

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
Departamento de Ciencias Forestales  
Turrialba, Costa Rica

TEXTOS PARA CURSO SILVICULTURA TROPICAL I

✓  
Sterringer, J.

LA REGENERACION FORESTAL, UNA DE LAS NECESIDADES PARA EL MANEJO

I. INTRODUCCION

Para una introducción al desarrollo forestal de América Latina vea el Apéndice 1.

Sin duda, el problema forestal más grande en América Tropical y en la parte subtropical es la abundancia de especies forestales por unidad de superficie, o sea la heterogeneidad de sus bosques. En este problema no incluimos los países que tienen climas templados como Argentina, Chile, Brasil (el sur), México y otros, por la razón que la superficie boscosa de los países con clima templado es mucho menor que la de los países con clima tropical. Cabe anotar que los países arriba mencionados (con clima templado o frío) son los más desarrollados en cuanto al ramo forestal; la dasonomía en estos países es, en general, mucho más adelantada. Quizás el 80 por ciento de las plantaciones establecidas en estos países son bosques homogéneos, existiendo bosques de pinos, eucaliptos y otras especies.

La heterogeneidad de los bosques naturales tropicales lleva consigo varios problemas sobre todo de orden económico:

1. Del gran número de especies forestales por unidad (a veces 100-150 especies por hectárea) solo una pequeña parte es comercial, lo máximo que se explota corrientemente es un 10 por ciento, y esto acarrea costos muy elevados para la explotación.
2. El bosque natural tiene árboles de varios tamaños y edades, no existe uniformidad como en las plantaciones. Además, p.e. 10 especies que se pueden utilizar tienen diferentes pesos específicos con la consecuencia que en los aserraderos se tienen que cambiar las sierras muchas veces para adaptarse al peso específico de los árboles existentes, es decir que la rentabilidad de la elaboración es más baja en comparación con el bosque homogéneo, en el cual no se tiene este problema.
3. La regeneración está en peligro: siempre se cortan los árboles de las mejores formas y por ausencia de mayores diámetros se están cortando árboles con diámetros cada vez más pequeños. Esto significa que la cantidad de cierta especie forestal maderable está disminuyendo (consecuencia: menos regeneración), lo mismo la calidad por razón de que se dejan los mal formados o enfermos.

La gente sabe muy bien que la rentabilidad del bosque heterogéneo es muy baja, por eso están cortándolo a razón de 10 millones de hectáreas anuales en toda Latinoamérica (datos de FAO + 1967).

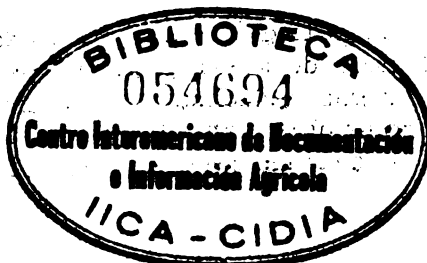
Si se tiene un bosque heterogéneo natural no se tiene la idea a quien pertenece, mientras que un bosque artificial homogéneo si se tiene la idea a quien pertenece. Muchas veces a estos bosques heterogéneos les falta ordenación. Por todas estas razones la imagen del ramo forestal en los países tropicales de Latinoamérica es muy pobre. Y en realidad tiene razón. El bosque heterogéneo tropical natural no tiene mucho valor, en el sentido de que la producción anual por hectárea es generalmente más baja que en bosques artificiales, compuestos de pocas especies. Además existen muchos factores psicológicos que determinan la imagen del bosque.

Hemos visto que los países con clima templado, en general, son los más avanzados en el ramo forestal. Generalmente en estos países hay menos especies forestales; el clima ha seleccionado las especies. Así es más fácil trabajar en los bosques de estos países.

Si consideramos que Surinam y Trinidad sí tienen un servicio forestal que funciona muy bien, por qué no sería posible esto en otros países tropicales de Latinoamérica? Surinam y Trinidad han sido colonizados por los Holandeses e Ingleses. Estos impusieron sistemas y leyes que fueron cumplidos. Qué pasó en el resto de América Latina? Después de despedir a los españoles los países estaban en una situación muy difícil, y se dividieron los terrenos entre familias poderosas.

Para mejorar la imagen es necesario hacer una buena legislación forestal, pero en la mayoría de los países faltan los fondos para respaldar tal legislación. Para cambiar esto, se debería empezar y probar que el ramo forestal puede dar muchas utilidades, es decir, que podemos competir con cultivos agrícolas. En México, sur de Brasil, Chile, y Argentina el ramo forestal ha surgido, en parte, por grandes esfuerzos de compañías privadas. Quizás sería más ventajoso también en los países tropicales trabajar con compañías privadas. Para el servicio forestal quedaría entonces la tarea de hacer la legislación y la política forestal, la investigación (silvicultura), la protección de los suelos y la inspección de las compañías forestales privadas.

Si se tiene una institución o un servicio forestal, éste necesita establecer prioridades a fin de trabajar con la máxima eficiencia de sus fuerzas y el máximo impacto dentro de sus propias limitaciones. Establecer prioridades en este caso es definir la importancia de una sección forestal en comparación con otras. Estas prioridades se establecen tomando en cuenta la tarea específica de cada sección forestal.



Campos de actividad para un servicio forestal en América Tropical:

- 1) Inventarios: éstos significan, a) descripción de superficie, b) régimen de propiedad, c) volumen, especies, d) crecimiento por inventarios sucesivos. Los primeros inventarios se efectuaron generalmente con ayuda de la FAO. Por medio de contrapartes se pasan las técnicas y los métodos. La fotogrametría y fotointerpretación se incluyen. En muchos países la inventarización ya es bastante avanzada y se formaron muchos especialistas y ya tienen equipo para hacerlo. Cómo podría ayudar la inventarización al prestigio del ramo forestal? Es un conteo de los recursos, de las especies maderables, sirve y trabaja directo (inventario  $\longrightarrow$  resultados  $\longrightarrow$  decisión establecer fábricas sí o no). Es conectada directamente con la tecnología.
- 2) Tecnología: cuántas especies, qué volumen aprovechable, para qué podríamos usarlas?
- 3) Economía: problemas de transporte y comercialización, cuáles fábricas compran las nuevas especies?
- 4) Explotación: en general responde a empresas privadas. El servicio forestal debe controlar las concesiones. Casi toda la ciencia de la explotación está basada en bosques homogéneos.
- 5) Política forestal y legislación: es importante, pero en la fase de los países tropicales de Latinoamérica esto es todavía problemático: falta implementación, no existen fondos para respaldar las leyes. La política forestal es bastante importante en vista de la planificación, para que se establezca el mejor uso de la tierra. Ciertos terrenos son más aptos para bosque, otros más aptos para la agricultura. A través de la política forestal tenemos que lograr que la productividad del bosque tropical sea más alta que en los bosques naturales no manejados.
- 6) Protección: erosión, un problema común en las regiones áridas y semiáridas; aguas, cuencas, fauna y flora, belleza del paisaje, medio ambiente, equilibrio biológico.
- 7) Manejo y ordenación: en cuanto a manejo queda mucho por hacer todavía. Definición de manejo forestal: es la parte de la dasonomía que se ocupa de la ordenación de los bosques para obtener el mayor rendimiento anual y constante dentro de la especie arbórea, método de beneficio y turno que se hubiera adoptado = ordenación de montes. Constante: es decir rendimiento sostenido a perpetuidad. Ya que el campo del manejo forestal es todavía bastante vacío (en general son sólo las grandes empresas forestales que ejecutan este campo y no las instituciones gubernamentales), será necesario para el desarrollo forestal poner prioridad a este ramo.
- 8) Silvicultura: Regeneración de bosques. Establecimiento de plantaciones forestales. Del estado de avance en cada país depende cuáles de estos ocho campos son más urgentes para desarrollar.

Debido a la gran extensión del bosque tropical húmedo es necesario determinar y analizar los siguientes aspectos: a) positivos, b) negativos.

Aspectos positivos (principalmente desde el punto de vista ecológico):

- Existe dentro del bosque un equilibrio biológico general, por ejemplo entre los insectos y sus predadores. Casos como los que ya se conocen bastante en bosques homogéneos, donde insectos o enfermedades pueden especializarse sobre ciertas especies arbóreas y causan grandes destrucciones, casi no se conocen en bosques tropicales heterogéneos. El gran número de las especies mismas funciona como amortiguador (freno).
- En cuanto al suelo se ha comprobado en varios casos que los bosques artificiales homogéneos tienden a empobrecer el suelo, justamente por su homogeneidad. Sobre todo cuando se trata de bosques de coníferas. El bosque tropical heterogéneo generalmente mantiene el suelo en buena calidad.

Algunos autores mencionan también los siguientes aspectos:

- Siempre hay regeneración presente y una selección natural, que pueden significar bajo costo de mantenimiento.
- La variedad de la vida silvestre.
- Se mantiene el microclima.
- Resistencia contra el fuego.

En cuanto a los aspectos negativos (en general son solamente desde el punto de vista económico) existen los siguientes:

- La gran variedad de especies, de las cuales, quizás solamente un 10 por ciento se puede vender comercialmente --resultando en ineficiencia y altos costos de explotación.
- No existe uniformidad en cuanto a tamaño (altura del fuste, diámetro).
- Dificultad de reconocer la fenología de las especies creciendo todas en conjunto.
- Diferente comportamiento de las especies requiriendo un tratamiento para cada una o un grupo de especies, la abundancia de especies hace la regeneración más compleja lo que podría resultar en una producción de madera que no es constante ni continua.
- Una posible consecuencia del anterior: la dificultad de planear industrias permanentes.
- Bajo incremento anual: el incremento es generalmente  $1-5 \text{ m}^3/\text{año/ha}$ .

En un grupo de forestales casi siempre se encuentran los dos tipos: a) los ecólogos y b) los economistas, que defienden sus propias teorías en cuanto a la utilidad del bosque tropical heterogéneo. Es claro que ambos tienen buenos argumentos; pero en general los ecólogos tienden a olvidar que el bosque comercial debe existir por razones económicas (p.e. si no es un bosque de protección) y los economistas tienden a olvidar la importancia del equilibrio ambiental y la conservación de la calidad del suelo. Se puede destruir el equilibrio y la calidad del suelo en un año, pero dura más que una rotación (es decir 10-80 años) hasta que se ha probado que una cierta especie forestal es apta para la reforestación o no! Dura en realidad hasta que se prueba que se puede hallar nuevamente un equilibrio del bosque artificial con todo su ambiente. Entonces, el bosque comercial debe existir por razones económicas pero tomando en cuenta también los factores ecológicos que influyen tanto en la existencia del bosque. Tenemos que ver el bosque comercial como cualquier cultivo agrícola con cosecha anual. Esto se puede lograr por el principio del rendimiento sostenido; un bosque modelo en este sentido sería un bosque en el cual se corta cada año una parcela de un tamaño de  $x/y$  hectáreas, si 'x' = la superficie del bosque entero en ha y 'y' = el número de años de la rotación del bosque. Es decir que teniendo un balance entre el incremento y la cosecha neta, lo podemos manejar como cualquier cultivo agrícola: lo podemos fertilizar contra empobrecimiento del suelo, mecanizar los trabajos de la plantación y de la cosecha, luchar contra insectos y hongos, etc. En estos trabajos debe reinar el aspecto económico (hasta ciertos límites), p.e. se puede fumigar contra el *Dendroctonus* en los pinos de Centroamérica, si paga la inversión. Lo único es que la gente no está acostumbrada a esta idea; en Suecia se está fertilizando desde el aire y se ha probado realmente que esta inversión es prometedora.

Si logramos cambiar el bosque tropical natural en un bosque más productivo con cosecha anual, se puede mencionar algunos factores favorables para seguir en ese camino:

1. Un bosque tropical y subtropical puede tener un crecimiento rápido por razones de temperaturas y precipitaciones altas. En los países templados que proveen actualmente una gran parte del mercado mundial de madera, un incremento de  $18 \text{ m}^3/\text{año}/\text{ha}$  es alto, en América Tropical se puede llegar hasta  $70 \text{ m}^3/\text{año}/\text{ha}$ , p.e. con balsa (*Ochroma lagopus*), pero  $25 \text{ m}^3$  no es excepcional (hablando de plantaciones)

Ahora podemos cultivar especies de rápido crecimiento, porque tenemos tecnológicamente muchos métodos para cambiar la fachada de la madera, podemos colorearla, cambiarla con barnices.

El cultivo de especies de rápido crecimiento tiene la ventaja de que el dinero invertido se devuelve relativamente dentro de pocos años, así la gente invierte más fácilmente. Estas inversiones a largo plazo han sido siempre un problema forestal bastante difícil.

2. La madera es indispensable y tiene un mercado seguro: muebles, construcción de casas, empaque, papel (libros, educación). La creciente población en el mundo necesita cada vez más madera para papel, etc. Según estudios de la FAO, los países europeos van a tener un déficit en su mercado de madera, por lo que los países Latinoamericanos podrían exportar a Europa, como ya lo está haciendo (Brasil, Chile, Surinam).
3. Los bosques son una necesidad sobre todo en los países tropicales, donde la precipitación es muy alta y donde el suelo laterítico no soporta otros cultivos a largo plazo.

Además de estos factores favorables existen varios problemas para establecer bosques artificiales en Latinoamérica.

- 1) El más grande obstáculo (económicamente y psicológicamente) es la gran inversión a largo plazo durante los primeros años, durante los cuales hay pocos beneficios. Cuáles remedios podríamos mencionar contra esto? Existen pocos datos, pero es cierto que hay posibilidades:
  - a. Plantar especies de rápido crecimiento.
  - b. Enfocar más en el rendimiento de los raleos.
  - c. El sistema Taungya: es una combinación de la plantación de árboles con cultivos agrícolas durante unos 2-3 años. En Polinesia se cultiva Anthocephalus cadamba con arroz, y también existen plantaciones de Pinus caribaea con frijoles o con yuca.
  - d. Si el bosque existente está virgen, se podría usar el beneficio de los árboles comerciales para la inversión.
- 2) Otro problema es que por la larga rotación 30-40 años para madera para aserrar) el planeamiento mismo de plantaciones industriales no es flexible. Sin contar con importaciones de materia prima, por ejemplo una expansión de una fábrica de madera aserrada se debería planificar con 30-40 años de anticipación.
- 3) Muchos factores impiden actualmente llegar a nuestro modelo ideal en el manejo, es decir que casi nunca se encuentra el balance entre incremento y cosecha. Estos factores son el clima (precipitación, los animales (insectos), el hombre (incendios) y otros.
- 4) Desconocimiento de factores económicos: falta de estudios comparativos entre cultivos agrícolas y árboles.
- 5) Falta de investigación: introducción en parcelas experimentales de especies nativas y exóticas, poco conocimiento de plagas y enfermedades.

- 6) Falta de capacitación, muchas veces al nivel de guardias forestales.
- 7) Falta de imagen: todavía existe poca gente que cree que el bosque puede rendir, entonces hay poca inversión, y como consecuencia no rendimiento sostenido.

No obstante, la meta de la dasonomía es manejar el bosque en generación fin de obtener un rendimiento sostenido, y uno de los instrumentos más importantes para lograr ésto es la regeneración forestal.

CT/DF-209  
JTS/fcp

Abril de 1974

## Texto para Curso Silvicultura I

### "La Regeneración Forestal, una de las necesidades para el Manejo"

J.T. Sterringa

- I. Introducción
- II. Factores ambientales importantes para la regeneración forestal.
  - A. Climáticos
    - 1. Generalidades
    - 2. Temperatura
    - 3. Agua
    - 4. Luz
    - 5. Viento
  - B. Edáficos
  - C. Bióticos
  - D. Discusión especial de germinación
  - E. Fenología
- III. Escogencia de la regeneración más apropiada
  - A. Regeneración Natural
  - B. Regeneración Artificial
  - C. Las dos combinadas
- IV. Sistemas de regeneración de bosques tropicales heterogeneos.
  - 1. Corte a matarrasa (clearcut)
  - 2. Enriquecimientos
  - 3. Regeneración natural.
- V. Métodos para abrir el dosel.
  - A. Corte de árboles
  - B. Anillamiento
  - C. Agentes químicos
- VI. Semillas Forestales
  - 1. Calidad
  - 2. Recolección



3. Extracción, secado, fumigación y almacenaje
4. Ensayos de semillas
5. Germinación y procesos para acelerarla
6. Registro y colección de datos
7. Literatura

#### VII. Viveros forestales

- A. Cultivo de árboles forestales para hacer plantaciones
- B. Calidad de las plántulas de vivero
- C. Protección de las plántulas
- D. Otros tipos de plantas para plantaciones

#### VIII. Elección de especies

- A. Clima
- B. Suelo
- C. Factores bióticos
- D. Regiones áridas y semi-áridas

#### IX. Apéndices

- A. Apéndice 1. Desarrollo forestal y colonización en los trópicos de América Latina - algunos puntos de vista.
- B. Apéndice 2. Forest succession in tropical lowlands.
- C. Apéndice 3. Características de componentes arbóreos de bosques húmedos tropicales americanos en diferentes etapas de desarrollo.
- D. Apéndice 4. "Shifting cultivation" (Agricultura nómada) en los trópicos
- E. Apéndice 5. Sistema de regeneración natural por árboles semilleros.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación  
Turrialba, Costa Rica

TEXTO PARA CURSO SILVICULTURA TROPICAL I

LA REGENERACION FORESTAL, UNA DE LAS NECESIDADES PARA EL MANEJO

I. INTRODUCCION

Si se tiene una institución o un servicio forestal, éste necesita establecer prioridades a fin de trabajar con la máxima eficiencia de sus fuerzas y el máximo impacto dentro de sus propias limitaciones. Establecer prioridades en este caso es definir la importancia de una sección forestal en comparación con otras. Estas prioridades se establecen tomando en cuenta la tarea específica de cada sección forestal.

Sin duda, el problema forestal más grande en América Tropical y en la parte subtropical es la abundancia de especies forestales por unidad de superficie, o sea la heterogeneidad de sus bosques. En este problema no incluimos los países que tienen climas templados como Argentina, Chile, Brasil (el sur), México y otros, por la razón que la superficie boscosa de los países con clima templado es mucho menor que la de los países con clima tropical. Cabe anotar que los países arriba mencionados (con clima templado o frío) son los más desarrollados en cuanto al ramo forestal; la dasonomía en estos países es, en general, mucho más adelantada. Quizás el 80 por ciento de las plantaciones establecidas en estos países son bosques homogéneos, existiendo bosques de pinos, eucaliptos y otras especies.

La heterogeneidad de los bosques naturales tropicales lleva consigo varios problemas sobre todo de orden económico:

1. Del gran número de especies forestales por unidad (a veces 100-150 especies por hectárea) solo una pequeña parte es comercial, lo máximo que se explota corrientemente es un 10 por ciento, y ésto acarrea costos muy elevados para la explotación.
2. El bosque natural tiene árboles de varios tamaños y edades, no existe uniformidad como en las plantaciones. Además, p.e. 10 especies que se pueden utilizar tienen diferentes pesos específicos con la consecuencia que en los serraderos se tienen que cambiar las sierras muchas veces para adaptarse al peso específico de los árboles existentes. Es decir que la rentabilidad de la elaboración es más baja en comparación con el bosque homogéneo, en el cual no se tiene este problema.

3. La regeneración está en peligro: siempre se cortan los árboles de las mejores formas y a fin de subir la rentabilidad se están cortando árboles con diámetros cada vez más pequeños. Esto significa que la cantidad de cierta especie forestal maderable está disminuyendo (consecuencia: menos regeneración), lo mismo la calidad por razón de que se dejan los mal formados o enfermos.

La gente sabe muy bien que la rentabilidad del bosque heterogéneo es muy baja, por eso están cortándolo a razón de 10 millones de hectáreas anuales en toda Latinoamérica (datos de FAO † 1967).

Si se tiene un bosque heterogéneo natural no se tiene la idea a quien pertenece, mientras que un bosque artificial homogéneo sí se tiene la idea a quien pertenece. Muchas veces a estos bosques heterogéneos les falta ordenación. Por todas estas razones la imagen del ramo forestal en los países tropicales de Latinoamérica es muy pobre. Y en realidad tiene razón: el bosque heterogéneo tropical natural no tiene mucho valor, en el sentido de que la producción anual por hectárea es generalmente más baja que en bosques artificiales, existiendo pocas especies. Además existen muchos factores psicológicos que determinan la imagen del bosque.

Hemos visto que los países con clima templado, en general, son los más avanzados en el ramo forestal. Generalmente en estos países hay menos especies forestales: el clima ha seleccionado las especies. Así es más fácil trabajar en los bosques de estos países.

Si consideramos que Surinam y Trinidad sí tienen un servicio forestal que funciona muy bien, por qué no sería posible esto en otros países tropicales de Latinoamérica? Surinam y Trinidad han sido colonizados por los Ingleses y Holandeses. Estos impusieron sistemas y leyes que fueron cumplidos. Qué pasó en el resto de América Latina? Después de echar a los españoles los países estaban en una situación muy difícil, y se dividieron los terrenos entre familias poderosas.

Para mejorar la imagen es necesario hacer una buena legislación forestal, pero en la mayoría de los países faltan los fondos para respaldar tal legislación. Para cambiar esto, se debería empezar y probar que el ramo forestal puede dar muchas utilidades, es decir, que podemos competir con cultivos agrícolas. En México, sur de Brasil, Chile y Argentina el ramo forestal ha surgido, en parte, por grandes esfuerzos de compañías privadas. Quizás sería más ventajoso también en los países tropicales trabajar con compañías privadas. Para el servicio forestal quedaría entonces la tarea de hacer la legislación y la política forestal, la investigación (silvicultura) y la protección de los terrenos.

Prioridades para un servicio forestal en América Tropical:

- 1) Inventarios: éstos significan, a) descripción de superficie, b) régimen de propiedad, c) volumen, especies, d) crecimiento por inventarios sucesivos. Los inventarios en general son una tarea para la FAO en cooperación con el gobierno (o sea Servicio Forestal). Por medio de contrapartes se pasan las técnicas y los métodos. La fotogrametría y fotointerpretación se incluyen. En muchos países la inventarización ya es bastante avanzada y se forman a muchos especialistas y ya tienen equipo para hacerlo. Cómo podría ayudar la inventarización al prestigio del ramo forestal? Es un conteo de los recursos, de las especies maderables, sirve y trabaja directo (inventario → resultados → decisión establecer fábricas sí o no). Es conectada directamente con la tecnología.
- 2) Tecnología: cuántas especies, qué volumen, para qué podríamos usarlas?
- 3) Economía: problemas de ventas, cuáles fábricas compran las nuevas especies ?
- 4) Explotación: en general responde a empresas privadas. El servicio forestal debe controlar las concesiones. Casi toda la ciencia de la explotación está basada en bosques homogéneos.
- 5) Política forestal y legislación: es importante, pero en la fase de los países tropicales de Latinoamérica esto es todavía problemático: falta implementación, no existen fondos para respaldar las leyes. La política forestal es bastante importante en vista de la planificación, para que se establezca el mejor uso de la tierra. Ciertos terrenos son más aptos para bosque, otros más aptos para la agricultura. A través de la política forestal tenemos que lograr que la productividad del bosque tropical sea más alta que en los bosques naturales no manejados.
- 6) Protección: erosión, un problema común en las regiones áridas y semiáridas.
- 7) Manejo y ordenación: en cuanto a manejo queda mucho por hacer todavía. Definición de manejo forestal: es la parte de la dasonomía que se ocupa de la ordenación de los bosques para obtener el mayor rendimiento anual y constante dentro de la especie arbórea, método de beneficio y turno que se hubiera adoptado = ordenación de montes.  
Constante: es decir rendimiento sostenido.  
Ya que el campo del manejo forestal es todavía bastante vacío (en general son sólo las grandes empresas forestales que ejecutan este campo y no las instituciones gubernamentales), será necesario para el desarrollo forestal poner prioridad a este ramo.

## 8) Silvicultura el presente curso.

El bosque tropical húmedo heterogéneo, como existe en grandes extensiones en los países tropicales de Latinoamérica tiene aspectos positivos y negativos de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

Aspectos positivos (principalmente desde el punto de vista ecológico):

- Existe dentro del bosque un equilibrio general, por ejemplo entre los insectos y sus predadores. Casos como los que ya se conocen bastante en bosques homogéneos, donde insectos o enfermedades pueden especializarse sobre ciertas especies arbóreas y causan grandes destrucciones que casi no se conocen en bosques tropicales heterogéneos. El gran número de las especies mismas funciona como amortiguador (freno).
- En cuanto al suelo se ha comprobado en varios casos que los bosques artificiales homogéneos tienden a empobrecer el suelo, justamente por su homogeneidad. Sobre todo cuando se trata de bosques de coníferas. El bosque tropical heterogéneo generalmente mantiene el suelo en buena calidad.

Algunos autores mencionan también los siguientes aspectos:

- El óptimo uso de la tierra.
- Siempre hay regeneración presente y una selección natural, que pueden significar bajo costo de mantenimiento.
- La variedad de la vida silvestre.
- Se mantiene el microclima.
- Resistencia contra el fuego.

En cuanto a los aspectos negativos (en general son solamente desde el punto de vista económico) existen los siguientes:

- La gran variedad de especies, de las cuales, quizás solamente un 10 por ciento se puede vender comercialmente - resultando en ineficiencia y altos costos de explotación. La producción de madera comercial es relativamente baja, y no existe el uso óptimo.
- No existe uniformidad en cuanto a tamaño (altura del fuste, diámetro).

- La dificultad de controlar la regeneración, resultando en una producción maderable que no es constante ni continua; depende de buenos años semilleros.
- Una consecuencia del anterior: la dificultad de planear industrias permanentes.
- Bajo incremento anual: el incremento es generalmente 1-5 m<sup>3</sup>/año/ha.

En un grupo de forestales casi siempre se encuentran los dos tipos: a) los ecólogos y b) los economistas, que defienden sus propias teorías en cuanto a la utilidad del bosque tropical heterogéneo. Es claro que ambos tienen buenos argumentos; pero en general los ecólogos tienden a olvidar que el bosque comercial debe existir por razones económicas (p.e. si no es un bosque de protección) y los economistas tienden a olvidar la importancia del equilibrio ambiental y la conservación de la calidad del suelo. Se puede destruir el equilibrio y la calidad del suelo en un año, pero dura más que una rotación (es decir 20-80 años) hasta que se ha probado que una cierta especie forestal es apta para la reforestación o no! Dura en realidad hasta que se prueba que se puede hallar nuevamente un equilibrio del bosque artificial con todo su ambiente. Entonces, el bosque comercial debe existir por razones económicas pero tomando en cuenta también los factores ecológicos que influyen tanto en la existencia del bosque. Tenemos que ver el bosque comercial como cualquier cultivo agrícola con cosecha anual. Esto se puede lograr por el principio del rendimiento sostenido: un bosque modelo en este sentido sería un bosque en el cual se corta cada año una parcela de un tamaño de  $x/y$  hectáreas, si ' $x$ ' = la superficie del bosque entero en has. y ' $y$ ' = el número de años de la rotación del bosque. Es decir que teniendo un balance entre el incremento y la cosecha neta, lo podemos manejar como cualquier cultivo agrícola: lo podemos fertilizar contra empobrecimiento del suelo, mecanizar los trabajos de la plantación y de la cosecha, luchar contra insectos y hongos, etc. En estos trabajos debe reinar el aspecto económico (hasta ciertos límites), p.e. se puede fumigar contra el *Dendroctonus* en los pinos de Centroamérica, si paga la inversión. Lo único es que la gente no está acostumbrada a esta idea: en Suecia se está fertilizando desde el aire y se ha probado realmente que esta inversión es prometedora.

Si logramos cambiar el bosque tropical natural en un bosque más productivo con cosecha anual, se puede mencionar algunos factores favorables para seguir en ese camino:

1. Un bosque tropical y subtropical puede tener un crecimiento rápido por razones de temperaturas y precipitaciones altas. En los países templados que proveen actualmente una gran parte del mercado mundial de madera, un incremento de

18 m<sup>3</sup>/año/ha es alto, en América Tropical se puede llegar hasta 70 m<sup>3</sup>/año/ha, p.e. con balsa (Ochroma lagopus), pero 25 m<sup>3</sup> no es excepcional (hablando de plantaciones).

Ahora podemos cultivar especies de rápido crecimiento, porque tenemos tecnológicamente muchos métodos para cambiar la fecha de la madera, podemos colorearla, cambiarla con barnices.

El cultivo de especies de rápido crecimiento tiene la ventaja de que el dinero invertido es devuelto relativamente dentro de pocos años; así la gente invierte más fácilmente. Estas inversiones a largo plazo han sido siempre un problema forestal bastante difícil.

2. La madera es indispensable y tiene un mercado seguro: muebles construcción de casas, empaque, papel (libros, educación). La creciente población en el mundo necesita cada vez más madera para papel, etc. Según estudios de la FAO, los países europeos van a tener un déficit en su mercado de madera, por lo que los países Latinoamericanos podrían exportar a Europa, como ya lo están haciendo (Brasil, Chile, Surinam).
3. Los bosques son una necesidad sobre todo en los países tropicales, donde la precipitación es muy alta y donde el suelo laterítico no soporta otros cultivos a largo plazo.

Además de estos factores favorables existen varios problemas para establecer bosques artificiales en Latinoamérica.

- 1) El más grande obstáculo (económicamente y psicológicamente) es la gran inversión a largo plazo durante los primeros años, durante los cuales hay pocos beneficios. Cuáles remedios podríamos mencionar contra esto? Existen pocos datos, pero es cierto que hay posibilidades:
  - a. Plantar especies de rápido crecimiento.
  - b. Enfocar más en el rendimiento de los raleos.
  - c. El sistema Taungya: es una combinación de la plantación de árboles con cultivos agrícolas durante unos 2-3 años. En Polinesia se cultiva Anthocephalus cadamba con arroz, y también existen plantaciones de Pinus caribaea con frijoles o con yuca.
  - d. Si el bosque existente está virgen, se podría usar el beneficio de los árboles comerciales para la inversión.
- 2) Otro problema es que por la larga rotación (30-40 años para madera para aserrar) el planeamiento mismo de plantaciones

industriales no es flexible. Sin contar con importaciones de materia prima, por ejemplo una expansión de una fábrica de madera aserrada se debería planificar con 30-40 años de anticipación.

- 3) Muchos factores impiden actualmente llegar a nuestro modelo ideal en el manejo, es decir que casi nunca se encuentra el balance entre incremento y cosecha. Estos factores son el clima (precipitación), los animales (insectos), el hombre (incendios) y otros.
- 4) Desconocimiento de factores económicos: falta de estudios comparativos entre cultivos agrícolas y árboles.
- 5) Falta de investigación: introducción en parcelas experimentales de especies nativas y exóticas: poco conocimiento de plagas y enfermedades.
- 6) Falta de capacitación, muchas veces al nivel de guardias forestales.
- 7) Falta de imagen: todavía existe poca gente que cree que el bosque puede rendir, entonces hay poca inversión, y como consecuencia no rendimiento sostenido. No obstante, la meta de la dasonomía es manejar el bosque en general a fin de obtener un rendimiento sostenido, y uno de los instrumentos más importantes para lograr éste es la regeneración forestal.

## II. FACTORES AMBIENTALES IMPORTANTES PARA LA REGENERACION

### A. Factores Climáticos

1. Generalidades
2. Temperatura
3. Agua
4. Luz
5. Viento

### B. Factores Edáficos

### C. Factores Bióticos

### D. Condiciones Necesarias para Germinación



## A. Factores Climáticos

### 1. Generalidades

Debido a la extensión y al relieve se hallan en Latinoamérica toda clase de climas: por un lado, regiones subtropicales a tropicales que forman desiertos absolutos en la Costa del Pacífico, desde Perú a Chile, o bosques pluviales en el Amazonas; por otro lado, regiones frías con zonas de muy elevada precipitación en los Andes, al sur de Chile, o zonas de muy pocas lluvias en la meseta patagónica.

En Latinoamérica no hay suficientes estaciones meteorológicas permanentes para un desarrollo rápido de la agricultura y la dasonomía en general. Son necesarias no sólo más estaciones permanentes, sino también pequeñas estaciones que requieran solo una inspección anual, para regiones más inaccesibles. Conviene que los diversos servicios regionales coordinen sus labores de acuerdo con las recomendaciones del Comité Mundial de Meteorología Agrícola.

Algunos valores climáticos son factores que limitan el crecimiento de las plantas en ciertas zonas, pero no en otras. En el estudio preliminar de la introducción de especies, cuanto más pequeñas sean las zonas consideradas, tanto más completas deberán ser las observaciones. Es difícil resumir datos, o usar fórmulas que representen el clima en forma completa y real. Las fórmulas climáticas, los cuadros sumarios y los gráficos tienen una cierta aplicabilidad especialmente cuando no hay suficiente información disponible. En cuanto a la vegetación existente se puede decir que en la mayoría de los casos, especialmente cuando las temperaturas existentes y la distribución estacional de las lluvias no son extremas, los tipos de cubierta vegetal y aún los suelos mismos, corresponden a tipos climáticos básicos, y los límites geográficos de los tipos de vegetación pueden tomarse eventualmente como límites climáticos. Esta correlación no existe siempre, puesto que la presencia de Pinus hondurensis (P. caribaea var. hondurensis) en las tierras bajas de Nicaragua y Honduras, por ejemplo, corresponde principalmente a influencias edáficas (de suelos de origen granítico y pizarras); los manglares y otros tipos forestales del Amazonas son también de origen edáfico y, por otra parte, los microclimas inestables tienen lugar en los bosques donde existe una estación seca muy larga: si se elimina el bosque, puede ser muy difícil reconstruirlo: este es el caso de los pinares de México y de Centroamérica.

Un factor muy importante para la dasonomía es la fenología de los árboles forestales. La fenología es la ciencia que relaciona los factores climáticos con el ritmo periódico de las plantas. Las observaciones fenológicas son útiles para establecer los momentos de cruzamiento o de colección de polen y semillas

o estacas, así como su empaque y almacenamiento. También se utilizan para fijar la secuencia de las operaciones de vivero, la preparación de almácigos, la siembra y el repique de las plantas a fin de que las plantaciones puedan ser hechas cuando las condiciones climáticas sean más favorables, de acuerdo con el endurecimiento de los tejidos o el desarrollo de las raíces.

La periodicidad de crecimiento, floración y producción de frutas varía según la especie y la región. En las Antillas, los árboles florecen durante el mes de renovación, o primavera, en mayo, y de nuevo al final de las lluvias, a fines de octubre y principios de noviembre. En la cuenca del Amazonas, la floración varía con las lluvias; generalmente florecen al principio y al final del verano, cuando éste es más seco. Cuando la estación no está bien definida (Manaos), los árboles florecen en cualquier período o durante todo el año. En los "iguapó" los árboles florecen generalmente en época de inundación, mientras que en las tierras altas lo hacen en el verano. Los frutos aparecen generalmente en invierno.

En Yucatán, así como en Honduras Británica, la semilla de Swietenia macrophylla madura varios meses antes de la estación de las lluvias; lo mismo sucede con Araucaria angustifolia en Misiones, de modo que la regeneración se hace difícil. Mucho ha influido sobre el éxito de la aclimatación de Eucalyptus en Sao Paulo, Brasil, el hecho de coincidir el período lluvioso con el período de crecimiento.

Un buen conocimiento de la fenología de los árboles forestales es indispensable para el que tiene que ejecutar una regeneración forestal.

## 2. Temperatura

La presencia de árboles es sólo posible dentro de ciertos márgenes de temperatura, y se está estudiando la tolerancia de las diferentes especies en estos extremos. Esta resistencia está en relación tanto con la temperatura del aire como con la temperatura del suelo; muchas plantas de vivero, y también de plantaciones, se quemaron alrededor del cuello cuando la superficie del suelo alcanza una temperatura de 50°C. La resistencia de las hojas al calor en muchas especies del sur del Sahara ha sido evaluada entre 40 y 50°C. También existen ciertos mínimos para el crecimiento de los árboles, pero éstos son muy importantes para este curso, ya que se trata de silvicultura tropical.

Eucalyptus es un género muy importante para la reforestación de América Latina. Para la aclimatación de las especies de Eucalyptus es importante disponer de mapas que den el número de

días consecutivos con temperaturas máximas superiores a 38°C, que reflejan los extremos de sequedad ambiental que un árbol puede tolerar.

Para la germinación de las semillas de árboles forestales existen temperaturas óptimas para muchas especies, mientras algunas especies son bastante indiferentes. Muchas especies tienen semillas que necesitan un período de reposo, antes de poder germinar. A veces es posible quebrar este estado de la semilla mediante una operación que se llama la estratificación. Esto se debe a la presencia de sustancias que impiden la germinación, o la causa es que los embriones todavía no están maduros. La estratificación favorece la descomposición de las sustancias que impiden la germinación.

Para todos los tipos de regeneración es necesario conocer los siguientes datos en cuanto al sitio de regeneración: temperatura media anual, temperaturas medias mensuales, la periodicidad de la temperatura, el promedio de las mínimas (diarias, mensuales y anuales), el promedio de las máximas (diarias, mensuales y anuales) y también las temperaturas extremas absolutas; estas últimas pueden ser muy importantes porque a veces limitan o prohíben el crecimiento de ciertas especies.

### 3. Agua

Los requisitos hídricos varían con las especies y el período de crecimiento; la disponibilidad de agua está determinada por las condiciones atmosféricas (como humedad relativa y temperatura) y la capacidad de retención del suelo. En regiones superhúmedas es necesario evitar las erosiones superficiales, y estimular la infiltración del exceso de humedad por medio de labores. Aquí la intensidad de evapotranspiración parece ser determinada por el clima en sí, y no por el período de crecimiento de las plantas, o por la cubierta vegetal. Los aspectos que hay que tener más en cuenta son las características del suelo por un lado, y la selección de árboles por el otro.

Un ejemplo de la importancia de la precipitación es el siguiente: en la Península de Yucatán (México), Swietenia macrophylla se regenera bien, pero es difícil establecerla debido a que las lluvias no son adecuadas y comienzan a menudo 5 o 6 meses después de la maduración de las semillas, después de que han perdido su poder germinativo. Esta especie necesita en Yucatán más de 1600 mm de precipitación anual, mientras que a menudo las lluvias en dicha zona no alcanzan ni 1200 mm y en algunos sitios menos de 1000 mm, con el agravante que cada 3 ó 4 años se producen largos períodos de sequía. Una mejor distribución de las lluvias explica el por qué en Santa Cruz, en las Islas Vírgenes, esta especie crece

con 1000 a 1400 mm.

Antes de poner en práctica una regeneración forestal, uno tiene que disponer de datos sobre la forma de la precipitación, los promedios anuales y mensuales, la periodicidad de la precipitación y también los extremos. Si no hay datos sobre el lugar mismo de la regeneración, es necesario buscar los datos de la estación meteorológica más cerca.

También uno tiene que disponer de datos sobre la humedad relativa del aire (variación y periodicidad) y las condiciones edáficas en cuanto al factor agua.

#### 4. Luz

La luz es indispensable para la asimilación de las plantas. La intensidad y la calidad de la luz varían con:

- a. Latitud geográfica: cuanto más lejos del ecuador tanto menor es la intensidad
- b. Exposición y pendiente: gran diferencia entre los diferentes lados de una montaña.
- c. Altitud sobre nivel del mar: cuanto más alto tanto menos absorción atmosférica de luz.
- d. Nubosidad.

Los árboles utilizan muy poco la energía que llega al bosque en forma de luz; en general solamente 1-2 por ciento es utilizado para la asimilación.

Los mejores fustes se obtienen en bosques cerrados, en los cuales las ramas han muerto y caído, principalmente por falta de luz. En tales bosques se tiene otra ventaja, es decir que en un bosque cerrado no hay suficiente luz cerca del suelo para el crecimiento de malas hierbas y otras plantas que competirían con los árboles maderables para agua, nutrientes y espacio.

Las cantidades de luz que necesitan los árboles varían con las especies; basado en esto las especies se han dividido en heliófilas y esciáfilas o especies de sombra, lo que es muy importante en todas las fases del manejo forestal, incluyendo la regeneración.

En general, un árbol que está en plena luz, produce más semillas que un árbol en la sombra; este principio se aplica en los huertos de árboles maderables, donde se plantan los árboles siempre a mayores distancias que en las plantaciones forestales.

## 5. Viento

El viento afecta las plantas mediante su influencia sobre otros factores climáticos, por sus efectos mecánicos, que influyen en el incremento de la transpiración, influencia física sobre el crecimiento y daños físicos, y en la dispersión de semillas.

La precipitación está a menudo determinada por la dirección del viento dominante.

La temperatura desciende con la creciente evaporación y transpiración, originadas por el aire que se mueve rápidamente, que puede producir la desecación.

Los efectos mecánicos del viento incluyen el achaparramiento, la deformación y la rotura, y en general se hacen más serios con la altitud.

Un viento fuerte puede agravar las consecuencias de incendios forestales.

## B. Factores Edáficos

El conocimiento de la roca madre es importante porque puede dar una idea de la riqueza del suelo, siempre que no haya sufrido podzolización y laterización. Por ejemplo, a) las rocas ferromagnéticas, basaltos, diabasa y diorita tienen un alto contenido de sales nutritivas, especialmente Magnesio y Calcio; b) las rocas ácidas ígneas, gneiss, granito y sienita son suficientemente ricas, excepto en Calcio; c) las rocas silíceas y cuarcitas tienen un bajo contenido de sales nutritivas, especialmente Fósforo y Potasio; d) las rocas calcáreas, dolomita y piedra caliza contienen demasiado Calcio, pero a veces son deficientes en Potasio y Fósforo.

Cuando se tengan que hacer plantaciones forestales, será necesario dar una descripción breve de las características básicas que suelen registrarse. En la descripción de los suelos, para plantaciones es útil que se indiquen características, tales como el pH, la estructura, la textura y la materia orgánica.

El pH determina las condiciones de reacción, solubilidad y accesibilidad de las sustancias nutritivas, caracterizando a veces la presencia de ciertas especies: Dacryodes excelsa prospera en suelos ácidos (pH 4,5-5,5) mientras que en el otro extremo Prosopis ruscifolia crece en suelos muy alcalinos. El conocimiento de la estructura del suelo permite interpretar su estabilidad y los movimientos verticales del agua.

La textura se indica por la proporción de limo, arcilla y arena, que influyen sobre la permeabilidad, la intensidad de infiltración y la capacidad de retención de humedad, así como sobre la disponibilidad de sustancias nutritivas y, por lo tanto, sobre el desarrollo de las raíces del árbol.

Los suelos de turba contienen más del 30 por ciento de materia orgánica en varios estados de descomposición y su fertilidad depende de la vegetación originaria y de la altura de la capa freática.

El humus que es el mantillo en el último estado de descomposición, caracteriza los suelos donde Podocarpus coriacea, Dacryodes excelsa y Mora excelsa son especies típicas. La cantidad de mantillo producido en un monte varía con las especies: Calophyllum brasiliense; por ejemplo, empleada en la recuperación de suelos degradados en Centroamérica y en la región del Caribe, produce una gran cantidad de residuos, habiéndose mencionado la formación de una capa de 15 cm de mantillo en una plantación de 18 años, con un evidente mejoramiento de la textura del suelo; el mismo interés tiene la cantidad de humus que forma Inga salvadorensis.

La descomposición de materia orgánica de latifoliadas es más rápida que la de coníferas, y en las zonas tropicales es más efectiva cuando esos residuos se humedecen y se secan repetidamente, para que se lave la arcilla que restringe la actividad microbiológica. La "terra firme" del Amazonas es generalmente pobre en materia orgánica, a pesar de ser suelos arenó-arcillosos y relativamente bien drenados.

Con mucho conocimiento de la relación entre la vegetación y el suelo, uno puede leer muchas características del suelo en la vegetación. Por eso conviene estudiar y conocer esta relación entre la vegetación y los suelos, ya que a ello se atribuye el fracaso de muchas plantaciones forestales.

Es lógico que el suelo debe tener los nutrientes necesarios para las plantas, como: Potasio, Nitrógeno, Fósforo y micronutrientes como Mangano y otros. Estos elementos son igualmente importantes para la producción de semillas, la cual requiere grandes cantidades durante la época de la floración y fructificación. También estos nutrientes deben ser equilibrados; mucho Nitrógeno resulta en general, por ejemplo, en un crecimiento solamente vegetativo.

Otro factor importante del suelo son los microorganismos. Estos cooperan en la descomposición de la materia orgánica (hojas y ramas caídas, residuos de animales muertos). Especialmente debe mencionarse las micorrizas: son hongos que viven en

simbiosis con las raíces de los árboles de ciertas especies. Sin estos hongos los árboles crecen generalmente bastante mal. Este aspecto tiene que tenerse en cuenta con introducciones de especies exóticas, por ejemplo, especies de Pinus como P. caribaea var. hondurensis. Para obtener un buen crecimiento hay que introducir con las semillas una cantidad de tierra infestada por los hongos de micorrizas.

### C. Factores Bióticos

En primer lugar debemos considerar la macrofauna y microfauna indígenas. Si existen muchos animales destructores, herbívoros y roedores, puede ser necesario el empleo de redes o cercas para eliminar el peligro, y entonces la elección de las diferentes especies arbóreas en cuestión podrá realizarse con independencia de tales riesgos. Sin embargo, con frecuencia su número no es tan grande como para obligarnos a vallar, y una cuidadosa vigilancia puede evitar toda campaña exterminadora. En otras circunstancias el empleo de trampas puede ser esencial para lograr el éxito con las especies deseadas.

Ciertos animales más pequeños pueden limitar la elección de especies en algunos lugares debido a la facultad de éstos para multiplicarlos hasta hacerlos destructores, aún cuando las agrupaciones de estos huéspedes arbóreos sean relativamente pequeñas. Mientras, se suele pensar que este problema particular tendría posible solución mediante el empleo conveniente de especies mezcladas o por la modificación del habitat con otros medios, para hacerlo adverso a las plagas; quedan no pocos ejemplos bien conocidos en los que todavía no se ha logrado el éxito. Así, uno de los árboles maderables más importantes del África Tropical, Chlorophora excelsa Benth. y Hook.f., no puede introducirse con éxito en la mayoría de las plantaciones debido a su predisposición al ataque de un insecto productor de agallas en las hojas, y en algunas partes del mundo las Meliaceae son particularmente propensas a los ataques intencos de los taladradores de agujero de perdigón, cuando se utilizan en repoblaciones, incluso en masas mezcladas y en escasa proporción.

Los parásitos vegetales, tales como diversas clases de muérdago y una amplia serie de hongos, originan riesgos semejantes y limitan la elección de especies. Puede ser necesaria una larga experiencia antes de comprobar que existen tales riesgos, ya que las probabilidades de infección y su extensión pueden ser escasas al principio para aumentar más tarde.

Existe todavía otro tipo de riesgo, de origen indirectamente biológico que debemos tener en cuenta: es el de los humos perjudiciales en las proximidades de las industrias, sobre todo las

metalúrgicas o aquéllas en las que se quema carbón. La experiencia ha demostrado que la tolerancia de las especies arbóreas a la acción de las impurezas del aire, particularmente del que contiene sulfuros, es muy variable.

También hay que considerar los riesgos de incendio. Como regla general, la elección de las principales especies para la forestación y la repoblación, debe hacerse prescindiendo de este riesgo, pero el proyecto incluirá el establecimiento de cortinas menos inflamables a lo largo de caminos y ferrocarriles y a través del bosque, para romper las extensas masas más expuestas, como son las de coníferas. Cuando haya más posibilidades de riesgo, o por otras razones, se acentuará la vigilancia para la pronta detección de los incendios en la cubierta del suelo; desde luego, los árboles deben ser capaces de soportar fuegos pequeños, debiendo excluirse de las mezclas de los más sensibles a ellos. Este cuidado será mayor, allí donde las especies de aprovechamiento principal pertenecen a un preclímax de fuego, y se requiere la quema para contener la repoblación natural. Así, la sensitiva Michelia champaca L. no deberá mezclarse con la Shorea robusta Gaertn.f. tolerante al preclímax de fuego.

Otro factor biótico es la competencia para espacio, luz, etc. Los árboles y las otras plantas en un sitio compiten para todo que necesitan: agua, minerales, espacio y luz. Entonces el forestal tiene que conocer la tolerancia de las especies forestales en cuanto a la competencia. No vale la pena mezclar dos especies, de las cuales una sin duda va a suprimir la otra.

También hay competencia entre los individuos de la misma especie; es decir, cuando la regeneración sea demasiado abundante, tienen que morir muchos arbolitos.

El poder competitivo de las especies e individuos depende de sus características morfológicas, fisiológicas y ecológicas.

Hay también, sin embargo, muchos animales pequeños que son favorables para la regeneración y la dasonomía en general, por ejemplo, los insectos y pájaros que distribuyen el polen, los animales que distribuyen frutas y semillas y la totalidad de la fauna en el suelo que digiere los desechos de los árboles y así sostiene el ciclo de los nutrientes.

El fenómeno de micorriza que fue mencionado en la parte de factores edáficos cae también dentro de los factores bióticos.



#### D. Condiciones Necesarias para Germinación

La germinación es muy importante para la regeneración forestal. Para obtener germinación son necesarios dos condiciones:

1. La semilla debe estar lista para germinar. Algunas semillas, aunque están maduras, necesitan un período de reposo. Esto puede deberse a la piel exterior de la semilla que se queda impermeable, o a condiciones químicas en la semilla, o combinaciones. Como ya fue mencionado, se puede quebrar este estado de reposo por la estratificación en ciertos casos.
2. Las condiciones ambientales deben ser favorables. Las siguientes condiciones son requisitos para la germinación: a) abundancia de agua; b) temperatura favorable; c) suficiente oxígeno; d) luz, a veces. Agua es necesaria en cierta cantidad para hacer permeable la piel exterior (testa) de la semilla para agua, oxígeno y CO<sub>2</sub>. Cuando las semillas germinan necesitan bastante energía. La energía necesaria se obtiene por medio de la respiración, que es la oxidación de los azúcares en la semilla. Las semillas no germinan si no hay suficiente oxígeno debido a que: a) la piel (testa) de la semilla no es permeable para oxígeno que es necesario para la mencionada oxidación; b) el ambiente está demasiado húmedo, lo cual prohíbe la entrada de oxígeno; c) las semillas plantadas han sido plantadas demasiado profundas.

#### III. ESCOGENCIA DE LA REGENERACION MAS APROPIADA

Primero vamos a definir los términos 'regeneración natural' y 'regeneración artificial':

Regeneración natural es la reproducción de especies forestales, en la cual la siguiente generación se produce por medios naturales.

Regeneración artificial es la reproducción o introducción de especies forestales, en la cual el hombre crea o influye directamente la siguiente generación. Un sinónimo de regeneración artificial es reforestación.

Qué será preferible: una regeneración natural o artificial? Es claro que depende mucho del tipo de bosque existente (si existe algo de bosque). Así vamos a hacer una clasificación de los bosques basándonos sobre el criterio de la regeneración:

A. Bosques

1. Bosques naturales

a. Bosques naturales homogéneos: estos son homogéneos debido a factores bióticos o edáficos (manglares, pantanos) o climáticos (coníferas). El sistema de regeneración es la mayoría de veces la más natural, a veces combinado con regeneración artificial.

b. Bosques naturales heterogéneos: sistemas de regeneración posibles:

- 1) regeneración natural: aplicada por ejemplo en Trinidad y Malaya.
- 2) regeneración artificial: mejoramiento o enriquecimiento: matar especies sin valor e introducir especies valiosas.
- 3) corte o mata rasa seguido por regeneración artificial.
- 4) Combinaciones.

2. Bosques artificiales

- |   |
|---|
| <p>a. Bosques artificiales homogéneos (monoculturas)</p> <p>b. Bosques artificiales heterogéneos (bi- y tri-culturas)</p> |
|---|

Regeneración natural si hay suficiente presente; si no hay suficiente, regeneración artificial o combinaciones.

Factores que hay que tomar en cuenta cuando estamos considerando el bosque en cierta área para la cual tenemos que mejorar la producción, son los siguientes:

1. La economía: Qué renta el bosque en su presente estado? Sería posible mejorarlo económicamente? Es decir serán compensados nuestros gastos si por ejemplo, la regeneración fuera artificial? En general la regeneración natural es mucho más barata (para los primeros años) que la artificial, pero tenemos que preguntarnos si hay suficiente regeneración natural y de otro modo, si hay fondos disponibles para la regeneración artificial (para viveros, etc.)?
2. Mucho depende de la topografía del terreno. La regeneración artificial después de un corte a mata rasa puede ser peligrosa

en terrenos muy inclinados, porque favorecería la erosión. Existe la idea en todo el mundo que la dasonomía está limitada a los terrenos muy inclinados o degenerados. Tenemos que cambiar este concepto y comprobar que el cultivo de madera es económico; así entonces podemos plantar árboles también en suelos buenos y no solamente en suelos marginales. Por ejemplo, en Italia en ciertas regiones se cambió el cultivo de trigo por el cultivo del álamo. Lo mismo ocurrió en Argentina, donde Araucaria angustifolia está rindiendo satisfactoriamente.

3. El estado de la investigación forestal es importante también. Antes de decidirse sobre el método de regeneración, tienen que estar disponibles suficientes datos de las investigaciones en cuanto a la regeneración natural y artificial. Deben estar disponibles datos sobre las especies, sus rendimientos, métodos de manejo y costos de los diferentes métodos de regeneración forestal.
4. El mercado: mucho depende de las posibilidades para vender los productos del bosque. Especialmente cuando uno introduce especies exóticas, esto puede ser un factor riesgoso, o por lo menos inseguro.

Cont.... ESCOGECIA DE LA REGENERACION MAS APROPIADA

A. Regeneración Natural

Primero vamos a mencionar las ventajas de la regeneración natural:

1. Es relativamente barata, porque no hay que gastar dinero para cultivar plantas en viveros, etc.
2. En el bosque existe una selección natural de las especies y razas más resistentes y vigorosas, las cuales son por cierto adaptadas al sitio donde crecen, si el bosque es un bosque natural. Esto no indica que los árboles más vigorosos siempre son los mejores: por ejemplo pueden ser muy ramificados.
3. El equilibrio = balance natural del ecosistema (suelo, clima, vegetación, vida silvestre) no está disturbado tanto como en la regeneración artificial. Por consiguiente existe menos peligro de plagas y enfermedades. No obstante, en los bosques naturales homogéneos que se regeneran naturalmente, también pueden ocurrir desbalances debido a causas naturales como lluvias persistentes o sequías excesivas y anormales, (por ejemplo, Dendroctonus en los pinos en Honduras).
4. En la sombra hay menos molestia de malas hierbas.
5. Las raíces de las plantitas pueden desarrollarse imperturbadamente.
6. Menos peligro de vientos fuertes.

Sin embargo, hay que considerar también muchas desventajas de la regeneración natural, de las cuales podemos mencionar:

- 1) La dificultad de elegir las especies. Siempre hay que limitarse a las especies ya presentes. Con regeneración artificial se pueden escoger muchas especies más.
- 2) La regeneración depende de buenos años semilleros, y la regeneración en sí es en general bastante heterogénea en el terreno, es decir nula en algunos lugares y muy abundante en otros.
- 3) El manejo de un bosque regenerado naturalmente es en general más complicado, más difícil de planear y más difícil para hacer cálculos de costos. Todo esto requiere personal especializado.

- 4) El producto que sale del bosque en general es más heterogéneo: no hay uniformidad o existe menos uniformidad, lo que significa dificultades para vender estos productos.
- 5) La regeneración natural es, en general, un proceso más lento que la regeneración artificial.
- 6) El crecimiento de las plántulas recientemente establecidas es menor porque permanecen por un cierto tiempo en la sombra de los árboles padres.
- 7) Es difícil cortar los árboles padres sin dañar la regeneración presente.
- 8) En los sistemas, en los cuales se corten los árboles en varias operaciones, para obtener una abertura progresiva del dosel, la explotación es más cara, porque en ese caso se tiene que pagar el transporte de la maquinaria varias veces.
- 9) El personal debe tener conocimiento de las especies y experiencia en este tipo de trabajo, es decir que debe ser personal calificado.
- 10) El éxito no está asegurado, a veces es necesario llenar el campo con regeneración artificial.
- 11) Se depende mucho del suelo que debe estar en buenas condiciones para la germinación de las semillas: esto no es necesario en la regeneración artificial.

Para tener la posibilidad de estudiar los mecanismos de la regeneración natural, hay que reservar para siempre bosques naturales. Si se corta todo el bosque natural para vender la madera o para cambiarlo en bosque más productivo, se pierde esta posibilidad.

Puede ser difícil regenerar un bosque natural debido a los siguientes factores:

- El microclima de plantaciones forestales está a menudo inadecuado para la nueva generación.
- En el caso de que se tenga una plantación de especies exóticas es muy probable que haya solamente muy poca regeneración por falta de adaptación de las especies a las condiciones del lugar.
- Muchas veces se deja a la gente entrar en los bosques para llevarse madera y ramas y hojas caídas, a fin de que sean utilizadas en sus propios jardines o casas.

También en la cosecha de la madera desaparece una cierta cantidad de nutrientes. Esto puede resultar en un suelo muy pobre, demasiado pobre para tener una exitosa regeneración natural.

- La abundancia de caza puede ser demasiado grande para poder regenerar naturalmente.

Los requisitos indispensables para la regeneración natural son:

- a. El suelo debe formar un buen substrato para la germinación, y
- b. El bosque debe producir semillas viables.

#### B. Regeneración Artificial

La regeneración artificial tiene en general las siguientes ventajas:

1. Se puede elegir la especie que uno quiere, para la cual la demanda o el rendimiento es más alto: especies de utilización múltiple.
2. La reforestación implica la máxima concentración sobre el mínimo número de plantas. Así se pueden desarrollar técnicas para el vivero, seleccionar las mejores plantas y mecanizar la plantación.
3. Se obtienen productos uniformes. Los troncos son a menudo más rectos y cilíndricos en comparación con los árboles del bosque regenerado naturalmente.
4. El bosque artificial es planificable, se puede calcular mejor el rendimiento, los costos y, en general, se maneja más fácilmente.
5. No dependemos de buenos años semilleros. Podemos guardar las semillas en cámaras frías y tenerlas listas para cuando queramos plantar.
6. La regeneración artificial es el único método aplicable en el caso de reforestaciones, es decir el establecimiento de bosques donde no existen.
7. Regeneración artificial es un método más rápido que regeneración natural.

8. El personal necesita menos conocimiento que en el caso de regeneración natural.
9. El corte total, que es utilizado en la mayoría de los casos artes de la regeneración artificial, implica menos costos de la explotación que en el caso de regeneración natural, donde a menudo se ejecuta el corte en varias operaciones.

Las desventajas de la regeneración son las siguientes:

- 1) Desventaja económica: el costo inicial para las reforestaciones es alto en comparación con la regeneración natural. Se necesita establecer viveros, entrenar personal, comprar semillas, etc. Los costos durante los primeros 3-5 años son altos, sobre todo las limpiezas.
- 2) Biológica: la reforestación (regeneración artificial) significa -en áreas donde el bosque natural heterogéneo ha sido cortado- una forzada homogenización en el caso de un corte total, no solo en cuanto a la especie usada sino también en las comunidades de la flora, fauna, hongos, etc. En general, se puede decir que en estas áreas se introduce un desbalance brusco, invitando especialización también de ciertos hongos, insectos, etc. Este hecho puede resultar peligroso y costoso.

La diferencia entre plantaciones artificiales y bosques homogéneos naturales es que, en el caso del bosque homogéneo natural la especie va ha probado sus posibilidades para su existencia durante mucho tiempo; es decir, en general tiene suficiente resistencia contra los insectos y enfermedades existentes en la región. El bosque homogéneo natural en general es un bosque climax, mientras que las plantaciones todavía necesitan probar que pueden ser un tipo de vegetación climax. Si las plantaciones rentan lo suficiente, podemos gastar dinero para combatir las plagas y enfermedades, como se hace en cualquier cultivo agrícola, y si el rendimiento es suficientemente alto podemos también remediar la deterioración del suelo, que muchas veces es un resultado de los monocultivos, con aplicaciones de abono, etc.

- 3) Climática y edáfica: si las áreas de plantación son extensas, el corte total de los bosques quizás pueda influir algo en el clima local. Es cierto que influye mucho en el microclima: por ejemplo, el corte total significa un cambio del ambiente a condiciones del campo abierto: mayor variación de la temperatura y la humedad relativa, más viento, etc. También se puede esperar un crecimiento fuerte de las malas hierbas. Todo esto significa dificultades para el establecimiento de la generación siguiente.

En cuanto al aspecto edáfico se puede mencionar que el corte total en áreas grandes con suelo muy húmedo puede acarrear que el suelo tienda a ser pantanoso, y estepas puedan resultar en desiertos (peligro de erosión). También la estructura del suelo puede cambiar.

Las siembras y plantaciones se utilizan ya desde hace varios siglos en la agricultura y la horticultura, pero en la dasonomía se utilizaron estos métodos desde hace un tiempo más corto, es decir sólo cuando fue necesario por falta de madera. Primero se hicieron plantaciones por siembra, después se utilizaron plántulas colectadas en los bosques, y más tarde se fueron a utilizar viveros forestales.

La selección entre regeneración natural o artificial es principalmente una cuestión económica, y las condiciones locales deben remachar el clavo en cada caso.

### C. Combinaciones

Será claro que en el caso que el bosque natural tenga especies comerciales pero que se regeneran solo parcialmente o en manchas, podemos combinar los métodos de regeneración, influenciando así en la composición y la distribución de las especies en el bosque. En general estos métodos se aplican solamente cuando el bosque es bastante homogéneo, y si existe regeneración. Los métodos que usan en la regeneración artificial en bosques naturales según ciertos sistemas, por ejemplo, plantación de especies valiosas en el bosque natural en grupos, franjas o líneas, no son combinaciones sino que están más enfocados en cambiar el bosque completamente, pero en etapas. Esto tiene la ventaja de que se mantiene el microclima.

## IV. LA REGENERACION FORESTAL APLICADA A LOS SISTEMAS SILVICULTURALES

En general se pueden dividir los sistemas usados hoy en el mundo en tres grandes líneas.

- Corte a mata rasa (corte total)
- Enriquecimientos
- Regeneración bajo dosel protector

(Combinaciones)

Cada uno de estos sistemas tiene sus variantes que son aplicadas según las circunstancias prevalentes.



A. Corte a Mata Rasa o Corte Total

Se puede aplicar este método por ejemplo a los bosques heterogéneos de escaso valor cuando la vegetación y el terreno no necesiten un cuidado especial. En pendientes fuertes o bosques marginales (como de sabanas y estepas) es mejor no aplicar el corte total, sino que mejor usar en estos casos, sistemas de enriquecimiento.

El corte total generalmente es más peligroso en los trópicos que en los países de climas templados, debido a las siguientes razones:

1. El suelo se expone mucho, la exposición al sol es mucho más alta, las temperaturas son muy elevadas debido a una radiación solar más intensa.
2. Las lluvias en los trópicos son más intensas, exponiendo más los terrenos a la erosión.
3. La forma en que la lluvia cae en los climas templados es variada: nieve, granizo, lluvia, pero en países tropicales la forma siempre es lluvia. Esto significa más peligro para el suelo.
4. Los países templados tienen un amortiguador en el invierno, que se usa actualmente en el manejo de los bosques: se corta el bosque en el invierno para plantar en la primavera. La época en los trópicos que se debería usar para el corte total es cuando comienza la época seca; y se puede reforestar, entonces después de haber quemado y cuando empiezan nuevamente las lluvias.

Un corte total no implica que la regeneración debe ser artificial; en la mayoría de los casos del corte total en el mundo existe la regeneración natural, por ejemplo, los bosques de grandes partes del mundo como Escandinavia, Rusia y Canadá son principalmente regenerados naturalmente.

Las características del corte a mata rasa son:

- a. Es un corte total que afecta a todos los pisos del bosque.
- b. Se extiende sobre grandes áreas.
- c. Se hace en una sola operación.

Mucho se ha dicho en contra de este sistema, sobre todo porque es el más drástico y brusco de los sistemas de regeneración usados, con todas las consecuencias lógicas e indeseables en el ambiente biológico. No obstante, es el sistema probablemente más aplicado en el mundo entero.

Troup, un inglés que trabajó en la India menciona las siguientes ventajas y desventajas:

#### Ventajas:

- 1) Es el sistema más simple de todos y no requiere, por ejemplo, operaciones anteriores para marcar.
- 2) Ya que se talan todos los árboles, hay grandes economías en el corte (distancia para caminar) y la extracción de la madera.
- 3) Para la generación siguiente se crea un ambiente de luz completa, lo que es una consideración importante para especies forestales que necesitan luz.
- 4) Comparándolo con otros sistemas, no se daña la generación siguiente.
- 5) Según algunas fuentes se dice que los árboles producidos en un bosque en el cual todos tienen la misma edad, los troncos son más uniformes, más cilíndricos y más limpios que en bosques, en los cuales los árboles son de varias edades.
- 6) Por lo general la siguiente generación se establece más rápido cuando el bosque ha sido cortado completamente que cuando la siguiente generación se establece en etapas.

#### Desventajas:

1. El corte total podría crear condiciones desfavorables a la siguiente generación.
  - a) La estructura del suelo en general se deteriora. La oxidación de la materia orgánica aumenta. El suelo está mucho más expuesto a la radiación solar pues se forman grietas, empeorando las condiciones en la parte superior del suelo forestal.
  - b) Suelos que son húmedos pueden degradar en pantanos.

- c) Gramíneas y otras malas hierbas pueden invadir el terreno y aumentar considerablemente el costo de establecimiento de la nueva generación.
  - d) Se disturba el microclima y como consecuencia la microflora y microfauna.
  - e) Se crea un ambiente en el cual hongos e insectos pueden multiplicarse rápidamente y llegar a ser un peligro. Por esta razón sería recomendable quemar después del corte total y de la extracción de la madera.
  - f) Se aumenta el lavado del suelo y el arrastre de los minerales.
2. Cuando el terreno es inclinado, esto aumenta el peligro de la erosión; donde el terreno es inestable hay peligro de derrumbes, mientras otra consecuencia es que el agua no penetra sino se derrama la pendiente.
3. Bosques de una edad (la siguiente generación después de un corte total) son en general más susceptibles a daños ocasionados por vientos o nieve.

A pesar de todas estas razones el corte total es el sistema más aplicado en todo el mundo por su conveniencia y eficacia, desde el punto de vista económico y comercial.

Si se decide aplicar el corte total en un cierto tipo de bosque es necesario seguirlo inmediatamente con la siguiente generación; si no se hace así, hay que intervenir después nuevamente en la sucesión de pioneras (en el caso de que estas especies no sean de valor comercial). En realidad pueden ocurrir los siguientes casos después del corte total:

- 1) Se abandona el terreno,
- 2) Se utiliza el terreno para cultivos agrícolas:
  - a) a largo plazo,
  - b) a corto plazo
- 3) Regeneración forestal inmediata.

En el caso de que se abandonara el terreno, se regenera el bosque primeramente con especies secundarias de rápido crecimiento, tales como: Cecropia, Ochroma, Heliocarpus, Cordia y otras

especies intolerantes pioneras, de las cuales, en general, hay bastante semilla distribuida en el terreno. Una propiedad de las especies pioneras es justamente que las semillas se producen en gran cantidad y que son ligeras. Bajo la sombra de estas especies se regeneran nuevamente las especies que antes formaban el bosque en su mayor parte. Estas son especies generalmente con semillas mucho más pesadas (Ver stenciles de G. Budowski).

En el caso de que se utilice el terreno para cultivos agrícolas a largo plazo, no queda nada que hacer para los forestales, si este uso de la tierra está de acuerdo con la fertilidad y condición general del suelo.

En el caso de que la tierra sea bastante pobre, sirve solamente para agricultura a corto plazo (2-3 años). La mayoría de veces se abandona el terreno después de estos 2-3 años; este caso tiende a ser peor que el caso 1) (de abandono inmediato), principalmente por la degradación del suelo. Algunos factores de la degradación son:

1. Lavado del material orgánico.
2. Erosión, lavado de nutrientes,
3. Compactación del suelo, pulverización, pérdida de estructura.
4. Falta de infiltración y retención de agua.
5. Formación de una vegetación herbácea.

Se puede decir que en la sucesión de la vegetación este último caso 2) b) es un paso atrás en comparación con el caso 1) (Ver stencil sobre Shifting cultivation). Todos estos terrenos de tipo 2) b) y 1) deben ser reforestados preferiblemente con especies de rápido crecimiento para cubrir la superficie lo más pronto posible, a fin de evitar la degradación del suelo.

Existen en líneas generales los siguientes tipos de corte total:

- 1) Corte total con regeneración natural: bosque homogéneos.
- 2) Corte total con árboles padres: bosques homogéneos.
- 3) Corte total con regeneración artificial: bosques heterogéneos u homogéneos si falta regeneración o si se quiere cambiar de especies.
- 4) Combinaciones.

Un ejemplo del corte total con regeneración artificial es el sistema "Taungya". La esencia de este sistema es que se permite a campesinos usar la tierra para ciertos cultivos agrícolas por un tiempo limitado, en general no más de 3 años, durante el cual el campesino tiene que plantar, cuidar y limpiar también los arbolitos forestales que se plantan en el área cultivada. En general los arbolitos son suministrados por el Servicio Forestal. El sistema es originario de la India, pero ha sido extendido en muchos países tropicales, por ejemplo Indonesia, Birma, Trinidad, África, etc. La gran ventaja de este sistema es el bajo costo de las plantaciones y los primeros años de mantenimiento (limpiezas).

Existen algunas circunstancias necesarias para el éxito de este sistema:

1. Debe haber 'hambre para la tierra', presión de la población; la tierra debe ser el factor limitante para el desarrollo.
2. Debe ser posible un control firme sobre los terrenos, es decir, debe ser terreno gubernamental o privado, pero controlado.
3. Es necesario hacer contratos fijos con respaldo gubernamental o jurídico (en la mayoría de los casos el terreno es gubernamental).

En Trinidad donde el hambre para tierra es tremenda por razón de la población muy densa, se usa el siguiente sistema en ciertos tipos de bosques de escaso valor:

- 1) Se explotan las maderas valiosas.
- 2) Se permite entrar a carboneros que queman la madera del bosque, bajo la condición que tienen que cortar todos los árboles.
- 3) Se permite entrar a agricultores, los cuales pueden plantar ciertos cultivos y al mismo tiempo plantar árboles de pino o teca, crecido por el Servicio Forestal. Después de 2 años termina el contrato y queda el terreno reforestado. Los agricultores se mueven a otros terrenos si están disponibles.

En Trinidad este sistema ha sido usado para más de 4000 ha de reforestación.

Ejemplos de algunas combinaciones:

Borneo (Indonesia): Anthocephalus cadamba con arroz, en pantanos.

Trinidad: Pinus caribaea, Tectona grandis con yuca, casaba (Manihot utilissima).

Congo: Terminalia superba con banano, maíz.

Otros cultivos agrícolas que son plantados en este sistema:

Yam (Dioscorea sp.)

Cocoyam (Colocasia sp.): requiere buena calidad del suelo;

Cacahuete (Arachis hypogaea);

Papa dulce (Jromoea sp.)

Guindilla (Capsicum sp.).

En otros casos se puede plantar entre las líneas de los árboles, cultivos, especialmente para cubrir el suelo. Estos tienen los siguientes objetivos:

- a. Combatir las malas hierbas
- b. Protección del suelo
- c. Mejoramiento del suelo: para esto se prefieren leguminosas que suministren nitrógeno al suelo.

En Indonesia se obtuvieron buenos resultados en plantaciones de Tectona grandis, donde se plantó entre las líneas Leucena leucocephala = glauca, que necesita ser podada de vez en cuando. Y donde el ganado tiene acceso al bosque, se planta Acacia glauca = villosa, de la que el ganado come las hojas.

## SEMILLAS FORESTALES

Siempre tenemos que trabajar con semillas de alta calidad procedentes de árboles sanos; en cuanto al fuste y a la copa, de buen crecimiento y de buena forma. No deben ser árboles demasiado jóvenes ni demasiado viejos; tampoco es recomendable recolectar semillas de árboles solitarios, ni raleados. Es preferible recoger semillas en masas forestales ya seleccionadas, donde los mejores árboles ya han sido liberados.

### COSECHA DE SEMILLAS

Hay que recoger las semillas en el momento de madurez; las semillas y frutas ya caídas deben ser recogidas muy pronto. Es preferible recoger las semillas de los árboles poco tiempo antes de que estén maduras o se abran. Es necesario hacer observaciones fenológicas durante un período de muchos años en cuanto a la periodicidad de floración, la formación de la fruta y las condiciones del tiempo.

Para coger las semillas de los árboles se necesitan trepadores especiales y medidas especiales tales como, escaleras, garfios de trepar, cinturones de seguridad, redes de "nylon", tijeras o sierras o cuchillos de poda con mangos largos. Después de la recolección hay que secar las semillas o frutas en el sol o en lugares bien ventilados; para hacer abrir cápsulas y conos en secadores especiales. Hay que quitar impurezas, vello y pulpa de las frutas.

### ALMACENAJE DE SEMILLAS

En ciertos casos es necesario almacenar las semillas después de secarlas; por ejemplo, cuando: a) las semillas no pueden ser usadas inmediatamente; b) las posibilidades de cosecharlas son pocas o irregulares; c) se compran semillas de otros lugares; d) las semillas tienen que seguir madurando.

Durante el almacenaje hay que eliminar el peligro de roedores, hongos (desinfectar las semillas con fungicidas basadas en mercurio: Ceresam-M, Fosfato de mercurio, Agrason, Captan, Arason, etc.), bacterias (antibióticos) y de insectos (DDT, Lindano, Bromuro de metilo, Naftaleno, etc.).

Durante el almacenaje, el porcentaje de germinación baja; esto se puede limitar por una disminución de la capacidad del metabolismo: por un almacenaje frío y seco en recipientes (latas, botellas, bolsas, etc.) herméticos.

Las semillas con piel gruesa generalmente mantienen, por largo tiempo, un alto porcentaje de germinación.

Semillas con muchos alimentos de reserva y con un alto contenido de proteínas no se pueden secar; deben ser almacenadas en un ambiente húmedo, y no mantienen un alto porcentaje de germinación por mucho tiempo, a veces un poco más largo si se sumergen en parafina fundida o si se inyectan con materiales anti-transpirantes.

## GERMINACION DE SEMILLAS

La germinación se lleva a cabo gradualmente por absorción de agua con temperaturas adecuadas y también, para ciertas especies, con suficiente luz.

Hay dos tipos de cotiledones: los cotiledones epigéicos (aéreos) asimilan; los hipogéicos (subterráneos) suministran alimentos de reserva.

A veces la germinación se desarrolla de modo extraordinario: en los géneros Rhizophora y Bruguiera las semillas germinan en la fruta aún en el árbol; antes de caer la fruta el hipocotiledón crece, por ejemplo hasta 10-40 cm.

En general se obtienen los mejores resultados de la germinación con semillas frescas.

En observaciones de la germinación se anota, el número de plantitas con desarrollo normal en relación al número de semillas observadas, también, la fecha del comienzo de la germinación, la de germinación máxima y cuando el 80 por ciento de las semillas ha germinado.

Muchas veces se determina el porcentaje de germinación en condiciones óptimas (por ejemplo, sobre papel de filtro húmedo en discos de Petri) pero en los trópicos también se hace esto en condiciones de campo.

Existen varias especies, de las cuales las semillas germinan sólo después de un período de reposo: la semilla necesita más tiempo para madurar porque el embrión todavía no es suficientemente maduro para germinar, o porque la semilla contiene sustancias que impiden la germinación y que deben ser descompuestas para hacer posible la germinación. A veces se puede favorecer la descomposición de esas sustancias por secación, por estratificación o por fermentación con ciertas sustancias.

También semillas con piel muy dura requieren un tratamiento especial para obtener una germinación acelerada. De tales semillas no se determina el porcentaje de germinación, pero sí la intensidad de la respiración; esto se hace con sales de Selenio o tetrazólico.



## ELECCION DE ESPECIES

La elección de las especies para plantaciones forestales es determinada por: a) las exigencias ecológicas de las especies.

b) El objetivo principal de la plantación: protección o economía.

### CLIMA

Precipitación: los siguientes aspectos o factores son importantes:

- Precipitación anual media.
- Distribución de la precipitación, número de meses secos.
- Forma de la precipitación (nieve, lluvia, etc.); intensidad de la lluvia.
- Frecuencia de años extremadamente secos o húmedos.
- Humedad relativa durante las diferentes épocas.
- Número de días con neblina o nieve.

Temperatura:

- Promedio anual.
- Variación durante el día y la noche.
- Promedio de las máximas y de las mínimas mensuales.
- Frecuencia de temperaturas extremas.
- Número de días bajo cero.

Se necesitan datos sobre un gran número de años (más de 30). Generalmente deben buscarse condiciones similares para la introducción de especies forestales ('homoclima'). El clima local sin embargo, puede diferir del clima general debido a:

- a. Altitud (la temperatura disminuye, la nubosidad y humedad relativa aumentan hacia altitudes más elevadas; diferencia entre los lados de una montaña o colina).
- b. Distancia del mar, vientos predominantes.
- c. Exposición a vientos alisios, monzones y locales.

Otros factores importantes son el carácter de las formaciones vegetales naturales y la adaptabilidad de las especies. Esta última depende de la amplitud ecológica de las especies: las especies tropicales de Pinus se pueden plantar, a menudo, en regiones con temperaturas mínimas mensuales un poco más elevadas; Eucalyptus spp. se puede plantar a menudo en regiones más secas que en las áreas de origen.

Las especies de gran adaptabilidad son, a menudo, especies pioneras: especies heliófilas, sin exigencias altas en cuanto al suelo, pero prefieren

un buen drenaje; especialmente aquellas especies pioneras con copas pequeñas y fustes rectos. A menudo también son especies de un área natural muy grande, con una gran variación genética: variedades o proveniencias locales.

La proveniencia es determinante para la calidad y cantidad de la producción y para la resistencia natural contra enfermedades y plagas.

Se prefiere la recolección de semillas en masas forestales localmente presentes, de buen crecimiento.

### SUELO

Los siguientes factores son importantes:

- Profundidad (material padre, capas impermeables, nivel de la capa freática).
- Textura (permeabilidad, capacidad de retención de agua).
- Contenido de materia orgánica.
- pH.
- Fertilidad (macro y micro elementos).

Para determinar el mejor uso de la tierra es útil disponer de planos del suelo y, para los forestales, de mapas de aptitud del terreno para ciertas especies. Es necesario determinar empíricamente la relación entre el crecimiento de los árboles y el perfil del suelo mediante:

- a) Análisis del suelo y crecimiento del bosque en parcelas experimentales homogéneas.
- b) Preparación de planos detallados del suelo en áreas experimentales (20-100 ha) de una especie de una edad, método de plantación y manejo.
- c) Análisis de diferentes especies y suelos en áreas más grandes (500-1000 ha).
- d) Observaciones incidentales.

### FACTORES BIOTICOS

Relaciones entre las plantas mismas; competencia con malezas y con otros árboles; sensibilidad para daños y ataques de animales forestales (insectos), hongos, especialmente en monocultivos.

Cuando se introducen especies exóticas, el experimento deberá ser decisivo. Cuando se plantan especies exóticas es necesario estar preparado ya que:

- El crecimiento y calidad a veces difieren del lugar de origen.

de 12 cm), tirándola como si fuera una sierra. También es posible con un cuchillo que funcione como cortador de las raíces. Se maneja este cuchillo detrás de un tractor, en combinación con una reja o un disco vertical, para la poda vertical de las raíces.

Existen especies, de las cuales la raíz pivotante no debe ser cortada. En regiones áridas la siembra directa es mejor, porque repicar y transplantar en sequía hace las plántulas sufrir demasiado.

Durante uno o dos meses antes de la plantación, se reduce progresivamente la cantidad del agua de riego para hacer las plantas más resistentes a cualquier sequía que eventualmente pudiera sobrevenir a poco tiempo de plantadas. El grado necesario de atemperación depende de las condiciones en el lugar de la plantación.

Cuando se introduce especies de Pinus puede ser necesario utilizar técnicas especiales de cultivo debido a la falta de micorriza.

#### CALIDAD DE LAS PLANTULAS DE VIVERO

La calidad debe ser tal que se obtenga un alto porcentaje de sobrevivencia y un buen crecimiento durante el primer año, pero esto depende también del método de plantación y de la calidad del suelo.

Antes de hacer la plantación hay que seleccionar las plantas, en el vivero esto es más fácil que en el lugar de la plantación; se botan las plantas enfermas, dañadas, deformadas, etc.

Como norma de las plántulas se toman, a veces la edad, la frecuencia de transplantación y, a cierta edad, el tamaño de la parte aérea.

El criterio, sin embargo, para determinar la calidad de las plántulas es cierta proporción entre la parte aérea y la subterránea de cada plántula, cierta proporción brote-raíces. Esta proporción muchas veces resultó estar relacionada con cierta proporción entre el largo del tallo (cm) y el diámetro del cuello (mm), obtenidos en cierto período con cierto espaciamiento en las camas. A través de experimentos se debe determinar la proporción más favorable. Pero, a menudo, en los trópicos se selecciona tomando en cuenta solamente el largo del tallo.

#### PROTECCION DE LAS PLANTULAS

El clima puede ser desfavorable en cuanto a ciertos aspectos:

- Demasiada precipitación; solución: terrazas, drenaje, techo sobre las camas.
- Demasiado sol; solución: techo.

- Viento; solución: rompevientos, no demasiado compactos, tienen una influencia a una distancia hasta de aproximadamente 10 veces la altura.

Las medidas contra animales pueden incluir cercas (ganado, caza), cebos y captura (roedores), el empleo de insecticidas como heptacloro, aldrin, dieldrin (contra gryllidae, termites, hormigas, rosquillas negras (Agrotis)), cuadros de alambre tejido (pájaros).

La 'pudrición del cuello', 'pudrición acuosa' o 'salcocho' ("damping off") es una enfermedad causada por hongos que atacan las plantitas enseguida después de la germinación. Estos hongos generalmente pertenecen a los géneros Pythium, Rhizoctonia y Fusarium. Un ambiente óptimo para estos hongos son las condiciones muy húmedas, mal drenaje, pH alto y presencia de material orgánico fresco. Hay que evitar la sombra excesiva, y la excesiva densidad de siembra. Un alto contenido de calcio también favorece la enfermedad. Medidas preventivas: rotación de cultivos y tratamientos con ácido sulfúrico, sulfato de aluminio 48 horas o menos antes de la siembra. También se aplica formaldehida, ácido acético, sulfato de cobre y bromuro de metilo. Este último se aplica durante 48 horas bajo una cubierta plástica y afecta también los nematodos. Contra los nematodos también se usa a veces vapor o bisulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>)

Deshierbes: las malezas apenas aparecen, deben ser arrancadas, porque después dañan el suelo alrededor de las plantitas. También se pueden emplear herbicidas selectivas o aparatos mecánicos (como fresadoras). Entre los herbicidas se encuentran los aceites minerales, bromuro de metilo + cloropirina (aplicar tres días antes de la siembra), alcohol alílico + bibromuro de etileno (aplicar siete días antes de la siembra).

#### OTROS TIPOS DE PLANTAS PARA PLANTACIONES

Brinzales Espontáneos del Bosque: no sirven en gran escala.

Toconcillos de Vivero ("root and shoot cuttings"): son estacas, una parte tallo otra raíz, se pueden plantar con poca protección. El mejor tamaño debe determinarse por experimentos. No se pueden emplear toconcillos de todas las especies, es imposible con las coníferas; en las regiones áridas hay pocas especies aptas, por ejemplo con Eucalyptus y Acacia es muy difícil, pero sí es posible con Albizzia lebeck.

Las ventajas de toconcillos de viveros son:

- a) Fáciles de plantar y transportar.
- b) Alto porcentaje de éxito.
- c) Sistema sencillo.
- d) Dependen menos del tiempo

Desventajas:

- a) Pudrición de raíces y tallo.
- b) Ataques de termites.

Para teca se han establecido las siguientes normas en cuanto al tamaño más apto de los toconillos:

País	Largo del Tallo (cm)	Diámetro del Tallo (cm)	Largo de Raíces (cm)
India	2,5 - 5	1,5 - 2,5	20 - 30
Trinidad	2,5 - 5	1,25- 2,5	15 - 20
Indonesia	2	1,1 - 1,5	15

Plantones Deshojados ("striplings"): son plantones puestos a distancia de 1 x 0,75 m de 0,75 - 2,50 m de alto. Se cortan todas las ramas y las hojas excepto las hojas más altas, a veces se corta la parte fresca del tallo y se plantan después de podar las raíces; por ejemplo, en el Africa Occidental se aplica este método para el enriquecimiento de los bosques con Meliaceae.

Tocones Altos ("tall stumps"): con fuste hasta de 60 cm, diámetro del tallo 5 cm.

Plantas Despuntadas ("truncated plants"): son plantas de las cuales se ha podado ligeramente la raíz y cortado la yema terminal y las hojas recién formadas. Se emplean sobre todo en el caso de especies que no brotan fácilmente de cepa o que hay que plantar en condiciones rigurosas, bajo las cuales los plantones deshojados sufrirían necrosis. Este método es muy útil, por ejemplo, para ciertos eucaliptos que se aprovechan para leña.

Plantitas de Vivero ("seedlings"): ciertas especies no soportan la poda de las raíces o de los brotes, y no se pueden repicar ni plantar de asiento a menos que se extraiga la planta completa, casi o intacta. Estas especies hay que sembrarlas directamente o plantarlas como plantitas de vivero. Como ejemplo se puede mencionar Aucoumba klaineana, que se planta mucho en Gabón.

Estacas ("cuttings"): cortadas de brotes bien lignificados, 1 - 1,5 cm de diámetro, 20 - 25 cm de largo. Se deben plantar profundas y bien fijas. Géneros tropicales que se prestan bien para hacer estacas son Ficus, Erythrina, Ceiba, bambús, y en regiones áridas, Tamarix articulata.

Estacas de Raíz ("root cuttings"): 10 - 20 cm de largo, 0,5 - 2,5 cm de diámetro. Se plantan horizontal, oblicua o verticalmente. Por ejemplo, Dalbergia latifolia, D. sissoo (India), Albizia lebbeck (regiones áridas). De bambú: estacas de rizomas.

Brotos de Raíz ("root suckers"): Ciertas especies producen brotes de raíz que se pueden extraer y plantar. En el Africa se han plantado de esta manera Millingtonia, Ocotea usambarensis y Populus canescens.

Brotos de Cepa (Monte Bajo, "coppice"): principalmente de árboles jóvenes. En cada cepa se deja el mejor brote para formar el bosque. Ha sido aplicado con Tectona grandis y Shorea robusta como sistema de regeneración. También con Eucalyptus spp. para postes y leña.

Injertos de Púa ("grafts"), Mugrones ("layered branches"), Injertos de Escudete ("buds").

## VIVEROS FORESTALES

Para establecer plantaciones forestales raramente sirve la siembra directa; el cultivo de plantas en vivero es necesario especialmente en los siguientes casos:

1. Si se trata de especies con semillas muy pequeñas.
2. Si las semillas tienen un bajo porcentaje de germinación.
3. Para economizar semillas.
4. Si el periodo de germinación es muy largo.
5. Si se necesita sombra para la germinación.
6. Si es necesaria una técnica especial en el cultivo.
7. Para obtener plántulas fuertes.
8. Para obtener plántulas en reserva para llenar el campo, una vez establecida la plantación.

Generalmente los viveros se dividen en tres tipos:

- 1) Viveros volantes (1 año en uso).
- 2) Viveros temporales (algunos años en uso).
- 3) Viveros permanentes (permanente en uso).

Los viveros permanentes sirven especialmente para producir grandes cantidades de plántulas, si se requiere una técnica especial, y si el cultivo requiere provisiones especiales. Una buena organización y personal calificado también son necesarios.

Es importante escoger cuidadosamente la ubicación de un vivero permanente; esto debe tener las siguientes características:

- a. Ubicación central.
- b. Buena accesibilidad.
- c. Suelo adecuado: suelos profundos y areno-arcillosos, con buen pH y contenido de materia orgánica; en pendientes es necesario hacer terrazas.
- d. Cercana a una fuente de agua de buena calidad y con suficiente cantidad: 1-2 m<sup>3</sup> diario por 10.000 plantas.
- e. Protección contra vientos fuertes.
- f. Suficiente labor disponible a corta distancia.

El vivero debe tener un tamaño adecuado, una forma regular, una cerca y debe estar dividido en bloques separados por caminos anchos. Son de mucha importancia los siguientes puntos:

- La provisión regular de agua: Esto es necesario para obtener un buen desarrollo de las raíces. En muchos casos, todavía se suministra el agua con la mano, lo que cuesta mucho trabajo y da a menudo un riego

irregular; la boca de las regaderas debe ser muy fina.

Para obtener un suministro regular de agua se aplica, a veces, irrigación superficial o subterránea, pero se prefiere un equipo automático de riego aéreo con rociadores móviles, oscilantes o rotantes.

- El mantener la fertilidad del suelo del vivero: Para esto una fertilización regular es necesaria, basada en análisis del suelo y de las plantas. Se prefiere la fertilización orgánica (abono natural bien podrido). También se trae a veces la capa superior de un suelo forestal para mejorar el suelo del vivero. Otras posibilidades son fertilizar con 'compost' (basura bien podrida) y aplicar una alternación de cultivos (plantas forestales y leguminosas como Tephrosia, Centrosema, Crotalaria, Pueria o Pennisetum).

### CULTIVO DE ARBOLES FORESTALES PARA PLANTACIONES

Se limpia el terreno, se retiran piedras y troncos; se hacen los caminos y los bloques y se prepara el suelo. Se forman las camas de cultivo, 1 m de ancho, separadas por sendas; las camas deben estar un poco elevadas, los bordes deben ser robustecidos.

Las semillas se ponen individualmente en surcos, a una profundidad de 1-1 1/2 x el largo de las semillas, cubriendo las mismas con arena gruesa y apretar ligeramente (por ejemplo, con un laminador de 50 kg), o se siembran sin ningún ordenamiento. Esta parte se puede mecanizar.

El suelo debe mantenerse húmedo; se puede cubrir con hojarasca o aserrín. En regiones áridas, para este fin, se utilizan láminas de polietileno negro. También hay que construir un tipo de techo sobre las camas y mantenerlas limpias (libres de malas hierbas).

Las semillas muy finas hay que sembrarlas primero en almácigas, después de la etapa de cotiledones se repican a las camas (como se hace también con plantitas recién germinadas de especies de semillas grandes). El repicado favorece el desarrollo de un sistema de raíces compactas y bien ramificadas. Ya que la planta es muy débil en esta etapa, es necesario hacer las condiciones óptimas.

Muchas veces no se pueden plantar las plántulas a raíz desnuda, entonces hay que utilizar plántulas con tierra adherida a las raíces o plántulas en potes. Los potes que se utilizan son muy diferentes: medias latas de gasolina, macetas de fibra de banano, tubos de barro cocido, tubos de bambú, varios recipientes de fábrica de plástico, papel encerado y otros materiales sintéticos. También se puede repicar directamente a cajas de madera de tal tamaño que sirvan hasta el momento de la plantación.

Para obtener raíces de buena forma, es necesario podarlas regularmente, especialmente la raíz pivotante. En camas elevadas, esto lo hacen dos personas con una cuerda por debajo de la cama (a una profundidad, por ejemplo,



- El método de cultivo debe ser conocido.
- La calidad de la semilla debe ser analizada.
- Se pueden obtener indicaciones importantes de resultados en regiones similares.
- La especie que se quiere introducir, puede ser susceptible a enfermedades y plagas locales.
- Es posible que se introduzcan enfermedades con las semillas o plantas introducidas mientras faltan los predadores naturales.

Al principio siempre se deben plantar en pequeña escala, seguido por plantaciones en mayor escala, después de comprobar que la especie se puede adaptar bien a las condiciones locales.

En regiones áridas y semi-áridas las posibilidades de producción son limitadas por falta de agua. Es necesario utilizar un espaciamiento amplio, especies con raíces extensivamente desarrolladas. Esto significa una influencia desfavorable en la forma del fuste y en la poda natural. Las cantidades de madera disponible en estas regiones son a menudo escasas por lo que sigue siendo de importancia el aspecto de producción.

Los bosques son a menudo necesarios para la protección del suelo, para la fijación de suelos movedizos. En estas regiones se emplean mucho los rompevientos para disminuir la velocidad del viento, la evaporación, lo que hace posible la agricultura, sobre todo donde la humedad relativa es alta (cerca de los mares).

A menudo los climas secos se caracterizan, además de la poca precipitación, por las temperaturas extremas. La precipitación anual generalmente varía mucho, a menudo casi toda la lluvia de un año cae en períodos muy cortos, lo que resulta en mucha erosión.

La capacidad de retención de agua del suelo es determinante para las posibilidades de plantación. Esta característica sin embargo, puede variar considerablemente a pocas distancias. Por eso las plantaciones requieren un planeamiento detallado, eventualmente se puede sacar indicaciones sobre el suelo, de la vegetación natural presente.

En estas regiones se pueden emplear solamente especies que soportan la sequía y que tienen raíces amplias y profundas. A veces también tienen que soportar temperaturas muy bajas y altos contenidos de sal en el suelo. Es posible establecer plantaciones forestales que sirven al mismo tiempo para el ganado (oveja, bóvido, cabra, camello): alimentos para el ganado y producción de leña. A veces es posible plantar especies de climas un poco diferentes. Ejemplos:

- Pinus brutia (de Turquía): se puede plantar más al sur en regiones con temperaturas mínimas más elevadas.

- Eucalyptus camaldulensis: que crece en Australia a lo largo de ríos, en regiones con 450 mm de precipitación anual; crece bien en el Medio Oriente y en el Africa Septentrional, con una precipitación anual de 300 mm.

CF/CF-209  
IICA-CTEI  
1 de diciembre de 1972  
Jacob Sterringa  
JTS/ehl