

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2006

IMPORTANCIA DE LAS PLANTACIONES FORESTALES DE *Eucalyptus*

Rosa Martínez Ruiz, Hilda S. Azpíroz Rivero, José Luis Rodríguez De la O., Víctor M.

Cetina Alcalá y M. A. Gutiérrez Espinoza

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol.2, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 815-846



IMPORTANCIA DE LAS PLANTACIONES FORESTALES DE *Eucalyptus*

IMPORTANCE OF THE FORESTS PLANTATIONS OF *Eucalyptus*

Rosa Martínez-Ruiz¹; Hilda S. Azpíroz-Rivero²; José Luís Rodríguez-De la O³; Víctor M. Cetina-Alcalá⁴ y M. A. Gutiérrez-Espinoza⁵

¹Profesora Investigadora. Programa Forestal. Universidad Autónoma Indígena de México. Correo Electrónico: ruizrosa@uaim.edu.mx. ²Laboratorio de Biotecnología y Germoplasma Forestal-INIFAP. Correo Electrónico: Azpíroz.hilda@inifp.gob.mx. ³Laboratorio de Cultivo de Tejidos-UACH. Correo Electrónico: jríguez@correo.chapingo.mx ⁴Programa Forestal-Colegio de Posgraduados. Correo Electrónico: vicmac@colpos.mx. ⁵Programa de Fruticultura-Colegio de Posgraduados. Correo Electrónico: alex@colpos.mx

RESUMEN

El consumo mundial de madera se reparte entre las necesidades energéticas, leña y carbón vegetal (más del 50 %), la madera de aserrío, postes, apeas y construcción (20 %) y la dedicada a la industria de la celulosa y el papel (27 %). Las previsiones mundiales para el consumo de madera en el año 2000 superan los 4 000 millones de m³, lo que supone un déficit de 1 000 millones. En el mundo hay un déficit tanto de madera como de energía, lo que convierte a la producción forestal en un objetivo prioritario. El género *Eucalyptus* ha sido y es uno de los recursos forestales más utilizado industrialmente en el mundo entero. Originarios de Australia, presentan una enorme diversidad, con más de 600 especies diferentes. Su madera resulta adecuada para muy diversos usos: consumo doméstico, leñas de alto poder calorífico, producción de carbón vegetal, estructuras de edificios, postes para comunicaciones, suelos de parquet, pasta celulósica, apeas de mina, sujeción de taludes, o para elaboración de tableros de fibras. De su celulosa pueden fabricarse múltiples productos de uso cotidiano: sanitarios, pañales e higiénicos; derivados como el celofán o la cola de empapelar; fórmica y otros laminados, papeles especiales, filtros, papeles electrónicos; así como elaboración de fibras textiles como el rayón. La demanda de productos derivados de la madera de eucalipto sigue siendo, a nivel internacional, la que muestra un mayor crecimiento sostenido.

Palabras clave: Silvicultura, plantaciones, *Eucalyptus*.

SUMMARY

The worldwide consumption of wood is distributed between the energy necessities, firewood and charcoal (more than 50 %), the sawmill wood, posts, dismount and construction (20 %) and the dedicated to the industry of the cellulose and the paper (27 %). The world previsions for the wood consumption in the year 2000 surpasses the 4000 m³ millions, what supposes a shortage of 1000 millions. There is a shortage in the world of wood as of energy, what converts to the forest production in priority objective. The *Eucalyptus* has been and is one of the forests resources industrially more used in the entire world. Originated from Australia, it presents an enormous diversity, with more than 600 different species. Its wood is suitable for many uses: domestic consumption, firewood of high calorific power, charcoal production, building structures, posts for communications, parquet ground, cellulose pulp, mine wood, bank subjection, or for fiber board manufacture. From its cellulose multiple products of daily use can be made for example: health paper swaddling clothes and hygienic, derived products as the cellophane or the wrapping paper, formic and other sheets, special papers, filters, electronic papers; as well as manufacture of textile fabrics as “rayon”. The request of derivation products of the eucalyptus wood is still very high world wide, the one that shows a sustained growth.

Key words: Forestry, plantations, *Eucalyptus*.

INTRODUCCIÓN

Las zonas tropicales de México pueden considerarse como de gran potencial para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales, ya que considerando su posición geográfica, reciben grandes cantidades de energía solar, lo que junto con las condiciones favorables de suelo y clima que las caracterizan, permiten un crecimiento adecuado de las especies arbóreas, además de su cercanía relativa a los países consumidores presentan ventajas para la comercialización de lo que se produzca en ellas.

El establecimiento de plantaciones forestales comerciales en nuestro país, se ha limitado principalmente a la protección de áreas degradadas, y pocos son los ejemplos de poblaciones establecidas con fines comerciales. Sin embargo; debe señalarse que en la actualidad muchas industrias y organizaciones ligadas a la actividad forestal, están estableciendo o planean establecer plantaciones para satisfacer parte de sus necesidades en materia prima, ante la inminente escasez y alejamiento de las fuentes productoras en algunas regiones del país.

Además debe señalarse la alta prioridad que el gobierno federal ha otorgado al Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), que puede constituirse en la base para el aprovechamiento del potencial de las regiones tropicales y llevar a cabo el establecimiento de plantaciones forestales comerciales con diferentes especies en el país.

Dentro de las especies promisorias se encuentra el eucalipto, que representa una de las mejores opciones para el Sureste de México, De acuerdo a estimaciones obtenidas para detectar áreas susceptibles al establecimiento de plantaciones comerciales forestales, que sin duda, se ratificarán con el Inventario Nacional Periódico. México cuenta con aproximadamente 11 millones de hectáreas aptas para estos propósitos. Dentro de éstas, en el sureste mexicano se tiene potencial para las plantaciones de eucalipto. La experiencia generada en otros países ha demostrado que, además de los beneficios económicos para la población que significa el cultivar plantaciones de eucalipto, Estas plantaciones son una alternativa eficaz para disminuir la alta tasa de deforestación de las selvas naturales y preservar nuestra biodiversidad.

La silvicultura debe cumplir dos objetivos básicos de la gestión forestal actual, mantenimiento de la diversidad de los bosques naturales para la conservación y la utilización de los recursos genéticos, y mejoramiento genético en las plantaciones forestales.

IMPORTANCIA DE LAS PLANTACIONES FORESTALES

Aunque las estimaciones varían, la superficie total de plantaciones forestales en el mundo alcanza entre 120 y 140 millones de hectáreas. Lo que es menos dudoso es el aumento de las nuevas plantaciones (forestación) tanto en los países templados como en los tropicales. Especialmente en los trópicos la tasa actual de plantación es de 2 a 3 millones de hectáreas anuales, es el doble de la registrada en los años 60's y 70's (FAO, 1993). La finalidad de estas plantaciones es sobre todo para la producción industrial o para uso doméstico como postes de construcción, leña y forraje.

La decisión de elegir qué especie se va a plantar es del productor, que por lo general elegirá la especie que le deje mayores ganancias; las exóticas o introducidas, ya que en el país no hay programas que apoyen con incentivos económicos las plantaciones de especies nativas, debido a la falta de investigación suficiente que pueda dar un soporte para desarrollar un sistema de aprovechamiento forestal (Jalota, *et al.*, 2000). Por otra parte el establecer plantaciones con especies nativas es de vital importancia, pero no se ha realizado suficiente investigación y se conoce muy poco sobre ellas. Por lo tanto, al realizar plantaciones con especies nativas se contribuirá a que no desaparezcan, conservándose presentes dentro de los ecosistemas y en consecuencia se crea la necesidad de su estudio para su buen aprovechamiento forestal (White y Marin, 2002).

Las principales ventajas que presentan las especies nativas son que permiten la conservación de especies, disminuye la degradación de los suelos y permiten la conservación de nichos ecológicos (Kellison, 2002). Por otro lado las especies introducidas pueden producir beneficios en menos de 7 años, incrementar la producción de productos

forestales a corto plazo, lo que permite la disminución en la fuga de divisas y el amortiguamiento en la tala inmoderada (Kellison, 1999).

El uso de especies introducidas ofrece en la mayoría de los casos ventajas contra otras especies nativas, comparándolas en velocidad de crecimiento y turnos de aprovechamiento mas cortos, que son fundamentales para desarrollar proyectos forestales financieramente viables (White y Marin, 2002).

En el trópico, con el uso de especies nativas se obtendrían incrementos anuales del orden de 5 a 10 m³/ha/año en turnos mínimos de 15-20 años, mientras que con especies de *Eucalyptus* los crecimientos serían del orden de 30 a 50 m³/ha/año y los turnos se reducirían de 7-10 años (Lindenmayer y Cunningham, 2000).

La selección de las especies a utilizar en una plantación forestal comercial debe ser acorde con las características agroecológicas del área a plantar y con los productos que se espera obtener (Binkley, 2000). Las principales especies utilizadas en zonas de clima templado son los pinos y para los climas tropicales figuran las especies de eucalipto, teca, melina, caoba, cedro y paraíso (Cuadro 1). Entre los principales productos que se pueden obtener son los productos celulósicos, madera aserrada, tableros contrachapeados, tableros aglomerados y árboles de navidad (Cuadro 2).

Cuadro 1. Productos a obtener y especies usualmente utilizadas en clima cálido-húmedo.

OBJETIVO/PRODUCTO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	TURNO
Celulósicos	<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto	7-10 años
	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Eucalipto	7-10 años
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	7-10 años
	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	8-10 años
	<i>Melia azadarach</i>	Paraíso	8-10 años
	<i>Pinus caribaea</i>	Pino caribe	10-12 años
Madera aserrada	<i>Pinus caribaea</i>	Pino caribe	15-20 años
	<i>Tectonia grandis</i>	Teca	15-20 años
	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro rojo	20-25 años
	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	20-25 años
	<i>Tabebuia rosea</i>	Primavera	20-25 años
Tableros aglomerados	<i>Eucalyptus spp</i>	Eucalipto	10-12 años
	<i>Pinus caribaea</i>	Pino caribe	20-25 años
Triplay	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro rojo	30-35 años
	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	30-35 años

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR, 2001.

Existen estadísticos generales que proporcionan las tasas relativas de plantación de árboles en distintas zonas del mundo. Las plantaciones más importantes realizadas en el mundo con especies de rápido crecimiento son en Brasil con 700 000 ha, en Argentina, Chile y el Pacífico con 750 000 ha. Del total de especies utilizadas, 25 % de las plantaciones son especies de coníferas, principalmente *A. agustifolia*, *P. patula* y *P. radiata*. Entre las especies latifoliadas, de *Eucalyptus* se tiene aproximadamente 1.3 millones ha y de *Tectona grandis* un millón de hectáreas (SEMARNAT, 2001).

Cuadro 2. Productos a obtener y especies usualmente utilizadas en clima templado-frío.

OBJETIVO/PRODUCTO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	TURNO
Celulósicos	<i>Eucalyptus spp</i>	Eucalipto	10-12 años
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	10-12 años
	<i>Pinus spp</i>	Pino	12-15 años
Madera aserrada	<i>Pinus spp</i>	Pino	20-15 años
Tableros contrachapados	<i>Pinus spp</i>	Pino	30-35 años
Tableros aglomerados	<i>Eucalyptus spp</i>	Eucalipto	10-15 años
Arboles de navidad	<i>Cedrela sp</i>	Cedrela	3-4 años
	<i>Chamaecyparis sp</i>	Chamaecyparis	3-4 años
	<i>Pinus ayacahuite</i>	Pino	5-8 años
	<i>Pinus cembroides</i>	Pino	5-8 años
	<i>Pinus radiata</i>	Pino	5-8 años
	<i>Abies religiosa</i>	Oyamel	7-10 años

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR, 2001.

Las plantaciones de especies de rápido crecimiento en 1965 se estimaron en 150 000 ha/año en Latinoamérica, 120 000 ha/año en Asia y el pacífico y 50 000 ha/año en África (BIOFOR, 2002). Para 1990, 8.6 millones de hectáreas habían sido dedicadas a plantaciones forestales. Casi 373 000 ha se plantan anualmente en América tropical, lo que equivale al 4 % del área ya plantada. Estos datos incluyen la replantación, por lo que probablemente menos de la mitad de esta cantidad es el aumento neto de la superficie plantada por año (BIOFOR, 2002).

Podemos observar en el Cuadro 3 que de aproximadamente 34,789 000 ha de plantaciones forestales a nivel mundial entre 1980 y 1990 en América Latina, Brasil ocupa el primer lugar con 700,000 ha plantadas y México ocupa el séptimo lugar con 155,000 ha plantadas. Países que a pesar de contar con una superficie pequeña han puesto interés en el aprovechamiento de plantaciones forestales son por ejemplo: Trinidad y Tobago con una

superficie territorial de 513 mil ha y tiene una superficie de plantaciones de 8 mil ha y Jamaica con una superficie de 1083 mil ha y con una superficie de 21 mil ha. El que sorprende es Cuba ya que teniendo tan sólo 10,982 mil ha de superficie total, tienen una superficie de 350 mil ha de plantaciones. Observando el comportamiento que presentan otros países y comparándolos con México, Colombia teniendo la mitad de nuestra superficie, tiene el doble de plantaciones forestales. En general podemos decir que otros países que tienen menos superficie, menos recursos y han sido golpeados muy fuertemente por fenómenos meteorológicos, tienen importantes superficies forestales. Lo que significa que en México hay un atraso en cuanto a superficie de plantaciones forestales tanto de reforestación como de plantaciones comerciales.

Cuadro 3. Plantaciones forestales en los trópicos en 1990 (en miles ha).

País	Superficie del territorio nacional	Plantaciones existentes	Razón anual de plantación* 1980-90
Belice	2,280	3	0.1
Bolivia	108,438	40	1.4
Brasil	845,651	7,000	279.2
Colombia	103,870	180	12.7
Costa Rica	5,106	40	3.7
Cuba	10,982	350	19.3
República Dominicana	4,838	10	0.4
Ecuador	27,684	64	2.1
El Salvador	2,085	6	0.5
Guatemala	10,843	40	2.5
Guyana	19,685	12	1.1
Guayana Francesa	8,815	0	0.0
Haití	2,756	12	1.1
Honduras	11,189	4	0.4
Jamaica	1,083	21	0.8
México	190,869	155	7.5
Nicaragua	11,875	20	1.8
Panamá	7,599	9	0.5
Paraguay	39,730	13	1.0
Perú	128,000	263	12.6
Surinam	15,600	12	0.4
Trinidad/Tobago	513	18	0.2
Venezuela	88,205	362	23.8
Total América	1,650,147	8,636	373.0
África	2,236,063	3,000	129.5
Asia y el Pacífico	892,137	32,153	2,104.1
Gran Total	4,778,347	43,789	2,606.5

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR, 2001.

Impacto de las plantaciones del eucalipto

El desarrollo sostenible se ha definido como aquel que permite cubrir las necesidades de la sociedad actual y mantiene vigente la posibilidad de que las generaciones futuras consigan las suyas; esta definición lleva implícitas tres características: equidad social, factibilidad ecológica y eficiencia económica (Binkley, 2000).

Se habla de que todo desarrollo que tenga como base los recursos forestales y otros recursos naturales debe hacerse en forma sostenible. Este concepto se ha utilizado desde el nacimiento de la práctica de la forestería como una ciencia y una profesión basada en el estudio del ambiente, como el rendimiento sostenido, que no es muy diferente, aunque tal vez un poco más estrecho, al de manejo sostenible (FAO, 1993).

En muchos países el establecimiento de plantaciones con especies exóticas como el eucalipto ha sido poco aceptado ecológica, social y políticamente, especialmente con respecto al impacto ambiental que éstas causan y en cuanto a la conservación de la biodiversidad. Por estas razones surge la preocupación por la estabilidad ecológica de las plantaciones. Aunque una de las motivaciones para la forestación es el mejoramiento del medio ambiente a través de la conservación del suelo y la regulación hidrológica, existen varias publicaciones que afirman un impacto negativo de plantaciones con especies exóticas sobre el ambiente. Sin embargo, a nivel de Latinoamérica y en especial en México, se han hecho muy pocos estudios. Por esto vale la pena revisar la literatura existente, muchas veces de otras áreas, y tratar de extrapolar los resultados a la realidad de México (BIOFOR, 2002).

El eucalipto. Una especie introducida

Una de las grandes críticas a las plantaciones comerciales es el uso de especies llamadas exóticas o introducidas en lugar de las naturales o nativas. Existen muchas definiciones y consideraciones acerca de qué es una especie nativa y una introducida, pero la única biológica y ecológicamente válida es la de considerar como especie nativa a aquella que se planta dentro de los límites de su distribución natural y como introducida a la que se planta fuera de esos límites (Boyle, *et al.*, 2001).

En primer lugar es conveniente mencionar que el uso de especies introducidas no es privativo de la actividad forestal, ya que una gran parte de la producción agropecuaria se basa en el uso de especies no originarias en la mayoría de los países (Sedjo, 2001).

Se pueden mencionar como especies introducidas en México al trigo, el arroz, el café, el algodón, el plátano, varios de los cítricos y la caña de azúcar, entre otras. También el ganado ovino, bovino y caballar son introducidos, como lo son las aves de corral y la mayoría de los pastos comerciales (BIOFOR, 2002).

Hay muchas opiniones sobre las ventajas y desventajas del uso de especies introducidas, dentro de éstas se menciona su desadaptación al ecosistema, incluyendo posibles daños a éste. Como una ventaja se menciona que estarían libres de sus plagas naturales, aunque también podrían estar expuestas a nuevas plagas y agentes patógenos (Guerinot y Salt, 2001).

La realidad es que la gran ventaja de considerar la posibilidad de incluir especies provenientes de otras regiones, es la de ampliar la base para una buena selección de especies que se adapten a las condiciones actuales de los sitios a plantar y cumplan con los objetivos de producción, económicos y financieros que se traen. Este proceso de selección de especies es de vital importancia y el punto de partida para programas de plantaciones exitosos (Lindenmayer *et al.*, 2000).

No existe ninguna prueba de que algún árbol introducido o nativo degrade por sí mismo al ambiente, ya que esto depende más del manejo que se dé a las plantaciones. Un ejemplo teórico es: suponer que dos áreas continuas con características ecológicas sensiblemente iguales son plantadas, una con una especie de cedro nativo y la otra con una de eucalipto; la primera se cosecha con tractores de oruga, para la corta y extracción, y la segunda con hacha o motosierra y cable aéreo. Como resultado, en la primera, la de la especie nativa, habrá compactación y peligro de erosión posterior; en la segunda, la de la especie introducida, esos riesgos serán mínimos. Así podría hablarse de otros aspectos de manejo silvícolas que no son intrínsecos a las especies y que pueden aplicarse bien o mal, independientemente de ellas (Richardson, 1998).

Por otra parte, y esto es deseable que se corrija, la información e investigación en plantaciones comerciales se restringe a unas pocas especies, la mayoría de ellas no naturales del país. También, las extensas revisiones que se han escrito analizando algunos de los efectos ecológicos de las especies más usadas en plantaciones en el mundo, se refieren a árboles introducidos (Boyle, *et al.*, 2001).

Por último, el estado de especie nativa o introducida es muy relativo y lo que hay que analizar es su valor y pertinencia para cada programa y lugar específico; por ejemplo, el *Pinus patula* es nativo de México e introducido en Australia, situación opuesta a la del *Eucalyptus*; sin embargo, ambas especies pueden cumplir múltiples funciones, tanto en Australia como en México (Bignell y Dunlop, 1998).

El eucalipto y su impacto en el agua

En la actualidad, de los efectos de los eucaliptos en el ambiente, no hay ninguna evidencia científica disponible que soporte que esta especie, ni ninguna otra, contribuyan a alterar el régimen de lluvias. En todo caso es bien conocida la función de los árboles para regular el ciclo hidrológico, a través de la intercepción del agua de lluvia favoreciendo su infiltración y el mantenimiento de una humedad relativa mayor que en terrenos descubiertos. El balance hídrico en cuencas hidrográficas reforestadas no difiere significativamente del que se ha determinado en otras cuencas con cobertura forestal natural (Rhoades y Binkley, 1996).

Con relación al consumo de agua excesivo y al abatimiento del manto freático, sucede lo mismo que en el caso anterior; ninguna especie forestal se comporta en forma sensiblemente diferente a otras, sea natural o introducida, en plantaciones o bosques naturales y su eficiencia por tonelada de materia seca producida es mayor que en cultivos como la caña de azúcar, frijol, maíz, trigo o alfalfa (León *et al.*, 1996).

El consumo de agua esta relacionado con la rapidez de crecimiento; en el caso de las plantaciones comerciales de eucalipto, habrá mayor consumo de agua que si se plantan especies con crecimientos menores. Sin embargo, no hay que olvidar que los árboles usan el agua como solvente de los nutrientes y para sus procesos fisiológicos, pero

intrínsecamente ni la pueden contaminar ni se la pueden "llevar" a ningún lado (PIAF, 1998).

Se ha probado inclusive la utilidad de los árboles de rápido crecimiento en sistemas agroforestales, en donde a pesar de la competencia por luz, agua y nutrimentos en las zonas cercanas a ellos, producen otros beneficios colaterales como la protección contra el efecto erosivo y desecante de los vientos, la reducción de costos de control de la competencia, la producción rápida de madera y leña, la protección al ganado y un mayor aprovechamiento de insumos como los fertilizantes (PIAF, 1998).

El eucalipto y su impacto en el suelo

Son varias las críticas que se hacen a las plantaciones forestales en relación con su impacto en las propiedades físicas y químicas del suelo, principalmente en su fertilidad. En general mucho del éxito inicial de las plantaciones forestales depende de la preparación del suelo para el establecimiento de los árboles y del control de la vegetación competitiva, al menos mientras se produce el cierre de copas (Moreira, *et al.*, 1998).

Si esta preparación no se realiza de acuerdo con las características físicas del suelo, con la topografía de los terrenos y la vegetación de cobertura no se maneja adecuadamente, se puede exponer al suelo a la intemperización excesiva, la lixiviación y la erosión (Laclau, *et al.*, 1998).

Una vez establecidos los árboles y la cobertura vegetal subyacente, las plantaciones protegen al suelo igual y en ocasiones mejor, que una cobertura de árboles naturales. En este punto es conveniente destacar la importancia de las buenas prácticas silvícolas para lograr lo anterior; buena preparación del suelo y el uso de la densidad y distribución adecuadas (Guerinot y Salt, 2001).

Otra crítica puede presentarse en el momento de la cosecha, donde el uso indiscriminado e inadecuado de maquinaria puede producir erosión y compactación, pero esto no es privativo del aprovechamiento de las plantaciones, ya que también puede suceder en la explotación de bosques naturales. Una vez más, las buenas prácticas silvícolas y de manejo pueden evitar estos problemas (Medeira, *et al.*, 1998).

La cantidad de nutrimentos disponibles en el suelo esta relacionada con el material madre del que se formó; ellos son adicionados y repuestos a través del intemperismo de ese material, de la precipitación y además, en el caso del nitrógeno, por la fijación biológica (White y Molnar, 2002).

Si estos procesos no se dan con la rapidez suficiente para reponer lo que extraen los árboles o cualquier otro cultivo, incluyendo los pastizales, el suelo no tendrá la capacidad de proporcionar los nutrimentos necesarios para sostener esos rápidos crecimientos y altas producciones durante un tiempo indefinido (León, *et al.*, 1996).

Sin embargo, existen estudios que demuestran que alrededor de 70 % de los nutrimentos extraídos por los árboles se acumula en las hojas, ramas y corteza. Así la parte importante de la cosecha, los tallos o fustes principales, sólo contienen 30 % de los nutrimentos, de aquí que una de las prácticas mas recomendables es la de no efectuar aprovechamientos que impliquen la remoción de árboles completos, dejando la mayor parte de los residuos en el sitio y tomando medidas para promover su integración rápida al suelo y acelerar su reciclaje; la práctica de quemar los residuos del aprovechamiento no es recomendable (Medeira, *et al.*, 1998).

Por último, existe el recurso de fertilizar los sitios de acuerdo con las necesidades, lo cual no sólo es posible con fertilizantes comerciales, sino también con otros materiales tales como rocas minerales, estiércoles, compostas y abonos verdes (Guerinot y Salt, 2001).

Si se utilizan de manera adecuada las plantaciones forestales, pueden cultivarse con fines múltiples, de manera que proporcionen leña y madera y, al mismo tiempo, formen un hábitat que atraiga a ciertas especies de animales. Se puede estimular a los mamíferos y a las aves que vivían habitualmente en bosques naturales a que regresen a un bosque reforestado con una mezcla de especies exóticas, dejando para ello algunos espacios abiertos y dejando que el sotobosque permanezca (Lima, 1996).

Botánica del eucalipto

La palabra "Eucalyptus" se deriva de las raíces griegas: *eu* que significa bien, y *Kalyptos*, que significa cubierto, en referencia a la cobertura de los botones florales por una pestaña

u "operculum" que cae cuando el pimpollo brota en floración. Los eucaliptos o "Gum trees" como se les denomina en su país de origen, Australia, constituyen allí los principales árboles forestales, dadas no sólo sus cualidades peculiares de tamaño, longevidad, grandeza de forma, dureza y de mas cualidades de su madera, sino también por el hecho de ser plantas genuinamente nativas del continente Australiano y por el gran valor económico que representa su explotación (Bignell y Dunlop, 1998).

La clasificación divide el género *Eucalyptus* de L'Héritier en siete subgéneros. Los subgéneros están divididos en secciones, series, subseries, superespecies, especies y subespecies. A los diferentes taxones identificados en la clasificación se les da un código, que consiste hasta en seis letras mayúsculas (Briones y Ineson, 1996).

Cada eucalipto se distingue por las características generales y dimensiones de su corteza en el estado adulto, hojas en plántulas juveniles y adultas y a veces, hojas de transición entre estas dos últimas fases, conocidas como hojas intermedias, ramas jóvenes, inflorescencias, forma de las yemas, estambres, frutos y semillas (Chen, *et al.*, 1996).

Ecología del eucalipto

Los tipos de bosque, de los cuales forma exclusiva el género *Eucalyptus*, están en estrecha conexión con las isohietas que caracterizan el clima del continente australiano (Gill y Williams, 1996).

Los eucaliptos son árboles esencialmente austro-malayos, con una dispersión natural en latitudes que se extienden desde 7° N a 43° 39' S. La mayoría de las especies actuales y de los mejores rodales naturales de las especies mas ampliamente plantadas se hallan al sur del Trópico de Capricornio. Sin embargo, los ensayos más recientes han demostrado que las fluctuaciones climáticas en Australia fueron acompañadas por modificaciones en el nivel del mar. Cuando éste subió, se inundaron extensas áreas de la Cuenca Central, cuando bajó, tanto Tasmania como Nueva Guinea o estaban unidas con la masa principal de tierras, o su separación era menos amplia (Clarke y Schedvin, 1999).

Muchas especies de eucaliptos tienen un grado más o menos elevado de plasticidad o de adaptación a condiciones ambientales diversas. Esta plasticidad explica el éxito conseguido

por los eucaliptos en los cultivos cada vez más amplios emprendidos en los distintos continentes.

Al establecer un cultivo, es indispensable conocer previamente las condiciones ecológicas de cada zona elegida, para seleccionar las especies que mejor se acomoden a ellas y que han de ser, naturalmente, muy similares a las imperantes en su hábitat de origen (Hofstede y Mena, 2000).

Entre los factores climáticos que más influyen en la difusión de una especie, se encuentran las heladas. La acción del frío tiene un carácter restrictivo que se ha de tener muy en cuenta, a fin de conocer la resistencia a las bajas temperaturas. Cada especie tiene sus límites térmicos, los que sin embargo, pueden ser modificados por otros factores. Tal es el caso de luz, que aumenta la resistencia al frío (Jalota, *et al.*, 2000).

Además está comprobado que las temperaturas altas durante el día, seguidas por las bajas nocturnas, dan lugar a la formación y acumulación de hidratos de carbono que determinan menos susceptibilidad al frío. Otro factor que puede moderar las bajas temperaturas, es la proximidad del mar, por la influencia de los vientos húmedos, la misma masa de agua que modera el frío, la humedad en el ambiente y la temperatura del suelo, éste factor que desde el punto de vista ecológico es mucho más importante que el aire. Los eucaliptos se pueden agrupar según su resistencia a las heladas, del siguiente modo (Kellison, 1999):

I. *Eucalyptus* no resistentes al frío

E. citridora, *E. calophylla*, *E. marginata*, *E. diversicolor*, *E. cornuta*, *E. gummifera*, *E. masculata*, *E. cladocalyx*, *E. propingua*, *E. corymbosa*, *E. capitella*, *E. planchoniana*, *E. exserta*, *E. eximiay* y *E. torquata*.

II. *Eucalyptus* que soportan heladas de poca intensidad

E. globulus, *E. resinifer*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. robusta*, *E. botryoides*, *E. urophylla*, *E. panuculata*, *E. crebra*, *E. siderophloia*, *E. gamphocephala*, *E. microcorrays*, *E. longifolia*, *E. astringens*, *E. bosistoana*, *E. grandis*, *E. occidentalis*, *E.*

salmanophloia, *E. triantha*, *E. microtheca*, *E. hemiphoia*, *E. punctata*, *E. smithii*, *E. deanei*, *E. pilularis* y *E. alba*.

III. *Eucalyptus* que soportan heladas más o menos intensas

E. camaldulensis, *E. Rudis*, *E. elaeophora*, *E. sieberiana*, *E. algerensis*, *E. pellita* y *E. maineni*

IV. *Eucalyptus* que soportan heladas muy intensas

E. coccifera, *E. urnigera*, *E. rubida*, *E. viminalis*, *E. bicostata* y *E. ovata*.

Las del primer grupo son especies que se adaptan a regiones húmedas y cálidas o medianamente húmedas. Las del segundo grupo son, en su mayor parte, especies de regiones cálidas o templadas, excepto *E. globulus* que crece en zonas frías, pero atemperadas por la acción de los vientos marinos. Las del tercer grupo se adaptan a zonas montañosas, valles húmedos. Al cuarto grupo pertenecen las especies indicadas para zonas de montañas con fuertes heladas, hasta de 20 °C bajo cero y nieve (Laclau, *et al.*, 1998).

Es evidente que los diversos factores climáticos, edáficos y bióticos no actúan independientemente, por lo tanto la acción de cada uno de ellos están íntimamente ligados a los demás. La resistencia a la sequía se debe, no sólo a los factores que establecen el equilibrio hídrico, sino a otros que actúan sobre el crecimiento durante ese período. No depende la resistencia a la sequía del menor consumo de agua, sino de la capacidad para soportar el marchitamiento. Por eso es importante conocer la cantidad de sustancias nutritivas que tiene la planta a su disposición en el suelo, humedad, salinidad, textura y estructura, sustancias perjudiciales, temperatura, profundidad, permeabilidad, etc., mas que las propiedades químicas, ya que los eucaliptos son poco exigentes en materias nutritivas.

En este sentido es un género que no presenta problemas porque sus numerosas especies se adaptan a los mas diversos suelos, ya sean arcillosos, limosos, aluviones, rocosos, etc., pudiendo algunos de ellos hasta tolerar la presencia de calcio que, en general, resulta nocivo porque impide la absorción de otros elementos (León, *et al.*, 1996).

Silvicultura del eucalipto

Planificación del cultivo

Cuando se realice una plantación con eucalipto, en términos generales, se deberán considerar los siguientes puntos (Boyle, *et al.*, 2001):

- Estudio físico de la parcela, estableciendo su superficie útil (separación de linderos, presencia de líneas eléctricas y telefónicas, conducciones de gas o agua), y calidad y características del suelo (fertilidad, encharcamiento). Un plano y la realización de zanjas para el análisis de suelos.
- Elección de la especie y procedencia de semilla más adecuada. Considere los factores limitantes. La climatología (frío, heladas, viento) condiciona la elección.
- Cálculo financiero de la inversión a realizar y turno de corta esperado. Previo a cualquier inversión en la implantación de un cultivo forestal es necesario conocer la rentabilidad del mismo.
- Obtención de los permisos correspondientes y solicitud de posibles subvenciones. Consulte las leyes y reglamentos forestales de acuerdo a la legislación correspondiente.
- Planificación y ejecución de los trabajos previos en el terreno. Una preparación defectuosa o inapropiada puede comprometer la rentabilidad de la plantación. La elección del marco y densidad de plantación adecuados influye en los crecimientos y condiciona las labores de mantenimiento y los aprovechamientos.
- Obtención de planta y realización de la plantación. Asegúrese de adquirir la planta a un proveedor que garantice su origen y calidad, así como manejar la planta con los cuidados necesarios.
- Labores de mantenimiento. Son imprescindibles durante los dos primeros años, favoreciendo los crecimientos y la protección de la plantación.

- Aprovechamiento del cultivo. Es aconsejable que sea realizado por especialistas, dados los requerimientos de seguridad y los conocimientos técnicos necesarios.
- Preparación de la siguiente cosecha. Después de la corta reinvierta parte del beneficio de la venta de la madera en preparar la siguiente cosecha (tratamiento de los restos de corta, selección de brote o nueva plantación) (Medeira, *et al.*, 1998).

El tamaño de la planta debe oscilar entre 15-20 cm de altura. No obstante, una planta puede ser apta si cumple los requisitos mencionados a continuación (Hancock y Hokanson, 2001):

- Las raíces no deben presentar enrollamientos ni deformaciones especialmente en la base del cepellón. El sistema radicular del cepellón no debe ser excesivamente denso, ni amarillento (indicaría un tiempo excesivo de permanencia en contenedor).
- La disposición de las hojas en el tallo o la distancia internudos no debe ser menor de unos 2 cm. La presencia de muchos pares de hojas rojizo/marrón y muy juntos unos de otros, es síntoma de planta muy envejecida y excesivamente dura.
- La planta debe presentar una sola guía principal no muy tierna ya que sería más sensible a daños tanto físicos (en transporte y manipulación) como de tipo fitosanitario.
- El estado fitosanitario de la planta ha de ser controlado de forma rigurosa desechándose toda planta con daños en tallo, raíces o inserciones de las hojas al tallo, bien sea por hongos o cualquier otro tipo de agente patógeno. En cualquier caso ha de salir del vivero revisada y tratada preventivamente.

El eucalipto es una especie con períodos cortos de producción en vivero. La planta no debe salir demasiado succulenta débil ni excesivamente endurecida. El periodo de producción varía entre 3 y 5 meses dependiendo de la especie (Klooster, 2000).

Mejoramiento Genético

Teniendo en cuenta la variabilidad en la distribución natural en su zona de origen (Australia), a lo largo de los Estados de Victoria y Tasmania se pudo clasificar en grupos por semejanzas a distintos niveles jerárquicos (por ejemplo: razas, subrazas, procedencias, localidad) (Madeira, *et al.*, 1998). El objetivo final de la red de ensayos de mejoramiento genético es determinar los mejores ecotipos para cada lugar y con la introducción de orígenes, familias, clones, subespecies e híbridos de eucaliptos, que nos permita contar con una base genética amplia para encarar futuros planes de mejoramiento genético (Plomion, 2001).

Al considerar el cultivo de eucalipto en el mundo, se observa que sobre un total superior a 600 especies que existen en la naturaleza, por su importancia industrial sólo 10 se destacan del resto, dentro de ellas el *E. globulus* es el preferido por la industria papelera basada en este género (Strauss, *et al.*, 2001). Dicha materia prima provee un tipo de pasta celulósica que dejó de ser un producto básico genérico (commodity) y pasó a ser un producto diferenciado (specialty) por el cual el mercado está dispuesto a pagar un sobreprecio.

Una vez cumplida la etapa de introducción y evaluación de materiales, el objetivo del plan de mejoramiento, es modificar la composición genética original, para facilitar la producción de semillas de aquellos individuos que mejores respuestas ofrecieron para las variables buscadas y para nuestras condiciones ambientales.

Además de seleccionar un origen idóneo de semilla, es posible mejorar genéticamente el eucalipto. Se denomina mejoramiento genético al conjunto de técnicas científicas y conocimientos biológicos que permite el uso de la información genética y cuya finalidad es la obtención de individuos, variedades o progenies con nuevas características o mejoramiento en productividad (Boyle, *et al.*, 2001).

Para efectuar el mejoramiento de forma natural, se han de seleccionar individuos sobresalientes capaces de obtener una descendencia superior. En primer lugar, se debe de estar seguro de que el carácter seleccionado (volumen, rectitud del tronco, etc.) es heredable, es decir que se transmite a su descendencia, a su semilla. La elección de un buen

árbol requiere de la observación meticulosa de sus caracteres y de la estimación de sus cualidades (Madeira, *et al.*, 1998).

Selección de Procedencias. Dentro de una misma especie se observan diferencias de comportamiento dependiendo de su zona de origen. A estas zonas de origen es lo que se denomina procedencia genética. Es un concepto semejante al de «raza» que nos permite seleccionar una fuente de material genético adaptado a nuestras condiciones (Nzila, *et al.*, 1998).

La selección de los árboles sobresalientes o individuos sobresalientes, puede llevarse a cabo en plantaciones o bien mediante el establecimiento de ensayos a partir de semilla seleccionada. En este tipo de ensayos los árboles son plantados guardando la identidad de las familias. Posteriormente, los árboles son comparados desde el punto de vista de sus familias. Si una familia tiene un comportamiento superior podemos atribuirle un componente genético que será transmitido a su descendencia. Así, el buen comportamiento del árbol seleccionado se debe no sólo a una cualidad del individuo, sino que esta relacionada con sus progenitores y por lo tanto, será heredable, transmitiéndose a su descendencia (Moreira, *et al.*, 1998).

Cuanta más información (caracterización molecular) se tenga de los individuos a seleccionar más eficiente será el proceso de mejoramiento. El conocimiento de las relaciones genéticas permitirá estimar la proporción de determinada característica controlada genéticamente (componente genético) y cuál es debida al lugar en el que crece (componente ambiental) (Klooster, 2000).

Por otro lado, los proyectos sobre mejoramiento de árboles no recibe insumos financieros o humanos suficientes. Esto ocurre sobre todo en los países en desarrollo donde los fondos de los programas nacionales e internacionales no son suficientes para realizar las actividades esenciales antes indicadas. En México, las investigaciones más recientes están siendo dirigidas hacia especies forestales industriales como lo son: el pino, el cedro rojo, caoba, eucalipto, hule, neem, entre otras especies importantes. En éstas se han realizado diversos estudios relacionados para su mejor aprovechamiento (Merino, *et al.*, 2000).

El nivel técnico del personal e instalaciones inadecuados en casi todas las regiones agrava aún más estos problemas. Por lo que respecta a las especies no industriales, los principales obstáculos para un mejoramiento rápido son la escasez de recursos, aunada a la diversidad de necesidades de los usuarios, mucho más que las limitaciones biológicas (Spangenberg, *et al.*, 1996).

La distribución y los usos potenciales de mucha especies no se conocen bien, y es probable que sus acervos génicos estén amenazados. La implementación de programas de mejoramiento genético será una prioridad importante para estas especies. La experimentación con especies potencialmente útiles, la descripción de sistemas de reproducción masiva, los estudios de procedencias, el establecimiento de ensayos en diferentes ambientes, la aplicación de medidas de conservación de la diversidad genética y el inicio de otras actividades como la ingeniería genética que plantea importantes desafíos (Dye,1996).

Es importante que los genotipos obtenidos mediante ingeniería genética sean de alta calidad también con respecto a otros caracteres. El ensayo clonal es la base más lógica para la integración de la ingeniería genética en los programas tradicionales de mejoramiento de árboles. Por estas razones, la ingeniería genética se puede llevar a cabo más adecuadamente en las especies utilizadas en los programas de mejoramiento genético ya avanzados y en los que, siendo realistas, se puede contemplar la silvicultura clonal (Aterhortúa, 1999).

Principales características y usos de la madera

En general, se mencionan las principales características y usos de la madera de las 10 especies de eucaliptos que se estudian más extensamente en el mundo.

Utilización

La madera de eucalipto producida es principalmente de pequeñas dimensiones, de gran importancia para los países interesados y representa para ellos una inversión financiera considerable. La producción de las plantaciones de eucaliptos está dividida aproximadamente en: leña o madera para pulpa 85 %, postes y productos de madera en rollo 10 % y madera aserrada 5 % (Rihani, *et al.*, 1998).

La mejor posibilidad que los países y los propietarios tienen para mejorar los valores de la madera de pequeñas dimensiones de las plantaciones de eucaliptos, es convertirla en papel, que es el producto derivado de la madera con el mayor valor unitario. Sin embargo, las limitaciones sobre el tamaño mínimo de plantas industriales económicamente viables significarían, con toda probabilidad, que esto beneficiaría a los países que poseen grandes superficies plantadas con eucaliptos, como Brasil, España, India, Portugal y Sudáfrica. En los países que tienen plantaciones modestas, pero con un sólido programa de plantación de eucaliptos, la mejor estrategia para mejorar el valor unitario de la materia prima de sus plantaciones de eucaliptos es invertir más y valorizar el valor unitario del 15% de madera que puede ser destinado a mejores rollizos y madera aserrada. Obviamente, sería de gran interés si pudieran instalarse fábricas elaboradoras de pasta y papel de pequeño tamaño (Baucher, *et al.*, 1998).

Leña

La madera de la mayoría de los eucaliptos quema bien si está secada al aire y deja poca ceniza. No hay mayores diferencias entre las especies que componen la mayor parte de las plantaciones del mundo (Myers, *et al.*, 1996).

Carbón vegetal

Es una fuente útil de carbón reactivo de elevada pureza para la metalurgia y la industria química, usos para los cuales la madera misma no sería apta. Por lo tanto, mientras debería preferirse siempre quemar madera seca de eucalipto en hornos domésticos adecuados y pequeñas calderas industriales, en ciertas circunstancias existen suficientes ventajas a favor del carbón vegetal que le aseguran un continuo mercado (Sutton, 1999).

El carbón vegetal puede ser usado como combustible en la forma de productos de gas (gasógeno) para motores de combustión interna. En algunos países fue usado en esta forma durante la segunda guerra mundial y a medida que se agrava la escasez de combustible líquido, puede renovarse su empleo (Plomion, 2001). Aparte de sus usos como combustible, el carbón vegetal es una importante materia prima química industrial y los países industrializados lo importan regularmente. El mercado especializado en asados, o

barbacoa, en los países desarrollados puede ser también atendido por carbón vegetal importado (Jalota, *et al.*, 2000).

Estacas para cercas

Estas pequeñas maderas pueden ser producidas en grandes cantidades cuando se producen brotes adicionales en los cultivos por tallar, especialmente en el momento del raleo. Las estacas no valen mucho, pero se necesitan enormes cantidades para limitar ciertas zonas agrícolas. Deben ser tratadas con preservadores antes de su empleo (Podwojewski y Poulénard, 2000).

Ademes y entibos

Los ademes son un ejemplo de un producto que permite al productor aumentar el valor unitario por lo menos de parte de su cosecha. Los postes de eucaliptos pueden no ser los mejores para vigas de minas, puesto que no dan la señal de alarma (crujido) antes del colapso, que era una característica de los maderos de abeto Douglas para minería. Sin embargo, se emplean extensamente en Australia y otros países ademes de eucaliptos. El criterio de rectitud y de no tener rajaduras u otros defectos es más estricto para entibos de mina que para la madera destinada a pulpa. (Baucher, *et al.*, 1998).

Madera aserrada

Uno de los mejores métodos para obtener madera aserrada de los eucaliptos es hacerlos crecer rápidamente; por ejemplo hasta un diámetro de 40 cm en 15-20 años y aserrarlos en todo su largo con una sierra múltiple (Rihani, *et al.*, 1998). En la situación actual, pocos países con plantaciones de eucaliptos podrían destinar más del 10 % del volumen de la madera producida a madera aserrada, y un aumento de este porcentaje podría depender del cambio de actitud en lo que concierne a los tipos de construcción y casas individuales y, también, según se emplee la madera aserrada de eucaliptos en lugar de la madera aserrada de plantaciones de coníferas. Las maderas de coníferas no producen un duramen quebradizo (madera quebradiza que contiene caracteres de micro-compresión) en la zona central de la troza. Pero, relacionando con la rapidez de crecimiento, edad de la corta,

selección de las especie, procedencia y especialmente, sobre los métodos de aserrado se llega a producir madera de calidad comercial aceptable (Jalota y Sangha, 2000).

Durmientes de ferrocarril

Uno de los principales productos de exportación de madera de eucaliptos desde Australia era para durmientes de ferrocarril. Millones de durmientes fueron enviados a Nueva Zelanda, China, India, países del Cercano Oriente, África y América. Además, la mayor parte de los ferrocarriles australianos están apoyados sobre traviesas de madera. Durante varias décadas, las normas para la exportación de durmientes han sido supervisadas por los servicios forestales de Australia y generalmente se ha mantenido un producto de buena calidad. El *E. marginata* ha sido el principal eucalipto utilizado para durmientes de exportación y ha dado buenos resultados (Sedjo, 1999).

Bloques de madera para construcción de casas, caminos y jardines

En el curso del tiempo, los propietarios de plantaciones pueden llegar a tener una gran variedad de tamaños de eucaliptos en sus plantaciones, pudiendo entonces contemplar una variedad de usos posibles para los tamaños irregulares. Los bloques son piezas de madera que, por lo general, son cortas y sirven para soportes (Myers, *et al.*, 1996).

Madera labrada

Varios países con plantaciones han informado sobre la presencia de tallos curvos de notable tamaño en sus plantaciones y la presencia inevitable de madera de tensión en la parte superior de estos tallos. Es posible que, en el futuro, pueda hacerse revivir la antigua artesanía del labrado para producir vigas derechas a partir de trozos con torceduras y de este modo valorizarlas considerablemente. Si se aceptan las vigas con corazón, que incluyen la médula, el labrado permite hacer vigas derecha con árboles de latifoliadas ligeramente torcidos, lo que es aplicable a todas las latifoliadas, y no solamente a los eucaliptos (Sutton, 1999).

Tableros contrachapados y chapas

Páneles a base de madera. Las trozas de eucaliptos, especialmente las de plantaciones, no son materiales preferidos para el desenrollo de chapas, por que la tensión de crecimiento produce excesivas tajaduras terminales en los bloques de desenrollo cuando se trocean y en la chapa desenrollada. Otro problema es que algunas especies manifiestan un notable colapso durante el secado, lo que produce chapas de espesor irregular. Sin embargo; eligiendo con cuidado las especies y las técnicas, es posible producir un contrachapado comercial, entera o sustancialmente a base de eucalipto. Por supuesto, cuando hay otras especies disponibles a precios competitivos, éstas serán preferidas (Rhoades y Binkley, 1996).

Tableros de partículas

La madera de eucalipto, especialmente la de baja densidad de plantaciones de crecimiento rápido, se adapta a la producción de páneles de partículas. Puede emplearse sola o en combinación con otras maderas. Por ejemplo, en los tableros de tres capas puede emplearse álamo descortezado o pino para las capas superficiales, y el eucalipto, incluyendo la corteza, para el centro (Baucher, *et al.*, 1998).

Algunas especies de eucaliptos que han dado buenos resultados comerciales en tableros de partículas son: *E. camaldulensis*, *E. dalrumpleana*, *E. delegatensi*, *E. globulus*, *E. grandis* *E. obliqua*. *E. regnans* y *E. viminalis* (Rihani, *et al.*, 1998).

Pulpa para papel

Se ha prestado mucha atención en el pasado a las posibilidades del uso de la madera de eucalipto para la elaboración de pasta para papel. En esta materia, Australia tiene en su activo algunas notables empresas industriales, basadas fundamentalmente en sus bosques naturales. Se están empleando las plantaciones de eucaliptos en diferentes países como Brasil, Portugal, España y Sudáfrica, para proveer de materia prima a la industria de la pasta (Sedjo, 2001).

La producción mundial de pasta, a partir de especies de *Eucalyptus* es superior a 1 millón Mg/año. Se producen pastas para todos los tipos de papel, química, químico-mecánica, semiquímica y mecánica. De este millón de toneladas, alrededor de tres cuartas partes se producen en Australia y en Portugal (Myers, *et al.*, 1996).

Antecedentes en México

En México, los primeros proyectos ejecutados con plantaciones forestales comerciales, datan de la década de los 60's cuando la empresa Fibracel, S.A. establece en el estado de San Luis Potosí, plantaciones con varias especies de eucalipto con fines de producción de materia prima para la fabricación de tableros aglomerados, abarcando 2 500 hectáreas (SEMARNAT, 2001).

Para 1994, la Subsecretaría Forestal tenía identificados seis proyectos ejecutados de plantaciones de eucalipto en los estados de Baja California, Durango, Chihuahua, Guerrero, Sinaloa y Tamaulipas; con una superficie programada de 68 500 ha. En el estado de Tabasco, se tenían también seis proyectos con empresas privadas como grupo Interfin, ICA, Louisiana Pacific, y Guinness y asociados de Inglaterra, con una superficie de 52 500 hectáreas. Otro proyecto reciente lo constituye la empresa Pulsar con plantaciones de eucalipto en el municipio de Emiliano Zapata en Tabasco con 300 000 hectáreas (SEMARNAP, 1996).

Existe poca experiencia técnica en México en el campo de las plantaciones forestales industriales, debido a que tradicionalmente la demanda de madera había sido cubierta con el aprovechamiento de los bosques naturales. Aunque se han realizado plantaciones en diversas partes del país, no hay suficiente información en cuanto a la selección de especies y a la metodología de las plantaciones, que permitieran pronosticar en un futuro inmediato el éxito deseado. Sin embargo, las investigaciones adelantadas en selección y mejoramiento de especies, técnicas de plantación y la existencia de recursos humanos formados en este campo, permite asegurar un ingreso exitoso a la actividad de las plantaciones forestales industriales en México (SEMARNAP, 1996).

Con base en el Inventario Forestal Periódico Nacional de 2001, se estima en México un potencial de 10, 741 655.60 ha (Figura 1). A la fecha, la meta total del programa de establecimiento de plantaciones forestales es de 875 mil hectáreas de plantaciones en un período de 25 años. Hasta diciembre de 2000 se habían establecido ya más de 8,000 ha (SEMARNAT, 2001). El Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN) de la Comisión Nacional Forestal, que inició su operación en 1997, contempla el otorgamiento de subsidios directos para el establecimiento y mantenimiento de plantaciones. De las tres licitaciones realizadas entre 1997 y 2000 resultaron 57 proyectos ganadores, a los cuales se les asignarán 248 millones de pesos para establecer aproximadamente 74,000 hectáreas entre 1997- 2007 (CONAFOR, 2001). En la actualidad existen en México 64 530 ha plantadas tanto en clima templado como tropical. Con base en la superficie y comparándolo con otros países, México estaría ocupando el 18º lugar tomando en cuenta el potencial de reforestación de su superficie (CONAFOR, 2001).

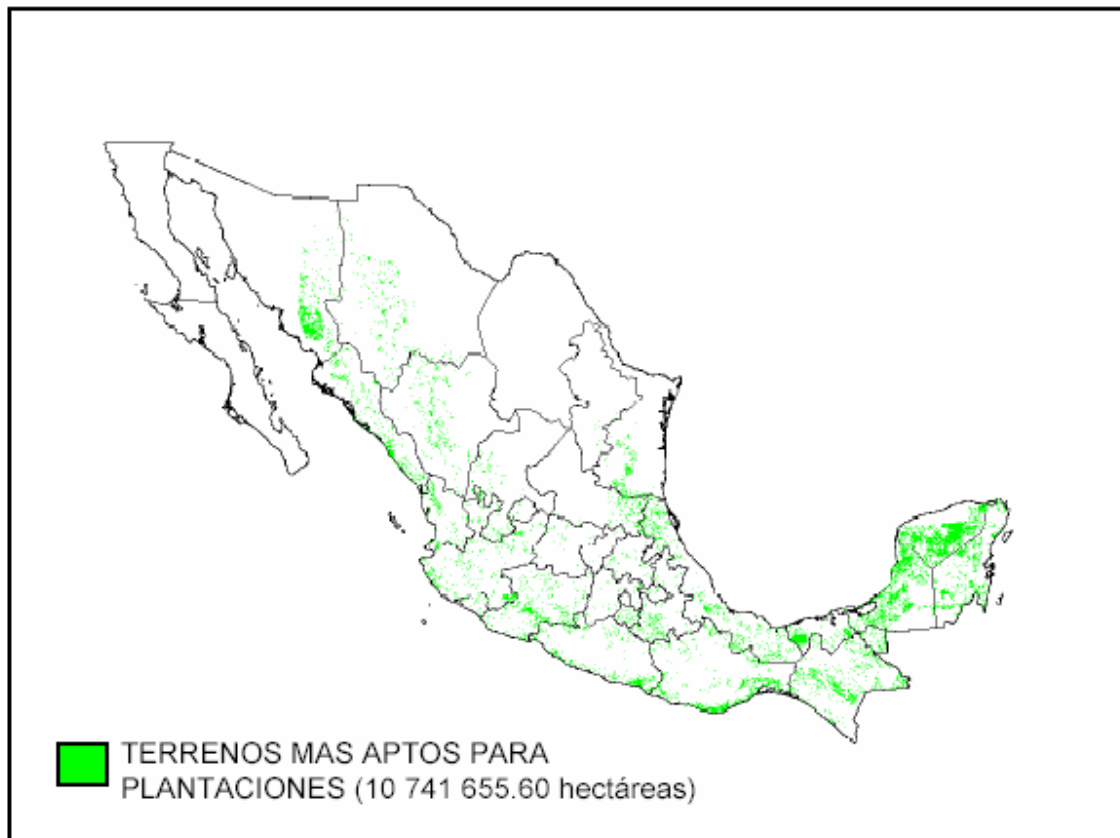


Figura 1. Superficie potencial para plantaciones en México (SEMARNAT, 2001).

Se espera que en plena etapa de producción, se obtengan alrededor de 18 millones de m³ de madera en rollo al año, lo que significaría casi triplicar la producción actual proveniente de los bosques y selvas. Es importante señalar que en México, la normatividad ambiental y forestal apoyada por SEMARNAT prevén que en ningún caso se autorice la sustitución de vegetación forestal nativa por plantaciones, ya sea que éstas se hagan con especies nativas o introducidas (SEMARNAT, 2001).

Respecto a las plantaciones forestales de *Eucalyptus* que se encuentran establecidas en el país encontramos a *E. grandis* y *E. urophylla* en los estados de Oaxaca, Sinaloa, Tabasco y Veracruz; *E. camaldulensis* en Chihuahua, Nayarit y Jalisco y *E. globulus* en Michoacán (Figura 2).



Figura 2. Estados con plantaciones forestales comerciales de eucalipto en México (SEMARNAT, 2001).

CONCLUSIONES

- Las pruebas procedentes de diversas partes del mundo indican que las plantaciones forestales de eucalipto, en la mayoría de los casos, es probablemente sostenible en cuanto a la producción de madera siempre que se mantenga un buen sistema. El mejoramiento genético y la silvicultura pueden mejorar la productividad de la masa. Esto indica que en su forma simple la plantación forestal es una tecnología muy útil. El concepto de plantación forestal compleja, que pueda aportar una variedad de bienes, servicios y valores, será con frecuencia más apropiado. La inclusión de la plantación forestal en un contexto social y económico más amplio favorece la sostenibilidad en su "sentido más completo".
- Aunque la breve exposición anterior presenta un panorama alentador para México en relación a las plantaciones forestales comerciales de eucalipto, es un gran problema la importante carencia de datos que registren las producciones de rotaciones sucesivas. No se trata de un problema nuevo, pero en un momento en que se están restringiendo todos los presupuestos de investigación, el mantenimiento de registros indispensables a largo plazo para responder a los tipos de preguntas, va a ser cada vez más difícil. Esto es singularmente aplicable a la investigación forestal cuyas rotaciones duran desde muchos años a muchas décadas.
- Las perspectivas son positivas y que la plantación forestal, como tecnología para la producción eficiente de madera, debe ser sostenible.

LITERATURA CITADA

- Atehortúa L. 1999. **Biodiversidad y Desarrollo**. *En*: Memorias del V Congreso Mundial de Zero Emisiones. Manizlaes, Oct 11-17.
- Baucher M.; Monties B.; Van, M. M.; Boerjan W. 1998. **Biosynthesis and genetic engineering of lignin**. *Critical Reviews Plant Science* 17: 125-197.

- Bigneli, C. M.; Dunlop E. 1998. **Volatile leaf oils of some South-western and Southern Australian species of the genus *Eucalyptus* (Series 1).** Part XIX. Flavour and Fragrance Journal 13(2): 131-139.
- Binkley C. S. 2000. **“Forestry in the Next Millennium: Challenges and Opportunities for the USDA Forest Service,”** forthcoming in **A Vision for the Forest Service.** Resources for the Future. Washington, D.C. 54 p.
- Biofor, 2002. **Sustainable Forestry, Wood Products & Biotechnology.** www.neiker.net/biofor/pat1-1.htm
- Boyle, J. R.; Lundkvist, H.; Smith, C. T. 2001. **Ecological considerations for potentially sustainable plantation forests.** Proc 1st International Symposium on Ecological and Societal Apects of Transgenic Plantations, Oregon State University, 151-157 p.
- Briones, M. J.; Ineson, I. P. 1996. **Decomposition of *Eucalyptus* leaves in litter mixtures.** Soil Biol. Biochem., 28:1381-1388.
- Chen, C. F.; Horng, F. W.; Chang, T. Y. 1996. **Study on the Growth of Three *Eucalyptus* Species in Eastern Taiwan.** Taiwan J. For. Sci., 11 (3):233-238.
- Clarke, M. F.; Schedvin, N. 1999. **Removal of bell miners *Manorina melanophrys* from *Eucalyptus* forest and its effect on avian diversity, psyllids and tree health.** Biological Conservation 88 (1): 111-120.
- CONAFOR. 2001. **Inventario Nacional Forestal.** PRODEPLAN.110 p.
- Dye, P. J. 1996. **Response of *E. grandis* to soil water deficit.** Tree Physiology 16, 233-238.
- FAO. 1993. **Montes: estadísticas ahora para mañana.** Roma, Italia. 52 p.
- Gill, A. M.; Williams, J. E. 1996. **Fire regimes and biodiversity: the effects of fragmentation of southeastern Australian eucalypt forests by urbanisation, agriculture and pine plantation.** Forest Ecology and Management, 85: 261-278
- Guerinot, M. L.; Salt, D. E. 2001. **Fortified foods and phytoremediation.** Two sides of the same coin. Plant Physiology 125:164-167.
- Hancock, J. F.; Hokanson, K. E. 2001. **Invasiveness of transgenic vs. exotic plant species: how useful is the analogy? Proc 1st Int’l Symp on Ecological & Societal Apects of Transgenic Plantations.** Oregon State University, 187-192.

- Hofstede, R.; Mena, P. 2000. **Los beneficios escondidos del páramo**. Servicios ecológicos e impacto humano II Conferencia Electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes. Mayo - Junio, 2000.
- Jalota, R. K.; Sangha, K. 2000. **Comparative ecological-economic analysis of growth performance of exotic *Eucalyptus tereticornis* and indigenous *Dalbergia sisso* in mono-culture plantations**. *Ecological Economics*, 33, 487-495.
- Jalota, R. K.; Sangha, K.; Kohli, R. K. 2000. **Under-storey vegetation of Forest Plantations in N-W India - An Ecological Economic Assessment**. *Journal of Tropical Medicinal Plants*, (1) 2: 115-124.
- Kellison, R. C. 1999. **Forestry trends in the new millenium**. *In*: Proceedings 26th Annual Tree Improvement Conference, Athens, Georgia, USA, 5 pp.
- Kellison, R. C. 2002. **Forestry trends in transition**. *In*: Proceedings of Symposium on Technical, Social and Economical Issues of Eucalyptus, University of Vigo, Pontevedra, Spain, 6 pp.
- Klooster, D. 2000. **Institucional choice, community, and struggle: a case study of Forest co-management in Mexico**. *World Deve.* 65 p.
- Laclau, J. P.; Manichon, H.; Nzila, J. D.; Bouillet, J. P. 1998. **The dynamics of nutrients in a plantation of *Eucalyptus* in the Congo**. Actes du Xvième congrès mondial des Sciences du Sol (20-26 Août 1998) A.F.E.S. eds contribution 416- Poster
- León, S. T.; Suárez, C. A.; Castañeda, T. A. 1996. **Efectos sobre el suelo de plantaciones comerciales de *Pinus patula* y *Eucalyptus grandis* en crecimiento**. Informe preliminar del componente Suelo y Aguas del Proyecto de evaluación del Impacto Ambiental de las Plantaciones Forestales en Colombia. Santafé de Bogotá: CONIF. 51 pp.
- Lima, W. P. 1996. **Impacto ambiental del Eucalipto**. Sao Paulo: Editora da Universidad de Sao Paulo. 302 pp.
- Lindenmayer, D. B.; Cunningham, R.B. 2000. **Cavity sizes and types in Australian eucalypts from wet and dry forest types: A simple of rule of thumb for estimating size and number of cavities**. *Forest Ecology and Management*.137 (1-3): 139-150.

- Lindenmayer, D. B.; Margules, C. R.; Botkin, D. B. 2000. **Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management**. Conservation Biology 14: 941-950.
- Madeira, M.; Azevedo, A.; Soares, P. 1998. **Effects of site preparation on soil properties and growth in an *Eucalyptus globulus* plantation**. Actes du XVIème congrès mondial des Sciences du Sol (20-26 Août 1998) A.F.E.S. eds contribution 1890 – Poster.
- Merino, P. L.; Gérez, P.; Madrid, S. 2000. **"Políticas, Instituciones Comunitarias y Uso de los Recursos Comunes en México"**. *En: Sociedad Derecho y Medio Ambiente*. Primer informe del programa de investigación sobre aplicación y cumplimiento de la legislación ambiental en México. CONACYT, UNAM, SEMARNAP. 72 p.
- Moreira, A.; Malavolta, E.; Goncalves, J. L.; Lucca, E. F. 1998. **Effect of vegetable cover and soil depth on the phosphorus in maximum adsorption capacity in a typic hapludox**. Actes du XVIème congrès mondial des Sciences du Sol (20-26 Aout 1998) A.F.E.S. eds contribution 1567 – Poster.
- Myers, B. J.; Theiveyanathan, S.; Obrien, N. D.; Bond, W. J. 1996. **Growth and water use of *Eucalyptus grandis* and *Pinus radiata* plantations irrigated with effluent**. Tree Physiology, 16:211-219.
- Nzila J. D.; Bouillet J. P.; Hamel O. 1998. **Effets de la litière et du travail du sol sur la fertilité des sols sableux sous *Eucalyptus* de replantation au Congo**. Actes du XVIème congrès mondial des Sciences du Sol (20-26 Août 1998) A.F.E.S. eds contribution 34- Oral presentation.
- PIAF (Programa de Investigaciones de Impactos Ambientales de Plantaciones Forestales). 1998. **Evaluación del impacto ambiental de las plantaciones forestales industriales. Componente de suelo y agua**. (Informe final, Fase II). Santafé de Bogotá: CONIF. 76 pp.
- Plomion, C. 2001. **Wood formation in trees**. Plant Physiology 127:1513-1523.
- Podwojewski, P.; Poulenard, J. 2000. **Los suelos de los páramos del Ecuador**. *En: Mena, P.A., Josse, C. y Medina, G. (eds). Los suelos del páramo. Serie páramo 5. GTP/Abya Yala, Quito. pp 5 – 26.*
- Rhoades, C.; Binkley, D. 1996. **Factors influencing decline in soil pH in Hawaiiin *Eucalyptus* and *Albizia* plantations**. Forest Ecology and Management, 80:47-56.

- Richardson, D. M. 1998. **Forestry trees as invasive species**. Conservation Biology 12: 18-26.
- Rihani, M.; Villemin, G.; Watteau, F. ; Ghanbaja, J. ; Toutain, F. 1998. **Biodégradation des litières foliaires d'Eucalyptus: Etude morphologique, analytique et microbiologique**. Actes du XVIème congrès mondial des Sciences du Sol (20-26 Aout 1998) A.F.E.S. eds contribution 1800- Poster.
- Sedjo, R. A. 2001. **The role of forest plantations in the world's future timber supply**. Forestry Chronicles 77:221-225.
- Sedjo, R. A. 1999. **“Potential of High-Yield Plantation Forestry for Meeting Timber Needs**. New Forests, vol. 17: 1-3.
- SEMARNAP. 1996. **Programa Forestal y de Suelos 1995-2000**. México D.F. pp. 21-39
- SEMARNAT. 2001. **La gestión ambiental en México**. México. 374 pp.
- SEMARNAT/CONAFOR. 2001. **Programa Nacional Forestal 2001-2006**. 118 pp.
- Spangenberg, A.; Grimm, U.; Sepada, D. J. R.; Fölster, H. 1996. **Nutrient store and export rates of *Eucalyptus urograndis* plantations in eastern Amazonia (Jari)**. Forest Ecology and Management, 80 : 225-234.
- Strauss, S. H.; Campbell, M. M.; Pryor, S. N.; Coventry, P.; Burley, J. 2001. **Plantation certification & genetic engineering: FSC's ban on research is counterproductive**. Journal of Forestry 99: 4-7.
- Sutton, W. R. J. 1999. **Does the World need planted forests?** New Zealand J. Forest. 44: 24-29.
- White, A.; Martin, A. 2002. **Who owns the world's forests?**. Forest tenure and public forests in transition. Forest Trends. 30 pp. .
- White, A. A.; Molnar, M. A. 2002. **To Johannesburg and Beyond: Strategic Options to Advance the Conservation of Natural Forests**. Forest Trends. 28 pp.

Rosa Martínez Ruiz

Doctorado en Ciencias Forestales por el Colegio de Postgraduados. Maestría en Ciencias Forestales por la Universidad Autónoma Chapingo. Ingeniera Agrícola por la Universidad Nacional Autónoma de México.

Hilda S. Azpíroz Rivero

Doctorado en Ciencias por la Universidad de Paris-Sur. Orsay, Francia. Maestría en Ciencias Bioquímica, Ciencias de la Alimentación y Nutrición en la Universidad de Nancy, Francia. Ingeniera Agrónoma en Industrias Agrícolas por la Universidad Autónoma Chapingo. Laboratorio de Biotecnología y Germoplasma Forestal-INIFAP. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, CONACYT-México.**

José Luís Rodríguez De la O.

Doctorado en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma México. Maestría en Ciencias en Botánica por el Colegio de Postgraduados. Ingeniero agrónomo especialista en Fitotecnia por la Universidad Autónoma Chapingo. Profesor Investigador del departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, CONACYT-México.**

Víctor M. Cetina Alcalá

Doctorado en Ciencias, Especialidad de Fisiología por el Colegio de Postgraduados. Maestría en Ciencias, Especialidad Forestal por el Colegio de Postgraduados. Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques por la Universidad Autónoma Chapingo. México. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores CONACYT – México.**

María Alexander Gutiérrez Espinoza

Doctorado en Ciencias por la Universidad de Florida. Maestría en Ciencias en Fruticultura por el Colegio de Postgraduados. Ingeniera Agrónoma por Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Profesora Investigadora en el Programa de Fruticultura-Colegio de Posgraduados. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, CONACYT-México.**