	Vts	T	Hd	Dg	N	G	Vtc	Vtc/arbre	VtcProd
3	16	6,5	15,1	200	3,6	10,0								10
4	16	8,6	17,0	200	4,5	14,9								15
5	16	10,2	18,5	200	5,4	19,6								20
6	16	11,4	19,9	200	6,3	24,2								24
7	16	12,4	21,2	200	7,1	28,7								29
8	16	13,1	22,4	200	7,9	33,0								33
9	16	13,8	23,5	200	8,7	37,2								37
10	16	14,3	24,5	200	9,4	41,3								41
11	16	14,7	25,4	200	10,2	45,3								45
12	16	15,1	26,3	200	10,9	49,2								49
13	16	15,5	27,2	200	11,6	53,0								53
14	16	15,7	28,0	200	12,3	56,8								57
15	16	16,0	28,8	200	13,0	60,5								60
16	16	16,2	29,5	200	13,7	64,1								64
17	16	16,4	30,2	200	14,4	67,7								68
18	16	16,6	30,9	200	15,0	71,2								71
19	16	16,8	31,6	200	15,7	74,7								75
20	16	16,9	32,3	200	16,4	78,2								78
21	16	17,1	32,9	200	17,0	81,6								82
22	16	17,2	33,5	200	17,7	84,9								85
23	16	17,3	34,1	200	18,3	88,2								88
24	16	17,4	34,7	200	18,9	91,5								92
24	16	17,4	38,3	100	11,5	56,8	24,0	17,4	30,7	100	7,4	34,7	0,3	92
25	16	17,5	39,0	100	11,9	58,8								94
26	16	17,6	39,6	100	12,3	60,8								96
27	16	17,7	40,2	100	12,7	62,8								98
28	16	17,8	40,8	100	13,1	64,7								99
29	16	17,8	41,3	100	13,4	66,7								101
30	16	17,9	41,9	100	13,8	68,6								103
31	16	18,0	42,5	100	14,2	70,5								105
32	16	18,0	43,0	100	14,5	72,4								107
33	16	18,1	43,5	100	14,9	74,3								109
34	16	18,1	44,1	100	15,2	76,2								111
							30,0	18,1	44,1	100	15,2	76,2	0,8	

e. Datos de costos y mano de abro

• **En Colombia**

Costos de establecimiento de una hectárea (Melina) 2001.

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	ESTABLECIMIENTO	
				COSTO (COP)	COSTO (USD)
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1 ADECUACIÓN DE TERRENOS				180 000	78.23
Desmante	Hora/Máquina	50 000	2	100 000	43.46
Apilamiento de desechos	Hora/Máquina	50 000	1	50 000	21,73
Quema y distribución de residuos	Jornal	15 000	1	15 000	6.52
Recolección troncos.	Jornal	15 000	1	15 000	6.52
1.2 PREPARACIÓN TERRENO				234 500	101.91
Arada	Hora/Máquina	50 000	2	100 000	43.46
Rastrillada	Hora/Máquina	50 000	1	50 000	21,73
Subsolada	Hora/Máquina	40 000	2	80 000	34,77
Mano de obra subsolado	Jornal	15 000	0.3	4 500	1.96
1.3 ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN				334 200	145.24
Transporte externo árboles	Hectárea	36 300	1	36 300	15.78
Transporte interno árboles	Día/Máquina	150 000	0.1	15 000	6.52
Distribución árboles en lote plantación	Día/Máquina	150 000	0.1	15 000	6.52
Trazado	Jornal	15 000	0.5	7 500	3.26
Siembra	Jornal	15 000	3	45 000	19.56
Mano de obra enderezamiento de árboles	Jornal	15 000	0.13	1 950	0.85
Control de siembra	Jornal	15 000	0.33	4 950	2.15
Resiembra	Jornal	15 000	0.5	7 500	3.26
Construcciones cortafuegos y caminos	Hora/Máquina	50 000	0.8	40 000	17.38
Construcción cercas	Metro lineal	3 220	50	161 000	69.97
TOTAL COSTOS DIRECTOS				748 700	325.38
2. COSTOS INDIRECTOS					
Plántulas	Arboles	250	1 208	302 000	131.25
Herramientas	Global	20 000	1	20 000	8.69
Transporte insumos	Global	15 000	0.3	4 500	1.96
Transporte personal	Global	15 000	0.8	12 000	5.22
Administración		112 305	1	112 305	48.81
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				450 805	195.92
TOTAL ESTABLECIMIENTO				1 199 505	521.30

COSTOS DE MANTENIMIENTO (AÑO 1) DE UNA HECTAREA (MELINA) 2001.

CONCEPTO	UNIDAD	AÑO 1			TOTAL USD
		COSTO UNIT.	CANTIDAD	TOTAL COP	
Limpia manual	Jornal	15 000	20,00	300 000	130,38
Limpia con herbicida	Jornal	15 000	0,00	0	-
Limpia mecanica	Horas	50 000	4,00	200 000	86,92
Control bejucos	Jornal	15 000	5,00	75 000	32,59
Deschuponada	Jornal	15 000	2,00	30 000	13,04
Podas	Jornal	15 000	0,00	0	-
Protección fitosanitaria	Jornal	15 000	0,50	7 500	3,26
Vig. Y control de incendios	Jornal	15 000	0,50	7 500	3,26
Mantenimiento cortafuegos	Horas	50 000	0,80	40 000	17,38
Insecticidas	Global	42 000	1,00	42 000	18,25
Riego	Global	54 000	0,00	0	-
SUBTOTAL				702 000	305,08
Administración				105 300	45,76
TOTAL				807 300	350,85

COSTOS DE MANTENIMIENTO (AÑO 2) DE UNA HECTAREA (MELINA) 2001.

CONCEPTO	AÑO 2				TOTAL USD
	UNIDAD	COSTO UNIT.	CANTIDAD	TOTAL	
Limpia manual	Jornal	15 000	20,00	300 000	130,38
Limpia con herbicida	Jornal	15 000	0,00	0	-
Limpia mecanica	Horas	50 000	4,00	200 000	86,92
Control bejuocos	Jornal	15 000	5,00	75 000	32,59
Deschuponada	Jornal	15 000	0,00	0	-
Podas	Jornal	15 000	6,00	90 000	39,11
Protección fitosanitaria	Jornal	15 000	1,00	15 000	6,52
Vig. Y control de incendios	Jornal	15 000	1,00	15 000	6,52
Mantenimiento cortafuegos	Horas	50 000	0,80	40 000	17,38
Insecticidas	Global	42 000	1,00	42 000	18,25
Riego	Global	54 000	0,00	0	-
SUBTOTAL				777 000	337,68
Administración				116550	50,65
TOTAL				893 550	388,33

• En Costa Rica

Gmelina

Todo en US\$/ha

Especies

Densidad de plantacion

Zona

Fuente

Gmelina

1111

Costa Rica

Gomez y Reiche, 96

	Materiales				Jornales			Total
Año 1	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total	Cantidad	Precio unitario	Costo total	Costo total
TOTAL				186,44	41,24		245,84	432,28
Chapea o limpia inicial					6	5,96	35,77	
Trazado o marcacion					1,96	5,96	11,68	
Rodajea inicial					4,92	5,96	29,33	
Ahoyado					3,72	5,96	22,18	
Transporte de plantas	1		9,54	9,54	0	5,96	-	
Distribucion de plantas					1,14	5,96	6,80	
Plantacion		1111 Plantas	0,102	113,26	3,12	5,96	18,60	
Fertilizacion		98 Kg	0,238	23,31	2,2	5,96	13,11	
Replante		197 Plantas	0,102	20,08	1,26	5,96	7,51	
Chapea manual y quimica (1 o 2 manual, 1 o 2 quimica)		3,7 Litros	4,72	17,46	8,86	5,96	52,82	
Rodajea manual					4,94	5,96	29,45	
Control plagas (zompopos)		1,2 Kg	2,33	2,80	1,24	5,96	7,39	
Prevencion fuego					1,88	5,96	11,21	
Año 2								
TOTAL				42,63	27,47		163,75	206,38
Chapea manual y quimica (1 o 2 manual, 1 o 2 quimica)		3,5 Litros	4,72	16,51	9,88	5,96	58,90	
Rodajea manual					9,36	5,96	55,80	
Control plagas (zompopos)		1 Kg	2,33	2,33	1,06	5,96	6,32	
Fertilizacion		100 Kg	0,238	23,79	2	5,96	11,92	
Poda					2,67	5,96	15,92	
Prevencion fuego					2,5	5,96	14,90	
Año 3								
TOTAL				16,49	28,50		169,89	186,38
Chapea manual y quimica (1 o 2 manual, 1 o 2 quimica)		3 Litros	4,72	14,16	8,87	5,96	52,88	
Rodajea manual					12,4	5,96	73,92	
Control plagas (zompopos)		1 Kg	2,33	2,33	1,4	5,96	8,35	
Prevencion fuego					2,63	5,96	15,68	
Raleo					3,2	5,96	19,08	
Año 4								
TOTAL				-			93,47	93,47
Chapea manual					8,8	5,96	52,46	
Prevencion fuego					1,88	5,96	11,21	
Podas					5	5,96	29,81	
Año 5								
TOTAL				-			57,23	57,23
Chapea manual					4,4	5,96	26,23	
Prevencion fuego					2,2	5,96	13,11	
Raleos					3	5,96	17,88	

Bombacopsis

Todo en US\$/ha

Especies

Densidad de plantacion

Zona

Fuente

Bombacopsis

1111

Costa Rica

Gomez y Reiche, 96

	Materiales				Jornales			Total
Año 1	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total	Cantidad	Precio unitario	Costo total	Costo total
TOTAL				241,36	46,45		276,90	518,26
Chapea o limpia inicial					7,25	5,96	43,22	
Trazado o marcacion					2,35	5,96	14,01	
Rodajea inicial					5,2	5,96	31,00	
Ahoyado					3,95	5,96	23,55	
Transporte de plantas	1		15,50	15,50	0	5,96	-	
Distribucion de plantas					1,1	5,96	6,56	
Plantacion	1111	Plantas	0,121	134,83	3,5	5,96	20,86	
Fertilizacion	98	Kg	0,238	23,31	1,5	5,96	8,94	
Replante	222	Plantas	0,121	26,94	3,7	5,96	22,06	
Chapea manual y quimica (1 o 2 manual, 1 o 2 quimica)	8	Litros	4,72	37,75	9	5,96	53,65	
Rodajea manual					6,7	5,96	39,94	
Control plagas (zompopos)	1,3	Kg	2,33	3,03	0,7	5,96	4,17	
Prevencion fuego					1,5	5,96	8,94	
Año 2								
TOTAL				44,08	25,20		150,22	194,30
Chapea manual y quimica (1 o 2 manual, 1 o 2 quimica)	3	Litros	4,72	14,16	11,35	5,96	67,66	
Rodajea manual					7,85	5,96	46,80	
Control plagas (zompopos)	1	Kg	2,33	2,33	1,45	5,96	8,64	
Fertilizacion	116	Kg	0,238	27,59	2	5,96	11,92	
Prevencion fuego					2,55	5,96	15,20	
Año 3								
TOTAL				2,33	13,50		80,48	82,81
Chapea manual y quimica (1 o 2 manual, 1 o 2 quimica)					9,5	5,96	56,63	
Control plagas (zompopos)	1	Kg	2,33	2,33	1,4	5,96	8,35	
Prevencion fuego					2,6	5,96	15,50	
Año 4								
TOTAL				-			59,61	59,61
Chapea manual					7,7	5,96	45,90	
Prevencion fuego					2,3	5,96	13,71	
Año 5								
TOTAL				-			77,20	77,20
Chapea manual					6,2	5,96	36,96	
Prevencion fuego					2,3	5,96	13,71	
Raleos					4,45	5,96	26,53	

Teca

Todo en US\$/ha

Especies

Densidad de plantacion

Zona

Fuente

Teca

1111

Costa Rica

Gomez y Reiche, 96

Año 1	Materiales				Jornales			Total
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total	Cantidad	Precio unitario	Costo total	Costo total
TOTAL				174,07	39,20		233,68	407,74
Chapea o limpia inicial					6,57	5,96	39,16	
Trazado o marcacion					1,83	5,96	10,91	
Rodajea inicial					5,07	5,96	30,22	
Ahoyado					3,67	5,96	21,88	
Transporte de plantas	1		6,07	6,07	0	5,96	-	
Distribucion de plantas					1	5,96	5,96	
Plantacion	1111	Plantas	0,102	113,26	3,27	5,96	19,49	
Fertilizacion	77	Kg	0,238	18,32	1,83	5,96	10,91	
Replante	198	Plantas	0,102	20,18	1,2	5,96	7,15	
Chapea manual y quimica (1 o 2 manual, 1 o 2 quimica)	2,8	Litros	4,72	13,21	7,43	5,96	44,29	
Rodajea manual					4,4	5,96	26,23	
Control plagas (zomposos)	1,3	Kg	2,33	3,03	0,93	5,96	5,54	
Prevencion fuego					2	5,96	11,92	
Año 2								
TOTAL				32,24	27,40		163,34	195,58
Chapea manual y quimica (1 o 2 manual, 1 o 2 quimica)	1,5	Litros	4,72	7,08	10,3	5,96	61,40	
Rodajea manual					8,47	5,96	50,49	
Control plagas (zomposos)	1	Kg	2,33	2,33	1	5,96	5,96	
Fertilizacion	96	Kg	0,238	22,83	1,2	5,96	7,15	
Poda					4,6	5,96	27,42	
Prevencion fuego					1,83	5,96	10,91	
Año 3								
TOTAL				11,77	16,53		98,54	110,31
Chapea manual y quimica (1 o 2 manual, 1 o 2 quimica)	2	Litros	4,72	9,44	9,2	5,96	54,84	
Rodajea manual					4	5,96	23,84	
Control plagas (zomposos)	1	Kg	2,33	2,33	1	5,96	5,96	
Prevencion fuego					2,33	5,96	13,89	
Año 4								
TOTAL				-			71,71	71,71
Chapea manual					5,2	5,96	31,00	
Prevencion fuego					2,33	5,96	13,89	
Podas					4,5	5,96	26,83	
Año 5								
TOTAL				-			61,58	61,58
Chapea manual					4,5	5,96	26,83	
Prevencion fuego					2,33	5,96	13,89	
Raleos					3,5	5,96	20,86	

- **Otros casos**

ELEMENTS DE TEMPS INDICATIFS POUR LES PLANTATIONS D'EUCALYPTUS AU CONGO

		unité/ha	ha/h/j	commentaires
préparation terrain	dévitalisation souches	700		0,2 (deuxième révolution uniquement)
	coupe arbustes	1		1,2
	discage en plein	1		2 mécanique
	herbicide en plein	1		5 mécanique
Plants (issus de boutures)	main d'oeuvre	800		0,7 personnel = 40% prix du plant
plantation	trouaison	800		1
	plantation	800		1
	épandage fertilisation	800		0,9 manuel localisé enfoui
gestion	binage manuel	800		0,5 1/4 surface totale
	discage interligne	1		4 1/2 surface
	fertilisation en plein	1		2,5 manuel
	herbicide interligne	1		6 mécanique
exploitation	abattage	p.m.		
	empilage	p.m.		
	écorçage	p.m.		
	débardage bord de route	p.m.		

sol plat

végétation herbacée prédominante

sol sableux, portance bonne et permanente

difficile de généraliser car de nombreux éléments dépendent

10-févr-03

les chiffres du Congo sont indicatifs et peuvent très certainement être améliorés

de la qualité de la main d'œuvre
de l'organisation des chantiers
du degré de mécanisation
de la motivation de l'encadrement

9.7. Valorización de los productos

Por Christian Sales

a. Introducción

El objetivo del proyecto es el desarrollo de plantaciones forestales en la parte baja de la cuenca del río Magdalena. El objetivo de las plantaciones es la producción de madera como materia prima de una cadena eficiente de transformación de la madera contribuyendo al desarrollo económico de la región. Un tal objetivo relacionado con la creación de empleos a todos los niveles y especialmente al nivel rural necesita un sistema de transformación basado en la producción de productos maderables con un suficiente valor agregado. En práctica, todos los productos saliendo de las plantaciones no pueden participar al mismo nivel, especialmente los productos del primer o del segundo corte en las etapas de mejoramiento, pero el producto final resultando de bosque maduro tiene que cumplir este objetivo. El mercado tiene que quedarse muy abierto organizando la

producción para permitir a la vez el aprovechamiento de los mercados nacionales y internacionales con posibilidades de cambio de destino de los productos forestales en función del dinamismo de las demandas.

El consumo por habitante no va a cambiar mucho en los próximos años. Es decir que el consumo total irá creciendo al mismo ritmo que el aumento de la población, probablemente dentro de 1.5 a 2% por año, por lo menos en el próximo decenio, sea un crecimiento de la demanda en equivalente de madera en rollos de 2.5 hasta 3.5 millones de metros cúbicos. La producción de madera a partir del bosque natural quedará mayoritaria pero las obligaciones ecológicas de manejo sostenible de las selvas con consecuencias en las prácticas comerciales especialmente al nivel internacional van limitar las posibilidades de estos tipos de aprovechamiento. Las limitaciones se encontrarán tanto al nivel de los volúmenes disponibles que de los costos del uso de técnicas de corte, transporte y manejo con bajo impacto en el medio ambiente.

Hay muy claramente un espacio en los próximos decenios para una producción de madera de calidad, fácil de acceso y de abastecimiento, en cantidad controlada y prevista a partir de una planificación de las superficies reforestadas y del plano de corte. Considerando también la globalización de los mercados, los productos maderables de importación serán más competitivos especialmente en los sectores de la pulpa y del papel, un poco menos para los paneles y tableros y muy poco para la madera aserrada de alta calidad por la cual los mercados se volverán de vez en cuando más atractivos.

El problema mayor de un tal proyecto es de financiar los costos de plantaciones y de manejo del bosque, y de producir unos ingresos suficientes para todos los actores de la cadena del propietario del suelo hasta las empresa maderera de fabricación y comercialización del producto final. Al instante de la plantación es siempre muy difícil de conocer de manera segura que será el estado de la demanda y los precios del mercado 20 o 30 años más tarde. Es por eso que a partir del análisis actual del mercado y de las tendencias tenemos que escoger las vías que ofrecen más seguridad conservando una posibilidad de evolución en función de los mercados nacionales como internacionales.

b. Una estrategia de opciones complementarias de valorización

- **Madera aserrada**

Hay una demanda para madera de construcción, madera liviana, con buenas características, que se podría utilizar de manera muy larga en carpintería (primera calidad), en estructura (segunda calidad), encofrado, cajas y embalaje. Es una madera con precio bajo a regular según las calidades destinado al mercado local o nacional (Madera A).

Hay también una demanda para una madera de muebles, parquees y carpintería de lujo que sea de interior como de exterior (ventanas, puertas, pisos, muebles de jardines...). Al nivel internacional y en relación con la prohibición del uso de los productos de preservación lo más eficiente, se va creciendo la demanda por una madera de alta durabilidad natural, de color y grano precioso, estable, fácil de proceso. La oferta es baja y quedará baja en los próximos años que vienen. En el mercado internacional, los precios de compra son altos y no son el factor el más importante. Los utilizadores buscan una madera de muy alta calidad y es la calidad el factor principal. Se fabrican productos de lujo por los cuales el precio de la materia prima representa un pequeño porcentaje del costo final pero la calidad del producto final depende de manera muy importante de la madera utilizada.

- **Paneles**

Existe en Colombia una producción y un consumo bastante importante de contrachapado. La producción de contrachapado a partir de madera de plantación permite un aumento de productividad y de competitividad debido a una materia prima mucho más homogénea que la madera de bosques naturales. Las trozas de plantación para desenrollado se pagan menos que las de bosque natural en razón del diámetro más pequeño que da un rendimiento en chapas más débil. Pero el abastecimiento fácil y en cantidad planificada compensa estos problemas. Este tipo de contrachapado toma sin problema sus partes de mercado no tanto al detrimento de los otros tipos de contrachapado pero mucho más en ampliando la área de utilización del contrachapado. Una madera que se podría utilizar alternativamente para la producción de chapas o de tablas sería muy atractiva.

El desarrollo industrial y la introducción de sistemas de producción mecanizados en las empresas de segunda transformación abre la puerta a un nuevo tipo de paneles de fibras, Medium Density Fibreboard. Este producto se substituye a la madera maciza en ciertos componentes de muebles o de carpintería. Permite la producción en larga serie de productos de mismo aspecto que los de madera maciza pero a un precio atractivo que abre un sector de mercado a una población que no tenía el presupuesto para adquirir este tipo de muebles. La demanda en MDF va creciendo con el crecimiento de las clases sociales intermediarias. Además, esta tecnología ofrece la posibilidad de utilización de los pequeños árboles de primero o segundo corte y el aprovechamiento de los núcleos de desenrollado. Viene directamente en complemento de los otros tipos de productos en un aprovechamiento máximo del bosque.

Por lo tanto, la inversión para la construcción de un tal tipo de planta es tan importante que no se puede al inicio de este proyecto pensar tan técnicamente que económicamente a este camino de valorización. Esta producción será reconsiderada dentro de unos 10 años a partir del desarrollo de las plantaciones en este momento, de la demanda nacional en paneles y de la situación de valorización de los pequeños troncos resultandos de los primeros cortes.

- **Productos de complemento**

Estos productos son generalmente de poco valor agregado pero permiten la utilización y el negocio de las trozas de pequeño diámetro resultando de los primero y segundo corte. En primer corte se produce generalmente estacas y jalones por los pastos y la agricultura. Al principio, los de madera de buena durabilidad se venderán más caro que los de madera blanda que necesitaran un tratamiento. Pero como son árboles muy joven el jalón contiene solamente madera juvenil y albura, lo que resulta en una muy débil durabilidad. Así la especie blanda (llamada aquí A) puede salir de más alto valor que la segunda sobre todo si esta madera es impregnable.

En segundo corte, el mercado el más corriente es el poste de línea telefónica o eléctrica. Una madera durable que tiene a esta etapa una cantidad suficiente de duramen presentara un cierto interés pero necesitara un tratamiento de la parte exterior del tronco (albura). En cambio, una madera de baja durabilidad necesitara un tratamiento al corazón mucho más importante. Existe realmente un mercado para postes en Colombia pero en cantidad limitada y además existe una competencia muy fuerte de parte del Eucalyptus que se encuentra en todas las regiones del país, que da buen troncos rectos y de muy conocido para este tipo de usos. Además el mercado del poste va ser atacado por los postes de cemento o de acero. Así, pensamos que el mercado de postes para las especies del proyecto quedara muy reducido y no vamos a este nivel tomar en cuenta este destino de los productos para establecer una estrategia de desarrollo.

- **Producción de energía**

En todos los casos la producción de energía es una manera muy pertinente de valorizar la parte de los desechos (aserrín, virutas, ..) que no tendrían utilización para la fabricación de tableros. Según la cantidad de desechos producidos, de la más importante (ramas y otros desechos en el bosque) hasta la menos importante (última transformación), la producción de energía puede ser limitada al funcionamiento de instalaciones como secadoras o a la producción de electricidad con destino a la empresa o las comunidades en los alrededores de la empresa.

- c. Selección de las especies

La selección de las especies debe tener en cuenta la adecuación al medio ambiente (suelo, temperatura, pluviometría,...) y las perspectivas de mercado de la madera al momento de los cortes. Deben ser a la demanda de un tipo de madera a un cierto precio con unas propiedades tecnológicas. Las especies propuestas por los forestales son *Tectona grandis* (Teca) y *Gmelina arborea* (Gmelina).

La Teca es una madera preciosa con buenas propiedades tecnológicas y una fuerte demanda en el mercado internacional. La Melina es una especie de más conveniente para usos corrientes y también para la fabricación de contrachapado y la producción de fibras para tableros. Es básicamente una madera de mercado interior con muy pocas posibilidades de exportación en tablas. En cambio, es una madera que se puede utilizar por un largo plazo de productos a base de madera, de las estructuras hasta la carpintería, molduras y muebles diversos de uso regular. Para estos dos últimos tipos de producto hay realmente un mercado de exportación si los precios son competitivos frente a las producciones asiáticas en los mercados europeos o norteamericanos.

Básicamente se puede pensar que el 100% de la madera de Gmelina irá al mercado nacional con posibilidad de exportación de una pequeña parte de la producción en forma de productos manufacturados. La madera de Melina presenta un desventajas relacionado con su alto contenido de humedad en árbol en pie. Resulta una madera que necesitara en tablas como en chapas un tiempo de secado bastante importante. Un secado al aire podría disminuir el tiempo y el costo del secado artificial pero se necesitara un tratamiento por remojo de la madera en tablas en seguida del aserrado para evitar los ataques de mancha azul y otros tipos de hongos mientras toda la fase de secado.

En cambio, la Teca, como madera de lujo, tiene un cierto mercado nacional pero concentrado en unos productos bien específicos y costosos. Así, se puede pensar que más o menos de 75% de la producción de Teca se dedicara a la exportación, básicamente en trozas y tablas pero existe un mercado para chapas producidas a partir de las trozas de más alta calidad. Una producción de chapas para el mercado nacional del mueble de lujo se justifica. En el mercado internacional se interesa principalmente a la Teca por sus propiedades de durabilidad natural en usos exteriores. Por esa razón no hay realmente una demanda bien establecida para chapas, lo que no quiere decir que un tal mercado no podría existir un día, que sea en forma de exportación de trozas de chapeado o directamente en forma de chapas. Pero no se puede poner en este mercado que chapas de alta calidad, producidas con un proceso integrado en un buen sistema de calidad, lo que implica equipamientos eficientes y especialmente el secado y el acondicionamiento para el transporte. A este paso del estudio, no se tomara en cuenta este camino de valorización que queda demasiado marginal por un estudio de pre-factibilidad.

A partir de este primer análisis se ve que existen diversas vías para un tal proyecto. Los ciclos de corte serán diferentes y los precios también.

La madera de Teca se vende muy bien y muy caro en el mercado internacional a condicion que sea una madera de alta calidad, es a decir una madera sin defecto (especialmente sin nudo)de arboles desramados de por los menos 25 a 30 anos con un porcentaje de duramen suficiente. Las tablas de Teca en 100 mm de ancho y 1 m de largo sin albura y sin nudo se compran ahora en el pais productor a 700-900 US \$ el m3 FOB y hasta 1200 US\$ por las mejoras calidades. Las tablas de tamaño más grande, 150 mm de ancho y 2 hasta 3 m de largo se compran a 2000 US \$ el m3. Al contrario la madera de Teca de baja calidad especialmente con nudos y de arboles demasiados joven no toma comprador por que entran en competencia con maderas tropicales o nativas sin defectos. El rendimiento financiero, para la madera aserrada, es muy relacionado con el precio de venta a la exportacion de la madera en trozas. Actualmente se venden las trozas de Teca FOB en Baranquilla a 300 US\$/m3. Para poner tablas en el mercado de exportacion se necesitan productos de tamaño suficiente (1m de longitud) y sin defectos. Asi, el rendimiento en materia prima de la troza a la tabla de esta calidad no sera superior a 20/25% y probablemente nunca alcanzara los 30%. Es a decir que el costo de la madera en trozas a la entrada del aserradero representara una oportunidad de venta en trozas de 900 hasta 1200 US\$ el m3. Con un costo de transformacion y acondicionamiento promedio de las tablas de 150 US\$/m3 se ve que solamente la productos de muy alta calidad salen rentables de este análisis. La situacion podria cambiar en los anos proximos en funcion del precios de venta de las trozas y de un aumento del rendimiento al aserrado, aumento que sera muy relacionado al tamaño de las trozas, es a decir a la edad de los arboles al corte final. Podria ser avantsa en cierto casos de esperar 35 o quizas 40 anos para sacar Tecas con más alta valor anadido.

El otro camino para desarrollar una industria de transformacion con creacion de muchos empleos seria de evitar la produccion de tablas. Para aumentar el rendimiento las maderas de alto valor, se aserran en plots y un taller especializado corte directamente piezas llamadas « perfiles » quasi al tamaño final de las piezas que se necesitan por la fabricacion de muebles o otros tipos de productos. Este proceso permite una optimizacion fuerte del rendimiento. Despues se secan directamente los perfiles con un buen aprovechamiento de la potencia de las secadoras. Se pueden vender directamente estos productos en el mercado de exportacion pero es mucho más eficiente de ir hasta la fabricacion del producto final (muebles por ejemplo) y de vender directamente este tipo de producto encajonados y listos para poner en venta en las almacenes segun las exigencias del mercado consumidor. Asi se ha organizado la cadena de la Teca en Asia y el resultado comercial es muy interesante.

Teniendo en cuanto un corte final a 30 anos para la Teca y solamente a 20 (crecimiento más rapido) para la Gmelina, habria que esperar unos 180 anos para que la madera de Gmelina trae el mismo ingreso total que la madera de Teca. Por lo tanto, seria peligroso desarrollar un proyecto de plantaciones a partir de 100% de Teca. Los calculos se fundan en el estado del mercado actualmente y las previsiones presentan un cierto nivel de confianza a los diez anos. A 30 anos, los dudos quedan importantes, pero la Teca es la madera que tiene probablemente el mercado el más seguro y fijado por un largo plazo. Ademas, la necesidad de ingresos el más rapidamente posible para cubrir los costos de plantacion y manejo forestal puede poner atractiva la introduccion de Gmelina en una parte de los terrenos.

No existe un mercado internacional de la madera de Melina que es basicamente una especie de consumo local. La referencia es el precio de las especies nativas de calidad equivalente. Asi el precio promedio de venta en el mercado domestico de tablas de 2 a 3 m de largo con poco defectos (pequenos nudos) y con tratamiento de preservacion por remojo podria ser de 200 US\$ el m3 y alcanzar los 250 US\$ el m3 por longitudes mayores de 5 o 6 metros.

Otra razon de considerar la Melina como especie de interes es al abastecimiento del mercado nacional, especialmente en madera de construccion, muebles de calidad regular, estivas.

En conclusion, las dos especies parecen bien complementarios. La cuestion es la reparticion dentro de los dos. El más eficiente sera de realizar una primera simulacion con una reparticion a 50% de cada una y despues de introducir variacions para analizar la influencia de un aumento del porcentaje de Teca.

d. Diagrama de flujo de productos forestales para las dos especies

Existen varias opciones para el proyecto, con distintos ciclos de corte y precios. Pero solamente se puede vender en el mercado chapas de alta calidad producidas con un proceso integrado en buen sistema de calidad, lo que implica equipamientos eficientes y especialmente el secado y el acondicionamiento para el transporte.

Todos los costos y precios se calcularán a partir de los datos disponibles hoy. Se asume que los beneficios quedarán más o menos.

Para la utilización en poste, se necesita tener en cuenta la forma del tronco (especialmente acanaladuras al pie del tronco), el espesor de la corteza, y la perdida de materia prima al mecanizado ; se aplicara un coeficiente reductor de 3 cm sobre el diámetro promedio de las tablas de producción para tener en cuenta estos factores.

• Teca

Se trata de una silvicultura en 5 cortes intermediarios y un corte final.

Primer corte a +/- 5 años

Estacas, postes, limatones.

2 clases :

- diámetro promedio 9 a 12 cm con un rendimiento de volumen útil de 60%, precio de venta estimado a 40 US\$ el m3
- diámetro promedio 11 a 14 cm con un rendimiento de volumen útil de 60% precio de venta estimado a 50 US\$ el m3

Costo de producción : corte manual, sin tratamiento, transporte. Total estimado a 30 US\$ el m3

Segundo corte a +/- 10 años

Postes de luz de 17 a 20 cm de diámetro promedio y postes para telefonía de 13 a 17 cm con un rendimiento de 50% ; precios de venta : postes de luz a 120 US\$ el m3 y postes para telefonía a 100 US\$ el m3.

Costo de producción : Corte manual y transporte, mecanizado del poste y tratamiento en autoclave de la albura, total estimado a 70 US\$ el m3

Si no exista realmente un mercado para postes a causa de la competencias de otros especies como la eucalyptus o de otros materiales como el hormigon o el acero, se puede dedicar el segundo corte a la produccion de estacas y pequenas tablas con destino al mercado nacional. Se puede utilizar este ultimo tipo de producto para la fabricacion de molduras o diferentes productos de pequena anchura. Tambien se podria producir tableros de listones decorativos principalmente para el sector del mueble.

Tercer corte a +/- 15 años

Postes de luz de 25 a 28 cm de diámetro promedio con un rendimiento de volumen útil de 50% y un precio de venta estimado a 200 US\$ el m3

Costo de producción : Corte semi manual y transporte, mecanizado del poste y tratamiento en autoclave de la albura, total estimado a 80 US\$ el m3

Cuarto corte a +/- 20 años

Tablas con destino al mercado nacional en razón de la cantidad de madera juvenil y de albura en sustitución de especies nativas con un rendimiento de volumen útil del árbol a la tabla lista para vender de 20 % y un precio de venta estimado a 300 US\$ el m3

Costo de producción : Corte semi-manual y transporte, aserrado, secado al aire y almacenamiento estimado a 100 US\$ el m3

Quinto corte a +/- 25 años

Tablas con destino al mercado de exportación con un rendimiento de 15 % y un precio de venta FOB de 700 US\$ el m3

Costo de producción : equivalente al cuarto corte más el costo del secado artificial, sea 150 US\$ el m3.

Se considera aquí como base del calculo la produccion de tablas porque se necesita un producto basico. Esta propuesta no es en contradiccion frente al problema de rentabilidad de la exportacion de tablas en relacion con el precio de venta de las trozas. A este nivel es importante de considerar este producto como una base de simulacion de los ingresos teniendo en cuanto que la solucion la más rentable seria la produccion de perfiles, muebles y productos de usos acabados.

Corte final a +/- 30 años

Tablas con destino al mercado de exportación. Rendimiento en tablas : 50% (volumen útil de trozas) x 30% (aserrado) = 15% al precio FOB de 900 US\$ el m3

Costos de producción : el mismo que el quinto corte

Tablas de planificación

Las tablas de planificación en anexo presentan la previsiones de ingresos par 3 tipo de clases de fertilidad. Este factor influencia no solamente el volumen disponible pero tambien el tipo de producto que sera posible de comercializar especialmente para los cortes 1 y 2 que son los más afectos por el diametro de los arboles y la velocidad de crecimiento. El corte final representa de 75 a 81 % del ingreso final segun las clases. Los productos de los cortes 1 y 2 tienen más importancia para la clase de buena fertilidad por que el diametro mayor permite una valorizacion con más valor anadido especialmente en postes de luz. De todos modos sale muy claro para la Teca que el retorno sobre inversiones depende totalmente de precio de venta de las tablas resultando del corte final. Este precio es directamente relacionado con la calidad de la madera duramen colorado con hilo recto, no nudo, madera seca (20% puede ser suficiente), respecto de las dimensiones (espesor, ancho), y ademas las piezas largas (2m y más) se pagan muchos más con alta valor andido lo que implica la produccion de troncos rectos con los menos estribaciones posibles.

- **Gmelina**

Aquí se trata de una silvicultura en 3 cortes intermediarios y un corte final. La especie Gmelina tiene un crecimiento mayor que el de la Teca. El primer corte permitirá producir directamente postes. Pero la madera con poca resistencia a los hongos necesitara un tratamiento en profundidad en autoclave.

Primer corte

El tamaño de los productos permitiría una valorización como postes para electricidad o telefonía. El mercado reducido nos deja pensar que la mayoría de la producción se dedicara a la fabricación de estacas, limatones y otros productos semelantes.

Segundo corte

Es básicamente un corte de producción de postes, sobre todo si se atrasa el segundo corte de la peor clase de fertilidad a 14 años. En este caso todos los productos de segundo corte se dirigen a la fabricación de postes, electricidad o telefonía según el diámetro.

En la clase 1 de fertilidad se podría producir postes de alta calidad en 28 cm de diámetro a la base y de 16 m de altura. El valor agregado es muy importante en este tipo de postes pero se necesita una madera de muy alta calidad para cumplir los ensayos de resistencia mecánica. La madera de Gmelina es conveniente a condición de contener muy poco defectos y especialmente los nudos que son mecánicamente sitios de ruptura. Se necesita desramar en seguida del primer corte.

Los costos, muy parecidos a los postes de Teca, toman en cuenta la necesidad de un tratamiento reforzado (80 US\$ el m³).

En caso de un mercado de postes muy reducido, lo que es el más probable, se podría dedicar una parte o la totalidad de la producción a la fabricación de tablas con diferentes usos que no necesitan piezas de gran tamaño como las estivas, molduras y productos afines.

Tercer corte

Las trozas tienen un diámetro suficiente para la fabricación de contrachapado. El beneficio es menos importante comparado a las posibilidades de la madera aserrada. El valor de las trozas de contrachapado llegadas a la planta sería alrededor de 60 US\$/m³. Una valorización como madera aserrada de las trozas las más grandes sería también posible. Pero es muy difícil a esta etapa del estudio de proponer una distribución dentro de los dos productos. Se considerará que el tercer corte es básicamente un corte de contrachapado con un rendimiento en volumen útil de 50%.

También hay que ser muy cuidadoso con los problemas de tiempo de secado de las chapas que necesita adaptar el proceso.

Corte final

Este corte es básicamente un corte de producción de madera para aserrar. Las trozas presentan también un tamaño muy interesante para el contrachapado pero el valor agregado para las tablas al nivel del productor forestal es mucho más importante que el mismo resultando de la compra por las empresas de contrachapado.

Teniendo en cuenta los precios promedios del mercado nacional de tablas para las especies parecidas a la Gmelina se propone un precio global de venta de la madera aserrada de 250 US\$. El costo de transformación incluyendo los tratamientos de preservación en el bosque después del corte y en la planta después del aserrado se fija a 110 US\$ el m³.

e. Factibilidad de los procesos industriales

Se considera un plano de plantaciones de 100 000 ha en 15 años, sea 7 000 / año y dos posibilidades de distribución dentro de la Teca y de la Gmelina por las superficies :

- Teca 50 % y Gmelina 50 % (caso 1)
- Teca 70 % y Gmelina 30 % (caso 2)

• Postes

Una planta de preparacion y tratamiento de los postes, produciendo al costo utilizado en el estudio (inversion incluida), necesita:

- un terreno para el almacenamiento de más o menos un hectario
- una descortezadora y el equipamiento de preparacion del poste
- dos autoclaves de 10 m³ de capacidad
- 8 personas para el funcionamiento (al costo 500 US\$ mensuales)

La planta tendra que producir 15000 m³ de postes por ano, sea 3 tratamientos por día y por autoclave. La capacidad del autoclave controla la capacidad de produccion.

Caso 1 : 350 000 m³ a partir del ano 10 y 450 000 m³ a partir del ano 15

25 a 30 plantas del tamaño precedente y 200 a 240 empleos

Caso 2 : 350 000 m³ a partir del ano 10 y 500 000 m³ a partir del ano 15

25 a 35 plantas del tamaño precedente y 200 a 280 empleos

• Estacas y limatones

El proceso de tratamiento de los postes podría ser también utilizado para el tratamiento de las estacas con sal CCA. Existen otros caminos técnicos que se faltaría probar en el caso de la Melina : proceso « Boucherie » o proceso en aceite caliente y frío según la tecnología patentada por el Cirad. En este caso, el Cirad sería dispuesto para trasladar la innovación en Colombia a través de un convenio de desarrollo. (ver propuesta de completo de investigación en el informe general)

• Contrachapado

A partir del año 15, en el caso 1 las plantaciones van a sostener una producción de 130 000 m³/año de contrachapado y solamente 80 000 en el caso 2. El primero representa la producción anual de 4 plantas de buen tamaño. Las plantaciones podrían contribuir al abastecimiento de las plantas existentes o sostener la creación de una o algunas plantas. Una empresa de contrachapado de este tamaño da trabajo a 100 personas, así el potencial forestal de las plantaciones podrían sostener la creación de 400 empleos.

• Madera aserrada

Un aserradero de tamaño regular que permite producir tablas al costo utilizado más arriba para las previsiones de ingresos produce más o menos unos 10000m³/año. La producción por obrejo es de 1 m³/día / persona. En los esquemas de producción empleados para las clases 1 de fertilidad se , por año, a :

Caso 1 : (Teca y Gmelina 50%)

- 44000 m3 de Teca y 162 000 de Gmelina a partir del año 20
- 76000 m3 de Teca y 162 000 de Gmelina a partir del año 25
- 256000 m3 de Teca y siempre 162 000 de Gmelina a partir del año 30

Caso 2 : (Teca 70% y Gmelina 30%)

- 62000 m3 de Teca y 97000 de Gmelina a partir del año 20
- 107000 m3 de Teca y 97000 de Gmelina a partir del año 25
- 358000 m3 de Teca y 97000 de Gmelina a partir del año 30

Las trozas se trasladan directamente a la planta localizada en el centro del núcleo. Este camino es más eficiente para producir una madera de calidad respecto a las normas del negocio internacional.

Un camino alternativo, más por la Melina que la Teca, consista a trasladar al bosque o cerca del bosque, una parte del trabajo de aserrar, utilizando pequeñas sierras móviles para esquadrar las trozas, pasar de un cilindro a un paralelepípedo. Esta solución permite de producir maderas para todos los pequeños talleres de carpintería que no tienen sierras para trozas pero que pueden sin problema cortar unas vigas en las sierras de cinta de carpintería. Además no se transporte una parte de los desechos y se gana en potencia de transporte. Se puede utilizar los desperdicios en el campo mismo para producir carbón si existe un mercado.

El más eficiente sería de desarrollar el camino uno para la exportación y el dos para el abastecimiento del mercado doméstico. Una sierra móvil puede producir unos 5 m³/día con 5 obreros.

- **Paneles de MDF (indicaciones para un proyecto a largo plazo) :**

El tamaño mínimo pero garantizar la rentabilidad de una planta de tableros MDF necesita una producción de 25000 m³/año de tableros con un abastecimiento en trozas verdes de 60000 m³/año. Si las plantaciones de Gmelina representan 50% de la superficie el primer corte a 5 años será suficiente. Si la Gmelina cubre solamente el 30% faltarán 15000 m³. Estos 15000 m³ podrían provenir de los residuos de las plantas de contrachapado o de los aserraderos pero solamente a partir del año 15 y quizás 20. Así se ve que el porcentaje de Gmelina en el plano de plantaciones tendrá un efecto muy importante en la posibilidad de desarrollo industrial.

La inversión para la construcción de una planta de MDF de este tipo sería de 45 millones de US\$ se necesita un terreno 20 ha con 30000 m² cubiertos. El sistema de producción es muy automatizado y el efecto en la creación de empleos directos muy débil. (50 a 100 personas). Pero, los efectos en el desarrollo industrial global son más importantes y una empresa de este tipo sostiene unos subcontratistas en mecánica, electricidad, electrónica, fabricantes de colas.etc...

- **Aprovechamiento forestal**

Se toma solamente en cuenta el impacto social de las actividades de corte y transporte hasta la carretera de las trozas. El efecto de las actividades de plantación y de manejo forestal son relacionadas con la parte más arriba del proyecto. A partir de un proceso de corte manual (lenador con motosierra), esta actividad va inducir la creación de 200 nuevos empleos en el terreno cada 5 años a partir del año 5 para llegar al final a casi unos 1000 empleos permanentes de lenadores y actividades afines.

Se considera un plano de plantaciones de 100 000 ha en 15 años, sea 7 000 / año y dos posibilidades de distribución dentro de la Teca y de la Gmelina por las superficies :

- Teca 50 % y Gmelina 50 % (caso 1)
- Teca 70 % y Gmelina 30 % (caso 2)

• Postes

Una planta de preparación y tratamiento de los postes, produciendo al costo utilizado en el estudio (inversión incluida), necesita:

- un terreno para el almacenamiento de más o menos un hectárea
- una descortezadora y el equipamiento de preparación del poste
- dos autoclaves de 10 m³ de capacidad
- 8 personas para el funcionamiento (al costo 2000 US\$ mensuales)

La planta tendrá que producir 15000 m³ de postes por año, sea 3 tratamientos por día y por autoclave. La capacidad del autoclave controla la capacidad de producción.

Caso 1 :

- 350 000 m³ a partir del año 10 y 450 000 m³ a partir del año 15
- 25 a 30 plantas del tamaño precedente y 200 a 240 empleos

Caso 2 :

- 350 000 m³ a partir del año 10 y 500 000 m³ a partir del año 15
- 25 a 35 plantas del tamaño precedente y 200 a 280 empleos

• Contrachapado

A partir del año 15, en el caso 1 las plantaciones van sostener una producción de 130 000 m³/año de contrachapado y solamente 80 000 en el caso 2. El primero representa la producción anual de 4 plantas de buen tamaño. Las plantaciones podrían contribuir al abastecimiento de la plantas existentes o sostener la creación de uno o algunas plantas. Una empresa de contrachapado de este tamaño da trabajo a 100 personas, así el potencial forestal de las plantaciones podrían sostener la creación de 400 empleos.

- **Madera aserrada**

Un aserradero de tamaño regular que permite producir tablas al costo utilizado más arriba para las previsiones de ingresos produce más o menos unos 10000m³/año. La producción por obrero es de 1 m³/día / persona. En los esquemas de producción empleados para las clases 1 de fertilidad se produce anualmente :

Caso 1 : (Teca y Gmelina 50%)

- 44000 m³ de Teca y 162 000 de Gmelina a partir del año 20
- 76000 m³ de Teca y 162 000 de Gmelina a partir del año 25
- 256000 m³ de Teca y siempre 162 000 de Gmelina a partir del año 30

Caso 2 : (Teca 70% y Gmelina 30%)

- 62000 m³ de Teca y 97000 de Gmelina a partir del año 20
- 107000 m³ de Teca y 97000 de Gmelina a partir del año 25
- 358000 m³ de Teca y 97000 de Gmelina a partir del año 30

Dos opciones de transformación

Básicamente hay dos opciones de transformación que no son realmente en conflicto pero que pueden normalmente cohabitar y ser complementarias.

La primera consista a establecer unos aserraderos industriales convencionales como descritos antes. Las trozas se trasladan directamente a la planta generalmente cerca de una comunidad. Esta opción es más eficiente para producir una madera de calidad respecto a las normas del negocio internacional pero produce poco empleos e ingresos en el núcleo rural. En el caso 1, empezaremos al equivalente de unos 20 nuevos aserraderos (o extensión de los existentes) a partir del año 20 con 1000 empleos creados para llegar a unos 40 aserraderos con 2000 empleos al año 30. En el caso 2, la creación de valor agregado será de 10 % más importante.

La segunda consista a trasladar al bosque o cerca del bosque, una parte del trabajo de aserrar, utilizando pequeñas sierras móviles para escuadrar la trozas. Esta solución permite producir maderas para todos los pequeños talleres de carpintería que no tienen sierras para trozas pero que pueden sin problema cortar unas vigas en las sierras de cinta de carpintería. Además no se transporte una parte de los desechos y se gana en potencia de transporte. Se puede utilizar los desperdicios en el campo mismo para producir carbón si existe un mercado. Una sierra móvil puede producir unos 10 m³/día con 5 obreros.

Lo más eficiente sería desarrollar la opción 1 para la exportación y la opción 2 para el abastecimiento del mercado doméstico.

Al año 20, se produce madera de Teca y Gmelina solamente para el mercado interior. Unos 200 000m³ necesitando unos 200 pequeñas empresas artesanales de aserrado en el terreno creando unos 1000 empleos. Es más o menos equivalente al sistema de los aserraderos industriales pero no se toma aquí en cuenta el trabajo de los carpinteros para pasar de las vigas brutas a las tablas. Además, este sistema crea más empleos en el terreno para los campesinos.

A partir del año 30, se podría establecer el equivalente de 25 nuevos aserraderos para la producción de tablas de Teca de exportación con un potencial de creación de 1200 empleos por al final una situación muy comparable a un sistema más industrial pero con 50% de los empleos creados en el medio rural.

- **Paneles de MDF**

El tamaño mínimo para garantizar la rentabilidad de una planta de tableros MDF necesita una producción de 25000 m³/año de tableros con un abastecimiento en trozas verdes de 60000 m³/año. Si las plantaciones de Gmelina representa 50% de la superficie el primer corte a 5 años será suficiente. Si el Gmelina cubre solamente el 30% faltaran 15000 m³. Estos 15000 m³ podrían porvenir de los residuos de las plantas de contrachapado o de los aserraderos pero solamente a partir del año 15 y quizás 20. Así se ve que el porcentaje de Gmelina en el plano de plantaciones tendrá un efecto muy importante en la posibilidad de desarrollo industrial.

La inversión para la construcción de una planta de MDF de este tipo sería de 45 millones de US\$ y necesita un terreno 20 ha con 30000 m² cubiertos. El sistema de producción es muy automatizado y el efecto en la creación de empleos directos muy débil (50 a 100 personas). Pero, los efectos en el desarrollo industrial global son más importantes y un empresa de este tipo sostiene unos subcontratores en mecánica, electricidad, electrónica, fabricantes de cola de pegar, etc....

- **Aprovechamiento forestal**

Aquí se considera el impacto social de las actividades de corte y transporte hasta la carretera de las trozas, sin tomar en cuenta las actividades de plantación y de manejo forestal, relacionadas con la parte más arriba del proyecto.

Un proceso de corte manual (leñador con motosierra) va a inducir la creación de 200 nuevos empleos en el terreno cada 5 años a partir del año 5 para llegar al final a casi unos 1000 empleos permanentes de leñadores y actividades afinas.

f. Plan de trabajo para el tratamiento de estacas con óleo térmico

A continuación se presentan las posibilidades y los costos del establecimiento de un tratamiento con óleo térmico de madera redonda para estacas.

Contexto

Producción de madera redonda para la producción de estacas. La producción de estacas tiene un lugar importante para valorizar maderas redondas pequeñas de mejoría. Especies consideradas : *Gmelina* y eventualmente *Teca* (albura). Necesidad de un tratamiento de conservación, equipos y proceso para permitir el tratamiento de 6 a 8 m³ al día

Objetivos

Adaptación del método al aceite caliente desarrollado y patentado por el CIRAD para el tratamiento de maderas redondas destinadas al mercado de las estacas

Dos técnicas son posibles

- tratamiento íntegro : se tratan las estacas enteramente (remojo horizontal)

- tratamiento parcial : sólo la base de las estacas se trata (remojo vertical)

Costos aproximados de las inversiones

- tratamiento íntegro : 15 000 US\$
- tratamiento de la base unicamente : 10 000 US\$

Descripción del proyecto

Adaptación del método de tratamiento de la madera al aceite a las estacas obtenidas a partir de maderas redondas

Realización en 3 fases

Fases 1/ posibilidad de realización de un prototipo, apoyo Cirad con una misión de 2 semanas: definición socios (productor de estacas), disponibilidad del aceite (aceite de palma, aceite de lino u otro ...), definición de las empresas susceptibles de realizar el piloto (cuba, electricidad...), debates y realización de planes y esquemas.

Fase 2/ Realización de un prototipo : realización de un piloto según planes y esquemas por una empresa, intercambio por correspondencia con los expertos Cirad, sobre el avance de los trabajos, instalación del prototipo.

Fase 3/ Pruebas y puesta en marcha, apoyo Cirad con una misión de 3 semanas: Pruebas preliminares sobre el prototipo, Puesta a punto ingresos adaptados as las especies (Gmelina u otras), Duración del tratamiento, Formulación de los baños de aceite, Formación de técnicos

Coste previsual : apoyo experto del CIRAD

		Coste en Euros
Experto	5 semanas	según tarificación ONFI
Billete de avión	2 I/V Montpellier Bogota	2 400
Diarias	5 semanas	6 000
Gastos varios	Gestión, administrativo,...	1 000
Total		

9.8. Modelaje global del programa de desarrollo forestal de Cormagdalena

Bruno Locatelli, 11 de marzo de 2003, CIRAD – ONF

a. Presentación del modelo de simulación

• **Objetivo**

El objetivo del modelo es automatizar los cálculos de flujos de productos, de costos y ingresos y de empleo generado por el programa de desarrollo forestal de Cormagdalena, tanto a nivel de la plantación como de la transformación, tomando en cuenta varias opciones.

• **Principio**

El modelo utiliza los siguientes parámetros:

- Parámetros de producción forestal: para cada año, cada especie y cada clase de fertilidad, se dan los volúmenes en pie aprovechables y los usos de los productos. Por ejemplo, al año 15, para la clase de fertilidad 1 de la Gmelina, se produce 59,3 m³, de los cuales el 30% servirá para producir contrachapado y el 70% para producir tablas destinadas al mercado nacional.
- Parámetros de plantación: para cada año y cada especie, se dan las áreas plantadas y la distribución entre clases de fertilidad, lo que permite tomar en cuenta el mejoramiento genético.
- Parámetros de costos y empleo en la plantación: para cada año y cada especie, se dan los costos y los tiempos de trabajo por operación.
- Parámetros de aprovechamiento y de transformación: para cada tipo de producto, se dan los rendimientos, costos y empleo del aprovechamiento, el costo de transporte, los rendimientos, costos y empleo de la transformación, la inversión y los flujos de productos por unidad de transformación y los precios de los productos.

Con estos datos, el modelo calcula los siguientes indicadores.

- Para cada tipo de producto, volúmenes en pie y volúmenes de productos finales por año
- Número de unidades de transformación por desarrollar cada año
- Costos anuales de plantación, aprovechamiento, transporte y transformación
- Ingresos de la venta de los productos finales
- Inversión en las unidades de transformación
- Empleo generado en las plantaciones, el aprovechamiento y la transformación
- Tasa interna de retorno sin y con la inversión en las unidades de transformación.

• **Hipótesis**

Se considera que las plantaciones cosechadas se vuelven a plantar.

Dado que el programa prevé un aumento de la producción ganadera en las partes de las fincas no plantadas, no se tomará en cuenta el costo de oportunidad de la tierra (es decir las pérdidas económicas por no haber utilizado esta tierra para la ganadería).

Se considera que el empleo generado directamente en la cadena de transformación (por ejemplo en aserraderos) va a generar empleos indirectos (por ejemplo en carpintería o en fabricación de muebles). Se utiliza un ratio fijo entre el empleo directo y el empleo indirecto.

Para calcular las unidades de transformación necesarias, se calcula primeramente el flujo promedio de productos. El número máximo de unidades será igual al primer valor entero inferior a $(FlujoPromedio/Capacidad\ Unidad)$. Eso permite evitar un equipamiento excesivo en unidades de transformación. Se asume que las unidades podrán funcionar a una capacidad más alta cuando sea necesario. Durante la simulación se considera que se crean las unidades cuando el flujo del año requiere unidades adicionales, pero sin sobrepasar el número máximo. Se asume que el número de unidades no baje.

Se considera que una tasa interna de retorno superior al 8% es aceptable dado que se utilizan muchos valores conservadores de los parámetros.

- **Datos utilizados**

Se utilizarán los siguientes datos como datos de referencia. Para comparar distintas alternativas, se propondrán cambios a partir de estos datos de referencia.

Producción forestal

Especies	Fertilidad	Duración Rotación (años)	Especies	Fertilidad	Año	Volumen cortado (m3/ha)	Diámetro (cm)	Producto1	%1	Producto2
Tec	1	30	Tec	1	5	40,7	11,9	Estacas	100%	
Tec	2	30	Tec	1	10	38,1	17,2	Estacas	50%	TablasNacionales
Tec	3	40	Tec	1	15	50,8	21,6	TablasNacionales	100%	
Gme	1	20	Tec	1	20	48,9	25,9	TablasNacionales	100%	
Gme	2	20	Tec	1	25	47,7	30,2	TecTablasExportac	100%	
Gme	3	30	Tec	1	30	263,6	39,2	TecTablasExportac	100%	
			Tec	2	5	30,7	10,9	Estacas	100%	
			Tec	2	10	28,7	15,8	Estacas	50%	TablasNacionales
			Tec	2	15	38,3	19,8	TablasNacionales	100%	
			Tec	2	20	36,8	23,8	TablasNacionales	100%	
			Tec	2	25	36	27,7	TecTablasExportac	100%	
			Tec	2	30	198,6	36	TecTablasExportac	100%	
			Tec	3	8	39,9	11,7	Estacas	100%	
			Tec	3	16	52,8	17,3	Estacas	50%	TablasNacionales
			Tec	3	28	75,2	24,2	TecTablasExportac	100%	
			Tec	3	40	215,1	36,3	TecTablasExportac	100%	
			Gme	1	5	31,7	14,1	Estacas	100%	
			Gme	1	10	50	19,9	Estacas	50%	TablasNacionales
			Gme	1	15	76,4	26,2	Contrachapado	30%	TablasNacionales
			Gme	1	20	231	43,7	Contrachapado	50%	TablasNacionales
			Gme	2	5	24,6	13	Estacas	100%	
			Gme	2	10	38,8	18,4	Estacas	50%	TablasNacionales
			Gme	2	15	59,4	24,1	Contrachapado	30%	TablasNacionales
			Gme	2	20	180	40,3	Contrachapado	50%	TablasNacionales
			Gme	3	7	25,6	13,3	Estacas	100%	
			Gme	3	14	31,3	18,6	Estacas	50%	TablasNacionales
			Gme	3	21	53,9	23,9	Contrachapado	30%	TablasNacionales
			Gme	3	30	198	40,4	Contrachapado	50%	TablasNacionales

Plantación

Especie Fertilidad Año	Tec	Tec	Tec	Tec	Gme	Gme	Gme	Gme	
	Area	%	1 %	2 %	3 %	Area	%	1 %	2 %
1	5 000	0%	30%	70%	2 000	0%	30%	70%	
2	5 000	0%	30%	70%	2 000	0%	30%	70%	
3	5 000	0%	30%	70%	2 000	0%	30%	70%	
4	5 000	0%	30%	70%	2 000	0%	30%	70%	
5	5 000	10%	50%	40%	2 000	10%	50%	40%	
6	5 000	10%	50%	40%	2 000	10%	50%	40%	
7	5 000	10%	50%	40%	2 000	10%	50%	40%	
8	5 000	10%	50%	40%	2 000	10%	50%	40%	
9	5 000	10%	50%	40%	2 000	10%	50%	40%	
10	5 000	25%	60%	15%	2 000	25%	60%	15%	
11	5 000	25%	60%	15%	2 000	25%	60%	15%	
12	5 000	25%	60%	15%	2 000	25%	60%	15%	
13	5 000	25%	60%	15%	2 000	25%	60%	15%	
14	5 000	25%	60%	15%	2 000	25%	60%	15%	
15	5 000	25%	60%	15%	2 000	25%	60%	15%	

La evolución de las clases de fertilidad refleja el mejoramiento genético.

Costos y empleo en plantaciones

Año	Especie	Operacion	Materiales		Jornales		Costo
			Can-tidad	Precio unitario US\$	Can-tidad	Precio unitario US\$/dia	
1	Tec	Limpieza: desmonte y apilonamiento de desechos	3	HM	22	0,4	66
1	Tec	Limpieza: quema, distribucion y recoleccion de troncos				1,83	6,5
1	Tec	Preparacion suelo: arado	1,5	HM	22	5,07	6,5
1	Tec	Preparacion suelo: trazado				0,3	6,5
1	Tec	Preparacion suelo: subsolado	1,5	HM	22	0	6,5
1	Tec	Plantación: transporte externo	1	Ha	16		
1	Tec	Plantación: transporte interno	0,1	DM	65	1	6,5
1	Tec	Plantación: distribucion	0,1	DM	65	1	6,5
1	Tec	Plantación: trazado				0,5	6,5
1	Tec	Plantación: siembra	1100	Plantulas	0,1	3	6,5
1	Tec	Plantación: enderezamiento				0,13	6,5
1	Tec	Plantación: control de siembra				0,33	6,5
1	Tec	Plantación: resiembra	100	Plantulas	0,1	0,5	6,5
1	Tec	Plantación: fertilizacion	100	Kg	0,25	2,2	6,5
2	Tec	Mantenimiento: limpia manual				20	6,5
2	Tec	Mantenimiento: limpia mecanica	4	HM	22	0,5	6,5
2	Tec	Mantenimiento: Control bejuco				5	6,5
2	Tec	Mantenimiento: Deschuponada				2	6,5
2	Tec	Mantenimiento: Proteccion fito				0,5	6,5
2	Tec	Mantenimiento: Vigilancia y control incendios				0,5	6,5
2	Tec	Mantenimiento: Mantenimiento cortafuegos	0,8	HM	22	0,1	6,5
2	Tec	Mantenimiento: Insecticidas	3,5	Kg	2	2	6,5
3	Tec	Mantenimiento: limpia manual				20	6,5
3	Tec	Mantenimiento: limpia mecanica	4	HM	22	0,5	6,5
3	Tec	Mantenimiento: Control bejuco				5	6,5
3	Tec	Mantenimiento: Deschuponada				2	6,5
3	Tec	Mantenimiento: Proteccion fito				0,5	6,5
3	Tec	Mantenimiento: Vigilancia y control incendios				0,5	6,5
3	Tec	Mantenimiento: Mantenimiento cortafuegos	0,8	HM	22	0,1	6,5
3	Tec	Mantenimiento: Insecticidas	3,5	Kg	2	2	6,5
4	Tec	Mantenimiento: Chapea manual				5,2	6,5
4	Tec	Mantenimiento: Prevencion fuego				2,33	6,5
5	Tec	Mantenimiento: Chapea manual				4,5	6,5
5	Tec	Mantenimiento: Prevencion fuego				2,33	6,5
6	Tec	Mantenimiento	30	fert, insect	1	8	6,5
7	Tec	Mantenimiento	30	fert, insect	1	8	6,5
8	Tec	Mantenimiento	30	fert, insect	1	8	6,5
9	Tec	Mantenimiento	30	fert, insect	1	8	6,5
10	Tec	Mantenimiento	7	fert, insect	1	6	6,5
11	Tec	Mantenimiento	7	fert, insect	1	6	6,5
12	Tec	Mantenimiento	7	fert, insect	1	6	6,5
13	Tec	Mantenimiento	7	fert, insect	1	6	6,5
14	Tec	Mantenimiento	7	fert, insect	1	6	6,5
15	Tec	Mantenimiento				4	6,5
16	Tec	Mantenimiento				4	6,5
17	Tec	Mantenimiento				4	6,5
18	Tec	Mantenimiento				4	6,5
19	Tec	Mantenimiento				4	6,5
20	Tec	Mantenimiento				2	6,5
21	Tec	Mantenimiento				2	6,5
22	Tec	Mantenimiento				2	6,5
23	Tec	Mantenimiento				2	6,5
24	Tec	Mantenimiento				2	6,5
25	Tec	Mantenimiento				2	6,5
26	Tec	Mantenimiento				2	6,5
27	Tec	Mantenimiento				2	6,5
28	Tec	Mantenimiento				2	6,5
29	Tec	Mantenimiento				2	6,5
2	Tec	Podas				4,5	6,5
4	Tec	Podas				4,5	6,5
6	Tec	Podas				9	6,5
9	Tec	Podas				13	6,5

El costo total durante los cinco primeros años es de 1163 US\$/año y el costo total de 2124 US\$/año. En comparación, los montos de los incentivos CIF se calculan a partir de costos estimados de plantación, de 934 US\$/ha en los cinco primeros años. Nuestros valores son bastante conservadores.

La mano de obra es de 194 días de trabajo por hectárea en los 30 años (o sea 6,5 días/año en promedio), o sea 0,03 empleo/ha. En comparación, un estudio de CONIF (2000) estimó un empleo promedio de 0,05 a 0,08 por año. Aquí también se utilizan valores bastante conservadores.

• **Transformación**

UNIDAD de transformación	Productos	Rendi-miento aprovechamiento (vol trozas utilizables/ vol en pie)	Costo aprovechamiento (US\$/m3 trozas utilizables)	Empleo aprovechamiento (días /m3 trozas utilizables)	Costo transporte (US\$/m3 trozas utilizables)	Rendi-miento transformación (vol producto final/vol trozas utilizables)	Costo transformación (\$/m3 producto final)	Precio productos (\$/m3)	Inver-sion inicial (US\$)	Flujo máximo de productos (m3/año)	Empleo unidad (en personas)	Notas
Persona	Estacas	50%	10	0,4	0	60%	13	45	0	400	1	corte manual, moldeaje, transporte hasta la carretera
Aserradero Pequeño	Tablas Nacionales	50%	10	0,1	0	20%	50	250	1 000 000	10 000	60	sin secado artificial, 1 turno diario
Aserradero Grande	TecTablas Exportacion	50%	10	0,1	0	15%	100	800	1 500 000	10 000	80	con secado artificial, 1 turno diario, mas empleo por la clasificacion de los productos, por el secado
Unidad existente	Contrachapado	50%	10	0,1	10	100%	0	50	0	0	0	se venden los trozas para transformación en unidades existentes, no se toma en cuenta esta transformación

Se utilizará un ratio de 4 entre los empleos indirectos y directos: para un empleo en la primera transformación, se crean 4 empleos en la continuación de la cadena.

(pero ejemplo en Francia en 1997, para 1 empleo en aprovechamiento, hay 1,2 empleo en aserraderos; 3,4 empleos en otros trabajo de la madera y 4,4 en producción de muebles).

b. Modelo básico y resultados

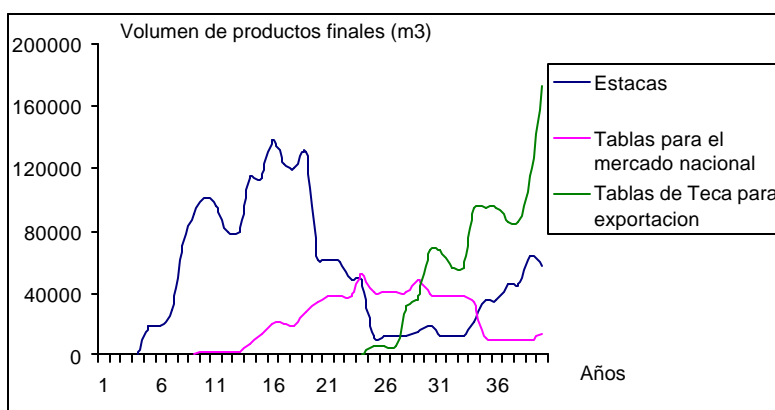
Objetivo

Evaluar el programa con las datos de referencia presentados previamente.

Resultados

En el siguiente cuadro y en la figura se presentan los flujos de productos, expresados en volúmenes en pie y en volúmenes de productos transformados, así como las unidades de transformación necesarias, durante los primeros 40 años aunque se corrió la simulación en un plazo de 100 años.

Promedio Unidades	VOLUMENES EN PIE				VOLUMENES DE PRODUCTOS				UNIDADES NECESARIAS			
	189 179	360 637	629 916	145 035	54 484	49 227	35 905	62 365	Personas	AserraderoP	AserraderoG	Unidad existi
Año	Estacas	TablasNacionales	TecTablasExportacion	Contrachapado	Estacas	TablasNacionales	TecTablasExportacion	Contrachapado	Estacas	TablasNacionales	TecTablasExportacion	Contrachapado
1					-	-	-	-	0	0	0	0
2					-	-	-	-	0	0	0	0
3					-	-	-	-	0	0	0	0
4					-	-	-	-	0	0	0	0
5	60 810				18 243	-	-	-	45	0	0	0
6	60 810				18 243	-	-	-	45	0	0	0
7	96 650				28 995	-	-	-	72	0	0	0
8	236 300				70 890	-	-	-	141	0	0	0
9	303 530				91 059	-	-	-	141	0	0	0
10	336 695	33 165			101 009	4 975	-	-	141	0	0	0
11	321 335	33 165			96 401	4 975	-	-	141	0	0	0
12	261 485	33 165			78 446	4 975	-	-	141	0	0	0
13	261 485	33 165			78 446	4 975	-	-	141	0	0	0
14	380 335	91 710			114 101	13 757	-	-	141	1	0	0
15	380 335	174 108		10 692	114 101	26 116	-	5 346	141	2	0	0
16	459 935	266 508		10 692	137 981	39 976	-	5 346	141	3	0	0
17	410 060	266 508		10 692	123 018	39 976	-	5 346	141	3	0	0
18	400 670	257 118		10 692	120 201	38 568	-	5 346	141	3	0	0
19	433 513	380 989		22 404	130 054	57 148	-	11 202	141	5	0	0
20	205 568	450 589		76 404	61 670	67 588	-	38 202	141	5	0	0
21	205 568	503 411		99 042	61 670	75 512	-	49 521	141	5	0	0
22	197 888	503 411		99 042	59 366	75 512	-	49 521	141	5	0	0
23	160 138	495 586		99 042	48 041	74 338	-	49 521	141	5	0	0
24	160 138	697 546		168 582	48 041	104 632	-	84 291	141	5	0	0
25	39 255	539 265	54 000	158 880	11 777	80 890	4 050	79 440	141	5	0	0
26	39 255	539 265	54 000	158 880	11 777	80 890	4 050	79 440	141	5	0	0
27	39 255	539 265	54 000	158 880	11 777	80 890	4 050	79 440	141	5	0	0
28	39 255	539 265	317 200	158 880	11 777	80 890	23 790	79 440	141	5	2	2
29	50 740	642 295	377 050	211 530	15 222	96 344	28 279	105 765	141	5	2	2
30	62 380	518 634	674 950	309 201	18 714	77 795	50 621	154 601	141	5	4	4
31	42 580	498 834	674 950	309 201	12 774	74 825	50 621	154 601	141	5	4	4
32	42 580	498 834	562 150	309 201	12 774	74 825	42 161	154 601	141	5	4	4
33	42 580	498 834	562 150	309 201	12 774	74 825	42 161	154 601	141	5	4	4
34	69 770	452 194	946 325	249 801	20 931	67 829	70 974	124 901	141	5	4	4
35	115 820	139 867	946 325	94 743	34 746	20 980	70 974	47 372	141	5	4	4
36	115 820	128 548	946 325	89 892	34 746	19 282	70 974	44 946	141	5	4	4
37	151 660	128 548	852 325	89 892	45 498	19 282	63 924	44 946	141	5	4	4
38	151 660	128 548	852 325	89 892	45 498	19 282	63 924	44 946	141	5	4	4
39	214 090	117 756	1 149 325	52 104	64 227	17 663	86 199	26 052	141	5	4	4
40	190 245	193 281	1 734 550	106 104	57 074	28 992	130 091	53 052	141	5	4	4



En el siguiente cuadro se presentan los costos y ingresos, así como los flujos financieros totales.

Costos Plantación US\$	Costos Aprovechamiento US\$	Costos Transporte US\$	Costos Transformación US\$	Inversión Transformación US\$	Ingresos Venta US\$	Empleo Plantación personas	Empleo Aprovechamiento personas	Empleo Transformación personas
2 772 630	-	-	-	-	-	569	-	-
5 130 580	-	-	-	-	-	1 798	-	-
7 283 780	-	-	-	-	-	2 869	-	-
7 831 145	-	-	-	-	-	3 290	-	-
8 141 910	304 050	-	237 159	-	820 935	3 529	61	45
9 125 410	304 050	-	237 159	-	820 935	4 124	61	45
9 699 410	483 250	-	376 935	-	1 304 775	4 404	97	72
10 273 410	1 181 500	-	921 570	-	3 190 050	4 684	236	141
11 438 910	1 517 650	-	1 183 767	-	4 097 655	5 419	304	141
11 760 910	1 849 300	-	1 561 848	-	5 789 070	5 629	345	141
12 082 910	1 772 500	-	1 501 944	-	5 581 710	5 839	330	141
12 404 910	1 473 250	-	1 268 529	-	4 773 735	6 049	270	141
12 726 910	1 473 250	-	1 268 529	-	4 773 735	6 259	270	141
13 048 910	2 360 225	-	2 171 132	1 000 000	8 573 648	6 469	403	201
13 230 910	2 825 675	53 460	2 789 117	1 000 000	11 984 333	6 609	427	261
10 640 280	3 685 675	53 460	3 792 557	1 000 000	16 523 933	6 180	529	321
8 464 330	3 436 300	53 460	3 598 044	-	15 850 620	5 091	479	321
6 493 130	3 342 400	53 460	3 490 998	-	15 371 730	4 160	468	321
6 127 765	4 184 525	112 020	4 548 113	2 000 000	20 811 608	3 879	534	441
5 908 000	3 662 800	382 020	4 181 127	-	21 964 350	3 710	337	441
5 245 354	4 040 100	495 210	4 577 292	-	24 624 315	3 228	356	441
4 956 664	4 001 700	495 210	4 547 340	-	24 520 635	3 117	349	441
4 650 424	3 773 825	495 210	4 341 428	-	23 717 573	2 993	309	441
3 615 041	5 131 325	842 910	5 856 128	-	33 377 273	2 358	377	441
3 632 732	3 957 000	794 400	4 602 582	-	28 758 780	2 275	227	441
3 672 542	3 957 000	794 400	4 602 582	-	28 758 780	2 280	227	441
3 659 702	3 957 000	794 400	4 602 582	-	28 758 780	2 243	227	441
3 509 219	5 273 000	794 400	6 576 582	3 000 000	44 550 780	2 151	293	601
3 389 156	6 408 075	1 057 650	7 842 974	-	53 739 953	2 083	358	601
3 502 801	7 825 825	1 546 005	9 195 162	3 000 000	70 063 935	2 042	438	761
4 700 387	7 627 825	1 546 005	8 969 442	-	69 054 135	2 256	413	761
5 711 552	7 063 825	1 546 005	8 123 442	-	62 286 135	2 733	385	761
6 573 890	7 063 825	1 546 005	8 123 442	-	62 286 135	3 136	385	761
6 689 553	8 590 450	1 249 005	10 760 996	-	82 172 700	3 219	482	761
7 190 729	6 483 775	473 715	8 598 138	-	66 430 373	3 389	411	761
7 236 791	6 402 925	449 460	8 513 246	-	65 860 380	3 647	407	761
7 187 586	6 112 125	449 460	7 948 022	-	60 704 220	3 594	419	761
7 023 892	6 112 125	449 460	7 948 022	-	60 704 220	3 529	419	761
7 399 066	7 666 375	260 520	10 338 059	-	77 828 685	3 748	544	761
7 858 012	11 120 900	530 520	15 200 688	-	117 072 465	3 894	699	761

El siguiente cuadro presenta los principales indicadores del programa.

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformación (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interna de retorno (%)
3950	415	579	2317	7260	8,40%

Se puede calificar la TIR del programa como aceptable. Se puede ver que el empleo se comparte en partes casi iguales entre la cadena y la plantación.

Sin tener en cuenta la inversión de las unidades de transformación, la TIR sería de 8,50%. Eso muestra que la inversión no cuenta mucho en el resultado final, aunque los rendimientos de transformación sí (ver más allá).

Conclusión

La TIR es aceptable pero podría ser mejorado. El análisis de las alternativas deberá mostrar como aumentar la TIR.

Dado que los impactos sociales son importantes, el Estado podría tener un papel de apoyo adicional del programa.

c. Comparación entre Teca y Gmelina

- **Comparación entre una hectárea de Teca y una hectárea de Gmelina**

Objetivo

Comparar los resultados de las dos especies, utilizando dos programas hipotéticos: uno con 1 ha de plantación en Teca al año 1 y otro similar con Gmelina.

Resultados

Solamente se presentan los resultados de empleo a nivel de la plantación dado que 1 ha no incentiva la creación de ninguna unidad de transformación. Sin embargo, se toman en cuenta los costos de transformación.

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Tasa interna de retorno (%) sin inversion	Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Tasa interna de retorno (%) sin inversion	Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Tasa interna de retorno (%) sin inversion
0,0416	0,0057	11,92%	0,0416	0,0043	10,12%	0,0318	0,0036	7,41%

Teca, clase 1 Teca, clase 2 Teca, clase 3

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Tasa interna de retorno (%) sin inversion	Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Tasa interna de retorno (%) sin inversion	Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Tasa interna de retorno (%) sin inversion
0,0446	0,0070	12,43%	0,0446	0,0054	10,23%	0,0401	0,0035	6,08%

Gmelina, clase 1 Gmelina, clase 2 Gmelina, clase 3

La diferencia de empleo entre las clases 1 o 2 y de la clase 3 se explica por la diferencia de duración de rotación.

Conclusión

Se puede ver que la TIR es muy bueno en las clases de fertilidad 1 y 2 (más de 10) y insuficiente en la clase 3. Eso muestra el interés del mejoramiento genético y de la elección de los mejores suelos de las fincas.

- **Comparación entre un programa con Teca y un programa con Gmelina**

Objetivo

Comparar los resultados de las dos especies, utilizando dos programas hipotéticos: uno con 7000 ha de plantación anual en Teca durante 15 años y otro con las mismas áreas en Gmelina. Se utilizan los valores de referencia para los demás parámetros (en particular, para las clases de fertilidad).

Resultados

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformacion (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%) con inversion
3616	395	627	2507	7145	9,00%

Teca

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformacion (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
4776	464	644	2576	8460	7,88%

Gmelina

Conclusión

La Gmelina genera más empleo que la Teca, pero tiene una TIR un poco abajo del limite aceptable. Sin embargo, se puede considerar que los dos son complementarias.

d. Impacto de una silvicultura más dinámica

Objetivo

Comparar dos silvicultura para la Gmelina: la clasica con las entresacas presentadas previamente y la dinamica con solamente dos entresacas (años 4 y 7).

Se compararán las tablas de la silvicultura clasica con las tablas de la silvicultura más dinámica, para un programa de 7000 ha de Gmelina de clase 1 anual durante 15 años.

También se observará el efecto de una rotación más corta para la silvicultura dinámica, por ejemplo 17 años en vez de 20 años, dado que eso puede cambiar la rentabilidad.

A continuación se presenta la tablas de producción utilizadas para los dos tipos de silvicultura de Gmelina.

Especies	Fertilidad	Año	Volumen		Producto1	%1	Producto2	%2
			cortado (m3/ha)	Diámetro (cm)				
Gme		1	4	46	13,7 Estacas	100%		
Gme		1	7	51	20,6 Estacas	50%	TablasNacionales	50%
Gme		1	17 o 20	207	46,1 Contrachapado	30%	TablasNacionales	70%

Silvicultura dinámica, Gmelina, clase 1

Especies	Fertilidad	Año	Volumen		Producto1	%1	Producto2	%2
			cortado (m3/ha)	Diámetro (cm)				
Gme		1	5	31,7	14,1 Estacas	100%		
Gme		1	10	50	19,9 Estacas	50%	TablasNacionales	50%
Gme		1	15	76,4	26,2 Contrachapado	30%	TablasNacionales	70%
Gme		1	20	231	43,7 Contrachapado	50%	TablasNacionales	50%

Silvicultura clásica, Gmelina, clase 1

La silvicultura clásica supone una densidad inicial de árboles de 625 por ha, luego de 400, 250 y 125. La silvicultura dinámica supone un número inicial de árboles de 625, luego de 250 y 100. Estas densidades iniciales son posibles con un material genético mejorado.

Resultados

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformación (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
5249	628	626	2504	9006	6,24%

Gmelina, clase 1, silvicultura dinámica, rotación 20 años

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformación (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
5249	638	687	2749	9323	7,65%

Gmelina, clase 1, silvicultura dinámica, rotación 17 años

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformación (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
5249	657	670	2681	9257	9,06%

Gmelina, clase 1, silvicultura clásica, rotación 20 años

Conclusión

La silvicultura dinámica produce una TIR más baja (6,2% con una rotación de 20 años y 7,7% con una rotación de 17 años) que la silvicultura clásica (9,1%). Eso se explica por la debilidad de los ingresos a corto plazo en el caso de dos entresacas tempranas y fuertes. Por lo tanto, no se recomienda esta alternativa, que podría ser poca atractiva para los productores.

e. Impacto de costos más altos de plantación

Objetivo:

Evaluar el impacto de un aumento de 50% de los costos en plantación sobre la rentabilidad global del programa.

Resultados

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformación (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
3950	415	616	2465	7446	6,48%

Con costos de plantación 50% más altos

También se observó el impacto de costos altos sobre las dos especies.

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformacion (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
3620	395	627	2507	7148	6,89%

Sola Teca, con costos 50% más altos

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformacion (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
4776	464	644	2576	8460	4,99%

Sola Gmelina, con costos 50% más altos

Conclusión

Se puede ver que un aumento de los costos de plantación disminuiría la TIR del programa de 8,40% a una TIR no aceptable (6,48%). La TIR de las plantaciones de Gmelina es más sensible ya que bajaría al 4,99%.

Eso muestra la importancia de disminuir los costos a nivel de la plantación y de monitorear los costos en algunas plantaciones “piloto”.

f. Impacto de un rendimiento más bajo para la transformación en tablas del mercado nacional

Objetivo

Evaluar el impacto de un rendimiento de 15% en la transformación en tablas para el mercado nacional, en vez de 20%. Este cambio debería tener un efecto sobre la ventaja comparada de vender directamente las trozas a una empresa de contrachapado o de transformarlas en tablas.

Se toma como ejemplo un programa de Gmelina de clase 1, con 7000 ha anuales durante 15 años.

Resultados

Con un rendimiento de 20%, la transformación en tablas de las trozas de la última entresaca y de la corte final tiene una rentabilidad de 8%, un poquito más baja que para la venta a empresas de contrachapado (8,3%). Pero los empleos generados directamente por el programa son muchos más importantes cuando se producen tablas (11000 y 7300 empleos respectivamente). Se puede considerar que la transformación en tabla corresponde a los objetivos sociales del programa (ver las dos siguientes tablas).

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformacion (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
5249	657	1016	4066	10988	7,98%

Gmelina, clase 1, rendimientos normales de transformación de tablas, todo en tablas en la última entresaca y la corte final

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformacion (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
5249	657	269	1078	7253	8,27%

Gmelina, clase 1, rendimientos normales de transformación de tablas, todo en contrachapado en la última entresaca y la corte final

Pero, si baja el rendimiento en la transformación de tablas, se vuelve no rentable la transformación en comparación con la venta de trozas. Por lo tanto, la rentabilidad global está muy afectada (ver siguiente tabla). Con esta situación, para mantener la rentabilidad, se necesitaría vender las trozas sin transformarlas, lo que tendría un impacto negativo sobre el empleo generado (ver las dos siguientes tablas).

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformacion (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
5249	657	816	3264	9986	4,76%

Gmelina, clase 1, rendimientos bajos de transformación de tablas, todo en tablas en la última entresaca y la corte final

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformacion (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interno de retorno (%)
5249	657	269	1078	7253	7,90%

Gmelina, clase 1, rendimientos bajos de transformación de tablas, todo en contrachapado en la última entresaca y la corte final

Conclusión

Para que el programa cumpla con sus objetivos de rentabilidad y de creación de empleos, deben establecerse unidades de transformación eficientes y monitorear los rendimientos y costos de transformación.

g. Impacto de un incentivo a la plantación

Objetivo

Ver el impacto de un incentivo a la plantación sobre la rentabilidad del programa.

Se utilizan los montos del CIF del año 2000 para especies introducidas (fuente : <http://www.colciencias.gov.co/conif/miaginc1.htm>)

Edad de la plantación	Monto (COP/ha)	Monto (US\$/ha con una tasa de cambio de 2100 en el año 2000)
1	544.453	259
2	145.880	69
3	103.165	49
4	65.679	31
5	123.845	59

Resultados

Monto del incentivo	TIR del programa
Nulo	8,40%
50% del CIF	9,20%
CIF	10,23%
150% del CIF	11,66%
200% del CIF	14,03%

Conclusión

Se puede ver que un incentivo similar al CIF tendría un impacto importante sobre la rentabilidad del programa : la TIR aumentaría de 8,40 à 10,23%. Eso confirma que el Estado tiene un papel de apoyo financiero para el programa.

9.9. Bases para el mejoramiento genético de las principales especies de plantaciones

Por Philippe Vigneron

a. Las especies apuntadas

Eligimos dos especies nativas, *Bombacopsis quinata* y *Tabebuia rosea* y dos especies exóticas a fuerte crecimiento, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*.

La experiencia internacional muestra que el mejoramiento genético, cualquiera que sea la especie, es una de las mayores fuentes de crecimiento de la productividad en las plantaciones.

Las semillas o variedades utilizadas en las plantaciones forestales se acercan mucho del estado salvaje, por lo que no han beneficiados, o si no de una manera totalmente excepcional, de una selección rigurosa durante varias generaciones. En muchos de los casos se evalúa muy mal el potencial genético de las poblaciones naturales y éstas siguen siendo un tanque importante de diversidad ou variabilidad genética. Los consultantes son pues muy optimistas en cuanto a las reales posibilidades en aumentar la productividad de las plantaciones de Cormagdalena a corto, mediano y largo plazo gracias a una selección rigurosa del material vegetal.

b. Los puntos claves del mejoramiento genético

Antes de pensar al comienzo de un programa de mejoramiento genético, lo que representa en sí una empresa de larga duración, conviene definir lo más claramente posible los objetivos y medios humanos, técnicos y financieros disponibles o a poner en marcha. Las elecciones iniciales condicionan mucho el resultado final.

Dentro de las preguntas principales que se plantean, cualquiera que sea la especie, se pueden citar :

- ¿Qué caracteres se quiere mejorar?
- ¿Se conoce su variabilidad (y por lo tanto el alcance de la elección disponible) y qué objetivo se puede realmente fijar en término de ganancia genética ?

- ¿Se tiene una idea de la importancia relativa de los efectos del del entorno y de los del genoma dentro de la expresión de sus caracteres ?
- ¿Se contemplan a la vez el corto, mediano y largo plazo ?

- **Los caracteres para mejorar**

En el marco del proyecto, la elección se refirió a unos especies de madera de construcción y los caracteres que deben mejorarse serán a la vez el crecimiento, la forma (cilindricidad, espesor de las ramas, poda natural, rectitud del tronco, su largo) y la calidad de la madera. Se tiene que definir la importancia relativa de estos criterios en función

- i) del nivel del resultado ya alcanzado,
- ii) de sus pesos económicos teniendo en cuenta usos específicos esperados
- iii) de la ganancia genética potencialmente realizable vista la variabilidad de la especie.

- **La variabilidad genética de la especie**

Una de las condiciones más importantes para realizar la ganancia genética es la existencia (presencia ? ?) de una fuerte variabilidad en las poblaciones de mejoramiento. Ello impone la recolección y la prueba de los orígenes más diversificados posibles de la especie. Existe una literatura notable para un número limitado de especies (dentro de ellos la Teca y la Gmelina) que nos da una idea de esta variabilidad. Se obtienen sin embargo raramente los resultados disponibles en la zona prevista para la plantación y es necesario un análisis crítico de los resultados internacionales. Dos operaciones se deben llevar a cabo simultáneamente : el análisis de la literatura (cuando existe) y el punto sobre los conocimientos adquiridos localmente. Es necesario a continuación esforzarse en agrupar los orígenes potencialmente interesantes y disponibles. Con esta base genética se podrá iniciar un programa de mejoramiento a mediano o largo plazo.

- **Importancia relativa de los efectos genéticos y el entorno**

Allí aún la literatura existente puede aportar preciosa información. Nobostente es necesario tener cuidado con la existencia posible de interacciones genotipo x entorno que puede volver inutilizables los resultados adquiridos afuera.

- **¿Corto, mediano o largo plazo?**

En muchas situaciones, y es el caso del programa de plantaciones propuesto par Cormagdalena, se busca a la vez maximizar la ganancia genética inmediata y preservar las posibilidades de ganancia futura. Para eso, se preven diferentes estrategias :

- una producción varietal a muy corto plazo permitiendo aprovecharse de los mejores y supuestos genotipos disponibles ,

- una producción varietal a mediano plazo que asocia a la vez la prueba y la selección de genotipos existentes y las diferentes técnicas de difusión varietal,
- una producción varietal a largo plazo basada en la creación razonada de nuevos genotipos a partir de una base genética amplia.

Como se puede constatarlo, la primera etapa esencial del mejoramiento es la reunión y el análisis de todos los datos pertinentes existiendo tanto al nivel local como al nivel internacional. Se pueden citar :

- las pruebas nacionales o internacionales de proveniencias cuando existen,
- los conocimientos biológicos y en particular los del régimen de reproducción,
- el origen de las variedades utilizadas localmente,
- los datos ecoclimáticos precisos del área de plantación,
- los datos de crecimiento, cualidad y forma que están disponibles tanto en los plantadores, los explotadores y los transformadores,
- las curvas de crecimiento, cuadros de producción establecidos localmente o en situaciones comparables, dando la posibilidad de fijar unos objetivos.

c. La Teca

Se ha ido utilizando la Teca en plantaciones desde hace muchas decenas tanto en Asia del sureste como en Africa y cada vez más en Centroamérica. Es una especie de madera de construcción de calidad relativamente fácil a plantar y capaz de producir madera para distintos usos.

Este especie ha sido y siempre es objeto de numerosos estudios y programas de mejoramiento genético han sido iniciados en varios países. Sin embargo, se avanzan poco estos programas tanto por el largo de las rotaciones adoptadas hasta el día de hoy, como por la baja productividad general de las huertas de semillas, de la relativa baja tasa de germinación de las semillas y de su fuerte presentación en el tiempo. Así es que Kasoa-ard (1991) estima que una hectárea de huerta de semillas de clones asegura la producción de semillas necesarias al establecimiento anual de 16 hectáreas de plantaciones. Sin embargo, dadas ciertas condiciones y en particular fuera de su área de origen, la Teca puede producir grandes cantidades de semillas : en Costa de Márfil, semejante huerta de semillas produce 30 a 40 veces más. Estas limitaciones de origen biológico reducen tanto de la vuelta sobre la inversión y conviene entonces i) elegir lo mejor posible los genotipos, ii) acelerar la producción varietal (incluso la difusión) y iii) reducir el largo de las rotaciones permitiendo una realización rápida de la ganancia.

Las necesidades en material de repoblación en Colombia son inmediatos y conviene pues preveer un escenario de mejoramiento en varias etapas.

• El corto plazo, los asentamientos portagranos

Se elige de por sí semillas recogidas localmente en los asentamientos portagranos. La elección de estos asentamientos se hace sobre distintos criterios incluídos su accesibilidad, su tamaño, su aspecto, la importancia de la producción de semillas.

Más allá de estas consideraciones, es necesario tomar en cuenta un elemento importante, o sea su variabilidad genética. Es preciso en efecto descartar los asentamientos constituidos por una base genética de por demás estrecha, eso como para evitar los efectos posibles de la consanguinidad. Se domina hoy en día bastante el uso de los marcadores moleculares (SSR por ejemplo) como para analizar rápidamente un gran número de individuos. Inicialmente, una muestra de una veintena de individuos tomados en cada uno de los asentamientos portagranos permite clasificar estos asentamientos en función de la variabilidad genética que detienen. Este estudio podría por otra parte ser un preliminar a la investigación de su origen, ya que un referencial de proveniencias naturales se está constituyendo en el Cirad.

En la medida posible, estos asentamientos deberían sufrir una entresaca selectiva, sacando los individuos menos conformados con el fin de mejorar la calidad mediana de las semillas..

En función de la cantidad de semillas disponibles, se debe prever la cosecha por descendencias separadas sobre los árboles más lindos (árboles +) . Más adelante, el seguimiento de estos lotes de semillas hará posible la realización de estudios más completos en el valor de los portagranos y su integración a un programa de mejoramiento genético a más largo plazo. Siguiendo con este marco, se debe conservar la ubicación exacta de estos árboles +, los cuales deben ser medidos y se deben tomar muestras de madera para el estudio de la calidad de su madera.

Se realizarán las primeras plantaciones (3 o 4 primeros años) a partir de estos asentamientos.. Se puede también prever la multiplicación clonal de estos árboles + (ver contribución de O.Monteuuis).

• **El mediano plazo, las huertas de semillas, la multiplicación vegetativa**

La Teca presenta la ventaja (y el defecto) de fructificar precozmente, a menudo a partir de los 3 años de vida. La producción de semillas se vé pues facilitada pero la calidad de la rectitud del tronco se encuentra penalizado por la frecuente aparición de una bifurcación.

Distintos tipos de huertas de semillas pueden (y deben) considerarse.

Huertas de semillas de clones

Permiten una selección severa de los genitores y pues una ganancia genética importante. Nobostante necesitan de dos preliminares : el dominio de la técnica de multiplicación vegetativa (ver esta parte del informe) y la elección de los clones. Considerando esta técnica como bastante bien dominada, podrían establecerse las primeras huertas de semillas de clones (huertas de primera generación) a partir de los árboles + seleccionados anteriormente (ver más arriba) tomando cuidado de explorar lo mejor posible la variabilidad genética existente (utilización de los marcadores moleculares). Iniciar con una relativa fuerte densidad (300 a 400 tallos por hectárea) permitiría una selección ulterior para hacer sobre la base del seguimiento en plantación de descendencias cosechadas en asentamientos portagranos, justificando la cosecha y el seguimiento de las semillas en descendencias separadas (ver más arriba).

Huertas de semillas de familias

Se consideran 2 tipos, el primero con semillas locales (las cosechadas sobre los árboles +, el segundo con semillas de proveniencias conocidas y nuevamente introducidas. En ambos casos, el principio de instauración queda idéntico : reunir una variabilidad genética bastante amplia (sobre la base de marcadores moleculares para la semillas locales, sobre la base del origen para las otras) con un mínimo de 30 o 40 descendencias (para las semillas locales) y una decena o quincena de proveniencias (para las nuevas introducciones). El establecimiento de la huerta se hace con una relativa fuerte densidad para permitir entresacas selectivas suficientes hechas no solo sobre la base de resultados observados en el lote sino también en otros tipos de

pruebas (por ejemplo en plantación para las semillas locales o en pruebas de proveniencias para las otras). Los dispositivos deben precisarse en función de las dificultades locales y del material vegetal disponible.

La instauración de huertas de semillas de familias es mucho más fácil que la de las huertas de semillas de clones. Mayores superficies pueden instalarse y una selección estricta puede efectuarse.

Se puede empezar la cosecha de las semillas en estas huertas bastante rápidamente, tres o cuatro años después de su instauración para las huertas de semillas de clones o de familias locales y probablemente ocho a diez años para las huertas de semillas de familias o de proveniencias introducidas (eso para dejar un tiempo suficiente a la evaluación del material vegetal).

La composición genética de estas huertas es evolutiva en el sentido en que las entresacas genéticas se suceden a medida de la llegada de nuevos resultados. Se cosechan todas las semillas en los primeros años pues los genotipos menos buenos se descartan en cuanto se conoce el valor de sus descendencias o de sus emparentados. Se completa pues estas huertas, cuando es posible, por la instauración de pruebas de sus descendencias.

- **El largo plazo, la introducción de nuevos genotipos**

La Teca presenta una superficie de distribución importante y discontinua cubriendo la India, el Myanmar, Tailandia, el Laos e Indonesia (donde probablemente se introdujo hace unos siglos atrás). Esta superficie cubre condiciones climáticas e edáficas muy variables de menos 900 a más 2500mm de pluviometría anual. Así existe una muy grande variabilidad entre orígenes.

La variabilidad de adaptabilidad, forma y crecimiento fue estudiado con pruebas internacionales de proveniencias (Keiding and al., 1986, Kjaer and al., 1995) ubicadas en Asia, Africa y Centroamérica. Un estudio complementario referente entre otras cosas en la forma y calidad de la madera está desarrollándose en Africa del oeste (Proyecto Cirad-sodefor-Forigndfsc-Irl).

Las enseñanzas preliminares utilizables en Colombia y que se pueden sacar de esta serie de pruebas no son al fin muy numerosas :

- a) cualquiera que sea la zona de introducción, existen diferencias importantes entre proveniencias, lo que justifica el interés más marcado a la selección del material vegetal,
- b) las proveniencias locales ex situ están generalmente superadas por las mejores proveniencias de origen, lo que justifica el interés por las nuevas introducciones ;
- c) en las zonas semihúmedas y secas de Africa del oeste, las proveniencias de Indonesia y la India húmeda presentan a la vez los mejores crecimientos y las mejores conformaciones, a pesar de la pluviometría importante de la zona de origen ;
- d) en Centroamérica, los resultados muy incompletos parecen mostrar que ciertas proveniencias indonesias y las de la India húmeda son la mejor elección,
- e) los resultados relativos en término de calidad de la madera siguen siendo desconocidos.

Un esfuerzo particularmente importante para la prueba de proveniencias deberá pues realizarse así que la constitución de la población básica del mejoramiento futuro.

Una vez analizados tanto las condiciones locales y los resultados disponibles tan locales como internacionales, el mayor número posible de proveniencias de orígenes o ex situ debe introducirse en forma de una o varias pruebas de proveniencias. Estas pruebas deben instaurarse con el fin de ser conducidas en largo plazo (pues no muy apretadas). Pueden interesar varios sitios, ello en función de la variabilidad de la zona de plantación (actual y potencial).

Aunque sea prematuro definir un programa de mejoramiento a largo plazo, el escenario básico que debemos adoptar pero por el cual estará permitido modificarse, es la selección recurrente sobre familia de hermanastros

9.10. Multiplicación vegetativa

a. Generalidades para la aplicación de la multiplicación vegetativa bajo el marco del proyecto Cormagdalená

Por Olivier Monteuis

El desarrollo de técnicas de multiplicación vegetativa, y específicamente la elección de una estrategia clonal para mejorar la calidad y la homogeneidad de las plantaciones puede justificarse sobre todo para la Teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*).

El caso de la Teca se desarrolla abundantemente en lo que sigue.

Grandes empresas de reforestación del sudeste asiático han deliberadamente optado por la producción y plantación de clones de melina con el fin de evitar los problemas ligados al uso de plántulas provenientes de semillas. Estos últimos, en su gran mayoría, presentan formas deplorables y fuertes ramificaciones que emergen de grandes nudos. Estos defectos reducen considerablemente el valor comercial de productos para la sierra y la transformación en chapas que constituyen las principales vías de transformación de la madera de melina.

Además de generar una madera con características atractivas, buena rectitud, ramas finas y nudos pequeños, la selección de genotipos bien conformados ha permitido la producción de plantaciones clonales homogéneas, de bella calidad, y de fuerte productividad.

La multiplicación se efectúa por medio de reproducción por estacas hortícola a partir de « pies madre » regularmente tallados y fertilizados, y en algunos casos irrigados. La tasa de éxito es superior a 95% a partir de cabezas de clonaje seleccionadas entre las más viejas, a condición de disponer de instalaciones de reproducción por estacas adaptadas – mist system de buena calidad regulado automáticamente.

Estas referencias provienen de sitios con fuerte pluviometría – 2000mm/año -, con una repartición relativamente homogénea en todo el año y en ausencia de una estación seca bien marcada.

Bajo condiciones adaptadas, el manejo intensivo – tala, fertilización, irrigación, sombra – de los pies madre en cultivos fuera del suelo, en continentes llenos de un sustrato adaptado favorece indudablemente la reacción del material seleccionado para la propagación de clones por medio de reproducción por estacas. Tales resultados en viveros no justifican pasar por cultura in vitro.

La existencia de una época seca durante varios meses podría penalizar considerablemente la producción de clones de estacas en viveros.

La falta de información sobre las particularidades de *Bombacopsis quinata* y *Tabebuia rosea* exige más precaución en cuanto al interés de la multiplicación vegetativa con respecto a la multiplicación por semilla.

b. Apoyo potencial del CIRAD-Forêt para la producción de plántulas por multiplicación vegetativa

El apoyo del CIRAD-Forêt en cuanto a la producción de plántulas por multiplicación vegetativa puede ser concebida a diferentes niveles :

– Elección de la estrategia en función :

De las características de la especie y del material vegetal disponible- ver aspectos Mejoramiento genético-;

Del contexto;

De los objetivos;

– Selección del material vegetal – cabezas de clonage, grupos de genotipos para la multiplicación a granel,...- bajo diferentes criterios: productividad, calidad del producto...

– Elección del material adaptado a la realización de la estrategia elegida e instalación del equipo en las mejores condiciones, teniendo en cuenta el contexto local, tanto para el vivero como para el eventual laboratorio de micropropagación in vitro.

– Formación del personal :

al manejo de los pies madre y al reproducción por estacas para la opción hortícola

al buen funcionamiento del laboratorio y más específicamente a la micropropagación de las especies con un interés potencial tal como la Teca

c. Multiplicación vegetativa de *Tectona grandis*

• **Introducción**

La producción de madera de Teca cubre actualmente sólo 1% de las necesidades mundiales de madera de construcción, aún siendo esta esencia la más apreciada (Behaghel 1999). La demanda internacional cada vez más fuerte para la Teca de calidad se encuentra confrontada a un empobrecimiento creciente de los recursos naturales. Estos últimos están cada vez más protegidos por reglamentaciones que tienen como objetivo la preservación de la biodiversidad *in situ*.

Esta situación da origen a una evolución fundamental y reciente de las mentalidades en materia de plantaciones de Teca. Las plantaciones de Teca tradicionales, manejadas muy frecuentemente por organismos del estado en rotaciones de 60 a 80 años o más no responden más a las exigencias del mercado actual, con presiones demográficas que pesan cada vez más sobre el acceso a la tierra (Behagel y Monteuis 1999, Ball y Al. 2000). La tendencia emergente se caracteriza por una implicación creciente de inversores privados muy preocupados en realizar lo antes posible un “retorno sobre la inversión” (Enters 2000). Un manejo intensivo de las plantaciones de Teca con un material vegetal homogéneo de calidad superior aseguran un buen

rendimiento por unidad de superficie plantada, a veces en forma de plantación mixta, y parece desarrollarse en numerosos países adaptados a la cultura de la Teca.

La posibilidad de multiplicar la Teca por vía vegetativa favorece nuevas orientaciones en virtud de los argumentos desarrollados a continuación.

- **Interés de la multiplicación de la Teca por vía vegetativa**

Desde hace siglos, la Teca se ha multiplicado tradicionalmente por medio de semillas, con la posibilidad de almacenar jóvenes plántulas provenientes de siembras en forma de “stumps” – cuerpo de la raíz principal reducida a 15-20 cm de largo por la supresión de las extremidades de la raíz y del aparato aéreo justo por debajo del cuello cuando necesario: imperativos de volumen o de peso de carga, condiciones meteorológicas desfavorables...Este modo de propagación por vía por vía de la fecundación, sin embargo, penalizada por diversos factores que favorecen la multiplicación vegetativa.

Contrariamente a la propagación por vía de la fecundación por medio de semillas en donde las plántulas resultantes son genéticamente diferentes las unas a las otras, la multiplicación vegetativa permite reproducir teóricamente al infinito individuos seleccionados previamente – o “cabezas de clonage” – preservando todas las características. La integridad del conjunto de genes y de su estructuración se duplica completamente por medio de mitosis, asegurando, de por sí, la transmisión de todos los caracteres- incluyendo los que están bajo control genético de tipo no-aditivo que son los más importantes desde un punto de vista económico – a todo el clono.

La multiplicación vegetativa permite la propagación de individuos que no pueden ser multiplicados por semillas porque son demasiado jóvenes, o por factores ambientales desfavorables.

El interés de la multiplicación vegetativa para la Teca como para otras especies puede concebirse para la investigación pero igualmente para el desarrollo.

Los aspectos “Investigación” incluyen entre otros:

- i) la evaluación del potencial genético del material vegetal al finalizar los controles clonales, sobre una base de diferencias interclonales y de la variabilidad intra-clonal
- ii) las interacciones “Genotipo X Entorno”
- iii) la estimación de parámetros genéticos tales como la herencia, las correlaciones entre caracteres, “les efectos C” (Frampton et Foster 1993)
- iv) los conservatorios “ex situ”

Los aspectos “Desarrollo” encuentran sus aplicaciones principales en:

- i) la realización de huertos clonales
- ii) la producción en cantidad de estacas o microestacas para las plantaciones industriales

Para la realización de huertos clonales

Los huertos clonales de Teca se han desarrollado en varios países como Costa de Marfil, Tanzania, Tailandia, Sri Lanka, Indonesia, con el propósito de producir masivamente semillas de Teca genéticamente modificadas. Los genitores han clonado por injerto, en escudete generalmente, sin tener en cuenta los riesgos subestimados de incompatibilidad que puede declararse entre el injerto y el porta injerto.

Tales incompatibilidades pueden manifestarse tardíamente e inducir rechazos diferidos de los injertos. En ausencia de un seguimiento cuidadoso y de inventarios, brotes del porta injerto no seleccionados pueden rápidamente reemplazar el injerto y pasar desapercibidos. La presencia de tales intrusos pueden depreciar globalmente la calidad genética de las semillas producidas cuando éstas se recogen directamente sobre los individuos no seleccionados, pero también cuando éstos últimos contaminan por medio del polen el resto del huerto.

Estos problemas, de real importancia para los huertos de semillas de Teca clonadas (Bagchi y al. 1991, Tilakaratna y Dayananda 1994), no existen cuando los genitores clonados se producen sobre sus mismas raíces, sobre todo por reproducción por estacas o microestacas: las plántulas crecen o mueren, sin otra alternativa: los riesgos de intrusos es en esos casos inexistente.

Para la producción de madera

La utilización de semillas para las plantaciones industriales de Teca se ve afectada por los inconvenientes siguientes:

i) Producción de semillas cuantitativamente limitada, o casi nula en ciertos sitios de introducción que se revelan posteriormente inaptos a la fructificación (Wellendorf y Kaosa-ard 1988, White 1991).

ii) Fructificación tardía acentuada por el hecho que los individuos presentan tronco largos de alto valor agregado. Efectivamente, la aparición de las flores induce una bifurcación en el eje principal : más pronto se hace, más el tronco es corto (White 1991).

iii) Tasa de germinación muy variable pero globalmente muy baja (20% a 30% en promedio) e imprevisibles (White 1991).

iv) Gran heterogeneidad entre individuos provenientes del mismo lote de semillas, aún entre individuos parientes (semi hermanos en el caso de familias), lo cual afecta ciertos caracteres de importancia económica como el crecimiento, la forma y las dimensiones del tronco, el aspecto de la madera, etc...

v) Falta de información sobre el determinismo genético de la mayoría de los caracteres importantes desde un punto de vista económico, y sobre las perspectivas de ganancia sencibles por vía por vía de la fecundación, incluso después de haber pasado por programas de mejoramiento genético elaborados, largos y costosos (Wellendorf y Kaosa-ard 1988).

Efectivamente, Kjaer y Foster (1996) pretenden que habría que esperar 50 a 70 años mínimo antes de poder aprovechar las plantaciones provenientes de semillas supuestamente de calidad genética superior, y subrayan el riesgo que el producto final no esté a la altura de las inversiones. Kjaer y al (2000) reconocen que las estrategias de mejoramiento por vía por vía de la fecundación serán siempre penalizadas por un rendimiento bajo en semillas *in fine* . Estos aspectos han sido igualmente evocados por White y Gavinlertvatana (2000), quienes, con treinta años de experiencia en este campo, han evaluado objetivamente que los resultados en materia de mejoramiento genético por vía por vía de la fecundación de la Teca han sido negativos. Estos autores concluyen que la producción industrial de Teca por medio de semillas está cada vez menos adaptada a

la presión socio-económica actual, la cual exige plantaciones de calidad superior y de alta productividad, con el objetivo de generar el más alto y rápido retorno sobre la inversión. El argumento teórico basado sobre ejemplos de otras especies (Zobe y Talbert 1984, Ahuja y Libby 1993^a y b) por una parte, y los recientes progresos en materia de multiplicación vegetativa de la Teca por otra parte, incitan cada vez más a considerar las ventajas relacionadas a las plantaciones de Teca establecidas a partir de estacas o de microestacas.

Para desarrollar las plantaciones de Teca por medio de estacas o microestacas se puede optar por una de las dos estrategias siguientes: la propagación “a granel” y la multiplicación clonal.

- **Las diferentes estrategias de multiplicación vegetativa: propagación “a granel” y propagación de clones**

Definiciones

La propagación “a granel” – o “bulk propagation” – consiste en multiplicar vegetativamente, generalmente por reproducción por estacas o reproducción por microestacas varios genotipos o individuos, provenientes de una siembra mezclada, sin distinguir los diferentes genotipos. Este método que ha sido adoptado por diversos programas de mejoramiento genético para especies forestales, resulta muy útil para aumentar rápidamente los efectivos de un grupo de genotipos originales levemente representados, pero de valor genético similar y elevado, provenientes por ejemplo de una polinización controlada.

Por lo contrario, en la multiplicación clonal, cada genotipo se multiplica individualmente y separadamente a lo largo de los ciclos sucesivos de propagación vegetativa, asegurando la perennidad del clon a lo largo del tiempo...

Subrayemos el interés de seleccionar como cabeza de clonos individuos suficientemente viejos para poder apreciar su superioridad con respecto a diversos criterios de fuerte impacto comercial. Estos últimos incluyen: la altura del fût, su forma en cilindro dependiente de la ausencia de canales, el aspecto estético de la madera, sus propiedades tecnológicas, etc...y otros caracteres que se expresan tardíamente.

Ventajas e inconvenientes respectivos

La ventaja de la propagación “a granel” con respecto a la multiplicación de clones reside en la ausencia de la necesidad de verificar la identidad genética del material propagado. La propagación “a granel” permite evitar todas las tareas de poner etiquetas, de control y de manejo clonal, que presentan cierta complicación, y que son aún más pesadas a medida que el número de clones se eleva.

Las poblaciones provenientes de la propagación vegetativa “a granel”, constituyen un grupo genéticamente heterogéneo, susceptible de engendrar una variabilidad más o menos marcada de ciertos caracteres de fuerte impacto económico en el seno de la población resultante. Este riesgo no se debe ocultar en el caso de la Teca dadas las diferencias entre genotipos ya mencionadas. La continuación de esta multiplicación “a granel” a partir de la población de genotipos inicial puede llevar a una reducción sensible y peligrosa, sobre todo porque en la mayoría de los casos es invisible, de la base genética original. Efectivamente, en el transcurso de las diferentes etapas ciertos genotipos son susceptibles de tomar el lugar de otros por diferencias interclonales cada vez más marcadas de aptitud a la multiplicación vegetativa lo cual afecta la producción de brotes destinados a producir estacas, o la capacidad de sacar raíces de estas últimos.

La multiplicación clonal, requiriendo una identificación permanente y rigurosa de cada tipo de genotipo o clono, evita tales derivaciones incontrolables, así como presenta ventajas teóricas innegables, confirmadas concretamente para un buen número de especies (Zobel y Talbert 1984, Ahuja y Libby 1993 a y b). Sin embargo, las consecuencias negativas del fenómeno de maduración sobre la aptitud del clono no deben ser

subestimadas. Un material fisiológicamente joven, o rejuvenecido en el caso de genotipos seleccionados viejos, es la condición sine qua non para el clonaje conforme a gran escala por medio de reproducción por estacas (Hackett 1985, Wareing 1987, Monteuis y al 1995). Hay que subrayar que contrariamente a otras especies, la Teca es poco sensible a los efectos perjudiciales de la edad – plagiotrope y otros “efectos C” (Frampton y Foster 1993) – sobre el porvenir de estacas que han sacado raíces y se desarrollan en conformidad con la cabeza de clon original, en ausencia de variabilidad perjudicial entre clones (Monteuuis y Goh 1999). Mejoramiento y homogeneización de la calidad de la materia prima producida tanto a nivel de la conformación de los troncos como de las características estéticas y tecnológicas de la madera, y simultáneamente de la productividad por unidad de superficie y de tiempo (período de rotación) constituyen buenas razones en favor de las plantaciones clonales de Teca (Wellendorf y Kaosa-ard 1988, Nair y Souvannavong 2000). Tal uniformidad no puede objetivamente ser alcanzada con plantaciones provenientes de semillas o de estacas producidas “a granel”.

Clonos juiciosamente seleccionados a partir de semillas y realizados en el marco de dispositivos adaptados deberían permitir aumentar considerablemente los rendimientos y beneficios así como reducir el período de rotación para una mejor valorización de las superficies plantables cada vez más limitadas. La selección de clones sobre criterios particulares tales como la estrechez de la copa permite optimizar plantaciones mixtas asociando cultivos entre las líneas de plantación según el principio de la agroforestería la cual se practica desde hace mucho tiempo para generar entradas financieras precoces... Por otro lado, las densidades de plantación y las prácticas silvícolas pueden adaptarse a regímenes de manejos muy intensivos, con la posibilidad de aprovechar varias veces a partir de un mismo pie, usando provechosamente la aptitud de la Teca para hacer brotes (Martin y al. 2000). Tales prácticas parecen muy atractivas para aumentar la productividad sobre la base del concepto de “lineacultura” (Touzet 1981, Martin y al. 2000), economizando los costos de replantación o de material vegetal. A este propósito, conviene subrayar que las plantaciones realizadas con material clonado juiciosamente seleccionado no requiere raleos selectivos contrariamente al uso de semillas. La economía realizada a través de una densidad de plantación leve permite compensar el precio unitario más elevado de las plántulas provenientes de estacas o microestacas clonados.

Además de sus intereses para las operaciones de desarrollo, la multiplicación de clones de la Teca por reproducción por (micro)estacas debería permitir un progreso en el conocimiento de ciertos parámetros genéticos tales como las interacciones genotipo X entorno, herencia, ... Estas informaciones pueden ser aprovechadas para mejorar la calidad de las plantaciones de Teca, afinando notablemente la selección de clones en función de características estacionales.

La escasez de sitios de plantación incita a afinar la selección del material vegetal bajo criterios de adaptabilidad para mejorar el rendimiento.

• Las diferentes técnicas de multiplicación vegetativa

Diferentes técnicas de propagación vegetativa descritas para un buen número de especies se aplican para la Teca.

Injerto (por escudetes)¹⁸

El injerto, y más particularmente el injerto por escudete con tasas de éxito cercanas a 100% en Thai landia (Kaosa-ard 1998), han sido las técnicas de propagación vegetativa más utilizadas hasta hoy en día para la realización de huertos con semillas clonadas de Teca, o conservatorios ex-situ. Son técnicas que no necesitan

¹⁸ en francés, « greffage par écussonnage »

equipos complicados y que se aplican a cualquier Teca seleccionada, siempre y cuando se respeten un mínimo de condiciones (Hartmann y al 1997), y en primer lugar, disponer de porta-injertos adaptados.

Los injertos obtenidos son genéticamente compuestos, con la coexistencia sobre el mismo pie de genotipo seleccionado a nivel del injerto y el genotipo no seleccionado a nivel del porta injerto. Esta particularidad puede causar la aparición inesperada e indeseable de intrusos. Tales brotes de los injertos que pasan la mayoría del tiempo desapercibidos dada la ausencia de diferencias marcadas y visibles entre el injerto y el porta injerto, son particularmente frecuentes en la Teca (Bagchi y al. 1991), con las repercusiones mencionadas anteriormente a nivel de los huertos de semillas. Las consecuencias son aún peores cuando los intrusos se utilizan como pies madre para la producción industrial de estacas con fines de plantaciones clonales a gran escala.

La influencia del porta injerto sobre el comportamiento y la evolución ulterior del injerto no debe perderse de vista. En algunas especies de frutales, la adopción de porta injertos clonados ha permitido mejorar la uniformidad de los huertos, y controlar mejor el vigor y el desarrollo arquitectural de las variedades injertadas. Estas prácticas permiten adaptar mejor el manejo de los huertos a las necesidades y a los contextos, por ejemplo acelerando la fase de entrada en producción aumentando las densidades y por lo tanto la productividad, suprimiendo las operaciones de tallas anuales y facilitando las cosechas. El interés práctico de aplicar tales métodos a la Teca merecen ser objetivamente analizados con el fin de aumentar los rendimientos de los huertos de semillas clonales.

Para finalizar, el injerto, como para todas las especies injertadas, es susceptible de inducir una variabilidad intraclonal relacionada con la calidad de la soldadura entre los tejidos del porta injerto y los del injerto (Hartmann y al. 1997).

Acodadura¹⁹

La multiplicación de la Teca por acodadura se realiza generalmente a partir de brotes jóvenes de la base de árboles cortados que aparecen más seguido después de haber cortado el árbol madre. Las tasas de éxito variables entre 45% y 81 % en función de la fecha de ejecución han sido obtenidas a partir de brotes de la base de árboles cortados de 5 años (Monteuuis et al. 1995). Si esta técnica se aplica a individuos de más edad – 33 años (Lahiri 1985) no se adapta a la propagación masiva.

Reproducción por estacas

El éxito de la reproducción por estacas, como el de la acodadura, está directamente subordinado a la aptitud del material vegetal a producir raíces adventicias a partir del ramo. La separación con el pie madre interviene antes de esta formación en el caso de la reproducción por estacas, contrariamente a la acodadura. Es importante mantener la estaca en vida durante el tiempo necesario a la formación de un nuevo aparato de raíces que le permita adquirir su autonomía, mientras que durante ese mismo tiempo, la acodadura sigue alimentándose con el pie madre. Esta necesidad de mantener la estaca en condiciones de vida el tiempo suficiente para estimular la capacidad de generar raíces requiere una inversión en instalaciones de reproducción por estacas adaptadas.

Una técnica de reproducción por estacas industrial de Teca de edades variables ha sido llevada a cabo hace unos diez años en el Sabah en el marco de un proyecto integrado conjunto de Investigación/Desarrollo (Monteuuis y al. 1995). Muchos años de experiencia han permitido confirmar su eficiencia en el contexto de la producción industrial.

¹⁹ en francés, « marcottage »

Teniendo en cuenta las posibles diferencias interclonales en cuanto a la aptitud a crear raíces adventicias, la tasa media de éxito de la reproducción por estacas, establecido a partir de varios miles de estacas correspondientes a varios genotipos, se eleva a 70%.

La originalidad de esta técnica reside esencialmente en los puntos siguientes:

- i) Utilización de pedazos de ramas bajas con el fin de facilitar la movilización de árboles “Más” seleccionados, etapa determinante para las operaciones siguientes del clonaje. Si inicialmente el método ha sido concebido para individuos de edad menor de 15 años, hemos podido confirmar su eficiencia para producir clones por reproducción de estacas de árboles más viejos, de 60 años o más (Monteuuis, resultados no publicados). Esta técnica de pedazos de ramas no perjudica el futuro del árbol, contrariamente al uso de brotes, que supone el corte del árbol madre.
- ii) Las primeras estacas obtenidas al final de la fase de movilización a partir de pedazos de ramas son utilizadas como pies madre cultivados en forma intensiva en continentes fuera del suelo. Del manejo de estos pies madre depende el rendimiento en estacas con raíces, en función del tipo de brotes producidos siendo que sólo se usan las estacas de cabeza (ver Monteuuis y al. 1995 para más detalles). Las estacas cosechadas sobre esta generación de pies madre, o generación de movilización del recurso Bo van a producir una segunda generación de pies madre B1, y así seguido según un principio de cascadas o “serial cutting” ya experimentado en gran número de especies. El proceso se repite hasta que el número de pies madre y su reactivación o rejuvenecimiento fisiológico sean suficientes para pasar a la producción industrial de estacas para las reforestaciones, y para las poblaciones de clones de porta injertos para los huertos de semillas clonales.



Movilización de árboles de Teca viejos a partir de pedazos de ramas bajas con el fin de clonar por reproducción hortícola por estacas (proyecto Cirad-Forêt/CSB, Malaisie).

- **Microestacas *In vitro***

La Teca puede también multiplicarse vegetativamente por cultura *in vitro*, generalmente pour brotes axilares.

Las informaciones comunicadas en lo que sigue provienen del procedimiento llevado a cabo en Malasia (Monteuuis y al. 1998) siempre dentro del marco del proyecto bilateral de cooperación ya mencionado.

Parece importante distinguir la propagación a partir de semillas *in vitro* y de individuos seleccionados en condiciones naturales o *in vivo*.

A partir de semillas germinadas *in vitro*

La cultura *in vitro* puede ser ventajosa para aumentar rápidamente los efectivos de un número insuficiente de semillas de fuerte potencial genético, proveniente por ejemplo de una descendencia particular o de polinización controlada.

EL beneficio de la cultura *in vitro* en comparación con técnicas de propagación vegetativa *in vivo* puede observarse por una aumentación significativa:

De la capacidad germinativa de las semillas germinadas en condiciones particulares *in vitro*, como se ha podido constatar a gran escala (Monteuuis y al. 1998);

De los coeficientes de multiplicación de jóvenes germinaciones provenientes de estas semillas. Estas germinaciones pueden ser multiplicadas “a granel” o en forma de líneas de clones guardando en mente las ventajas y los inconvenientes de estas dos opciones ya descritas en lo anterior.

La multiplicación *in vitro* se efectúa por reproducción por microestacas de brotes regenerados por brotes axilares, según la técnica detallada en otro lado (Monteuuis y al. 1998). Este modo de propagación presenta la ventaja, entre otros, de garantizar la máxima conformidad genotípica con respecto a las técnicas de regeneración basadas sobre la diferenciación celular pasando por un estado intermediario (Haines 1994).

A partir de genotipos seleccionados *in vivo*

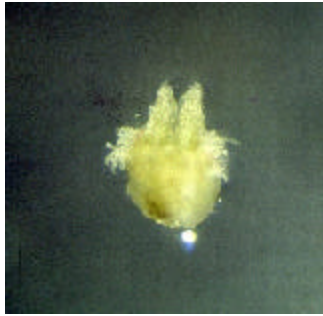
Los genotipos seleccionados *in vivo* para ser micro propagados en condiciones de cultura *in vitro* pueden ser de todas las edades y presentarse en forma de sujetos *in situ* como los pies madre en viveros, siempre y cuando se les pueda prelevar brotes vegetativos.

Los segmentos monodales – un nudo mínimo, o sea dos brotes axilares - o terminales de brotes vegetativos – recién formados en lo posible-, o los meristemas de 0.2 a 0.3 mm de largo son los dos tipos principales de explantes primarios utilizados para iniciar el reproducción por microestacas de la Teca.

A partir de segmentos nodales o de porciones apicales de ramos provenientes de diferentes genotipos de edades variables, el protocolo de desinfección adoptado permite iniciar cultivos primarios axénicos y organógenos con una tasa de éxito media variable de 20 a 30% en función del manipulador. La tasa de éxito alcanza 60-70% cuando los mismos genotipos son introducidos *in vitro* por cultura de meristemas, siempre y cuando el manipulador tenga la habilidad necesaria para la excisión rápida de estas estructuras de tan pequeño tamaño.

Además, el uso de meristemas como explantes primarios permite iniciar cultivos sanos, libres de contaminaciones endógenas de tipo bacterial o virus susceptibles de existir dentro de los explantes más grandes. Es también posible imaginar el cultivo primario de meristemas directamente sobre el terreno, *in situ*, siempre y cuando se pueda disponer de pequeñas cajas de Pétri con un gel adecuado, una lupa binocular, láminas de afeitar y una pinza para la disección y la colecta bajo una mecha de vela por ejemplo para limitar los riesgos de contaminación atmosférica. El cultivo de meristemas es igualmente una metodología más eficaz y rápida que los sub-cultivos a partir de microestacas para alcanzar el rejuvenecimiento fisiológico necesario a la buena reactividad *in vitro* del material seleccionado viejo.

Finalmente, los meristemas son estructuras vegetativas adaptadas a la cryoconservación que presenta ventajas incomparables para la conservación *ex-situ* de genotipos (Haines 1994).



Cultivo *in vitro* de meristemas de Teca (0.2 a 0.3 mm) a la izquierda y plántula regenerada 18 meses después de plantación a la derecha (Proyecto Cirad-Forêt/CSB, Malaisie).

Los protocolos de micropropagación *in vitro* han sido concebidos a propósito privilegiando la simplicidad de forma que su realización sea la más fácil:

- para toda persona motivada y consciente, sin necesidad de experiencia anterior en cultivos *in vitro*.
- En condiciones de producción industrial, adoptando un solo sitio de multiplicación - alargamiento de manera que se limiten las manipulaciones, los riesgos y los costos de producción.

Independientemente del origen del material inicial – germinaciones *in vitro* o sujetos *in vivo* -, y del tipo de explante primario utilizado – porciones del eje vegetativo o meristemas primarios apicales -, la técnica llevada a cabo (Monteuuis y al. 1998) ha comprobado desde hace muchos años su eficacia para micropropagar en masa cualquier genotipo de Teca, “a granel”, o en forma de líneas clonales con una tasa de multiplicación excepcional de 3 a 4 al final de cada sub-cultivo de 1.5 a 2 meses cuando los cultivos se han estabilizado. Esta “fase de estabilización” se alcanza generalmente 6 a 8 meses después del inicio del cultivo original, lo cual corresponde a 4 o 5 sub-cultivos/transplantes. En esta fase, 50 a 60% de las microestacas pueden sacar raíces espontáneamente sobre un solo sitio de multiplicación - alargamiento usado. Independientemente de esta aparición espontánea de raíces adventicias – que refleja el buen funcionamiento de las microestacas y su aclimatación se realizan en viveros, bajo el *mist-system* con 90 % de tasa de éxito en promedio en producciones industriales. La mortalidad durante las fases posteriores de cultivo y educación en vivero antes que las plántulas hayan alcanzado el tamaño esperado para las plantaciones es casi inexistente.

Hasta hoy en día, unos 200,000 microestacas han sido producidas y su comportamiento en el terreno es muy satisfactorio, tanto a nivel del vigor como de la conformidad, y concuerda con los resultados esperados.

El material introducido en cultivos *in vitro*, a partir de semillas o de explantes cosechados sobre genotipos seleccionados *in vivo*, puede ser micropropagado con diferentes fines:

- i) Construcción de bancos de genes o de germoplasma en ambientes más reducidos que los conservatorios *ex-situ* tradicionales que siguen siendo muy difíciles de manejar y de mantener, sin perder en cuenta los problemas de adaptabilidad de los genotipos que van a conservarse en condiciones ambientales locales. Tales problemas no existen en el cultivo *in vitro* si se dispone de medios de cultivo adaptados que permitan mantener el material en buenas condiciones fisiológicas. Numerosas plantas tropicales se cultivan actualmente *in vitro* con diversos objetivos en laboratorios de países templados o septentrionales.

ii) Producción de clones de microestacas a partir de genotipos seleccionados para instalar huertos de semillas clonales “francs de pieds”, de manera que se evite la presencia de intrusos, contrariamente a las plántulas injertadas.

iii) Producción masiva “a granel” o por medio de clones de microestacas provenientes directamente de material genético superior para las reforestaciones gracias a una muy buena reactividad de la especie a la micropropagación. Esta aptitud sorprendente para la micropropagación ha permitido adoptar un protocolo de cultivo muy simple y por lo tanto muy económico, incluyendo la formación de raíces de las ramitas en condiciones de vivero. Esta solución es mucho más ventajosa que la formación de raíces *in vitro*, tanto en el plan de las manipulaciones, de los costos como de la calidad de las raíces neoformadas. Para varias otras especies menos reactivas, el cultivo *in vitro* se utiliza únicamente para reactivar la aptitud al clonaje de ciertos genotipos al final de protocolos mucho más largos y complicados. Las plantas producidas se utilizan posteriormente como pies madre en viveros para la reproducción por estacas industrial, de manera que se reduzcan, por medio de la generación de una gran cantidad de estacas, los sobrecostos de las operaciones *in vitro* de reactivación fisiológica invertidos en las primeras fases de producción. Por supuesto, esta opción se aplica también a la Teca.

- **Aplicación a la propagación vegetativa industrial de plántulas para la reforestación**

La reproducción por estacas en condiciones de vivero y la reproducción por microestacas *in vitro* presentan fundamentalmente numerosas similitudes. Si el tamaño de las estructuras manipuladas y las condiciones de cultura difieren incontestablemente, la regeneración se hace naturalmente en los dos casos por brotes axilares, garantizando la máxima conformidad genotípica. Al finalizar el proceso, las microestacas así como las estacas deben necesariamente formar nuevamente un aparato de raíces de tipo adventicio con el fin de desarrollarse *in vivo* al final de la fase de aclimatación.

Cada una de estas dos opciones presentan sin embargo particularidades con sus ventajas e inconvenientes respectivos.

- **La opción de la reproducción por estacas hortícolas: ventajas e inconvenientes**

En las condiciones de Malasia– pluviometría anual de 2500 mm en ausencia de período seco marcado -, es posible producir en promedio 450 a 500 estacas con raíces por año y por m² a partir de árboles de Teca seleccionados viejos. Las condiciones, detalladas por otro lado (Monteuuis et al. 1995), pueden resumirse como sigue:

- Sistema de bruma - "myst system" - fiable y de calidad;
- Pies madre cultivados fuera de suelo y manejados en forma intensiva, sobre todo en cuanto a las operaciones de talla y de prensamiento efectuados cada 3-4 días;
- Sitios de reproducción por estacas y de cultivo de los pies madre protegidos por tejidos de sombra o rompe vientos;
- Personal cuidadoso

Se debe contar con 1 o 2 años de fase suplementaria de reactivación organógena y rejuvenecimiento fisiológico a partir de la selección *in situ* de individuos viejos, con respecto al material juvenil. Este rejuvenecimiento necesita ciclos de "reproducción por estacas en cascadas" empezando por la fase de

mobilización. Esta etapa es indispensable al clonaje industrial por reproducción por estacas de sujetos suficientemente viejos para expresar su superioridad en lo que se refiere a criterios de importancia económica mayor.

La opción de pies madre fuera de suelo permite optar por un sustrato de cultivo en contenedores adaptado del cual depende la reactividad del material vegetal, es decir la cantidad de estacas producidas por pie madre. Es una ventaja innegable sobre todo cuando el suelo no conviene: poco fértil, seco o hydromorpho, muy ácido...

El cultivo de pies madre fuera de suelo permite igualmente un mejor control de los otros parámetros del entorno -sol, viento, agua- al mismo tiempo que se limitan los riesgos fitosanitarios- posibilidad de hacer un tratamiento de prevención. El cultivo en contenedores permite igualmente evitar las enfermedades de origen telúrico.

La posibilidad de mejorar las propiedades físicas y químicas del sustrato de cultivo de los pies madre fuera de suelo permite aumentar significativamente la producción de brotes de alta potencialidad para la creación de raíces y por lo tanto los rendimientos de la reproducción por estacas. La influencia de las condiciones climáticas, y más particularmente de la existencia de "épocas secas" o menos húmedas debe, sin embargo, considerarse tanto a nivel de la producción de los pies madre, como a nivel de la aptitud para sacar raíces y al del calendario de producción en función de épocas de plantaciones. La alternativa "stump", además de facilitar el transporte, permite almacenar las plántulas demasiado desarrolladas para ser plantadas, a la espera de la próxima época de plantación.

Concretamente, la opción de la reproducción hortícola por estacas requiere:

Un sitio de cultivo de pies madre preferencialmente fuera de suelo en virtud de los elementos desarrollados ulteriormente. Esta superficie debe mantenerse bajo sombra - 40% de sombra- y protegida del viento - pantallas plásticas en disposición vertical en todo el perímetro.

un sitio de reproducción por estacas, cubierta de un techo de tipo PVC translúcido para evitar la lluvia, bajo un 50% de sombra en promedio y rodeada de rompe vientos (ver más adelante). Un techo servirá para guardar los útiles necesarios a la reproducción por estacas: cuaderno de notas, hormonas de reproducción por estacas conservadas en un refrigerador (+2°C), injertadores, tijeretas, pulverisadores, productos de tratamiento diversos...

Este sitio de reproducción por estacas contendrá recipientes para las estacas, preferiblemente en cemento o placas de fibrocemento, de longitud variable pero no muy anchas - 1 a 1,4m de ancho- y si es posible sobreelevadas- 0.7 a 0.8 m - para facilitar las manipulaciones. La longitud de los recipientes y su cantidad dependerá de la producción esperada, contando en promedio, con dos meses para la etapa de raíces y 300 o 350 estacas de Teca por m² de recipiente. Hay que contar con la etapa de alargamiento bajo "mist system" que dura 2 a 3 semanas. Una base de cálculo realista es 100 estacas con raíces y listas para la plantación / m² cada 2 meses , o 600 estacas listas para la plantación/m²/año siempre y cuando no haya variaciones estacionales de la aptitud a reproducirse por estacas.

Los recipientes de reproducción por estacas estarán equipados de "list sistem" controlados por medio de canillas eléctricas programables en términos de frecuencia y duración de la producción de neblina. Existen actualmente sistemas que brindan entera satisfacción, llamados "FOGGER", quienes necesitan una presión minimal de agua de 4 bars y que se comercializan en numerosos países tropicales.

Un sitio para la cría de las plántulas en contenedores destinados a las plantaciones, con sombra escamotable para la fase de educación antes del envío a las plantaciones.

Estos diferentes sitios deben encontrarse a proximidad el uno del otro, en lugares planos, con un punto de agua para la irrigación y con una alfombra gruesa de piedritas para asegurar el buen drenaje y facilitar la circulación.

En conclusión, hay que precisar que las instalaciones de reproducción por estacas y de cría de plántulas son necesarias para la utilización de vitro plántulas. El acceso a los pies madre con fines de introducción / renovamiento del material madre in vitro no es indispensable pero constituye innegablemente una ventaja para la micropropagación.



Reproducción por estacas de Teca bajo mist system en Costa de Marfil (SODEFOR) a la izquierda y parque de pies madre fuera de suelo en Malasia a la derecha (proyecto Cirad-Forêt/ICSB).

La opción de micropropagación in vitro: ventajas e inconvenientes

Contrariamente a la mayoría de las esencias forestales, la Teca puede ser fácilmente propagada in vitro en proporciones industriales aplicando la metodología concebida en Malasia (Monteuuis et al. 1998).

Está claro que toda actividad in vitro requiere disponer de un laboratorio adaptado a las necesidades (Monteuuis et al. 2002) Los costos de instalación, y de funcionamiento de tal estructura no deben ser subestimados. Estas inversiones varían en función de los países, del contexto local y en función de dicho laboratorio.

Los empleados deben presentar las calidades necesarias para este tipo de trabajo, sobre todo desde el punto de vista del rigor, de la seriedad, de la limpieza, y de la habilidad para manipular explantes tales como meristemas en condiciones asépticas. A título indicativo, una persona puede introducir 25 a 30 meristemas apicales de Teca en cultivos primarios por hora.

Los medios de cultivo y la metodología deben estar adaptados a la producción industrial de genotipos seleccionados, cualquiera sea su edad y teniendo en cuenta los imperativos económicos.

Las instalaciones de viveros equipados entre otros de mist system de calidad son también necesarios para que las estacas saquen mejor sus raíces y se aclimaten hasta que estén suficientemente desarrollados para ser plantados.

El proyecto de colaboración Cirad-Forêt/ Innoprise Corporation Sdn Bhd- o "ICSB" - ha permitido desarrollar en conjunto las opciones hortícolas (Monteuuis et al. 1995) e in vitro (Bon y Monteuuis 1996, Monteuuis et al. 1998) de propagación vegetativa de la Teca, permitiendo un análisis comparativo sobre bases tangibles (Monteuuis 2000) . En este contexto, la fórmula in vitro parece más rentable que la

reproducción por estacas a partir de 100 000 vitroplántulas producidas por año. La inversión de creación del laboratorio - estimado a 60 000 euros de equipos específicos sin contar los locales-, innegablemente más elevado que el que se necesita para la creación del vivero de estacas, se compensa rápidamente por las economías realizadas en términos del parque de pies madres, de la mano de obra necesaria al manejo y a las operaciones de reproducción por estacas, quienes representan globalmente tasas de éxito menos elevadas. Los porcentajes de creación de raíces son los mejores cualquiera sea el genotipo, o sea alrededor de 80% para las estacas contra 95% para las microestacas (Bonal y Monteuis 1997, Monteuis et al. 1998) – cifras calculadas a partir de varios millones de estacas o microestacas producidas en varios años. El coeficiente de multiplicación promedio *in vitro* es de 3 a cada trasplante o sub-cultivo, cada 6 semanas, o sea $3n$, siendo n la cantidad de sub-cultivos. La tasa de multiplicación sigue constante contrariamente a las operaciones de reproducción por estacas susceptibles de ser considerablemente perturbadas por las variaciones climáticas, sobre todo de temperaturas o de régimen de pluviometría. La cantidad de plantas producidas aumenta rápidamente en forma exponencial, sin alteración en función del tiempo y cualquiera sea el genotipo y su edad de origen. De hecho, la fase de rejuvenecimiento fisiológico es mucho más corta que en condiciones hortícolas. Esta se limita a 6 meses máximo.

Las plántulas producidas en condiciones *in vitro* pueden ser enviadas a través del mundo, sin restricciones fitosanitarias puesto que, por definición, son cultivos axénicos. El cultivo *in vitro* es, de hecho, el único medio de enviar material vivo, o clones, a cualquier país del mundo, lo cual agranda considerablemente las perspectivas de mercado.

El protocolo desarrollado en el marco de la colaboración Cirad-Forêt/ICSB se basa sobre un cultivo único, para mayor simplicidad, economía y mejor eficiencia general. Las plántulas sacan sus raíces en las condiciones de reproducción por estacas ya descritas, bajo *mist system*. Estas instalaciones son entonces necesarias para una utilización adecuada de las vitroplántulas.

El material vegetal puede ser almacenado en salas de cultivo, con el fin de constituir eventualmente conservatorios o "bancos de genes" *in vitro* en un entorno artificial muy restringido, solución mucho más económica a diferentes puntos de vista que los conservatorios "de campo" *in vivo* tradicionales. Las ventajas de estos conservatorios *in vitro* han sido evocados anteriormente.

La realización de la opción *in vitro* a fines de producción necesita un laboratorio de 100 a 150 m² por lo menos, con un mínimo de 2 cuartos de cultivo equipados con sistemas independientes de regulación de la temperatura y luminosidad. Este laboratorio deberá ser concebido de forma que se puedan agregar o aumentar las dimensiones de los cuartos de cultivo si la producción aumenta.



Sala de cultivo *in vitro* a la izquierda y vitroplántulas en desarrollo aclimatadas en viveros a la derecha (proyecto Cirad-forêt/ICSB, Malasia).

La tabla #1 compara las opciones hortícolas e *in vitro*.

La opción combinada in vitro-hortícola

La posibilidad de disponer en un mismo sitio de un laboratorio y de un vivero de reproducción por estacas es la mejor solución a varios niveles (Monteuuis y al. 1998, Monteuuis 2000).

Los dos sistemas de producción pueden combinarse: ciertas fases de cultivo se realizan mejor *in vitro* –como el rejuvenecimiento de clones seleccionados viejos-, y otras en condiciones de vivero *in vivo* – como lo muestra la producción de raíces y la conversión de la sobreproducción eventual en "stumps"...

La experiencia muestra que el manejo y la eficiencia de la opción *in vitro* requiere un buen conocimiento del material vegetal y de sus particularidades en condiciones naturales, para una mejor continuidad de la cadena de producción hasta la reforestación al finalizarse la etapa de vivero. Es igualmente el mejor medio para mejorar los itinerarios técnicos de producción, siempre perfectibles, tanto en condiciones *in vitro* como en hortícolas.

Finalmente, la coexistencia de los dos sistemas permite responder a la vez a la demanda local, al mismo tiempo que se satisfacen las necesidades de plántulas de calidad para la empresa y la demanda internacional.



Bloque monoclonal de Teca por microestacas 1 año después de la plantación.

	Ventajas	Inconvenientes
Opción Estacas Hortícolas	Costos de instalación relativamente reducidos Necesidades básicas en insumos	Productos utilizables sobre todo localmente Calificación necesaria sub estimada Superficie y pies madre difíciles de manejar en grandes cantidades Influencia de factores climáticos (época seca que penaliza)
Opción Microestacas In vitro	Espacio necesario reducido Puede usarse como conservatorio Rendimientos altos todo el año cualquiera sea el material vegetal e independientemente de características climáticas Productos exportables: acceso al mercado internacional Más rentable para producciones masivas (> 100 000 plántulas/año)	Necesidades y costos de instalación superiores a la opción hortícola Necesidades de funcionamiento y equipos superiores Necesidad de un protocolo adaptado Formación especialización del personal

Tabla 1: Elementos de comparación entre la reproducción por estacas hortícola y por microestacas *in vitro* para la propagación vegetativa industrial de la Teca

d. Bibliografía consultada

Ahuja M.R., Libby W.J., 1993a. Clonal Forestry I. Genetics and Biotechnology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 277p.

Ahuja M.R., Libby W.J., 1993b. Clonal Forestry II. Conservation and Application. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 240p.

Bagchi S.K., 1995. Selection differential and predicted genetic gain in *Tectona grandis*. Indian For., 121 (6): 482-490.

Bagchi S.K., Gupta P.K., Arya R.S., Joshi D.N., 1991. Evaluation of graft survival percentages in *Tectona grandis*. J. Tree Sci., 10 (2): 62-65.

Ball J.B., Pandey D., Hirai S., 2000. Global overview of teak plantations. Dans: Proc. of the International Seminar on "Site, technology and productivity of Teak plantations". Eds Enters T. et Nair C.T.S.. Chiang Mai, Thai land, 26-29.1.1999, 11-33.

Bath K.M., 2000. Timber quality of teak from managed tropical plantations with special reference to Indian plantations. Bois et Forêts des Tropiques, 263, 6-16.

Bedel P.E., 1989. Preliminary observations on variability of teak in India. Indian For., 115 (2): 72-81.

- Behaghel I., 1999. Etat des plantations de teck (*Tectona grandis* L.f.) dans le monde. Bois et Forêts des Tropiques, 262, 4-18.
- Behaghel I., Monteuis O., 1999. A propos du séminaire: “ Site, technology and productivity of teak plantations”, Chiang Mai, Thaïlande, 26-29 janvier 1999. Bois et Forêts des Tropiques, 261, 70-79.
- Bonal D., Monteuis O., 1997. *Ex vitro* survival, rooting and initial development of *in vitro* rooted vs unrooted microshoots from juvenile and mature *Tectona grandis* genotypes. Silvae Genetica, 46 (5), 301-306.
- Bonga J.M., Aderkas Von P., 1992. In Vitro Culture of Trees. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 236p.
- Dupuy B., Verhaegen D., 1993. Le teck de plantation *Tectona grandis* en Côte-d Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques, 235: 9-24.
- Emmanuel C.J.S.K., Bagchi S., 1984. Stock-scion compatibility in Teak (*Tectona grandis*). Silvae Genet. 33 (2-3): 53-56.
- Enters T., 2000. Conclusions and recommendations. Dans: Proc. of the International Seminar on “Site, technology and productivity of Teak plantations”. Eds Enters T. et Nair C.T.S.. Chiang Mai, Thaï land, 26-29.1.1999, 261-273.
- Frampton Jr L.J., Foster G.S., 1993. 9. Field testing vegetative propgagules. Dans: Clonal Forestry I. Genetics and Biotechnology. Eds Ahuja M.R. et Libby W.J. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 110-134.
- Gavinlertvatana P., 1998. Commercial propagation of teak in Thailand. Dans: Proc. of the 2nd Regional seminar on Teak “Teak for the Future”. Eds Kashio M. et White K. Yangon, Myanmar, 29.5-3.6.1995, FAO-TEAKNET, 83-89.
- Gupta P.K., Nadgir A.L., Mascarenhas A.F., Jagannathan V., 1980. Tissue culture of forest trees: clonal multiplication of *Tectona grandis* L. (Teak) by tissue culture. Plant Science Letters, 17: 259-268.
- Hackett W.P., 1985. Juvenility, maturation, and rejuvenation in woody plants. Horticultural reviews, 7: 109-155.
- Haines R., 1994. Biotechnology in forest tree improvement. FAO forestry paper 118, Rome, 230p.
- Hartmann H.T., Kester D.E., Davies F.T., Geneve R.L., 1997. Plant propagation: principles and practices. 6th edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 770p.
- Kaosa-ard A., 1986. Teak, *Tectona grandis* Linn. f.: nursery techniques, with special reference to Thailand. Danida Forest Seed Center, Seed leaflet n°4, November 1986, 42p.
- Kaosa-ard A., 1998. Teak breeding and improvement strategies. Dans: proc. of the 2nd Regional seminar on Teak “Teak for the Future”. Eds Kashio M. et White K. Yangon, Myanmar, 29.5-3.6.1995, FAO-TEAKNET, 61-81.
- Kaosa-ard A., Apavatjirut P., Paratasilpin T., 1987. Teak (*Tectona grandis* Linn. f.) tissue culture. Publication présentée à “His Majesty’s Fifth Cycle Commemorative Conference of USAID Science Research Award”,

- Nakorn Prathom, Thaïlande, 24-26.7.1987, 9p. Kaosa-ard A., Apavatjirut P., 1988. Teak (*Tectona grandis* Linn. f.) tissue culture: rooting and transplanting techniques. Publication présentée à "PSTC Conference on Biotechnology for Health and Agriculture", Washington DC, U.S.A., 6-9.6.1988, 12p.
- Kjaer E.D., Foster G.S., 1996. The economics of tree improvement of Teak (*Tectona grandis* L.). Technical note N°43, DANIDA Forest Seed Centre, Denmark, 23p.
- Kjaer E.D., Kaosa-ard A., Suangtho V., 2000. Domestication of teak through tree improvement. Options, possible gains and critical factors. Dans: Proc. of the International Seminar on "Site, technology and productivity of Teak plantations". Eds Enters T. et Nair C.T.S. Chiang Mai, Thaïlande, 26-29.1.1999, 161-189.
- Lahiri A.K., 1985. A note on possibilities of mound layering of teak. *The Indian Forester*, 111(10): 870-871.
- Martin B., Kadio A., Offi K., 2000. Towards Teak culture intensification in Côte d'Ivoire. Dans: Proc. of the International Seminar on "Site, technology and productivity of Teak plantations". Eds Enters T. et Nair C.T.S. Chiang Mai, Thaïlande, 26-29.1.1999, 151-160.
- Mascarenhas A.F., Kendurkar S.V., Gupta P.K., Khuspe S.S., Agrawal D.C., 1987. Teak. Dans: *Cell and Tissue Culture in Forestry*. Vol.3. Eds Bonga J.M., Durzan D.J. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 330-315.
- Mascarenhas A.F., Muralidharan E.M., 1993. Clonal forestry with tropical hardwoods. In: *Clonal forestry II, Conservation and Application*. Eds Ahuja M.R., Libby W.J., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 169-187.
- Mtika J., 1996: Teak (*Tectona grandis*) clonal seed orchard in Kiroka, Morogoro district. National Tree Seed Programme, Tanzania, Field establishment report # 18, 7p.
- Monteuuis O., 1989. Maturation concept and possible rejuvenation of arborescent species. Limits and promises of shoot apical meristems to ensure successful cloning. Dans: "Breeding Tropical Trees : Population Structure and Genetic Improvement Strategies in Clonal and Seedling Forestry". Proc. Conference IUFRO, Pattaya, Thaïlande, 28 Nov.-3Dec. 1988, 106-118.
- Monteuuis O., 1993. Current advances in clonal propagation methods of some indigenous timber species in Sabah (Malaysia). Dans: "Recent Advances in Mass Clonal Multiplication of Forest Trees for Plantation Programmes". Proc. UNDP/FAO Regional Project on Improved Productivity of Man-Made Forests Through Application of Technological Advances in Tree Breeding and Propagation (FORTIP), Cisarua, Bogor, Indonesia, 1-8 Dec. 1992, 168-193.
- Monteuuis O., 1995. Recent advances in clonal propagation of teak. In: Proc. of the International Workshop of BIO-REFOR, Kangar, Malaysia, Nov. 28 - Dec. 1, 1994, 117-121.
- Monteuuis O., 2000: Propagating teak by cuttings and microcuttings. Dans: Proc. of the International Seminar on "Site, technology and productivity of Teak plantations". Eds Enters T. et Nair C.T.S. Chiang Mai, Thaïlande, 26-29.1.1999, 209-222.
- Monteuuis O., Vallauri D., Poupard C., Hazard L., Yusof Y., Wahap L.A., Garcia C., Chauvière M., 1995. Propagation clonale de tecks matures par bouturage horticole. *Bois et Forêts des Tropiques*, 243: 25-39.

Monteuuis O., Bon M.-C., Goh D.K.S., 1998. Teak propagation by *in vitro* culture. Bois et Forêts des Tropiques: 256, 43-53.

Monteuuis O., Goh D.K.S., 1999. About the use of clones in teak. Bois et Forêts des Tropiques, 261: 28-38.

Monteuuis O., Mathieu Y, Bakry F., 2002: Adaptation des techniques de culture *in vitro* aux conditions tropicales". Dans: "Biotechnologies végétales – Techniques de laboratoire. Ed. Hai cour R. Universités francophones, Tec & Doc / Agence universitaire de la Francophonie, Paris, 2002, 291-317.

Nair C.T.S., Souvannavong O., 2000. Emerging research issues in the management of teak. FAO/Unasyuva 201, 51, 45-54.

Palanisamy K., Subramanian K., 2001. Vegetative propagation of mature teak trees (*Tectona grandis* L.). Silvae Genet. 50 (5-6): 188-191.

Pandey D., Brown C., 2000. Teak: a global overview. FAO/Unasyuva 201, 51, 3-13.

Singh N.B., Beniwal B.S., 1993. Evaluation of teak germplasm. J. Econ. Tax. Bot., 17 (2): 462-464.

Siswamartana S., 2000. Teak plantation productivity in Indonesia. Dans: Proc. of the International Seminar on "Site, technology and productivity of Teak plantations". Eds Enters T. et Nair C.T.S., Chiang Mai, Thaï lande, 26-29.1.1999, 137-143.

Suhaendi H., 1998. Teak improvement in Indonesia. Dans: Proc. of the 2nd Regional seminar on Teak "Teak for the future", Yangon, Myanmar, 29.5-3.6.1995, FAO-TEAKNET, 178-188.

Sunitibala Devi Y., Mukherjee B.B., Gupta S., 1994. Rapid cloning of elite teak (*Tectona grandis* Linn.) by *in vitro* multiple shoot production. Indian Journal of Experimental Biology, 32: 668-671.

Tilakaratna D. and Dayananda K.J.T. 1994. Forest Tree Improvement in Sri Lanka: a baseline study. UNDP/FAO Working Paper N 3, RAS/91/004 (FORTIP), 23p.

Touzet G., 1981. La culture clonale intensive. Annales AFOCEL 1980:1-9.

Wareing P.F., 1987. Phase change and vegetative propagation. In: Improving vegetatively propagated crops, Acad. Press, Londres: 263-270.

Wellendorf H., Kaosa-ard A., 1988. Teak improvement strategy in Thailand. Forest Tree Improvement, 21, 43p.

White K.J., 1991. Teak: some aspects of research and development. F.A.O. Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA), publication 1991/17, 53p.

White K.J., Gavinlertvatana P., 1999. Vegetative reproduction of Teak: the future to increased productivity. Présenté à l'occasion du séminaire international sur "Site, technology and productivity of Teak plantations", Chiang Mai, Thaï land, 26-29.1.1999 (non publié).

Zobel B. and Talbert J. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 505p.

9.11. El seguimiento y la protección sanitaria, al servicio de la rentabilidad forestal

Por Bernard Mallet

La realización de las plantaciones forestales representa con frecuencia una inversión importante con una vuelta sobre inversión que puede ser bastante larga y eso particularmente si se quiere producir madera de construcción ; esto supone rotaciones de varias decenas de años.

La creación del capital representado por las plantaciones puede frenarse, reducirse, incluso cancelarse por el ataque de parásitos o depredadores que se atacan a las zonas de producción del árbol (las hojas, los brotes, las raíces principalmente) o a las zonas de capitalización del árbol (el tronco principalmente).

Si se hace seguido hincapié en las acciones de investigación/desarrollo referente a las ganancias de productividad, las cuales pueden ser obtenidas por itinerarios selvícolas adaptados y uso de material vegetal seleccionado, se subevalúan con frecuencia los riesgos de pérdida provenientes de los ataques parasitarios por :

- la escasa previsión de semejantes ataques cuyos determinantes climatológicos, edáficos, genéticos, ecológicos... a menudo son muy poco conocidos ;
- pocos conocimientos en biología y epidemiología en los parásitos ;
- dificultades a evaluar bien el impacto real de tales ataques tanto a nivel del árbol (caso por ejemplo de los insectos « taladradores » que afectan la madera. Pero se la nota recién después de haber cortado la madera y después de varias decenas de años que siguieron el ataque) como a nivel de la masa (superficies atacadas en el espacio y en el tiempo) ;
- dificultades a evaluar las repercusiones económicas a largo plazo de semejantes ataques y su impacto en la rentabilidad de las plantaciones.

Además, los métodos de control o de lucha contra los parásitos potenciales, cuando existen, no se justifican ya que el impacto económico supuesto de los ataques es escaso, y que se plantean ecológicamente problemas para instaurarlos ; en fin, son demasiado costosos dada la poca rentabilidad de las plantaciones forestales en comparación con la rentabilidad de especulaciones agrícolas.

Se observaron numerosos parásitos y predadores en las especies forestales prioritarias del proyecto (*Teconta grandis* y *Gmelina arborea*) tanto en el área asiática originaria como en las zonas de introducción, ya que estas especies fueron ampliamente introducidas en Asia, América latina, África y en el Pacífico. Sin embargo, los problemas encontrados quedaron en general marginales

- por el bajo impacto en el crecimiento y la calidad del árbol (caso en particular de los ataques de insectos defoliadores),
- por pocas superficies involucradas por los ataques observados (caso de los ataques de hongos de pudrición de raíz)

Hasta ahora y a grande escala, estos problemas no justificaron el desarrollo de métodos específicos de lucha en plantaciones, fuera de los tratamientos específicos (en particular contra los insectos defoliadores y contra los moluscos) en viveros, lo que resulta más fácil a realizar.

Métodos de lucha fueron probados en distintos países para combatir ciertos parásitos y depredadores de la Teca y de la Gmelina con varios resultados que podrían analizarse de manera detallada si necesario. Así fueron ensayados tratamientos preventivos (preparación del terreno, recogida de los remanentes leñosos, ...) y curativos (fungicidios, lucha biológica) contra las pudriciones del sistema de las raíces. En Costa de Marfil se ensayaron tratamientos insecticidas contra los insectos defoliadores; en distintos países, se realizaron seguimientos de ataques: en Malasia contra los insectos « taladradores » del tronco; se hicieron estudios en la India sobre los hongos de roya y de mildiú...

De manera muy sintética y más allá de los fuegos que plantean un real problema sobretudo en las zonas con temporada seca marcada (cuyo efecto puede llegar a ser grave durante los primeros años de crecimiento), podemos completar el siguiente cuadro referente al impacto de los problemas principales fitosanitarios observados en las plantaciones de especies forestales tropicales en la familia de los Verbenáceos (en particular Teca y Gmelina) para la producción de madera de construcción:

Ubicación	Naturaleza	Efectos en la parte infectada	Impacto global en el árbol	Impacto económico
Hojas	Himenópteros Lepidópteros Ortópteros Hongos de roya y mildiú	Defoliación Defoliación Defoliación Senescencia	Pérdida Crecimiento Más o menos marcada	En general poco importante y limitado en el tiempo (unos m ³ /ha/año perdidos)
Brotes	Lepidópteros Ortópteros	Destrucción Destrucción	Deformación o formación de horquillas	En general marginal (poda posible)
Tronco	Lepidópteros Coleópteros Hongos vasculares y de la madera	Taladradores Taladradores Putrefacción interna	Galerías internas en la madera Decoloración o marchitez	Marginal (salvo en Asia del sureste) En general marginal
Raíces	Hongos de pudrición de raíz	Destrucción raíces	Daños por el viento o por los entresacas	Marginal (salvo zonas húmedas o en desmontes forestales)

En la mayor parte de los casos, la Teca y la Gmelina no sufren de los problemas sanitarios (en comparación con las meliáceas tal como swietenia sp. o cedrela sp. muy sensibles a los ataques de hypsipyla o como los eucaliptos que pueden llegar a ser sensibles a los ataques de hongos vasculares); pero es preferible organizar un seguimiento sanitario dentro de las plantaciones y dispositivos experimentales establecidos en el marco de búsquedas de acompañamiento.

Este seguimiento deberá organizarse en la base de un preconocimiento realizado en las masas ya existentes en Colombia y en los países vecinos para determinar la naturaleza de los parásitos potenciales. Este preconocimiento permitirá también precisar los criterios a vigilar y los indicadores a tomar en cuenta (sistemas de cotizaciones cuantitativas o cualitativas, decoloración foliar o defoliación, marchiteces, ataques en el tronco, ...).

Cuatro encuestas pueden ser un buen punto de partida para cubrir la variabilidad intraanual, libre de modificar más tarde esta frecuencia en función de los problemas encontrados o de la ausencia de problemas principales.

Las encuestas se realizarán según una muestra estratificada teniendo en cuenta la variabilidad de las masas (variabilidad ecológica y estacional del ambiente, proximidad de las formaciones forestales naturales, edad de la parcela, ...) con un diferido espacializado de datos recogidos preferiblemente con un SIG (sistema de información geográfico) para poder realizar, si es necesario, un estudio de dinámica espacio-temporal de los problemas encontrados.

En caso de problemas específicos (marchiteces, ataques de insectos defoliadores, ...), golpes de siembra de seguimiento permanentes podrán instalarse para

- realizar evaluaciones de impacto de ataques observados a medio y largo plazo y
- utilizar estos datos con el fin de intentar una modelización del impacto a largo plazo de tales ataques en el crecimiento, la productividad, incluso la calidad de la madera de las parcelas involucradas.

Un seguimiento más detallado se realizará también en las parcelas experimentales, en particular con los ensayos genéticos y los ensayos selvícolas, para

- destacar variabilidades posibles de sensibilidad de la Teca y de la Gmelina a ciertos parásitos en relación con su base genética y las prácticas selvícolas (fertilización, densidad de plantaciones, podas, ...)
- tomar en cuenta tales factores en el cuadro de un acercamiento integrado de la gestión sanitaria de las plantaciones

Lista de plagas y enfermedades para Gmelina arborea

La siguiente lista presenta las plagas y enfermedades identificadas en el mundo entero, lo que no significa que se la puede aplicar al caso de Colombia : en general se introducen las especies sin sus plagas de las áreas de origen pero estas especies pueden encontrar nuevas plagas en su área de introducción

Fungi. Armillaria mellea, Cercospora ranjita, Fomes roseus, Polyporus baudni, Poria rhizomorpha, Sclerotinia rolfsii, Trametes straminea.

Angiospermae. Tapinanthus sr.

Mollusca. Limicolaria aurora.

Myriapoda. Odontopyge sp.

Coleoptera. Alcidodes ludificator, Apion angulicollis, A. armipes, Apophylla chloroptera, A. sulcata, Calopepla leayana, Dihammus cervinus, Empecamenta calabarica, Lagria villosa, Lixus camerunus, L. spinimanus, Macrocoma candens, Podagrica dilecta, Prioptera punctipennis, Xyleborus fornicatus.

Hemiptera. Agaeus pavimentatus, Anoplocnemis tristator, Chunrocerus niveosparsus, Dysdercus supersticiosus, Tingis beesoni, Trioza fletcheri.

Isoptera. Coptotermes curvignathus, C. niger, Macrotermes goliath.

Lepidoptera. Acrocercops telestis, Endoclita undulifer, Eupterote geminata, E. undata, Gonodontis clelia, Indarbela quadrinotata, Metanastria hyrtaca, Phostria caniusalis, Pionea aureolalis, Psilogramma menephron, Sahyadrassus malabaricus, Selepa celtis, Xyleutes ceramica.

Orthoptera. Heteropternis thoracica, Kraussaria angulifera, Phaneroptera nana, Phymateus viridipes, Zonocerus elegans.

Mammalia. Axis axis, Strepsiceros strepsiceros, Sylvicapra grimmia, Thronomys swinderianus, Tragelaphus scriptus.

Lista de plagas para Tectona grandis

La siguiente lista presenta las plagas y enfermedades identificadas en el mundo entero, lo que no significa que se la puede aplicar al caso de Colombia : en general se introducen las especies sin sus plagas de las áreas de origen pero estas especies pueden encontrar nuevas plagas en su área de introducción

Bacteria. Pseudomonas solanacearum, Xanthomonas melhusii.

A/gae. Cephaluros sp.

Fungi. Armillaria mellea, Auricularia polytricha, Cercospora tectonae, Chaconia tectonae, Corticium salmonicolor, Fomes noxius, Fusarium oxysporum, Ganoderma applanatum, Helicobasidium compactum, Irpex flavus, Nectria haematococca, Phyllactinia guttata, Phyllosticta tectonae, Polyporus adustus, P. rubidus, P. shoreae, P. zonalis, Uncinula tectonae, Ustilina deusta, Xylaria thwaitesii.

Angiospermae. Dendrophthoe falcata, Macrosolen cochinchinensis, Phoradendron piperoides, Phthirusa adunca, Tapinanthus sp.

Mollusca. Achatina fulica, Limicolaria aurora.

Myriapoda. Odontopyge sp.

Coleoptera. Alcidodes biangulatus, A. haemopterus, A. ludificator, Analeptes trifasciata, Apate indistincta, A. terebrans, Apogonia granum, A. nitidula, Aristobia approximator, Aulacophora foveicollis, Celosterna scabrator, Chrysolagria naivashana, C. neavei, Clinteria klugi, Colasposoma asperatum, C. downesi, C. semicostatum, C. villosum, Corynodes peregrinus, Cyphicerinus pannosus, C. tectonae, Dihammus cervinus, Doliopygus erichsoni, Episomus lacerta, Holotrichia serrata, Hypomeces squamosus, Hypothenemus eruditus, Indomias cretaceus, Ischnotrachelus delectans, Lagria villosa, Lema armata, Lepropus aurovittatus, L. lateralis, Lixus camerunus, L. spinimanus, Megopis costipennis, Myllocerus discolor, M. dorsatus, M. sabulosus, M. viridanus, Oribius cruciatus, Parapoderus fuscicornis, Peltotrachelus albus, P. pubes,

Physonychis smaragdina, Phytoscaphus fractivirgatus, Plateros dispellens, Siderodactylus sagittarius, Xyleborus destruens.

Hemiptera. Agaesus pavimentatus, Anoplocnemis curvipes, A. tristator, Atelocera raptoria, Dysdercus supersticiosus, Flata ferrugata, Icerya aegyptiaca, Perisopneumon phyllanthi, Phymatostetha deschampsi, Planococcoides njalensis, Planococcus lilacinus, Pternistria levipes, P. macromera, Ptyelinellus prae fractus, Ptyelus nebulus, Rastrococcus iceryoides, Ricanopsis semihyalina, Saissetia farquharsoni, S. nigra, Spilococcus perforatus.

Isoptera. Amitermes eyuncifer, Coptotermes curvignathus, C. havilandi, C. obiratus, Odontotermes kibarensis, O. parvidens, Pseudacanthotermes militaris.

Lepidoptera. Acherontia lachesis, A. styx, Acraea pharsalus, Acria emarginella, Aeolanthus sagulata, Amsacta lactinia, Archips micaceanus, Ascotis selenaria, Asota caricae, Bematistes consanguinea, Cephonodes hylas, Colocleora divisaria, Cossus cadambae, Dasychira georgiana, D. grotei, D. mendosa, Diacrisia obliqua, Dichocrocis punctiferalis, Ectropis bhurmitra, Eilema guineacola, Ethmia systematica, Euproctis fraterna, Eupterote geminata, E. undata, Eurema hecabe, Gonodontis clelia, Hyblaea puera, Hyposidra successaria, H. talaca, Hypsipyla robusta, Indarbela quadrinotata, Labdia callistrepta, Lymantria ampla, Maurilia iconica, Orgyia basalis, O. postica, Paectes subapicalis, Pagyda salvalis, Palpita vertumnalis, Prodenia litura, Psalis pennatula, Pseudalcis trispinaria, Psilogramma menephron, Pyrausta machoeris, Sahyadrassus malabaricus, Suana concolor, Xyleutes ceramica, Zeuzera coffeae.

Orthoptera. Acrida turrata, Aulacobothrus lateipes, Aularches miliaris, Brachytrypes portentosus, Catantops pinguis, C. spissus, C. stylifer, Choroedocus robustus, Diptoternis venusta, Eyprepocnemis plorans ibandans, Gastrimargus africanus, Gryllus posticus, Heteropternis thoracica, Mecopoda elongata, Spathosternum prasiniferum, Stenocrobilus festivus, Valanga nigricornis, Zonocerus variegatus.

Aves. Kakatoe ducrops.

Mammalia. Capra hircus, Cephalophus rufilatus, Cervus timorensis, Papio cynocephalus.

9.12. Investigaciones sobre la gestión sostenible de las plantaciones forestales

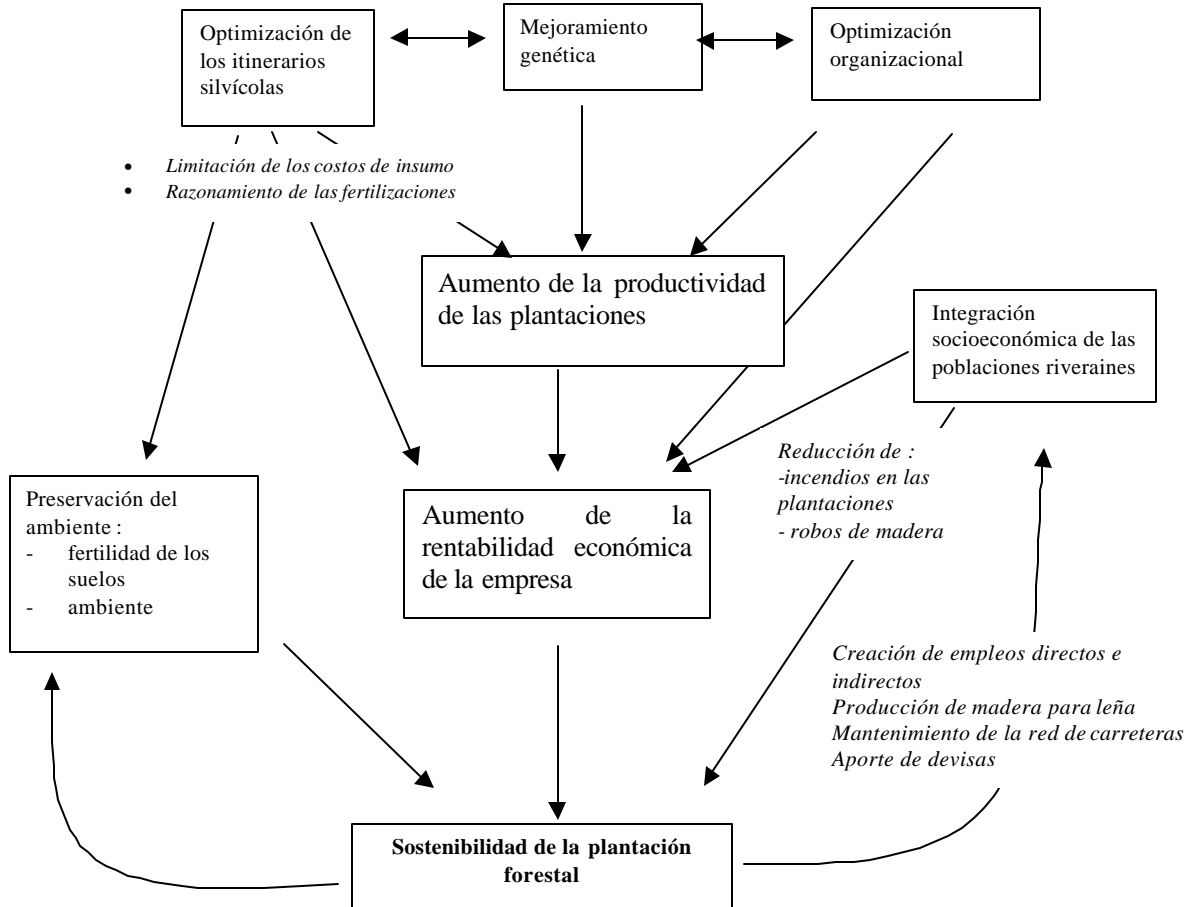
Por J.P. Bouillet

a. Introducción

El concepto de gestión sostenible se valorizó en las conferencias internacionales de Estrasburgo (1990), Rio de Janeiro (1992), Helsinki (1996), Kyoto (1996) y Johannesburgo (2002). En la declaración de los principios forestales adoptada en Rio de Janeiro, se indican que « los recursos forestales y los terrenos boscosos deberían administrarse en una base sostenible con el fin de responder a las necesidades sociales, económicas, ecológicas, culturales y espirituales de las generaciones actuales y futuras. La gestión sostenible de un ecosistema recubre numerosos objetivos. En el caso del presente informe se pueden nombrar tanto el mantenimiento en el tiempo de la producción de las masas, de la fertilidad de los suelos, de la biodiversidad o

de la calidad de las aguas de superficie como la satisfacción de las necesidades económicas y sociales de las poblaciones (cf figura 1)

Figura 1 : Factores principales condicionando la sostenibilidad de las plantaciones forestales (adaptado por Laclau, 2001)



Para Cormagdalena, el objetivo es obtener, para hoy y a largo plazo, una producción más cerca posible de las potencialidades climáticas. Este « sistema sostenible de plantaciones » debe llevar a una rentabilidad económica máxima a largo plazo. Implica el uso del material vegetal más apropiado y la optimización de los itinerarios selvícolas y el uso de la mano de obra.

A continuación vamos a definir o comprender unos cuantos elementos referente a la producción a lo largo de un ciclo y la producción sostenible.

- **Producción a lo largo de un ciclo**

Los tres puntos principales son :

- Los objetivos de producción, en relación con la producción potencial autorizada por el clima (energía luminosa, precipitaciones) teniendo en cuenta la variabilidad interanual de este factor
- Las cantidades de factores nutricionales a aportar para alcanzar estos objetivos, dados los suministros por el ambiente y las pérdidas
- Las condiciones de extracción de estos factores en el ambiente y pues las modalidades de instalación del sistema de captos subterráneos en relación con las técnicas de implantación (plantación, replantación, ...).

Más adelante, se desarrollarán experimentaciones que se podrán instaurar para definir mejor los itinerarios selvícolas permitiendo optimizar cuantitativa y cualitativamente la producción a lo largo del tiempo de rotación.

- **Producción sostenible**

Cuatro elementos esenciales se destacan

- Las evoluciones en el medio y largo plazo de las reservas minerales e hídricas del suelo
- La evolución de la disponibilidad de los elementos minerales y del agua
- Las consecuencias de estas evoluciones en las necesidades de insumo
- Las consecuencias de la práctica del sistema en los factores ambientales (fauna y flora, erosión, ...).

Estos distintos aspectos constituyen la base de las investigaciones en la « sostenibilidad de los sistemas de producción » *sensu stricto*

b. Problemáticas científicas

Distintas problemáticas científicas aparecen y van a estructurar las investigaciones futuras.

- **El establecimiento de un modelo de producción de biomasa potencial.**

Es necesario establecer por tipo de especie y según las regiones, modelos de producción potencial de biomasa en relación con el clima (energía radiativa y pluviometría). Así es posible analizar las diferencias entre este

potencial y los distintos sistemas de producción y proponer soluciones (aportes de fertilizantes, ...). Además se puede probar la robustez de estos sistemas en cuanto a las variaciones climáticas.

- **El estudio del ciclo biogeoquímico y el establecimiento del balance hídrico y mineral**

Se desarrollará esta parte a continuación del texto

- **La dinámica y el funcionamiento del sistema de las raíces**

Tomar en cuenta el sistema de las raíces (SR) es imprescindible para establecer los balances hídricos y minerales. Además es importante caracterizar, en relación con el desarrollo de las partes aéreas :

- la dinámica de implantación del SR
- la influencia de la edad y de la conducta selvícola (modo de implementación de las plantas, ...) en el desarrollo del SR y sus funciones « pozos de absorción » de agua y de elementos minerales.

- **La evolución de componentes biológicos del sistema de producción en el espacio y en el tiempo**

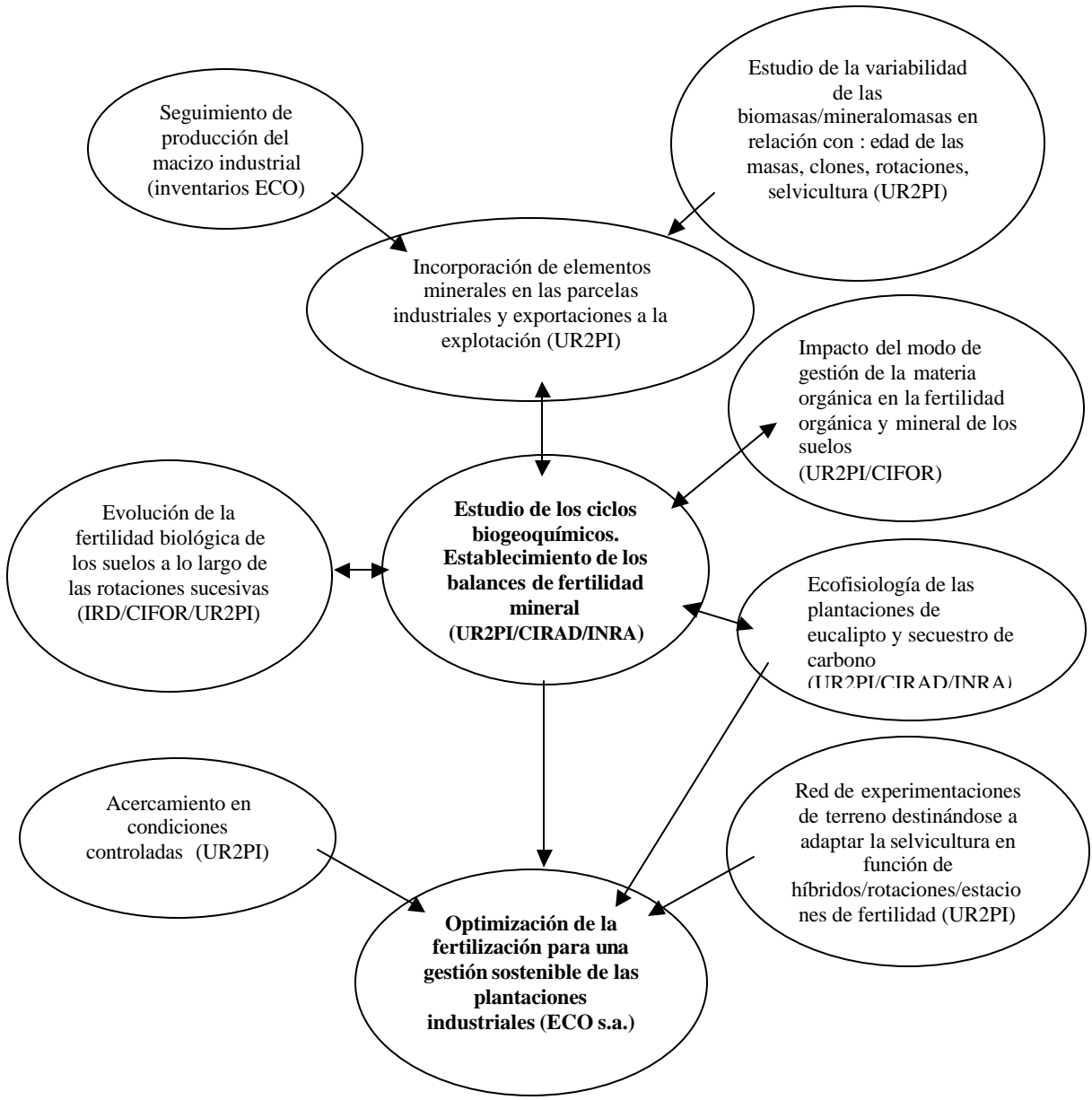
Es importante dar cuenta de cambios eventuales inducidos por el sistema de producción en la microfauna del suelo (termitas, bacterias, ...), de la fitopatología y de la climatología.

- **La gestión en el tiempo de la heterogeneidad espacial**

Es necesario poder integrar en la gestión del macizo la heterogeneidad interparcela (especies, procedencias, clones, edad) e intraparcels (interlínea de saca, restos en fajas, ...) así que adoptar un método de diagnóstico y/o de un sistema de observaciones multicriterios, indicadores precoces de disfuncionamientos potenciales de las masas. Se utilizaron herramientas en unas cuantas plantaciones forestales tal como el diagnóstico foliar ; otras tales como los indicadores globales « nitrógeno » o « materia orgánica » al principio desarrollados para los grandes cultivos anuales deberán adaptarse a las plantaciones forestales.

Para ilustrar esta estructuración de las investigaciones se pueden nombrar trabajos dirigidos en las plantaciones de eucalipto congolese por el UR2PI en particular con la colaboración del CIRAD (ver figura 2).

Figura 2 : Esqueje de los distintos estudios dirigidos en el Congo referente a la sostenibilidad de las plantaciones de eucalipto. Los centros de investigación involucrados se indican entre paréntesis.



c. Investigaciones selvícolas

Desarrollaremos acá los tipos de investigación más importantes que se tendrían que dirigir para optimizar los itinerarios técnicos en una rotación de masa. Además, estos ensayos proporcionarán datos necesarios a la calibración de los modelos de crecimiento (cf parte : « permanent plots »).

• Dispositivos

Recordemos que los dispositivos deben ser robustos y fiables.

Para eso, se prefieren los ensayos cuyas características son :

- un número restringido de factores con un número limitado de modalidades para cada uno de ellos. Caso contrario, no será posible destacar efectos significativos y/o será imposible interpretar las interacciones entre los factores.
- Los dispositivos en bloques completos quedan más robustos. La desaparición de un bloque (fuego, problemas fitosanitarios...) no pone en tela de juicio el ensayo si existe un número suficiente de repeticiones (cf infra).
- Un número suficiente de repeticiones : 3 repeticiones como mínimo, 4 ó 5 preferiblemente.
- Parcelas suficientemente grandes. Este imperativo se relaciona con el largo de las experimentaciones selvícolas, acarreado el fuerte desarrollo de las raíces de los árboles. Así si las zonas de borde no son suficiente amplias, un individuo con un tratamiento dado puede explorar el suelo de otro tratamiento. Además, un « efecto masa » debe crearse de vuelta. Sabiendo que en forestería se considera clásicamente que el número mínimo de árboles mensurables es de 25, parcelas de 7*7 plantas (dentro de las cuales 5*5 plantas son mensurables : una línea de borde alrededor del ensayo) representan un tamaño mínimo (para los ensayos de corta duración). En el caso de ensayos de entresaca, es la densidad final de la masa que llevará a la elección del tamaño de la parcela (por ejemplo para una densidad final de 250 árboles/ha hay que prever una parcela útil de 1000m² para poder medir 25 árboles al final de rotación).

• Tipo de experimentación

Se propondrá acá una serie de experimentaciones a adaptar a las realidades y límites del terreno de las que la pertinencia dependerá de los ensayos ya conducidos previamente.

Ensayo 1 : preparación del terreno de plantación

Factor 1 : testigo (hacer agujeros) ; cultivo completo ; cultivo en franjas ; subsolado ; desyerba química ; cultivo + química (pre y post germinación)

Factor 2 (eventual) : fertilización

Factor 2' (eventual) : mantenimientos

Ensayo 2 : densidades de plantación

Factor 1 : densidades

Factor 2 (eventual) : fertilización

Factor 2' (eventual) : mantenimientos

Fuera de los dispositivos en bloques completos aleatorizados, ensayos de tipo Nelder o Marynen pueden instaurarse, se prefiere el último dispositivo para su interpretación estadística.

Ensayo 3 : mantenimientos

Factor 1 : - mantenimientos localizados : manuales, químicos

- mantenimientos completos : mecanizados (arado con discos o rejas ; girotrituradora) ; químicos (distintos productos activos)

Factor 2 (eventual) : fechas de mantenimiento (en función del desarrollo de las malas hierbas)

Ensayo 4 : fertilización al plantar

ELEMENTOS PRINCIPALES

Factorial NPK (2^3 ó 3^3). Este tipo de ensayo apunta a destacar los efectos más importantes de los elementos principales y las interacciones entre estos elementos.

Cuando se identifican el o los elemento(s) limitante(s), distintos ensayos pueden pues instaurarse :

- ubicación (a distintas distancias del pie ; en la raya del subsolado ; enterrados o no, ...)
- dose de abono permitiendo el establecimiento de una curva de repuesta
- forma del abono (amonítrato vs urea ; superfosfato vs hiperfosfato, ...)

Se puede llegar a cruzar estos distintos factores.

ELEMENTOS SECUNDARIOS (Ca, Mg)

- formas (cal, magnesia, ...)
- doses
- molienda

Se puede llegar a cruzar estos distintos factores.

OLIGOELEMENTOS

Estos ensayos se instauran en caso de carencia obvia (necrosis de hojas, desecamiento de brotes, ...) o sospechada (bibliografía, ...)

- elementos
- doses para los elementos identificados como limitantes

Durante la rotación

Además de los mismos tipos de ensayos, es necesario instaurar ensayos probando las fechas de aporte durante la rotación. Un ensayo factorial fechas x doses (n^p) puede aportar informaciones pertinentes.

Ensayo 5 : entresaca

ensayo 1^{er} entresaca, 2^{ndo} entresaca, ...

La cantidad de árboles que se deja después del entresaca puede definirse *a priori* (en función de la bibliografía, de previos ensayos,...) por el valor de parámetros selvícolas tal como la área basimétrica, el valor del coeficiente de Hart-Becking, ...)

La fecha del comienzo del entresaca puede también definirse *a priori* en función de la evolución de estos parámetros.

Se prefieren entresacas selectivos a los entresacas sistemáticos para especies con alto valor y con amplia base genética (por lo tanto heterógeno). No obstante y por razones de organización de la obra y del control de las operaciones, puede ser interesante ensayar entresacas semiselectivos (por compartimento)

- CCT plots (Correlated Curve Plots)

Los CCT Plots tienen el objetivo de cuantificar el crecimiento de los árboles que crecen dentro de masas con intensidades distintas de competencia y fuera de todo tipo de competencia. Este tipo de dispositivo experimental pues permite preconizar un esqueje de entresacas dando un crecimiento optimal de la masa final. Los resultados deben adaptarse para llegar a una rentabilidad máxima (valorización de los productos de entresacas). Este tipo de ensayos necesita un seguimiento regular (medidas) para que los entresacas experimentales se hagan a tiempo y de datos preciosos para la optimización de la silvicultura.

Ensayo 6 : poda

- alturas de la poda
- diámetros de poda (diámetro del tronco en función de la calidad de los productos industriales buscados)
- altura de la copa verde no podada
- el cociente altura de la poda/altura total del árbol
- repuesta a la poda : crecimiento del árbol, forma del fuste, calidad de la madera

d. Estudio de los ciclos biogeoquímicos

• Definiciones

Se instalan frecuentemente las plantaciones forestales en suelos de baja fertilidad, reservando los suelos ricos a las producciones agrícolas. La producción y la perpetuidad de las plantaciones se basan en un conjunto de procesos complejos e interactivos nombrados « ciclo biogeoquímico ». Este ciclo que tiende a la optimización de los pools limitados en elementos minerales biodisponibles se define como la circulación permanente de los elementos minerales entre los compartimentos del ecosistema. Agrupa a tres ciclos imbricados (ver gráfico)

- el **ciclo biológico** (en rojo en la figura 3) da cuenta de los elementos minerales entre los vegetales y el suelo prospectado por las raíces
- el **ciclo bioquímico** (en verde en la figura 3) se refiere a las transferencias de elementos nutritivos del árbol

- el **ciclo geológico** (o geoquímico) (en violeta en la figura 3) trata de las entradas de elementos nutritivos en el ecosistema (aportes atmosféricos, elementos liberados por la alteración de los minerales del suelo, fertilización eventual) y las salidas (exportaciones de elementos asociados con las cosechas, drenaje profundo, escorrentía, pérdidas por vías gaseosas)

Figura 3 : ciclos constitutivos del ciclo biogeoquímico

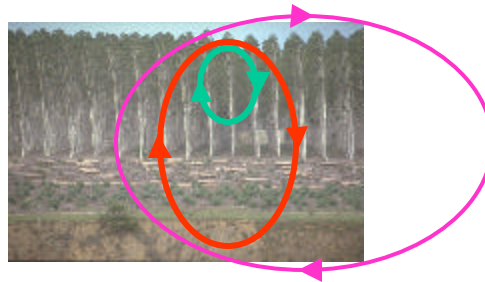
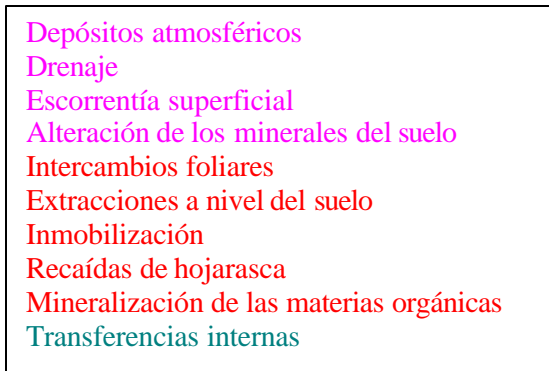
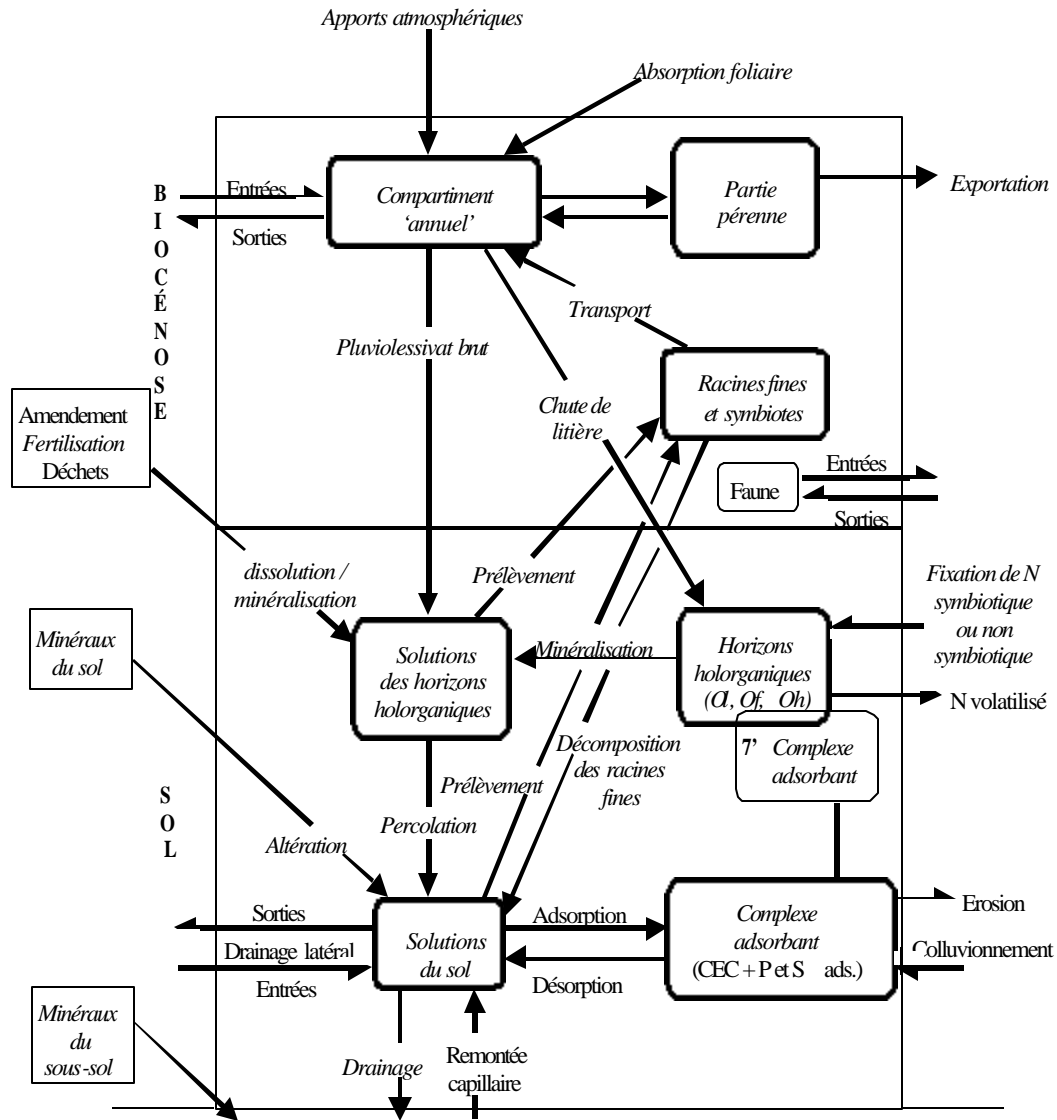


Figura 4 : modelo conceptual a compartimentos y a flujos (según Ranger y Turpault, 1999).



Este modelo permite formalizar simplemente los términos del balance entradas-salidas de elementos minerales para un compartimento dado y un período fijado.

Varias escalas espaciotemporales pueden abordarse :

- en el espacio a nivel de la parcela forestal o de la cuenca
- en el tiempo balances entradas-salidas de elementos minerales pueden establecerse a nivel de la temporada ó del ciclo vegetativo.

Los balances completos entradas-salidas de elementos minerales para una plantación en masa regular a nivel de la parcela así se escriben:

$\Delta SB = \text{entradas (AA+AF+FS+FnS+A+AL+Rc+AB+Aan)} - \text{salidas (EB+Dr+Pl+Pg+Pb)}$

con :

SB (stock biodisponible) = elementos cambiables + elementos ligados a la materia orgánica + P y S absorbidos sobre la fase sólida

AA = aportes atmosféricos ; AF = absorción foliar ; FS = fijación simbiótica de N ; FnS = Fijación no simbiótica de N ; A = alteración ; AL = aportes laterales ; Rc = subidas capilares ; AB = aportes biológicos (flora, fauna) ; Aan = aportes antrópicos (fertilización, enmienda, desechos).

EB = exportaciones ligadas a la cosecha de la biomasa ; Dr = pérdidas por drenaje durante la revolución forestal, la fase de la cosecha y la regeneración ; Pl = pérdidas por drenaje lateral y erosión ; Pg = pérdidas gaseosas de N por denitrificación y volatización ; Pb = pérdidas de elementos biológicos procedentes de la parcela.

Estos balances se vuelven a nivel del suelo (usando los símbolos anteriores)

$\Delta SB = \text{entradas (L+Plvl+AF+FS+FnS+A+AL+Rc+AB+Aan)} - \text{salidas (Pv+Dr+Pl+Pg+Pb)}$

Con L = caídas de hojarasca de la masa principal y del subpiso ; Plvl = « pluviolessivat » bruto (AA+recreción- AF) ; Pv = extracción por la vegetación.

Observación

En las plantaciones forestales se calculan a menudo balances entradas-salidas solo considerando 4 flujos principales :

$\Delta SB = \text{entradas (AA+A)} - \text{salidas (EB+Dr)}$

No obstante, hay que verificar que los otros flujos son insignificantes en los ecosistemas estudiados (fijación simbiótica o nosimbiótica del nitrógeno, desnitrificación, aportes antrópicos, ...) como para no tenerlos en cuenta.

• Realización del estudio

Se propone comparar los ciclos biogeoquímicos del ecosistema de referencia (pradera) con el ecosistema « plantaciones forestales ». La selección de este último dependerá de las características estacionales (por un mismo balance mineral deficitario una masa plantada en un suelo con baja fertilidad presentará más rápido una baja en la producción) y de la conducta de las masas (plantaciones con rotaciones cortas y con fuertes exportaciones a la explotación de las masas presentan más fuertes riesgos de balances desequilibrados que con plantaciones de más larga rotación).

El trabajo se descomponerá en tres partes

descripción del estado inicial del ecosistema y al final de la revolución de monte alto

ESTUDIO DE LA VEGETACION

– un inventario botánico del ecosistema inicial (pradera) debe previamente realizarse

- la estima por muestra de la biomasa y de la mineralomasa de los compartimentos aéreos de una masa al final de rotación deberá efectuarse (tronco, ramas, hojas). Si no se puede encontrar semejante masa, convendrá poder efectuar estas operaciones con los operadores privados.

Es necesario proceder a la descripción del sistema de las raíces de los árboles y eso en todo el perfil pedológico prospectado. Esta operación sirve a :

- la evaluación de la biomasa y la mineralomasa de las raíces
- la delimitación del piso del drenaje
- la identificación de las zonas preferenciales de absorción de raíz y la estimación del largo de las raíces absorbentes
- la estimación de la biomasa/mineralomasa de las raicitas muertas

ESTUDIO DE LOS SUELOS

Se debe proceder a la caracterización de los principales parámetros de la física de los suelos permitiendo determinar la capacidad de retención y la transferencia del agua (densidad aparente, densidad real, curvas humedad/pF, ...) en todos los horizontes prospectados.

Hay que proceder también a la caracterización de la fase mineral y orgánica : composición química total y disponibilidad de los elementos para la vegetación (análisis totales, elementos libres y cambiales) en todos los horizontes prospectados y en el primer metro de suelo para toda la parcela. Análisis mineralógicos sumarios pueden realizarse en adición con un número limitado de muestras al suelo.

Análisis relacionándose a la microfauna y microflora del suelo han de efectuarse.

Estudio de los flujos en el ecosistema

Este tipo de estudio permite a lo largo del tiempo comprender la dinámica del funcionamiento mineral e hídrico de los ecosistemas estudiados. Ello necesita la instauración de un dispositivo perenne de seguimiento y medidas (pluviómetros, sondas TDR, lisímetros con o sin tensión, ...) (ver fotos).

ESTUDIO DE LAS TRANSFERENCIAS DE AGUA

Un modelo de transferencias hídrico en el suelo debe establecerse para poder estimar en particular el drenaje fuera del ecosistema. Para eso, modelos estacionales con tanques o modelos mecanistas pueden desarrollarse.

FLUJOS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS

la evaluación de los aportes atmosféricos (lluvias y polvos) y de la recreción (lixiviación de las copas) deben realizarse así que la transferencia de los elementos nutritivos en el suelo hasta el límite del ecosistema por las aguas de porosidad no capilar. La composición de las aguas ligadas según los horizontes del suelo debe estudiarse.

Una estimación cuantitativa y cualitativa de la absorción de raíz del monte alto debe realizarse

Es necesario evaluar la fijación, que sea o no simbiótica, del nitrógeno atmosférico, por lo menos en condiciones potenciales.

La dinámica de las restituciones de materia orgánica y de elementos nutritivos por la hojarasca debe estudiarse por ensayos de mineralización *in vitro* y *in situ*.

Es necesario estudiar la dinámica de incorporación de la materia seca (biomasa) y de los elementos nutritivos (mineralomasas) en las masas de edad cubriendo toda la rotación del monte alto.

La modelización del flujo de alteración puede revelarse particularmente judiciosa sobretodo en el caso de los suelos que han evolucionados muy poco.

Fotos 1 a 4 : ejemplos de materiales de medidas utilizados por el estudio de los ciclos biogeoquímicos. De la izquierda a la derecha y de arriba hacia abajo : captosres de depósitos atmosféricos líquidos y sólidos : captosres de « pluviollessivats » ; captosres de escurrido del agua a lo largo del tronco ; lisímetros con y sin tensión.

Establecimientos de balances hídricos y minerales. Consecuencias para la ordenación

El establecimiento de estos balances seguirá los estudios anteriores y se establecerán los balances según las ecuaciones dadas anteriormente.

ESTABLECIMIENTO DEL BALANCE HÍDRICO

Este balance debe permitir pronunciarse sobre la utilización, por el monte alto, de los recursos hídricos en comparación con los de la sabana.

ESTABLECIMIENTO DEL BALANCE MINERAL

balance del stock de elementos asimilables de los suelos

Este balance permitirá saber si entre dos fechas dadas (entre el estado inicial de la pradera y el corte de la primera rotación de monte alto o en curso de rotación) el stock de elementos mineral se mantiene o no y estimar el riesgo de limitación de la extracción.

establecimiento del balance entradas/salidas de los elementos minerales

Este balance debe permitir opinar sobre la compatibilidad del sistema de cultivo practicado con un mantenimiento sostenible de la fertilidad mineral.

Observación

Estos trabajos pueden parecer fuera del tema en caso de suelos considerados fértiles y que no deben presentar, a corto ou medio plazo, una reducción de fertilidad perjudicable para el crecimiento de las plantaciones. No obstante, el desarrollo de la certification de los bosques necesitará cada vez más recorrer a estudios permitiendo pronunciarse objetivamente en la gestión sostenible de los recursos hídricos y minerales. El acercamiento propuesto responde a este tipo de preocupación.

Secuestro del CO₂ atmosférico

En el cuadro de los MDP la cuantificación del secuestro del CO₂ atmosférico por las plantaciones forestales puede representar una oportunidad de valorización adicional de las repoblaciones. Se debe pues ser capaz desarrollar métodos fiables permitiendo esta cuantificación.

Se deben medir los dos términos del balance : el secuestro del carbono en la biomasa en el pié (aérea y subterránea) y en la materia orgánica del suelo como entradas en el sistema y las pérdidas de carbono por la respiración del suelo y lixiviación profunda y chorreo superficial como salidas.

Para que este planteamiento sea válido,

- estas estimaciones deben realizarse en un conjunto de parcelas representativas de una cronosecuencia de masas,
- las medidas de evolución de stock de carbono en el suelo deben efectuarse paralelamente a estas medidas de flujos.

Se puede también prever comparar estas estimaciones con las medidas realizadas sobre dispositivos basados en el método de los flujos turbulentos (eddy correlations). No obstante, aunque el cruzamiento de dos tipos de acercamiento sea muy deseable porque permiten una validez cruzada de los resultados, hay que subrayar que el método de los flujos turbulentos –cuya instauración queda excepcional en las plantaciones forestales tropicales (Congo, Brazil), es costoso tanto de un punto de vista compra equipo como seguimiento del dispositivo.

e. Documentos consultados

- Bockstaller R and Girardin P, 2002. Modo de cálculo de indicadores agroecológicos. Documento interno INRA-Colmar, 25 p.
- Cortez NRDS, 1996. Compartimentos e ciclos de nutrientes em plantações de *Eucalyptus globulus* Labill. Ssp. Globulus e *Pinus pinaster* Aiton. Th : Agronomie : Lisboa, 317p.
- Bonneau M, 1995. Fertilización de los bosques en los países templados. ENGREF Nancy. Nancy, 367 p.
- Laclau JP, 2001 Dinámica del funcionamiento mineral de una plantación de eucalipto. Efectos de la repoblación en un suelo de sabana del litoral congolés ; consecuencias para la gestión de las plantaciones industriales. Tesis de doctorado, Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, 146p.
- Lima WP, Scardua RM, Masetto AV, 1996. The hydrology of a small catchment covered with 50-year-old eucalyptus plantation in the Itatinga forest experimental station, State of Sao Paulo. Scienta Forestalis, 50, 11-19.
- Manichon H, 1996. Los acercamientos de la fertilidad del suelo : unos elementos de debate. Taller : los indicadores de diagnóstico y de seguimiento de los problemas de fertilidad, CIRAD, 8 p.
- Marques R, Ranger J, Gelhaye D, Pollier B, Ponette Q, Goedert O, 1996. Comparison of chemical composition of soil solutions collected by zero-tension plate lysimeters with those from ceramic-cup lysimeters in a forest soil. European Journal of Soil Science, 47 (3), 407-417.
- Ranger J and Bonneau M, 1984. Efectos previsibles de la intensificación de la producción y de las cosechas en la fertilidad de los suelos de bosques. El ciclo biológico en bosque. Revue Forestière Française (revista forestal francesa), XXXVIII, 21, 93-111.
- Ranger J and Turpault MP, 1999. Input-Output nutrient budgets as a diagnostic tool for sustainable forest management. Forest Ecology and Management, 122, 139-154.

- Switzer GL and Nelson LE, 1972. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.) plantation ecosystems: the first twenty years. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 36, 143-147.

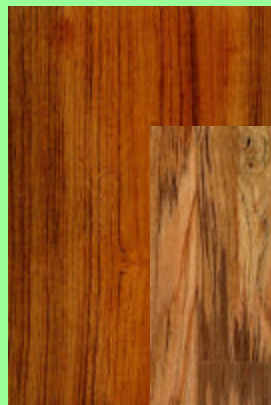
- Ulrich B, 1973. Influencia de la fertilización sobre el ciclo de elementos nutritivos en los ecosistemas forestales. C.R. Congrès Paris 1973, IUFRO/FAO, 23-34.

9.13. Diapositivas de la presentación del trabajo en Barranquilla el 14 de marzo 2003

Una silvicultura para una madera de calidad

Proyecto forestal
Cormagdalená - ONFI

Dr. Dominique
Loupe
CIRAD



Una madera de alta calidad
tendra altos precios

Una madera de baja
calidad se vendra mal y
a bajos precios

Teca

Se necesitan grandes cantidades de madera



De la misma especie

Del mismo diametro



De las mismas calidades

Para desarrollar una industria rentable de transformacion

Para producir rapidamente y de buena calidad, se necesita una silvicultura adecuada a:

Las exigencias ecologicas de las especies

Las condiciones ambientales

y

Suelos de gran calidad

Material vegetal (plantulas) de calidad

Reglas de plantacion adecuadas

Las exigencias ecologicas de las especies

la Teca et la Melina son especies exigentes

Condiciones ambientales

Aca :

zona seca = economia del agua

asociacion de las plantaciones
y de la ganaderia



Eligir la mejor calidad de suelo (profundos, fertiles,
bien drenados)

Preparacion del terreno

Objectivos :

- para que el agua de lluvia entre en el suelo
- para eliminar la concurrencia por la vegetacion herbacea
- facilitar la plantacion

Preparacion del terreno

Tecnicas :

Eliminacion de los arboles y de los matorrales

Subsolada (simple o cruzado)

Arada (en curvas de nivel)

Material vegetal de calidad

Origenes conocidas de las semillas:

- Experimentaciones
- Plantacions raleadas
- Huerto de semillas



Clones seleccionados multiplicados por

- estacas
- cultivo in vitro



Calidad de cria de las plantulas en vivero =



Arboles de calidad en plantaciones

Plantacion

Fechas de plantacion :

Lo mas pronto que sea posible, al iniciar la epoca de lluvia

Al terminar la epoca seca, « stumps » de Pochote o de Teca

Con riego si sea necesario

Desmalezada :

Necesario para el exito de la plantacion :

evita la concurrencia de las malezas

importante para agua

Desmalezada :

manual

mecanica

quimica

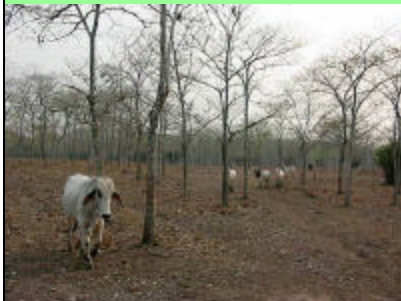


Es indispensable conservar un terreno limpio durante los dos primeros años

Cuando esten bastante grandes los arboles, el ganado puede ser alimentado por las hierbas

Las plantaciones deben estar limpias en epoca seca para:

conservar el agua del suelo para los arboles
evitar los fuegos



Silvicultura de calidad

Densidad de plantación : 1100/ha = cierre de la cobertura vegetal



Poda para permitir entrar en la plantación

Elección de los arboles de porvenir

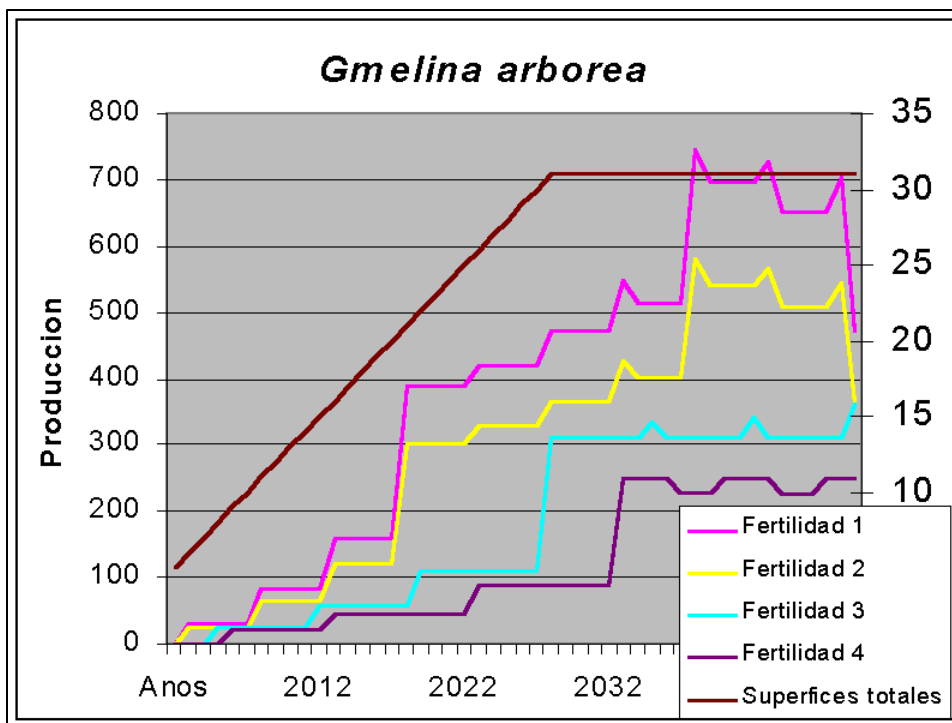
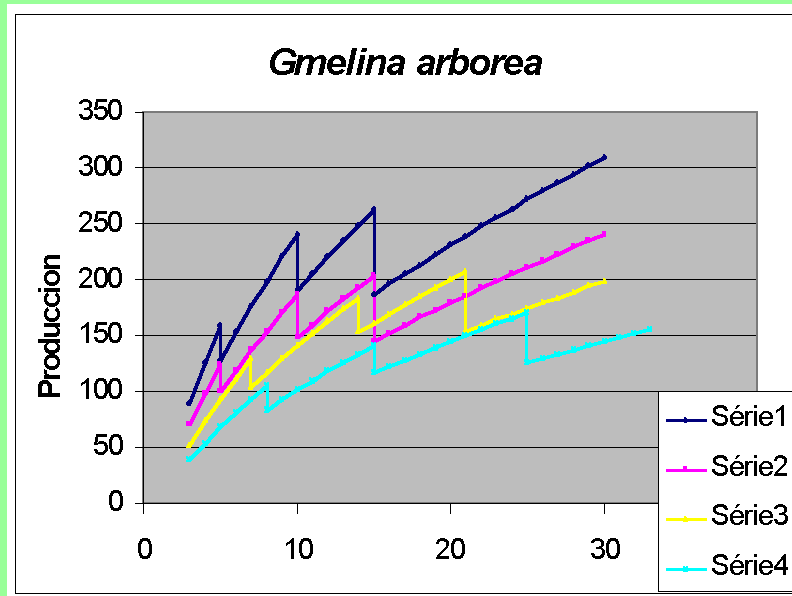
Poda



Entresacas



Tablas de produccion



Conclusiones

Produccion de calidad =

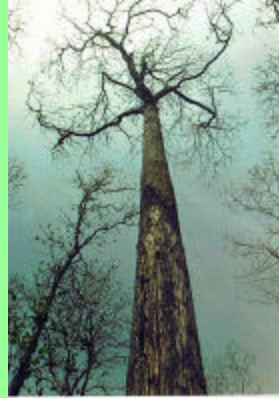
Buenos suelos

Buenas especies

Arboles seleccionados

Buena plantacion

Buena silvicultura



Asi, se establecera una cadena de transformacion
y se encontrara un mercado para la madera



Proyecto de reforestación de la región del río MAGDALENA

Alternativas de desarrollo de una cadena maderera

**Cormagdalena
(Colombia)**

**Pr.Dr. Christian Sales
CIRAD-Foret
(Francia)**

ONF - Internacional

1



Objetivos:

- contribuir al desarrollo económico
y social de una región: empleos, ingresos,...

para el desarrollo sostenible de una cadena
forestal y maderera

2



Los factores de una cadena eficiente:

3



Los factores de una cadena eficiente:

- **unos mercados para los productos**
- **unos productos con suficiente valor anadido**
- **una materia prima conveniente**
- **un sistema de produccion abierto:**
industrias, pequenas y medianas empresas,
talleres artesanales

4

Los mercados:



- un consumo regular por habitante
- un consumo estable por habitante
- un incremento al mismo ritmo que la población (1.5/2.0%)
- imposibilidad de abastecimiento a partir de la selva
- una demanda internacional fuerte

5

Una demanda:



- para una madera en cantidad suficiente a un costo competitivo (nivel nacional)
- para una madera linda y de alta durabilidad natural para el mercado de exportación en relación con la prohibición de los productos de preservación

6

Los mercados prioritarios del proyecto:



1. Madera aserrada:

- **liviana de construccion y embalaje**
(mercado nacional)
- **preciosa y de alta durabilidad**
(mercado principal exportacion)

2a. Tableros:

- **contrachapado**
- **particulas, fibras, MDF**

2b. Postes

7

Las especies:

*cumplir la doble adecuacion, medio ambiente (crecimiento),
mercado (caracteristicas)*

- una madera de usos diversos: construccion, embalaje, carpinteria, contrachapado, fibras (Melina)
- una madera preciosa de exportacion en tablas (Teca)

8

La madera de Teca en el mercado internacional:



Buena calidad: un mercado sin limite a precio alto

Mala calidad: no mercado

Madera de Teca de buena calidad:

- sin nudo
- alto porcentaje de duramen > 30 anos
(durabilidad, color)
- troncos rectos, sin contrafuertes
(hilo recto, grano fino)

Precio de las tablas de Teca:

- 1 mx100 mmx42 mm > **700-900 \$/m3 FOB**



El mercado nacional de la madera de Melina:



Tablas con poco defectos y tratamiento por remojo

- 200 \$/m³ (3m) > 300 \$/m³ (6m)
- trozas para contrachapado 60 \$/m³

Otros productos:

- fibras para tableros: 30 \$/m³
- postes 100 > 200 \$/m³ (Teca sin trat.)

11

Diagrama de flujo para la Teca



5 anos	Estacas
10 anos	Postes (luz, telefonia) Estacas, tablas (50%)
15 anos	Postes de luz Tablas (m.nacional)
20 anos	Tablas (m.nacional)
25 anos	Tablas (exportacion)
30 anos	Tablas (exportacion)

12

Teca

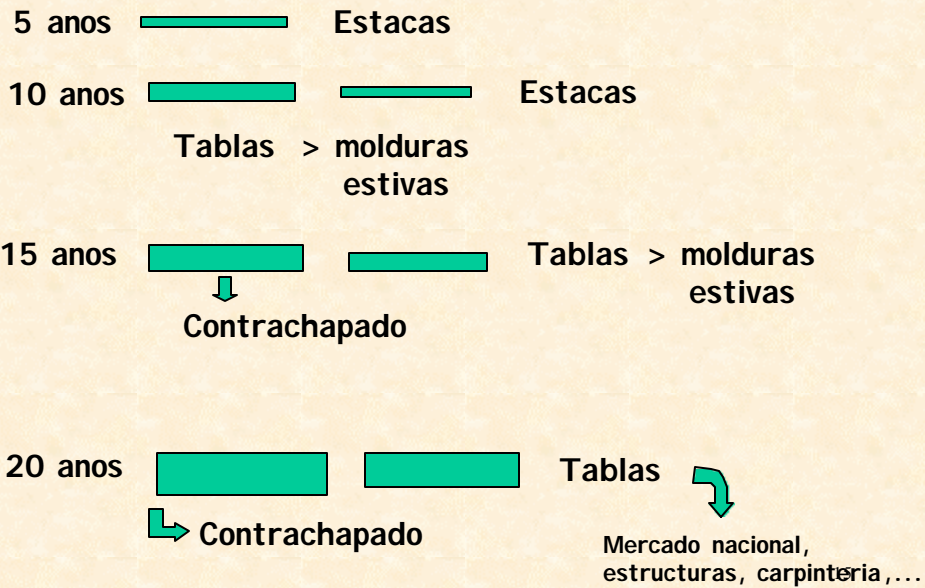


Diagrama de flujo para la Melina



- 1ro corte (5anos) estacas o **fibras**
- 2do corte (10/14anos) tablas o **postes**
- 3ro corte (15/21 anos) contrachapado
tablas
- 4to corte (20/30 anos) tablas
contrachapado

Melina



Factibilidad de los procesos industriales



	Inversion en k\$ por unidad	Produccion anual total en m3 (promedio)	Numero de unidad	Empleos
Estacas/Limatones	100/200	55 000	6/8	200
Tablas	1000	65 000	7	500/600
Explotacion		670 000		500/600

1 empleo en explotacion > 1 en primera transformacion > 4 en segunda

Sensibilidad fuerte al rendimiento en tablas (15% > 30%)

Productos para el aprovechamiento de tablas de pequeño tamaño



- **tableros de listones (Teca)**
- **vigas laminadas (Melina) y perfiles reconstituidos (Teca)**
- **estivas (Teca y Melina)**

17

Organización de la cadena de la Teca



- **un gremio de productores-aserraderos**
- **una clasificación de los productos respecto a la calidad**
- **un sello de calidad y un nombre comercial**
- **una producción planificada**

18



Gracias por su atencion



Planificacion ingresos Teca de clase de fertilidad 1

Datos	Planificacion	Volumen	Vol.util	Costo transformacion	Beneficio a la venta	Valor de la madera en pie	Ingreso por ha
Unidad	anos	m3/ha	m3/ha	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$
Estacas	5	52	31,2	30	10	10	312
Estacas	10	25	15	30	10	10	150
Tablas	10	24	4,8	100	60	140	672
Tablas	15	66	13,2	100	60	140	1848
Tablas	20	63	12,6	100	60	140	1764
Tablas	25	62	9,3	150	140	410	3813
Suma							8559
Tablas	30	340	51,3	150	180	570	29070
Suma							37629

El beneficio a la venta se calcula tomando el 20% del precio de venta estimado.



Planificacion ingresos Teca de clase de fertilidad 2 (sin postes)

Datos	Planificacion	Volumen	Vol.util	Costo transformacion	Beneficio a la venta	Valor de la madera en pie	Ingreso por ha
Unidad	anos	m3/ha	m3/ha	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$
Estacas	5	41	24,6	30	8	2	49
Estacas	10	20	12	30	10	10	120
Tablas	10	20	4	100	60	140	560
Tablas	15	51	10.2	100	60	140	1428
Tablas	20	50	10	100	60	140	1400
Tablas	25	48	7,2	150	140	410	2952
Suma							6509
Tablas	30	264	39,6	150	180	570	22572
Suma							29081

El beneficio a la venta se calcula tomando el 20% del precio de venta estimado

A los años 10 se valoriza solamente 50% en tablas

21



Planificacion ingresos Teca de clase de fertilidad 3 (sin postes)

Datos	Planificacion	Volumen	Vol.util	Costo transformacion	Beneficio a la venta	Valor de la madera en pie	Ingreso por ha
Unidad	anos	m3/ha	m3/ha	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$
Estacas	5	30	18	30	8	2	36
Estacas	10	15	9	30	10	10	90
Tablas	10	14	2.8	100	140	140	392
Tablas	15	38	7.6	100	60	140	1064
Tablas	20	37	7,4	100	60	140	1036
Tablas	25	36	5,4	150	140	410	2214
Suma							4832
Tablas	30	199	29,85	150	180	570	17014
Suma							21846

El beneficio a la venta se calcula tomando el 20% del precio de venta estimado

A los 10 años se considera que 50% solamente se valoriza en tablas

22



Planificacion ingresos Gmelina de clase de fertilidad 1(sin postes)

Datos	Planificacion	Volumen	Vol.util	Costo transformacion	Beneficio a la venta	Valor de la madera en pie	Ingreso por ha
Unidad	anos	m3/ha	m3/ha	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$
Estacas	5	31	18.6	30	10	10	186
Estacas	10	25	12.5	30	10	10	125
Tablas	10	25	5	110	40	50	250
C.C.	15	23	11.5	35	0	25	287
Tablas	15	54	10.8	110	40	50	540
Suma							1388
C.C.	20	116	58	35	0	25	1450
Tablas	20	115	23	110	50	90	2070
Tablas	20	309	61.8	110	50	90	5562
Suma							4908/6950

El beneficio a la venta se calcula tomando el 20% del precio de venta estimado.

* corte y transporte del bosque a la planta

23



Planificacion ingresos Gmelina de clase de fertilidad 2 (sin postes)

Datos	Planificacion	Volumen	Vol.util	Costo transformacion	Beneficio a la venta	Valor de la madera en pie	Ingreso por ha
Unidad	anos	m3/ha	m3/ha	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$
Estacas	5	25	15	30	10	10	150
Estacas	10	19	9.5	30	10	10	95
Tablas	10	20	4	110	40	50	200
C.C.	15	17	8.5	35	0	25	212
Tablas	15	42	8.4	110	40	50	420
Suma							1077
C.C.	20	106	53	35	0	25	1325
Tablas	20	105	21	50	90	90	1890
Tablas	20	211	42.2	110	50	90	3798
Suma							4292/4875

El beneficio a la venta se calcula tomando el 20% del precio de venta estimado.

* corte y transporte del bosque a la planta

24



Planificación ingresos Gmelina de clase de fertilidad 3

Datos	Planificación	Volumen	Vol.util	Costo transformacion	Beneficio a la venta	Valor de la madera en pie	Ingreso por ha
Unidad	anos	m3/ha	m3/ha	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$ el m3	US\$
Estacas	7	26	15.6	30	10	10	156
Estacas	14	15	9	30	10	10	90
Tablas	14	16	3.2	110	40	50	160
C.C.	21	16	8	35	0	25	200
Tablas	21	37	7.4	110	40	50	220
Suma							826
C.C.	30	100	50	35	0	25	1250
Tablas	30	98	19.6	110	50	90	1764
Tablas	30	198	39.6	110	50	90	3564
Suma							3840/4390
El beneficio a la venta se calcula tomando el 20% del precio de venta estimado.							
* corte y transporte del bosque a la planta							



Posibilidades de valorización a corto plazo para el proyecto piloto de Cormagdalena

26



Valorización de los productos forestales del proyecto piloto de Cormagdalena

Superficie 3000 ha de Melina

Segundo corte: 25 m³/ha en 18 cm diametro

Volumen util en trozas de aserrado: 17.5 m³/ha

Rendimiento en tablas: 20%

Volumen tablas: 10 000 m³/anual

27



Primero corte: estacas

28



**Tratamiento:
mayores dificultades:secado, penetracion,...**

29

Piloto industrial de tratamiento por fritura



Tablas en tratamiento en aceite a 180 °

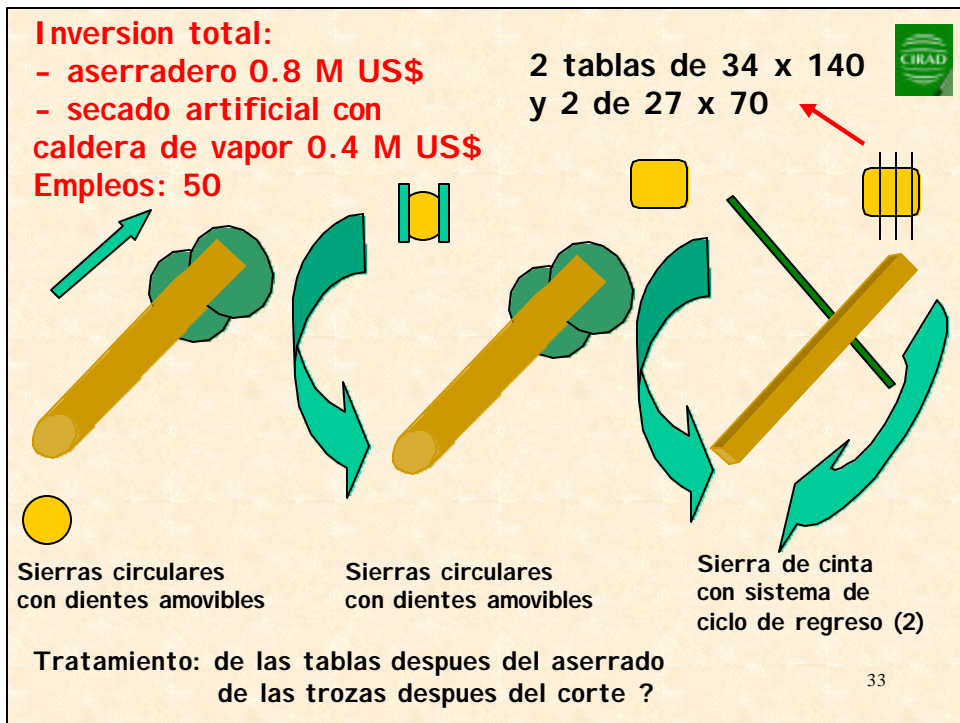
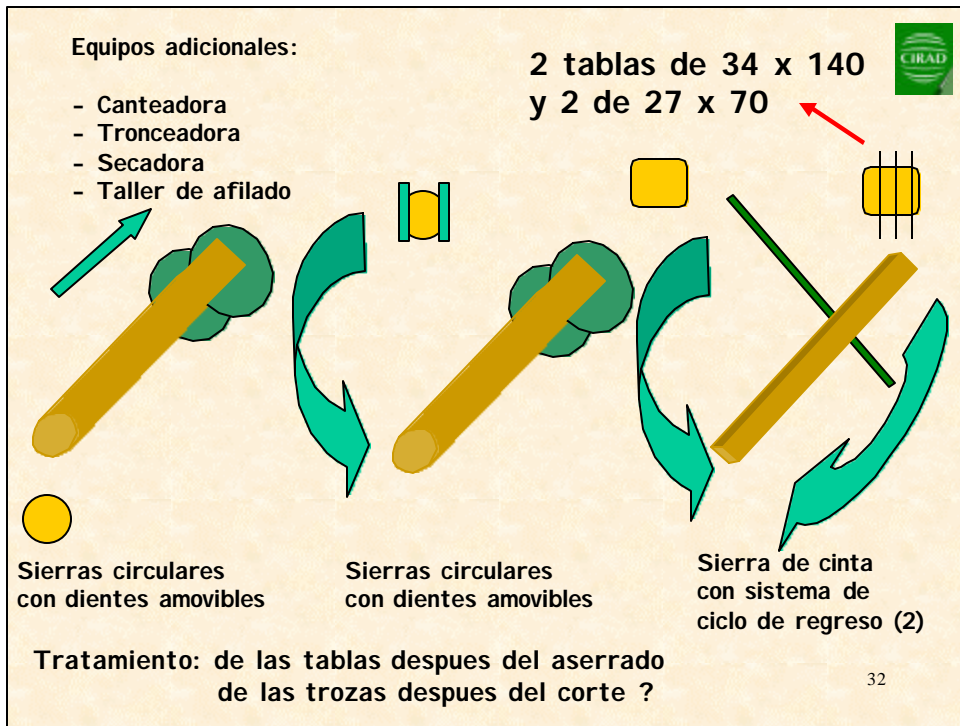


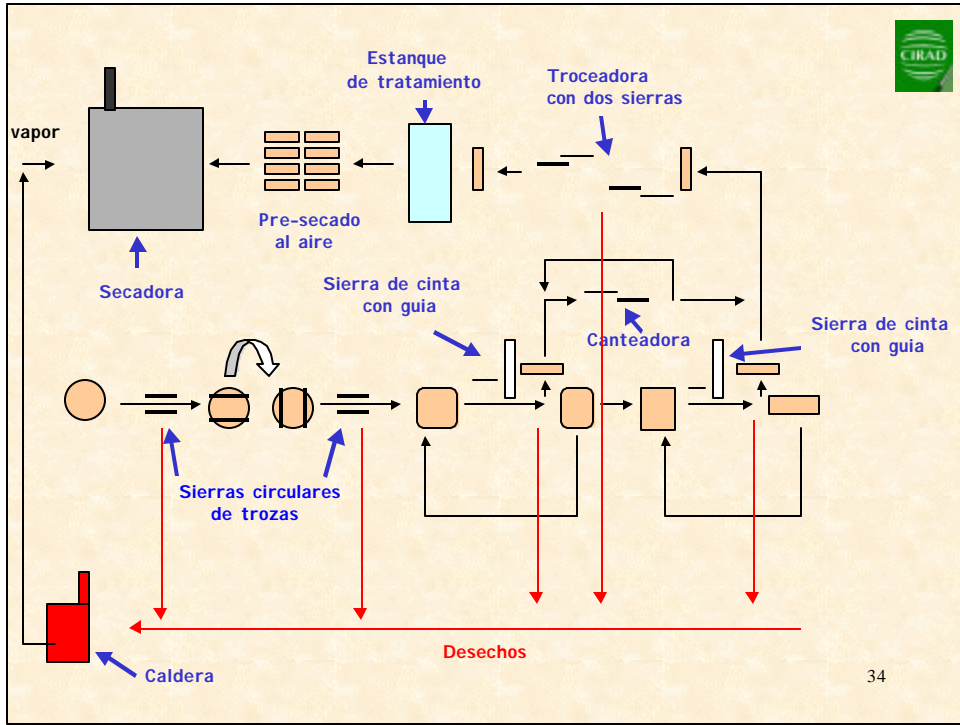
Remojo en un producto de tratamiento frío



Madera aserrada







Análisis global de las opciones para el proyecto forestal de Cormagdalena

Bruno Locatelli, CIRAD

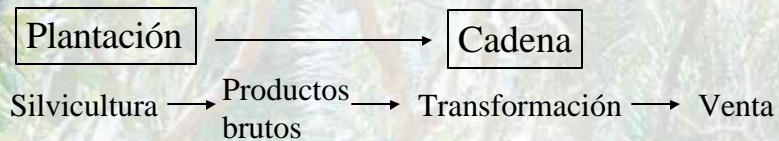
Barranquilla, 14 de marzo de 2003



Bruno Locatelli, Cirad, 14 de marzo 2003

1

¿Por qué analizar las opciones de plantación y de cadena conjuntamente?



Ejemplo de vínculos:



Bruno Locatelli, Cirad, 14 de marzo 2003

2

Una herramienta de calculo para el análisis global

- Objetivo:
 - automatizar los cálculos de flujos de productos, de costos y ingresos y de empleo generado, tanto a nivel de la plantación como de la transformación
 - discutir los datos necesarios
- Datos necesarios


Áreas plantadas

Crecimiento y producción

Costos y empleo de plantación

Opciones, costos y empleo en transformación

→



→

Resultados:

- Volúmenes anuales de productos
- Unidades de transformación necesarias
- Empleo
- Rentabilidad financiera

Bruno Locatelli, Cirad, 14 de marzo 2003 3

Datos de crecimiento y producción

- Contenido:
 - para cada año, especie y clase de fertilidad, se dan los volúmenes en pie aprovechables y los usos de los productos
- Ejemplo

especies	Fertilidad	Año	Volumen cortado (m3/ha)	Diámetro (cm)	Producto1	%1	Producto2	%2
Tec	1	5	40,7	11,9	Estacas	100%		
Tec	1	10	38,1	17,2	Estacas	50%	TablasNacionales	50%
Tec	1	15	50,8	21,6	TablasNacionales	100%		
Tec	1	20	48,9	25,9	TablasNacionales	100%		
Tec	1	25	47,7	30,2	TecTablasExportaci	100%		
Tec	1	30	263,6	39,2	TecTablasExportaci	100%		
Gme	1	5	31,7	14,1	Estacas	100%		
Gme	1	10	50	19,9	Estacas	50%	TablasNacionales	50%
Gme	1	15	76,4	26,2	Contrachapado	30%	TablasNacionales	70%
Gme	1	20	231	43,7	Contrachapado	50%	TablasNacionales	50%

Bruno Locatelli, Cirad, 14 de marzo 2003 4

Datos de costo y empleo en plantación

- Contenido:
 - para cada año y cada especie, se dan los costos y los tiempos de trabajo por operación
- Ejemplo
 - Año 1: +/- 400 US\$/ha
 - Año 2 y 3: +/- 300 US\$/ha
 - Año 4 y 5: +/- 50 US\$/ha
 - Año 6 en adelante: de 15 a 50 US\$/ha sin tomar en cuenta entresacas y corte final

Especie	Operación	Materiales		Jornales		Costo
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	
1 Tec	Limpieza: desmonte y apilamiento de desechos	3	HM	22	0,4	66
1 Tec	Limpieza: quema, distribución y recolección de troncos				1,83	11,895
1 Tec	Preparación suelo: arado	1,5	HM	22	5,07	65,955
1 Tec	Preparación suelo: trazado				0,3	1,95
1 Tec	Preparación suelo: subsolado	1,5	HM	22	0	33
1 Tec	Plantación: transporte externo	1	Ha	16		16
1 Tec	Plantación: transporte interno	0,1	DM	65	1	65

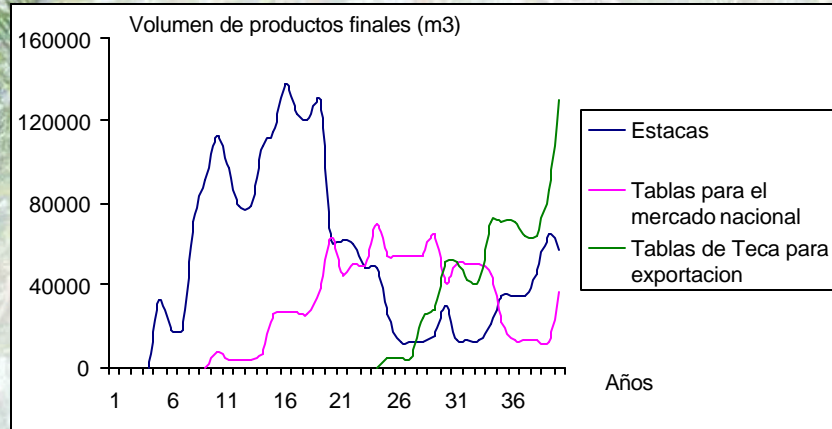
Datos de opciones, costos y empleo en aprovechamiento y transformación

- Contenido: para cada tipo de producto, se dan:
 - los rendimientos, costos y empleo del aprovechamiento,
 - el costo de transporte,
 - los rendimientos, costos y empleo de la transformación (+ empleos indirectos),
 - la inversión y los flujos de productos por unidad de transformación y
 - los precios de los productos.
- Ejemplo

UNIDAD de transformación	Productos	Rendimiento aprovechamiento (vol trozas utilizables/ vol en pie)	Costo aprovechamiento (US\$/m3 trozas utilizables)	Empleo aprovechamiento (días/m3 trozas utilizables)	Costo transporte (US\$/m3 trozas utilizables)	Rendimiento transformación (vol producto final/vol trozas utilizables)	Costo transformación (\$/m3 producto final)	Precio productos (\$/m3)	Inversión inicial (US\$)	Flujo máximo de productos (m3/año)	Empleo unidad (en personas)
Aserradero Pequeño	Tablas Nacionales	50%	10	0,1	0	20%	50	250	1 000 000	10 000	60

Ejemplo de resultado

- Para un proyecto que planta 5000 ha/año de Teca y 2000 ha/año de Gmelina durante 15 años



Bruno Locatelli, Cirad, 14 de marzo 2003

7

- Indicadores principales del proyecto

Empleo Plantación (personas)	Empleo Aprovechamiento (personas)	Empleo Transformación (personas)	Empleo indirecto (personas)	Empleo total (personas)	Tasa interna de retorno (%)
3964	420	518	2073	6975	8,0%

- Conclusión



- La rentabilidad es aceptable. El análisis de las alternativas deberá mostrar si se la puede aumentar. También los mejoramientos durante la vida del proyecto contribuirán a su aumento.
- Los impactos sociales son importantes. Eso podría justificar un apoyo financiero adicional del Estado.

Bruno Locatelli, Cirad, 14 de marzo 2003

8

Comparación entre Teca y Gmelina

- La rentabilidad (TIR) varia de:
 - 11,9% (muy buena) a 7,4% (media) para las clases 1 a 3 de fertilidad de Teca
 - 12,4% (muy buena) a 6,1% (baja) para las clases 1 a 3 de fertilidad de Gmelina
- Conclusión
 - Las 2 especies parecen interesantes.
 - La rentabilidad es baja en la clase 3 de fertilidad. Eso muestra el interés del mejoramiento genético y de la elección de los mejores suelos de las fincas.

Bruno Locatelli, Cirad, 14 de marzo 2003



Efecto de costos de plantación más altos

- Se puede ver que un aumento de 50% de los costos de plantación disminuiría la rentabilidad a un nivel no aceptable, sobre todo para la Gmelina.
- Conclusión
 - Eso muestra la importancia de no aumentar los costos a nivel de la plantación y de monitorear los costos

Bruno Locatelli, Cirad, 14 de marzo 2003

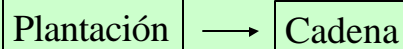


10

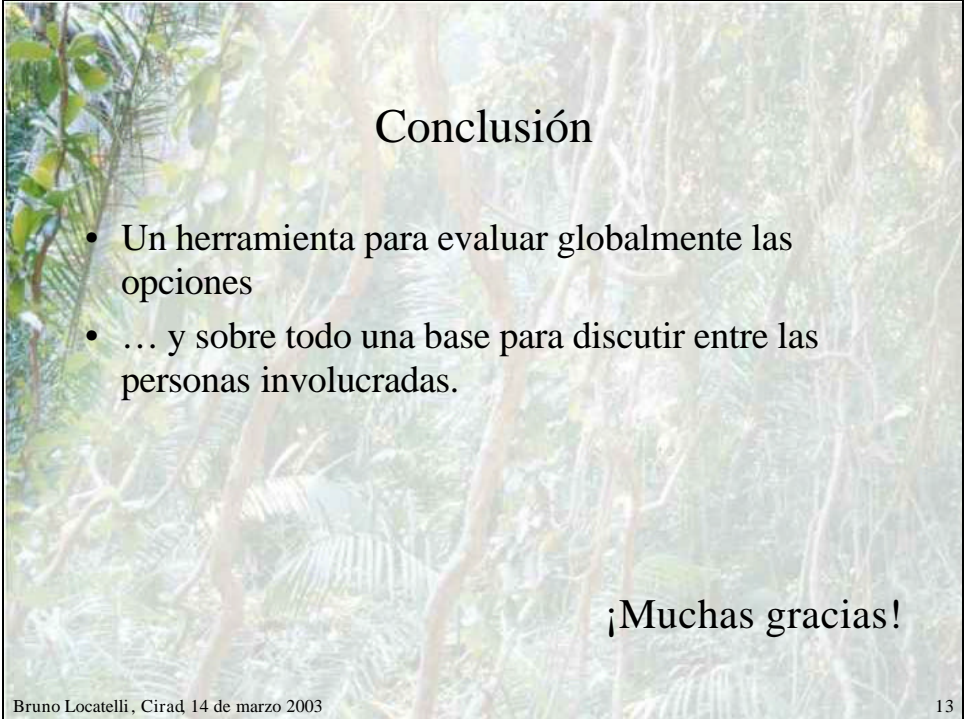
Efecto de un bajo rendimiento en la transformación

- Caso de la transformación en tablas para el mercado nacional
 - Un rendimiento que bajaría de 30% a 20% no daría más interés a la producción de tablas, en comparación con la venta de las trozas para una industria de contrachapado (con impactos menores sobre el empleo).
- Conclusión
 - Las unidades de transformación deben ser eficientes

Efecto de la no integración plantación - cadena



- Sin integración
 - los productores vendrían sus productos brutos a una cadena nacional o internacional existente a un precio bajo
 - para el proyecto
 - rentabilidad mucho más baja
 - empleo generado mucho más bajo
- Conclusión
 - Se ve necesaria la integración de los productores en un gremio de “productores-aserradores”



Conclusión

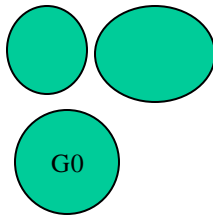
- Un herramienta para evaluar globalmente las opciones
- ... y sobre todo una base para discutir entre las personas involucradas.

¡Muchas gracias!

Mejoramiento genético de Tectona Grandis

Philippe Vigneron,
CIRAD Forêt

Tectona grandis : corto plazo



Masas portagranos nacionales :

- análisis de la variabilidad genética (marcadores moleculares)
- búsqueda de los orígenes genéticos (marcadores moleculares)
- selección árboles « plus »
- raleos selectivos en las masas

- Cosecha en progenie separada en los árboles plus : ensayos de progenie, plantaciones
- cosecha de semillas en bulto : plantaciones

Producción de semillas « seleccionadas » G1

