

Uruguay - Alternativas para la Transformación Industrial del Recurso Forestal



[Indice](#)

DIRECCION FORESTAL

MINISTERIO DE GANADERIA, AGRICULTURA Y PESCA
FONDO NACIONAL DE PREINVERSION

UNIDAD DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARIA GENERAL DE LA ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS
Washington, D.C., 1996

Indice

[Prefacio](#)

[Resumen ejecutivo](#)

Introducción

[1. La primera fase del PRAIF](#)

[2. Objetivos y metodología del PRAIF-II](#)

[3. Instituciones, autoridades y técnicos partícipes en el PRAIF-II](#)

Capítulo I - Situación y perspectivas de mercado para productos forestales

1. Recursos forestales mundiales

2. Destinos primarios de la madera industrial en el mundo

2.1 Cosecha mundial y usos de la madera industrial

2.2 Consideraciones sobre la comercialización de rollizos aserrables

2.3 Consideraciones sobre la comercialización de madera pulpable

3. Mercados externos para productos específicos

3.1 Astillas para pulpa

3.2 Madera aserrada

3.3 Tableros y chapas

4. Alcances de la forestación en Uruguay

Capítulo II - Opciones técnicas para ampliar las perspectivas de inserción de Uruguay en los mercados

1. Manejo silvicultural de las plantaciones de Eucalyptus

1.1 Regímenes de raleo y poda para la producción de madera para aserrío

1.2 Rendimiento de los regímenes propuestos

1.3. Ingresos, costos y rentabilidad de los regímenes propuestos

2. Técnicas y políticas específicas para la transformación primaria del Eucalyptus

2.1 Origen de los problemas en la transformación primaria del Eucalyptus

2.2 Técnicas y políticas específicas para la transformación primaria eficiente

3. Secado artificial del Eucalyptus

3.1 Encastillado y manipulación previa al secado

3.2 Etapas del secado

4. Normas técnicas nacionales para los productos madereros

4.1 Introducción

4.2 Primeros pasos para el establecimiento de normas para la madera

[estructural](#)

[4.3 Normas técnicas para madera no estructural](#)

[4.4 Otros tipos de normas técnicas](#)

[4.5 Conclusiones](#)

Capítulo III - Estudios de prefactibilidad

1. Producción y exportación de astillas para pulpa

[1.1 Estrategia propuesta para la localización y el tamaño de las plantas](#)

[1.2 Transporte interno](#)

[1.3. Alternativas portuarias](#)

[1.4 Impactos medioambientales](#)

[1.5 Proceso productivo](#)

[1.6 Personal de la planta y estructura organizacional de la empresa](#)

[1.7 Evaluación financiera del proyecto](#)

[1.8 Evaluación económica del proyecto](#)

2. Complejo industrial integrado para la transformación con alto valor de la madera de Eucalyptus

[2.1 Requerimientos de materia prima y procesos de transformación](#)

[2.2 Localización del complejo y de las plantaciones](#)

[2.3 Costos de la materia prima](#)

[2.4 Costos de capital de las unidades productivas](#)

[2.5 Costos de producción del complejo](#)

[2.6 Costos de transporte de los productos](#)

[2.7 Precios de mercado asumidos](#)

[2.8 Beneficios brutos](#)

[2.9 Análisis financiero](#)

3. Producción y exportación de madera aserrada

[3.1 Proyecto de producción de madera aserrada de alta calidad de E. grandis](#)

[3.2 Proyecto de producción y exportación de madera aserrada para pallets](#)

Conclusiones y recomendaciones



Prefacio

A fines de la década pasada, el gobierno de Uruguay puso en marcha un ambicioso plan de forestación, con una meta inicial de 200.000 hectáreas de nuevas plantaciones. Para el establecimiento de estas plantaciones - en tierras de prioridad forestal que no entran en competencia con las actividades tradicionales del sector agropecuario - el sector privado dispone de una serie de incentivos económicos otorgados bajo determinadas condiciones. Hoy en día, la meta inicial ha sido cumplida en más de un 80% y todo lleva a pensar que el proceso de forestación proseguirá su curso. El cambio de siglo estará así marcado por la disponibilidad de considerables volúmenes de madera, que superarán ampliamente la capacidad de absorción del mercado interno y significarán probablemente la paulatina inserción de Uruguay en la categoría de países forestales emergentes.

Para constituirse en uno de los nuevos pilares de la economía productiva y exportadora uruguaya, la forestación debe desarrollarse con criterios ambientalmente sostenibles e integrarse a un proceso de industrialización diversificado y competitivo. Frente a estas exigencias, que en términos económicos suele considerarse como el pasaje de la etapa de exportación fácil a un patrón exportador basado en la industrialización y la calidad de los productos, el gobierno de Uruguay está promoviendo acciones de diversa índole que orienten el desarrollo del sector forestal en este sentido. Una de ellas, relacionada con la industrialización del producto de las plantaciones y la integración de los pequeños y medianos productores en condiciones ventajosas a este proceso, ha motivado el diseño del Proyecto Regional de Alternativas para la inversión Forestal - Fase II (PRAIF-II) por parte de la Dirección Forestal del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Para la ejecución de este proyecto, que contó con el financiamiento del Fondo Nacional de Preinversión de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto del Uruguay, el gobierno uruguayo solicitó la cooperación técnica de la Secretaría General de la OEA, a través de la Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

Para el desarrollo de sus actividades, el Proyecto contó con la participación de técnicos nacionales y especialistas internacionales, cuya interacción permitió elaborar los estudios de prefactibilidad de proyectos industriales que aún no tienen precedentes en el país. La experiencia de técnicos de países con mayor tradición forestal fue compartida con empresas e instituciones relacionadas con el sector forestal nacional, mediante la realización de seminarios, reuniones y entrevistas, y la difusión de informes técnicos sobre los temas analizados. El presente documento, que constituye el informe final del Proyecto, integra en un marco estructurado el conjunto de información generada en el curso del PRAIF-II.

Para la Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente ha sido motivo de gran satisfacción haber tenido la oportunidad de aportar su experiencia y cooperación técnica en un estudio prioritario para el desarrollo de Uruguay. Con la divulgación del presente documento se espera contribuir a un mejor conocimiento de una temática que, para los diferentes agentes involucrados en el desarrollo forestal del país, está volviéndose prioritaria. Asimismo, esta publicación podrá servir de orientación a otros Estados Miembros en el manejo de sus recursos forestales.

Kirk P. Rodgers

Director
Unidad de Desarrollo Sostenible y
Medio Ambiente





Resumen ejecutivo

A fines de 1994, en el marco de la prioridad acordada por el gobierno de Uruguay al desarrollo de la economía forestal, se inició la segunda fase del **Proyecto Regional de Alternativas para la Inversión Forestal** (PRAIF), ejecutado por la Dirección Forestal del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca con la cooperación técnica del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la Secretaría General de la OEA y el apoyo financiero del Fondo Nacional de Preinversión de la Oficina de la Planeamiento y Presupuesto. Al igual que en la primera fase, el objetivo general del Proyecto consistió en generar información técnico-económica especializada que permitiera que la toma de decisión con respecto a la inversión en el ámbito forestal se realizara con mayores elementos de juicio. Concretamente, con el fin de apoyar y orientar al sector privado en la concreción de industrias claves para el mejor aprovechamiento de la producción forestal del país, el PRAIF-II debía abocarse a la elaboración de estudios de prefactibilidad en dos líneas de inversión identificadas en la primera fase: (i) el procesamiento de madera pulpable de Eucalyptus en forma de astillas para celulosa y (ii) la producción de madera aserrada de calidad con destino a la exportación.

Las actividades del Proyecto, que culminaron en marzo de 1996, se llevaron a cabo con un equipo de trabajo conformado por consultores nacionales y especialistas internacionales que trabajaron en colaboración con las entidades involucradas en el desarrollo de los sectores forestal y maderero. En el caso del subproyecto para la producción de madera aserrada, la misma dinámica del Proyecto le imprimió algunos ajustes. En primer lugar, la atención se dirigió prioritariamente al procesamiento de la madera de Eucalyptus debido a: (i) la predominancia de este género en el proceso de forestación en Uruguay (82% de la superficie plantada con fines industriales), (ii) las dificultades asociadas al procesamiento de las especies de este género para fines no pulpables y el conocimiento aún poco difundido de las técnicas requeridas, y (iii) la no existencia de un mercado internacional claramente establecido para la madera aserrada de Eucalyptus con las consiguientes dificultades para determinar los precios de exportación que pueden razonablemente esperarse.

En segundo lugar, surgió una aparente dificultad para conciliar el objetivo del PRAIF-II de presentar "modelos" de aserraderos para pequeños y medianos productores, con dos condiciones ineludibles: los rendimientos de escala que impone la competitividad en los mercados internacionales y la calidad de la materia prima de Eucalyptus disponible actualmente en el país. Cuando las plantaciones no han sido manejadas con un claro fin aserrable, como de manera general ha sucedido en el país, los procesos de transformación económicamente rentables se restringen a productos de menor calidad y precios. Es posible que estos productos encuentren un lugar en los mercados internacionales, como lo prueban las exportaciones actuales de unos pocos aserraderos locales. No obstante, la más amplia experiencia argentina al respecto, en particular en la provincia de Entre Ríos, parece indicar magras perspectivas para una industrialización centrada en la implantación de pequeños y medianos aserraderos procesando productos de baja calidad. Probablemente, existan oportunidades o nichos de mercado cuya investigación podría dar lugar al establecimiento de pequeños aserraderos rentables, pero parecerían relevar del estudio de casos individuales antes que de un "modelo" aplicable por parte de un determinado sector de

productores con cierta garantía de éxito.

Si bien entonces en el marco del PRAIF-II se elaboró un estudio de prefactibilidad para la producción de madera aserrada con la materia prima disponible actualmente y se desarrollaron lineamientos orientados hacia el mejor aprovechamiento de la misma en las circunstancias actuales, se decidió acordar cierta prioridad a las perspectivas a más largo plazo que se vislumbran para la transformación de madera de Eucalyptus en productos de alto valor. Ello llevó a desarrollar propuestas tanto para el manejo silvicultural de las plantaciones como para el aserrado y secado de la materia prima de mayor calidad que generarían esas plantaciones. En una perspectiva de desarrollo integral, se analizó también un complejo industrial de gran envergadura que permitiría maximizar los beneficios de plantaciones con fines industriales no pulpables, mediante no solamente la actividad del aserrado sino la integración en un mismo sitio de varios procesos de transformación complementarios en cuanto a su uso de materia prima.

CAPÍTULO 1 - SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE MERCADO PARA PRODUCTOS FORESTALES

En los últimos treinta años la cosecha mundial de madera ha aumentado a un ritmo anual medio de 1,8%, observándose una estrecha correlación de este incremento con el crecimiento de la población y el mejoramiento de las condiciones de vida en diferentes partes del mundo. La fuerte tendencia de crecimiento de la población mundial que se observa implicará una mayor presión sobre los recursos forestales. Si bien éstos son de una magnitud considerable, existen varios factores que ponen en duda la capacidad de satisfacer la demanda futura de madera, entre los cuales se destacan:

- dificultades de accesibilidad y falta de infraestructura para aprovechar los recursos forestales en extensas áreas del planeta;
- rendimientos muy bajos de ciertas especies, que no justifican el desarrollo de operaciones comerciales;
- el proceso de deforestación del planeta, que alcanza tasas estimadas en más de 15 millones de hectáreas por año; y
- las acciones que han aparecido en favor de la conservación de los recursos naturales del planeta. Estas acciones se expresan en restricciones tanto en la tala de bosques naturales como en el comercio internacional de la madera procedente de estos últimos. La Organización Internacional de Maderas Tropicales (O.I.M.T.) planteó en 1994 que, al año 2000, todas las exportaciones de madera de bosques tropicales de sus naciones miembros deberían proceder de bosques manejados en forma sostenible e, incluso, considera incorporar a esta norma los bosques boreales y templados en el futuro.

El escenario para este fin de siglo está así marcado por cambios significativos en la estructura de la oferta mundial de madera. De un lado, productores tradicionales como Estados Unidos, Canadá o Malasia ceden crecientemente el terreno a países forestales emergentes como Nueva Zelandia, Sudáfrica, Brasil y Chile. Las plantaciones desplazan cada vez más a los bosques nativos en la oferta mundial de madera. Por otra parte, algunos países tradicionalmente exportadores de materias primas forestales han desarrollado una industria de la madera con el fin de exportar productos con mayor valor agregado, tal como ha sucedido en el Sudeste Asiático, con la consiguiente caída de las exportaciones de materias primas tropicales, si bien ésta reconoce también otras causas.

Suele haber consenso entre los especialistas en el tema forestal que en el futuro el balance oferta-demanda del recurso forestal será, en el mejor de los casos, bastante ajustado y más probablemente negativo. Un estudio canadiense reciente, realizado por el Consejo de Industrias Forestales de Columbia Británica, estimó que en el mercado internacional de latifoliadas (categoría a la que pertenecen las especies de Eucalyptus) el déficit alcanzaría a 142 millones de m³ en 2010 y aumentaría a 200 millones de m³ para 2020.

En un escenario conformado por mercados dinámicos, crecientes niveles de demanda para determinados productos y condiciones de severas restricciones en la oferta maderera, está cobrando creciente relevancia el suministro de países cuya madera proviene de plantaciones y cuya capacidad de procesamiento de esta materia prima se desarrolla respetando criterios de competitividad a nivel internacional. De hecho, el escenario internacional ha sido receptivo a la aparición de nuevos actores a los que se suele referir como "países forestales emergentes": Nueva Zelanda, Sudáfrica, Chile y Brasil pertenecen a esta categoría, esencialmente debido a la alta productividad de sus tierras forestales y sus ventajas comparativas para implantar cultivos de rápido crecimiento. Uruguay también tiene indudables ventajas naturales para el desarrollo de un sector forestal, aunque la forestación a un ritmo significativo es un proceso reciente, que demandará cierto tiempo para alcanzar magnitudes relevantes a nivel mundial. Si se afianza el proceso de forestación en el país y éste se ve acompañado del desarrollo en paralelo de los servicios y la industria que requiere, todo lleva a pensar que Uruguay se integrará en un futuro no muy lejano a esta categoría de países forestales emergentes.

Hoy en día, la superficie boscosa del país cubre 982.000 ha, de las cuales el 38% corresponde a bosques artificiales. Cerca de 165.000 ha de bosques artificiales han sido registradas como plantaciones con fines industriales, de las cuales el 81% se estableció en el marco de la actual política forestal. Es decir que el ritmo anual promedio de forestación se elevó de menos de 2.500 ha/año en el período 1975-1988 a algo más de 27.300 ha/año en los últimos seis años. La tendencia fue consistentemente al alza en este período, alcanzándose 40.000 ha en 1993 y un nivel parecido el año siguiente.

Las proyecciones de disponibilidad de madera, sobre la base de las prácticas actuales de manejo de las plantaciones, permiten establecer los siguientes puntos de referencia para los estudios de preinversión que se presentan más adelante:

- El escenario en cuanto a la oferta nacional de madera cambiará radicalmente en el muy corto plazo: en 1999 la disponibilidad de madera duplicará la actual para proseguir con una curva exponencial en el primer decenio del próximo siglo: en el año 2004 se dispondrá de más de 8 millones de m³ y en el 2010 de más de 9,5 millones de m³.
- La mayor parte de la materia prima será del género Eucalyptus (7,4 millones de m³ en el 2004 y 8,7 millones de m³ en el 2010). De acuerdo a la tendencia de plantación de los últimos años, los volúmenes de **E. grandis** y de **E. globulus** serán similares, con una ligera ventaja para este último.
- La distribución por especie en el caso del Pinus es favorable al **P. taeda** frente al **P. elliottii**, con una participación de más de 50% para la primera y menos de 40% en el caso de la segunda, para los dos años considerados.
- Geográficamente, de las tres regiones forestales, la del Litoral aportará la mayor oferta de madera. Sin embargo, al considerar exclusivamente el Pinus, la oferta se concentrará en la

región Centro-Norte. La Región Sur-Este proveerá casi exclusivamente madera de Eucalyptus.

Dentro de este contexto general, se han analizado las perspectivas de inserción de Uruguay en los mercados internacionales para diferentes productos forestales. Con respecto a las **astillas para pulpa**, la situación se sintetiza en los siguientes puntos:

- Existen dos tipos de mercados en el mundo para madera pulpable: (i) el que se desarrolla dentro de macroregiones (Estados Unidos-Canadá, países escandinavos entre sí y Escandinavia-otros países europeos) y que representa aproximadamente 22 millones de m³/año y (ii) el que involucra áreas mutuamente alejadas y, por lo tanto, transportes navieros (34 millones de m³/año). En este último - de interés para Uruguay - los principales polos compradores son el Lejano Oriente (principalmente Japón), Escandinavia y, en menor medida, el sur de Europa (España, Italia, Portugal). Mercados como China, Taiwan y Corea del Sur podrían eventualmente ser de interés en el futuro.
- De 1960 a 1990, la participación (en volumen) de las astillas o *chips* en el comercio mundial de madera pulpable se elevó de 10% a 52%. Si bien la astilla es una *commodity*, se reconoce actualmente algunos grados de diferenciación en este producto, básicamente en función de las propiedades de cada especie y la calidad de la producción. El **E. globulus** se destaca claramente como una especie de primera categoría.
- Japón conforma el principal y más estable mercado para madera pulpable en forma de astillas. Este país absorbe el 70% de los volúmenes de astillas comercializados a nivel internacional y ha mantenido su condición dominante en este mercado por más de treinta años. Es probable que esta situación se mantenga en el futuro, con un crecimiento moderado de la demanda japonesa. Otro factor que contribuye a la fuerte influencia de Japón en este negocio internacional, particularmente en el Lejano Oriente, es el control por empresas niponas de la mayoría de los buques especializados que se utilizan para el transporte de los chips.
- Escandinavia compra normalmente madera rolliza de Eucalyptus a países como Uruguay, Argentina y Brasil. Sin embargo, también ha importado astillas de fibras largas desde Estados Unidos y Chile y, a principios de los noventa, compró tres embarques de *chips* de fibra corta a Chile. Por lo tanto, esta región tiene cierta infraestructura para recibir *chips* y el desarrollo de este mercado potencial para Uruguay dependerá esencialmente de: (i) la evolución de la oferta de madera de los países de la ex-URSS, que proveen más del 70% de las importaciones escandinavas de madera pulpable, y (ii) la capacidad de Uruguay para negociar un abastecimiento de madera pulpable en la forma de astillas.
- No resulta fácil determinar si el sur de Europa constituye un mercado a corto o mediano plazo para empresas locales independientes. Actualmente, esta región importa madera rolliza y la importación de astillas implicaría ciertos ajustes. Debe tenerse en cuenta que el abastecimiento de las plantas de pulpa y papel con astillas, si bien permite la simplificación y eficiencia de las diferentes operaciones de manejo de la materia prima con respecto a los rollizos, implica un cambio importante en la política de aprovisionamiento de las empresas. En efecto, la importación de madera rolliza se basa habitualmente en operaciones *spot* de acuerdo a requerimientos puntuales o coyunturales de las empresas papeleras, mientras que

la importación de astillas implica una estrategia de abastecimiento de mediano y largo plazo dados los diferentes ajustes requeridos en el equipamiento portuario y de transporte y, sobre todo, la modalidad operativa del negocio de astillas (contratos a largo plazo).

- La condición de proveedor de astillas se define por su capacidad de llegar al puerto de destino a un precio C.I.F. competitivo. La distancia de Uruguay al mercado japonés es mayor que la de sus proveedores tradicionales (Australia, Estados Unidos, Chile), lo que significa mayores costos de flete marítimo y, por ende, un menor precio F.O.B. al que Uruguay puede esperar vender sus astillas. Esta desventaja debe ser compensada entonces por otros factores que definen la competitividad de un proveedor. También indica la conveniencia de entablar contactos con otros potenciales compradores, mejor ubicados con respecto a Uruguay.
- El mayor uso de papel reciclado en el mundo y una eventual sobreoferta de madera pulpable, derivada de los numerosos proyectos de plantaciones con especies de rápido crecimiento en diferentes partes del mundo, son factores que podrían incidir negativamente en la demanda futura de *chips*. No obstante, debe aclararse que Japón ha seguido incrementando sus compras de astillas de fibra corta durante el último decenio, pese al fuerte incremento de su tasa de recuperación de papel y cartón. En cuanto a la aparición de una brecha entre la oferta y la demanda de astillas a principios del siglo XXI, ello dependerá de: (i) las presiones medioambientales en favor de una menor cosecha de bosques naturales y (ii) la postura de los países compradores frente a los crecientes desequilibrios de los ecosistemas naturales en el mundo, que puede llevar a limitar o suspender las compras de madera que no proviene de plantaciones. Si estas dos tendencias se confirmaran, total o parcialmente, una situación excedentaria de madera pulpable sería poco probable.

En cuanto a las perspectivas para la exportación de **madera aserrada** de latifoliadas, se destacan los siguientes factores:

- Los volúmenes que se transan en los mercados internacionales son restringidos en comparación con los de madera aserrada de coníferas y son también pequeños en relación a la producción mundial total de ese producto. Se trata de un negocio en el cual la calidad es un parámetro básico dado que a menudo esta madera tiene usos en mueblería y en decoración, aunque también puede destinarse a usos estructurales. Los precios son superiores a los de la madera de coníferas.
- La madera aserrada de latifoliadas compite con la de coníferas y con una serie de substitutos, desde los tableros de madera (contrachapados, tableros de partícula y de fibra) hasta otros productos no lignocelulósicos (aluminio, plásticos, otros metales). Sin embargo, existen mercados suficientes en el mundo para absorber los productos madereros que puedan elaborarse a partir de las plantaciones de Eucalyptus de Uruguay. En particular, la madera aserrada de latifoliadas y los tableros de madera reconstituida experimentarán fuertes incrementos de demanda.
- En el futuro, se estima que el flujo de madera aserrada de latifoliadas cambiará drásticamente como consecuencia de la disponibilidad decreciente de maderas tropicales del Sudeste Asiático. No existen en el planeta otras fuentes de maderas tropicales que permitan sustituir las deficiencias del Sudeste de Asia. Europa del Este se transformará en un

exportador neto a Europa Occidental. Por último, el sector del Lejano Oriente tendrá una demanda creciente por estos productos.

- La clave del éxito en los mercados está dada por la competitividad y en ese sentido la capacidad que posee Uruguay de generar madera a un bajo costo es una ventaja considerable, que sólo algunos países poseen. Sin embargo, el país deberá además desarrollar ventajas en otros planos para asegurar la transformación de esta materia prima a escala y precios competitivos. Entre otros, se deberán aplicar planes de manejo silvicultural intensivo en aquellos sitios que lo permitan, desarrollar una cultura maderera-forestal e impulsar el desarrollo tecnológico local.
- La madera aserrada de **E. grandis** es poco conocida en los mercados internacionales, no existiendo un mercado y precios establecidos. En la medida en que Argentina, Brasil, Sudáfrica y Uruguay emerjan en los mercados con productos de **E. grandis** distintos a la madera pulpable, esta situación cambiará pero este proceso requiere cierto tiempo y maduración. Lógicamente, las posibilidades de comercialización de madera aserrada de Eucalyptus son mucho más favorables y amplias si el producto es de alta calidad y secado en cámara, es decir elaborado con materia prima procedente de plantaciones manejadas con podas y raleos.

La estrategia de mercadeo deberá basarse en las posibilidades de sustitución que ofrecen las especies de Eucalyptus frente a otras especies, mejor conocidas pero cuya oferta no es sostenible en el tiempo. Cuando Uruguay empiece a disponer de madera de Eucalyptus de alta calidad, las naciones miembros de la O.I.M.T. estarán cumpliendo con su compromiso de ajustar la cosecha de bosques nativos a niveles de rendimientos sostenibles. En estas circunstancias, Uruguay tendrá dos ventajas de considerable importancia: (i) su comercio maderero descansará en recursos provenientes de plantaciones y, por lo tanto, sólo podría verse beneficiado por la aplicación de normas internacionales que otorgan una mayor protección a los recursos forestales naturales y (ii) el **E. grandis** tiene propiedades físicas y mecánicas muy similares a las muy apreciadas especies del Meranti/Lauan (excepto con respecto a la permeabilidad del duramen) del Sudeste Asiático, lo que facilitará el proceso de sustitución.

También debe tenerse presente que existe una demanda significativa de productos cuya identidad específica es irrelevante para el comprador. El mercado chino, por ejemplo, es muy receptivo a las chapas de color rosadas y rojas (típicas tonalidades de varias especies de Eucalyptus) con escasa preocupación por la especie de las que provienen. Más importante aún, si la materia prima es de buena calidad se vuelve posible elaborar productos con mayor valor agregado (transformación terciaria), en cuyo caso no se encontraría ningún tipo de resistencia a la especie en los mercados. Por ejemplo, los productos de carpintería de obra, que experimentaron el mayor crecimiento en el comercio mundial de productos forestales en los últimos años, son aceptados por su funcionalidad antes que por haber sido manufacturados con una u otra especie determinada. En muchos mercados se acepta el machihembrado y el multilaminado en componentes de estos productos, lo cual facilita el uso de tablas o chapas de pequeñas longitudes o secciones tal como es aconsejable producir con las especies de Eucalyptus.

Finalmente, el análisis de los mercados internacionales indicó un consumo mundial en franca expansión de **tableros de partículas y de fibras**, especialmente los O.S.B. y M.D.F., y la madera rolliza pulpable de Eucalyptus constituye una buena materia prima para la elaboración de estos productos. Actualmente no se producen tableros de este tipo en Uruguay, aunque sí en países vecinos. Se recomienda el estudio

de proyectos de esta naturaleza, a partir de la información básica proporcionada por el PRAIF-II, empezando con un análisis de las perspectivas concretas de mercado dado que se avecinan fuertes ampliaciones de la capacidad instalada a nivel internacional en estos rubros. Ante la escasa experiencia de Uruguay en este área, es también aconsejable que los productores o empresarios interesados en este tipo de proyectos busquen un socio tanto para la parte comercial como tecnológica y financiera.

CAPÍTULO II - OPCIONES TÉCNICAS PARA AMPLIAR LAS PERSPECTIVAS DE INSERCIÓN DE URUGUAY EN LOS MERCADOS

La forestación a un ritmo acelerado es un proceso reciente en Uruguay y, con algunas excepciones en la cadena papelera, el país sólo ha incursionado en usos primarios de la madera de Eucalyptus, básicamente: el aserrío a pequeña y mediana escala, la producción de postes para líneas de transmisión y la exportación de madera pulpable rolliza. Estos usos no son muy exigentes con respecto a la calidad de la materia prima, ni requieren de sofisticadas tecnologías para el acondicionamiento de la misma. Sin embargo, a medida que la forestación se extiende y se intensifica se percibe una preocupación creciente entre los participantes del sector forestal y de otros sectores de la sociedad por maximizar el beneficio de la forestación, sea desde el punto de vista del inversor privado o desde una óptica global. A diferencia de las *commodities* que Uruguay exporta actualmente, la producción en forma económica de productos de mayor valor requiere que la madera de las especies implantadas sea de una calidad superior a la actual.

Antes de abordar el análisis de proyectos de inversión específicos correspondió así analizar algunas condiciones básicas para el procesamiento eficiente de la materia prima proveniente de plantaciones de Eucalyptus, género reconocido como de difícil tratamiento, y la comercialización exitosa de la producción. Estas condiciones se refieren a: (i) la necesidad de desarrollar determinadas técnicas tanto silviculturales como industriales para asegurar un rendimiento rentable en la conversión de la materia prima en productos de exportación y (ii) la conveniencia de diseñar e implantar un sistema nacional de normalización para los productos de la madera que Uruguay podría elaborar y exportar.

Manejo silvicultural de las plantaciones de Eucalyptus

En el proceso actual de forestación en Uruguay se observa una marcada tendencia hacia la plantación de especies de Eucalyptus, con altas densidades de población y rotaciones cortas (8 a 10 años) orientadas hacia la producción de madera pulpable. Al margen de esta tendencia, están las plantaciones de pino, manejadas con rotaciones más largas e intervenciones intermedias como la poda y el raleo, y un número pequeño pero creciente de proyectos de Eucalyptus manejados con fines aserrables, aunque con poco conocimiento acerca de las técnicas más apropiadas y de la respuesta de las especies al régimen de manejo aplicado.

En términos simples, al igual que en otros países que han iniciado un proceso de forestación intensivo, la mayor parte de los pequeños y medianos productores han establecido y dejado crecer una gran parte de las plantaciones sin tener un claro objetivo con respecto al uso final de la madera generada. Los usos no pulpables de esta madera son limitados, fundamentalmente por la heterogeneidad, pequeños diámetros y nudosidad de las trozas. La alternativa consiste en aplicar regímenes de manejo silvicultura intensivos, en los que la poda y el raleo dan lugar a un proceso sinérgico que permite maximizar el diámetro de las trozas y el volumen de madera libre de nudos.

En el marco del PRAIF-II se elaboró una propuesta de regímenes de manejo silvicultural para obtener madera de alta calidad de las plantaciones de **E. grandis**, que pudiera destinarse a los procesos de

aserrío, debobinado y faqueado, los que a su vez abren amplias perspectivas para la manufactura de productos elaborados. El primer régimen propuesto es el más intensivo - comprende cuatro raleos y cuatro podas a edades específicas - y se aplica a los sitios de prioridad forestal más productivos (suelos CONEAT 7.2, 7.31 y 7.32). El rendimiento esperado, en una rotación de 20 años, es de 693 m³/ha de madera comercial sin corteza, compuesta en un 52% de trozas aserrables podadas, un 27% de trozas aserrable de secciones no podadas y el 21% restante de madera de calidad pulpable.

El segundo régimen es ligeramente menos intensivo - involucra tres raleos y cuatro podas - y se aplica a sitios con una productividad media (suelos CONEAT 9.3 y 9.6). El rendimiento esperado, en una rotación de 20 años, es de 507 m³/ha de madera comercial sin corteza, que comprende un 52% de trozas aserrables podadas, un 33% de trozas aserrables no podadas y el 15% restante de madera pulpable.

Se estimaron los costos e ingresos de los regímenes silviculturales desarrollados, tomando valores de la madera en pie que reflejen la utilidad de la misma según el posible uso de las diferentes secciones de los árboles y teniendo en cuenta también el precio de intercambio internacional de los distintos tipos de trozas que se obtendrían. Se demostró la rentabilidad de los modelos, teniendo en cuenta la típica situación del pequeño y mediano productor que recurrió a un préstamo bancario para la plantación y debe enfrentar compromisos de reembolso en el tiempo. A título ilustrativo, puede mencionarse que, a ninguna tasa de descuento inferior a 30%, un típico régimen local de manejo para fines pulpables es capaz de generar un valor actualizado neto superior al de los dos regímenes intensivos analizados.

Estas propuestas han sido elaboradas por consultores internacionales a partir de observaciones en el terreno y el análisis de datos de mediciones sobre las relaciones entre el diámetro y diferentes niveles de altura del árbol. No obstante, como no existe una base de datos adecuada, derivada de investigaciones locales, se tuvo que recurrir extensamente a la experiencia sudafricana en el manejo del *E. grandis*. En este sentido, convendría generar y acumular información en el país sobre la respuesta de las especies seleccionadas de *Eucalyptus* a las prácticas de manejo con el fin de progresar en la definición de modelos de regímenes con alta especificidad local con respecto al tipo de sitios, especies, turnos de corta, etc. En particular, deberían realizarse experimentos locales para:

- determinar las densidades de población, para una variedad de edades y diferentes tipos de suelos, que resulten óptimas para la obtención de máximos diámetros en rotaciones de duración razonable. Al respecto, el PRAIF-II proporcionó información para el diseño de una metodología de investigación;
- entender el impacto que puede tener la poda de ramas verdes en la fracción dominante del rodal, dado que: (i) esta práctica siempre conlleva algún riesgo de introducción de hongos patógenos en el duramen del árbol y (ii) la remoción excesiva de la copa verde puede impedir la continua expresión de dominancia de los árboles podados;
- determinar el impacto que tiene el raleo sobre la regeneración vegetativa en los rodales, cuya remoción puede implicar un costo significativo.

Procesos de transformación primaria de la madera

Los defectos inherentes a la madera de plantaciones de rápido crecimiento de *Eucalyptus* imponen la estructuración de un marco apropiado de políticas y prácticas para la transformación primaria eficiente de sus trozas. A partir de la experiencia australiana y de otros países que procesan madera de este género, se

fue conformando un conjunto de reglas básicas que deberían ser respetadas en el proceso de aserrío y que consisten en:

- utilizar trozas cortas, preferentemente de una longitud no mayor a 3 metros;
- utilizar sistemas de aserrío que liberen las tensiones de crecimiento simultáneamente en ambos lados de las trozas, basas o tablas, es decir líneas de producción con sierras dobles y, eventualmente, sierras múltiples;
- respetar estrictamente técnicas de corte tangencial para que las tensiones residuales se expresen como arqueadura antes que como encorvadura y para restringir la dimensión de los nudos en la cara de los tablas;
- al efectuar el primer corte de la troza, limitar el ancho de los costeros de tal forma que el espesor del cuerpo residual de la troza no sea inferior a dos tercios (67%) del diámetro total de la troza. Esta regla debe respetarse también al voltear la troza a 90 grados para efectuar el siguiente par de cortes simultáneos.
- mantener pequeñas las secciones aserradas: no intentar efectuar cortes anchos y gruesos, especialmente en las caras iniciales;
- apilar inmediatamente todas las tablas aserradas en "castillos" utilizando una práctica de apilamiento de muy alto estándar, y mantener los castillos cubiertos y correctamente delimitados;
- reducir al mínimo el tiempo entre la operación de apeo y la conversión de las trozas. Mantener la máxima longitud posible de las trozas durante las operaciones de cosecha, transporte y almacenamiento, y tronzarlas en los largos requeridos inmediatamente antes del aserrío;
- cuando la política de productos incluye la elaboración de productos de alto valor, seleccionar las trozas de mayor diámetro para la transformación. En todo caso, evitar las trozas que tienen defectos aparentes, como perforaciones por insectos, grano en espiral, y corazón descompuesto o descentrado;
- para el proceso de debobinado, además de las dos últimas reglas, es altamente recomendable que las trozas se sumerjan en agua caliente (60 a 65 °C) durante suficiente tiempo para que la sección interna de la madera alcance esa temperatura.

Asimismo, debe definirse una política de productos que reconozca como punto de partida los defectos inherentes de la materia prima. A pesar de estas imperfecciones, las plantaciones de Eucalyptus de rápido crecimiento tienen cierto potencial para la transformación y el procesamiento de su madera en productos de mayor valor que la madera aserrada para *pallets*. Este potencial se verá fuertemente acrecentado si se intensifican los regímenes de manejo silvicultural de las plantaciones mediante la poda y el raleo. Mientras maduren estas plantaciones, una política potencialmente redituable para los aserraderos actuales consiste en segregar y añadir valor a las tablas de mejor calidad. Para ello se deben diseñar reglas para la clasificación de las trozas, no sólo por diámetro sino también por calidad, y patrones de corte específicos. En el marco del PRAIF-II se diseñaron reglas de clasificación provisionales, a partir de un pequeño ensayo en un aserradero local. Los resultados obtenidos sugieren la conveniencia de desarrollar estudios

que tengan mayor representatividad.

Secado artificial del Eucalyptus

La madera aserrada no secada se exporta aún en un porcentaje importante a los principales polos compradores, como Europa, Estados Unidos y Japón. Sin embargo, esta situación está cambiando y la demanda se orienta crecientemente hacia madera seca, con un contenido de humedad de entre 8 y 12%. En cuanto a la elaboración de productos de mayor valor agregado, se requiere ineludiblemente trabajar con madera secada artificialmente a un contenido de humedad final del 8%. En este caso, las normas son estrictas en los mercados internacionales y no existe ninguna posibilidad de desarrollar este tipo de productos sin contar con secadores apropiados. La tendencia creciente de los precios internacionales de los productos de la madera hace cada día más sostenible y justificable secar artificialmente la madera de especies que son refractarias al secado y deben secarse lentamente, tal como las de Eucalyptus.

Actualmente, en Uruguay, un número muy limitado de aserraderos dispone de plantas de secado. En 1996, se estima que la capacidad física de secado en el país, incluyendo todos los géneros, alcanzará a 750 m³, distribuidos en 20 secadores de una capacidad individual comprendida entre 10 y 75 m³. Para entender la dinámica que, en términos de capacidad de secado, podría significar la intensificación de las actividades de aserrado y procesamiento de la madera de plantaciones en Uruguay, el ejemplo de Chile es significativo. La actual capacidad de secado en ese país es estimada en 14.000 m³, es decir 18 veces la de Uruguay, y esta capacidad deberá cuadruplicarse para el año 2000 para poder cumplir con las metas de exportación, tanto de maderas nativas como de pino radiata.

Es un hecho reconocido que la madera de Eucalyptus no sólo es lenta en secar sino que es además susceptible a defectos inducidos durante el proceso de secado, más aún la madera juvenil. El secado del Eucalyptus es un proceso que no admite apuro y en el que no se puede prescindir de alta precisión y control en sus condiciones de aplicación. Este proceso no es de bajo costo y, como se aplica a madera aserrada de calidad, si no se lleva a cabo en forma adecuada se corre el riesgo de echar a perder una materia prima de alto valor. La minimización de los efectos inducidos en el secado es un elemento crítico en la economía del aserrado.

En el presente estudio, se han propuesto lineamientos básicos que cubren las varias etapas del secado: encastillado de la madera aserrada, vaporizado, primer secado en cámara, igualado, reacondicionamiento, segundo secado en cámara, segundo igualado y acondicionamiento final. El programa propuesto es indicado para varias especies de Eucalyptus, incluyendo algunas aún más refractarias al secado que el **E. grandis**, y podría resultar conservador para esta última especie. Una estrategia prudente consistiría en adoptar los mismos lineamientos para esta especie en una primera instancia y modificarlos con cautela una vez acumulada cierta experiencia.

Sistema nacional de normalización para los productos forestales

A medida que el sector manufacturero de productos madereros se desarrolle en Uruguay en respuesta a la creciente disponibilidad de madera rolliza, se volverá cada vez más importante que sus productos sean reconocidos como confiables, teniendo características físicas y mecánicas sobre las que todos los involucrados puedan contar. Un sistema racional para la especificación y evaluación de la calidad de los productos madereros otorga cierta protección al consumidor, que tradicionalmente carece de medios para determinar los méritos de lo aseverado por los fabricantes o sus distribuidores. Desde el punto de vista de los industriales, una producción ordenada que cumpla con una norma de calidad reconocida limita las

perspectivas comerciales de competidores menos escrupulosos así como la posibilidad de reclamos por parte de clientes insatisfechos.

La mayoría de los países reconocen ahora formalmente normas técnicas para prácticamente todos los productos de la madera, y la mayoría de los productores y principales consumidores reconocen lo beneficioso de esta situación. En el caso de Uruguay, el mercado local para productos madereros es muy pequeño, reflejando una preferencia fuertemente establecida por el uso de productos de hormigón y otros materiales de construcción en la gran mayoría de edificios. En este campo, la necesidad de normas técnicas para la madera es probablemente mayor aún pues debe servir de instrumento para socavar una tradición fuertemente arraigada. Esto es deseable (i) en el interés de la conservación de energía y de alguna limitación a la liberación a la atmósfera de gases propios del "efecto invernadero", así como (ii) porque un mercado doméstico ampliado llevará al aumento de la producción de productos de madera mas "amigables" al medio ambiente.

Actualmente, en Uruguay, las normas técnicas son limitadas en número y alcance, y se refieren principalmente a nomenclaturas, definiciones (glosarios) y metodología para pruebas. Mientras que éstas son incuestionablemente necesarias como requisito básico, no llegan a fomentar confianza en la utilización de productos madereros ni a guiar a los productores en la fabricación de productos con normas apropiadas en términos físicos y de calidad. Elevar el nivel de estas normas para que contribuyan a proteger al consumidor e imponer niveles de calidad a los fabricantes implica un trabajo substancial. En este estudio se ha identificado el alcance del trabajo a realizar e indicado cómo la experiencia australiana puede servir de ayuda, dado el avance logrado en ese país en este campo, en particular para productos elaborados con las especies plantadas en Uruguay. Para ello se ha conseguido una amplia gama de documentos con normas australianas relevantes como pautas para Uruguay.

La vivienda de bajo costo y las estructuras de techos para diferentes tipos de edificaciones deberían ser consideradas por los aserraderos de Uruguay como una oportunidad extraordinaria del mercado interno para la colocación de madera estructural. Para facilitar el desarrollo de este mercado, será probablemente imperativo contar con normas apropiadas para la madera estructural. La elaboración de normas técnicas para productos madereros de uso estructural involucra los siguientes pasos básicos:

- la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de especies individuales, tal vez en dos categorías etarias;
- la determinación de los contenidos de humedad de equilibrio apropiados para las principales especies y las variaciones climáticas regionales si fuera necesario;
- la asignación de grupos de resistencia para cada especie en condición estacionada y tomando en cuenta el contenido de humedad de equilibrio;
- el establecimiento de un conjunto de reglas visuales de clasificación por tensión, para lo cual se podría seguir las pautas australianas (normas técnicas AS 2082 y AS 2858). Las reglas de clasificación indicadas en estos documentos deberían ser evaluadas con la ayuda de un ingeniero especializado en este área, con el fin de determinar si son apropiadas para lograr, con maderas locales, los valores indicados para las propiedades de resistencia de pequeñas muestras sin defectos. Si las reglas de clasificación resultaran pertinentes, su uso sería recomendable.

La madera clasificada por tensión podría entonces destinarse a usos estructurales utilizando manuales de

origen australiano, tales como los publicados por algunos organismos de ese país para ambientes similares al de Uruguay.

Con respecto a las normas técnicas para productos madereros de uso no estructural, una cuestión central es si Uruguay debería moverse en la dirección de normas genéricas o de uso específico.

Esto debe determinarse en función de la producción local, en la que actualmente predominan la madera para *pallets* de Eucalyptus y tablas de encofrado de pino. Las tendencias emergentes indican una producción más variada de productos aserrados. En el subsector de Eucalyptus se está iniciando la extracción de tablas de mayor calidad del stock de *pallets*. Los aserraderos de pino están produciendo volúmenes crecientes de maderas para molduras, componentes de muebles y trozas para machihembrado.

Desde la perspectiva del desarrollo y promulgación de normas técnicas nacionales, se considera que se obtendría muy poco beneficio de dedicar los escasos recursos a madera aserrada verde para usos tales como *pallets* y encofrado. Sin embargo, la promulgación temprana de normas técnicas para madera secada parecería ser útil para fomentar y facilitar el desarrollo del sector terciario. Esto implica la determinación de niveles de contenido de humedad de equilibrio adecuados para las principales especies y/o grupos de especies. En tanto que en Australia la madera estacionada debe tener un contenido de humedad de entre 10% y 15%, esto puede no ser realizable en las condiciones más húmedas existentes en Uruguay donde tal vez deba aceptarse un nivel máximo de 18%. Posteriormente, se deberían desarrollar y promulgar normas técnicas nacionales para la madera estacionada, para las cuales las pautas australianas (AS 2796) serían de gran utilidad. En éstas se reconocen y definen cuatro clases (libre de nudos, selecto, estándar y utilitario), que pueden aplicarse a madera aserrada sin cepillar, madera escuadrada y una variedad significativa de molduras previamente definidas.

Considerando que la tarea es de una magnitud considerable, sería razonable adoptar un acercamiento por etapas al desarrollo y la promulgación de normas técnicas nacionales. Esto podría involucrar normas técnicas nacionales provisorias con períodos de validez definidos, los cuales al expirar darían lugar a nuevas normas mejoradas. Un adelanto progresivo en la forma indicada hacia el objetivo final de un conjunto de normas técnicas global y durable parece adecuado a una situación donde el sector aserradero está en su infancia y los mercados internos están subdesarrollados.

Debe enfatizarse que el desarrollo y la promulgación de normas técnicas nacionales depende fundamentalmente de que la institución nacional responsable trabaje en estrecha colaboración con el sector industrial forestal, los organismos de investigación y, probablemente, los consumidores, tales como los constructores de viviendas, carpinteros, fabricantes de molduras y muebles, etc. En este sentido, la cooperación y el acuerdo mutuo, que normalmente involucran largas y francas conversaciones, numerosas reuniones e investigaciones técnicas especiales, constituyen ingredientes esenciales.

Esto sugiere la necesidad de una buena organización por parte de la industria forestal y otras partes interesadas del sector privado, mediante comités representativos, activos y capaces, con autoridad para negociar y cerrar tratos con las demás partes involucradas.

CAPÍTULO III - ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD

Complejo de producción y exportación de astillas para pulpa

La producción de *chips* es uno de los posibles destinos de la masa forestal que está madurando. Sin lugar

a dudas, es el proceso técnico inicial y de menor valor agregado en el abanico de posibilidades de transformaciones. Sin embargo, la experiencia internacional indica que es muy probable que, a medida que las plantaciones lleguen a maduración y alcancen volúmenes muy importantes, surjan intereses locales y/o extranjeros para instalar plantas de *chips*. El estudio presenta las características técnicas, financieras y de mercado del negocio "chipero", información con la cual pequeños y medianos proveedores potenciales de materia prima pueden mejorar su capacidad de respuesta en función de sus propios intereses. Más importante aún, el estudio incluye un análisis de los principales elementos a tener en cuenta en caso de que este sector de productores optara por la instalación de una planta propia, bajo alguna forma asociativa.

El país tiene ventajas comparativas en la producción de madera pulpable, ofreciendo la exportación en forma de astillas una alternativa de negocio mucho más estable que la de rollizos. Esta mayor estabilidad se debe a las distintas modalidades operativas que caracterizan estos dos tipos de negocio. En tanto que es común que la madera pulpable rolliza se venda en el mercado *spot*, reflejando así su carácter de fuente de abastecimiento marginal de muchas plantas papeleras, la exportación de astillas es objeto de un contrato de compra-venta a largo plazo, entendido como un *joint venture* entre el proveedor y el socio comercial, en el cual los precios se vuelven a negociar cada año. Esta diferencia se refleja en la evolución de los precios internacionales: la típica evolución cíclica de la industria de la celulosa provoca una alta variabilidad en los precios de la madera pulpable rolliza, en contraste con la tendencia más estable en el caso de las astillas. La minimización de riesgos en el negocio chipero impone que recién después de la firma de un contrato de abastecimiento de largo plazo se realice la inversión prevista.

La experiencia indica que, para una unidad destinada al mercado de exportación, una estructura productiva razonable consiste en una capacidad de procesamiento de 500.000 m³/año de materia prima, en dos turnos. Esto permite una modulación de la producción desde 200.000 m³/año (correspondiente a 5 embarques anuales) hasta 600.000 m³/año (15 embarques) en función de la disponibilidad de materia prima y de los turnos. Es posible considerar la instalación complementaria de plantas más pequeñas, siempre y cuando se inserten dentro de un marco general de producción, comercialización y control de calidad. Con respecto al proceso productivo, se destacan entre las condiciones de éxito: (i) la calidad de la producción (homogeneidad, no contaminación con agentes externos) y ii) la capacidad de mantener el flujo de producción, pudiendo resultar dramática una ruptura de stock en un período previo aun embarque. Ello se logra mediante la combinación de equipos de primera línea, una gran capacidad de gestión y un personal de operación responsable y estable para evitar repetidos periodos de aprendizaje. En función de estas condiciones, se detalló el proceso productivo en sus diferentes etapas (almacenamiento de trozas, eventual descortezado, abastecimiento de la astilladora, astillado, clasificación de las astillas y almacenamiento de las mismas), así como los equipos y personal requeridos para las plantas de los dos tamaños considerados.

Con respecto al transporte interno de la materia prima a la planta y de los *chips* al puerto de embarque se confirmó, sobre la base de las tarifas vigentes actualmente, la conveniencia del modo ferroviario para los mayores recorridos. Si se aplica algún tipo de peaje a los camiones con carga forestal y las tarifas aumentan proporcionalmente, el ferrocarril podría resultar también conveniente para distancias medianas. Desde el punto de vista macroeconómico, es particularmente relevante que el transporte ferroviario absorba una parte importante de la creciente carga forestal para evitar el rápido deterioro de las carreteras. Aunque actualmente el transporte ferroviario presenta varias limitaciones en comparación con el carretero, los planes de la empresa ferroviaria estatal apuntan a mejorar la red existente y a ofrecer

desvíos ferroviarios (móviles) en las zonas de mayor concentración forestal.

Una de las dificultades para evaluar la viabilidad de un complejo de producción y exportación de *chips* en Uruguay en las condiciones actuales proviene de la situación portuaria del país. Los buques chiperos necesitan un calado, mínimo de 34 pies para poder efectuar un embarque completo de *chips* de **E. globulus** (30 pies en el caso del **E. grandis**). Ningún puerto ofrece actualmente este calado, aunque cada uno presenta una situación distinta:

- En el puerto de Montevideo, el canal de acceso al puerto ya tiene un calado de 34 pies y se llegará a la profundidad requerida en los atraques en menos de dos años (1997-98). Este puerto ofrece una salida factible a corto plazo para la exportación de *chips*. En este caso la limitación provendría del área disponible para el acopio de *chips* si se tiene en cuenta los futuros requerimientos de almacenamiento para otros productos forestales y mercaderías en general. Por lo tanto, no se considera conveniente superar los 15 embarques por año en este puerto, es decir 600 mil m³/año (aprox. 340 mil BDMT/año de *chips* de **E. globulus**).
- El puerto fluvial de Fray Bentos, convenientemente ubicado en relación a las plantaciones del litoral, posee una infraestructura obsoleta y requiere de importantes inversiones para su adecuación al embarque de *chips*. Pero la gran limitación de este puerto proviene del calado operacional de sólo 21 pies para la navegación por el Río Uruguay hasta Fray Bentos. La profundización del Río Uruguay a 25 pies de calado efectivo, acordada entre Argentina y Uruguay, aún queda pendiente y en todo caso las instalaciones portuarias no estarían en condiciones operativas antes de 1999.
- El uso del puerto fluvial de Nueva Palmira para el embarque de *chips* requiere de la profundización del Canal Martín García, que supuestamente será llevada a cabo en los próximos años y que significará un calado operacional de 32 pies. Este calado permitiría solamente el cargamento parcial de buques chiperos de **E. globulus** (aunque total para *chips* de **E. grandis**) con la necesidad de un completamiento de carga en otro puerto. Las instalaciones portuarias (privadas) existentes constituyen una ventaja, aunque tendrían que adaptarse al embarque de *chips*.
- El puerto oceánico de La Paloma, idealmente ubicado para cargar buques chiperos, no representa en su estado actual una alternativa viable al no disponer de la escollera de protección necesaria para el tránsito de estos buques. Por lo tanto, las inversiones en infraestructura, requeridas para que La Paloma se transforme en un puerto de ultramar para la exportación de astillas, son muy superiores a las consideradas en los otros puertos. Para poder rentabilizar esta inversión, tendría que asegurarse un mínimo de 15 embarques al año de *chips* (600 mil m³/año), lo cual a su vez implica una disponibilidad de madera de los departamentos cercanos que sería factible de darse a partir del año 2003, considerando las tendencias actuales del proceso de forestación.

Otro elemento a considerar en la definición de la ubicación de las plantas de *chips* concierne al impacto ambiental de las mismas. El astillado tiene relativamente pocos efectos contaminantes, aunque es necesario tomar algunas precauciones: no se debe instalar una planta cerca de un sector densamente poblado para evitar las molestias que causan el ruido (además del posible uso de cortinas antiruido) y la emisión de polvo; se debe asegurar la permanente vigilancia de las pilas de *chips* impidiendo cualquier acto vandálico en su contra; se debe cubrir las cargas transportadas por camión de la planta al puerto para

evitar la dispersión de astillas; y la altura de las pilas de *chips* puede limitarse, dentro de cierto rango, si así lo requirieren consideraciones de tipo paisajístico. Otros factores socio-ambientales deberán ser analizados con más profundidad en la etapa de prefactibilidad, como el incremento del tráfico carretero por la circulación de la carga forestal en zonas turísticas o urbanas y el caso particular de la instalación de un complejo de *chips* en La Paloma, dada la valoración del departamento de Rocha como zona turística y reserva natural.

Para la evaluación financiera se partió de una situación básica que corresponde a las condiciones estimadas como más probables para el inicio de la actividad de astillado en el país. Se estimó luego la rentabilidad de diferentes alternativas del proyecto, variando la localización, el tamaño de la planta y la especie de madera pulpable en función de los análisis anteriores. Para visualizar el rango de variación de la rentabilidad del proyecto cuando se cambian algunas de las condiciones asumidas, se ha analizado la sensibilidad de la rentabilidad en relación con las cuatro variables claves de la operación: el precio de la materia prima, su densidad básica, el precio del producto final y la velocidad de aprendizaje en la actividad productiva. Las tasas internas de retorno (TIR) más representativas son:

- 46,5% para un proyecto de exportación de *chips* de **E. globulus** (con densidad básica de 0,570 BDMT/mcs) a Japón. Se consideró una planta de gran tamaño, ubicada en Montevideo, un precio de la materia prima de 41 US\$/m³ (precio de madera rolliza puesta en Montevideo en julio de 1995), un precio FOB de 110 US\$/BDMT y un capital de trabajo correspondiente al valor de 3 meses de consumo de materia prima. Se obtienen las siguientes TIR al variar algunas de las condiciones mencionadas, *ceteris paribus*: 78% cuando el destino es Europa (precio FOB hipotético de 125 US\$/BDMT); 29% con un precio de la materia prima de 45 US\$/m³; y 29% con una densidad básica de la madera de 0,530 BDMT/m³
- Si el proyecto se desarrolla en Nueva Palmira, en las condiciones básicas consideradas pero ajustando obviamente los costos y precios a esta situación específica, se obtiene como valores para la TIR: 56% cuando el ahorro de flete terrestre con respecto a Montevideo es compartido por mitades entre los productores forestales y la planta de *chips*; 68% si este ahorro va enteramente a beneficio de la planta y 44% si el ahorro es apropiado por los productores forestales.
- Si el proyecto se realiza en La Paloma, ajustando nuevamente los costos y precios a esta situación, se obtiene una TIR de 19% cuando el ahorro de flete terrestre es apropiado por la planta de *chips* y de 16% si este ahorro va a cuenta de los productores forestales. La comparativamente menor rentabilidad de una planta en La Paloma se debe a las altas inversiones requeridas para la adecuación de este puerto al embarque de *chips*, las cuales se cargaron en su totalidad al proyecto.
- También se ha analizado el procesamiento de **E. grandis** (con densidad de 0,443 BDMT/m³) en una planta de gran tamaño, ubicada en Montevideo, con un precio de la materia prima de 30 US\$/m³ (precio de julio de 1995), un precio FOB de exportación a Japón de 95 US\$/BDMT y un capital de trabajo correspondiente a 3 meses de consumo de materia prima. La TIR obtenida es del 19% y llega al 25% si se cambia el destino por Europa (precio FOB de 97 US\$/BDMT). Si se considera una densidad básica menor (0,420 BDMT/mcs), se obtienen TIR muy bajas. No obstante, debe destacarse que la situación

analizada es extrema dado que lo razonable es instalar una planta que procesa principalmente **E. globulus** con un cierto porcentaje de **E. grandis**, lo cual es técnicamente viable.

Este tipo de proyecto tiene una estructura que corresponde mucho más a la de un proyecto comercial que industrial: con una inversión fija del orden de los US\$ 5 millones (incluyendo la adecuación de las instalaciones portuarias), se genera un movimiento anual del orden de los US\$ 30 millones. Ello se debe a que se trata de un acondicionamiento de la madera para su comercialización antes que de un verdadero proceso industrial.

Si la empresa que lleva adelante el proyecto fuera una asociación de productores forestales o estos últimos establecieran una asociación para abastecer una planta independiente, podría considerarse como factible disminuir el capital de trabajo al equivalente a un mes de consumo de la materia prima en vez de tres, en consideración también a las condiciones climáticas del país que permiten cosechar y transportar la madera prácticamente durante todo el año. En esta situación, la rentabilidad se incrementa sustancialmente. Otra ventaja derivada de este tipo de estructura empresarial concierne a la notoria mejora de la rentabilidad cuando la planta de *chips* puede apropiarse de los ahorros de flete terrestre que resultan de su instalación a una menor distancia de las plantaciones que Montevideo, como es el caso de Nueva Palmira. Pero debe enfatizarse que el proyecto requiere de una alta capacidad de ejecución y gestión. La imperiosa necesidad de cargar los buques en las fechas y tiempos previstos determina una serie de requerimientos en cadena que deben cumplirse estrictamente para que el negocio resulte efectivamente rentable.

En términos generales, los resultados obtenidos del estudio de prefactibilidad son ampliamente favorables al desarrollo de un proyecto de *chips* en las diversas localizaciones consideradas, frente a la alternativa de exportar madera rolliza, aun teniendo en cuenta la inversión requerida para adaptar la infraestructura portuaria a la exportación de *chips*. Desde el punto de vista de la orientación general del sector forestal, se trata de un proyecto que incorpora un pequeño margen de valor agregado a la materia prima, mayor que el que corresponde a la exportación de madera rolliza.

Sin embargo, la rentabilidad del proyecto en los niveles mencionados deberá confirmarse en la etapa del estudio de factibilidad, otorgando particular atención a los aspectos sensibles del proyecto. Entre otros, quien quiera llevar adelante el emprendimiento deberá:

- definir la densidad básica de las especies consideradas mediante pruebas a escala industrial;
- determinar el precio interno de la materia prima una vez que quede más clara su tendencia cuando maduren las plantaciones;
- analizar la vulnerabilidad del proyecto si se confirma la instalación de una planta de celulosa, la cual tendría una mayor capacidad de competir por la materia prima (vía precios) debido a la menor incidencia de la misma en su estructura de costos;
- precisar el precio FOB exacto al que Uruguay puede aspirar, mediante el establecimiento de contactos directos con importadores japoneses u otros.

Complejo industrial integrado para el procesamiento de madera de Eucalyptus de alta calidad

Es de fundamental importancia visualizar desde ya las formas de maximizar el aprovechamiento del producto de plantaciones sometidas a regímenes intensivos de poda y raleo con el fin de orientar el desarrollo de la industria maderera en esta dirección. Debe demostrarse la rentabilidad de instalaciones industriales que insumen madera rolliza de alta calidad, para que el productor forestal tenga el estímulo necesario para emprender el manejo de sus plantaciones: la posibilidad de obtener un precio por la madera rolliza que refleje su tamaño y calidad y compense ampliamente los costos de producción que tuvo que absorber. A su vez el desarrollo de la oferta de rollizos de alta calidad es el factor que alentará la aparición de plantas industriales específicamente orientadas a la valoración del producto en los mercados internacionales.

Es en este contexto que el PRAIF-II ha analizado a nivel de prefactibilidad un proyecto de transformación con alto valor de plantaciones de **E. grandis**. El complejo fue concebido a gran escala con el fin de (i) minimizar los costos de producción y (ii) contar con una masa crítica de productos para facilitar la penetración en los mercados de exportación de especies poco conocidas. La instalación de un conjunto de unidades en un mismo sitio con una estructura industrial totalmente integrada ofrece las siguientes ventajas frente a unidades geográficamente independientes:

- la operación de los servicios del complejo con economías de escalas (recepción de trozas, descortezado y acondicionamiento de la materia prima, suministro de electricidad con líneas de alta tensión, generación de vapor, etc.);
- la utilización de todos los tipos de trozas provenientes de las plantaciones en forma acorde con su calidad y dimensiones; y
- el aprovechamiento del conjunto de residuos de la transformación primaria para la realización de actividades de transformación secundaria con costos de producción muy competitivos.

El complejo comprende instalaciones para la producción de: (i) láminas faqueadas a partir de las mejores trozas podadas, (ii) madera aserrada libre de nudos a partir de trozas podadas, (iii) madera en chapas laminada (L.V.L.) a partir del debobinado de trozas de gran diámetro, podadas y no podadas, (iv) madera aserrada para *pallets* a partir de las trozas sin podar y de pequeño diámetro que inevitablemente se obtienen de árboles podados y (v) una planta para la fabricación de tableros de fibra de densidad media (M.D.F.) para aprovechar los residuos de los procesos primarios.

Sobre la base de los rendimientos por hectárea obtenidos en los dos regímenes de manejo propuestos previamente y en función de las escalas de operación que la experiencia internacional indica como más apropiadas para lograr economías de escala en las diferentes unidades de producción, se ha calculado que el complejo requeriría un suministro anual de madera rolliza equivalente al producto de: (i) 800 hectáreas netas efectivas de plantaciones manejadas según el Régimen 1 y (ii) 1.100 hectáreas netas efectivas en el caso del Régimen 2. Ello significa que cada año áreas de estos tamaños serían forestadas, raleadas, podadas y sometidas a la corta final. Dada la rotación de 20 años considerada, esta situación "constante" sólo puede alcanzarse 20 años después de la adopción del régimen; asimismo, el área total requerido para abastecer en forma continua el complejo es de 16.000 hectáreas netas efectivas en el caso del Régimen 1 (800 ha x 20) y 22.000 hectáreas para el Régimen 2. Estas estimaciones, basadas en cálculos minuciosos, permiten asegurar el equilibrio entre la oferta de trozas de las plantaciones manejadas y la demanda de materia prima del complejo.

A título ilustrativo, se han considerado dos posibles zonas para el establecimiento de las plantaciones y del complejo industrial. La primera se sitúa en el departamento de Tacuarembó y es representativa de suelos y otras condiciones medioambientales que podrían soportar el Régimen 1. La segunda zona se ubica en el Litoral, en la unión de las Rutas 90 y 25, incluyendo así partes de los departamentos de Paysandú y Río Negro, y es representativa de las condiciones requeridas para el Régimen 2.

Los costos del suministro de madera al complejo y los demás costos de producción fueron determinados con precisión, con una metodología explícita y con la debida atención a los factores locales relevantes. La inversión total del complejo asciende a US\$ 127 millones, de los cuales alrededor del 60% corresponde a costos de plantas y equipos. Se destaca el costo de capital de la planta de M.D.F. con el 46% de la inversión global.

Como puertos de embarque para la exportación de la producción del complejo industrial se consideró Montevideo para el Complejo 1 y Fray Bentos para el Complejo 2. La distancia del complejo al puerto sería así de 400 km. en el primer caso y 120 km. en el segundo. Se eligió el transporte por carretera para el tráfico de contenedores entre cada complejo y el puerto seleccionado. El uso del ferrocarril sería preferible, pero existe actualmente cierta incertidumbre con respecto a la capacidad del sistema ferroviario para transportar estos volúmenes sin una inversión substancial en vías férreas.

La tarifa adoptada para el flete marítimo resultó de la revisión de las cotizaciones obtenidas de agentes marítimos locales, junto con información adicional sobre el tipo de descuento corrientemente ejercido.

Para poder determinar los ingresos del complejo industrial, se tuvo que adoptar una serie de supuestos con respecto a los lugares de destino y precios de venta de los diferentes productos. Se supuso que las ventas se realizarían en Europa en los casos de madera aserrada de calidad, madera para *pallets* y M.D.F.. A título referencial, se consideraron los precios actualmente vigentes de US\$ 800 (Meranti secado, Francia), US\$ 184 (Italia) y US\$ 453 (Milan - Italia), respectivamente.

Para las láminas faqueadas, se seleccionó el mercado chino dada su disposición a adquirir grandes volúmenes de madera rosada/roja sin que su identidad específica sea relevante. Se adoptó un precio de US\$ 2,50/m² para las láminas de mejor calidad. El mercado norteamericano fue seleccionado para la madera en chapas laminada (L.V.L.) debido a los niveles atractivos de demanda que se registran allí para este tipo de producto, además de una amplia experiencia en su uso. Se adoptó el precio actual en planta al por mayor de US\$ 17/pie³.

Estos precios de mercado de referencia fueron sometidos a una serie de descuentos. En el caso de la madera aserrada secada, se aplicó: (i) un descuento de 15% por limitaciones de longitud y (ii) otro de 20% durante los dos primeros años para facilitar la penetración de los mercados. Para la fracción de la producción de menor calidad (calidad de componente) se aplicó un último descuento de 20%. Para el L.V.L. y el M.D.F., se consideraron descuentos de 20% para la penetración de los mercados. Para la madera para *pallets*, el descuento se redujo a 10%. En el caso del L.V.L. un descuento adicional de 8% fue previsto para permitir al importador un gasto adicional en ingeniería.

Los beneficios brutos anuales que se obtendrían de la operación de estos dos complejos son substanciales, alcanzando cerca de US\$ 45,5 millones (31% de la facturación y 35% de la inversión en capital) en el Complejo 1 y US\$ 44,1 millones (30% de facturación y 35% de inversión en capital) en el Complejo 2. Estos datos corresponden a una situación de "operación constante" de los complejos, es decir de producción a plena capacidad. Para la evaluación financiera de los complejos se tuvo en cuenta

una "curva de aprendizaje", de acuerdo a la cual la plena utilización del complejo sólo se alcanzaría en el cuarto año de operación. Se obtuvo una tasa interna de retorno a la inversión de 31,3% para el Complejo 1 y 30,3% para el Complejo 2.

En síntesis, los valores obtenidos para los indicadores de rentabilidad son altamente favorables al establecimiento de un complejo industrial, a pesar de la actitud conservadora que se adoptó consistentemente en el estudio. Para los pequeños y medianos productores forestales, los resultados indican que existen excelentes perspectivas para la viabilidad de complejos integrados de transformación capaces de soportar niveles de precios para la madera en pie suficientemente altos como para justificar los gastos en raleo y poda en la forma intensiva propuesta en el capítulo anterior. Para este sector de productores forestales la viabilidad de los emprendimientos propuestos, tanto para la fase de producción forestal como la de la transformación con alto valor de plantaciones manejadas, descansa en su capacidad de organización y agrupamiento en determinadas regiones o zonas del país. Sin un alto grado de cooperación inter-empresarial, los emprendimientos propuestos sólo estarán al alcance de unas pocas empresas en el país. En este sentido, se destaca una vez más la importancia de la formación de estructuras cooperativas regionales o zonales y la búsqueda de alianzas, la que se ve favorecida hoy en día por la creciente transnacionalización de las operaciones forestales.

El estudio de este proyecto se inscribe dentro del marco de una planificación estratégica del sector forestal de Uruguay. En efecto, podría argumentarse que la instalación de un proyecto de esta naturaleza no es viable actualmente sino en un horizonte lejano (2010) debido a la rotación de 20 años considerada para las plantaciones. Pero la demostración de la rentabilidad de este emprendimiento, a partir del análisis detallado de las condiciones locales y la determinación cuidadosa de los costos e ingresos que implica, es una poderosa herramienta para orientar los participantes del sector forestal hacia las decisiones y acciones requeridas para una alta valorización de las plantaciones de Eucalyptus.

Quizás la forma más sencilla de visualizar el impacto que podría tener este tipo de proyecto en la economía uruguaya es imaginar una situación extrema en que se instalaran 12 de estos complejos industriales: en su conjunto generarían, cuando estén en plena operación, ingresos anuales en divisas por un monto de US\$ 2.000 millones, es decir del orden del valor de las exportaciones totales de Uruguay en este momento. Con esta observación no se pretende sugerir que estos complejos sean una panacea para el desarrollo de la economía forestal del país; para empezar implicarían una inversión global de US\$ 1.270 millones de dólares y la implantación de una superficie equivalente a alrededor de 190.000 hectáreas con regímenes de manejo silvicultural intensivos. Simplemente, el cálculo apunta a destacar el potencial de un sector forestal adecuadamente manejado, en el que el valor antes que el volumen y la calidad antes que la cantidad constituyan los principios rectores.

El concepto desarrollado para el aprovechamiento de las plantaciones de Eucalyptus constituye una innovación a nivel internacional. En efecto, sería un error creer que existe un modelo de complejo de transformación de madera de Eucalyptus disponible en alguna parte del mundo, que el sector forestal uruguayo podría emular. La aplicación de los regímenes de manejo silvicultural intensivos propuestos sólo encuentra un paralelo en Sudáfrica y, aun allí, éstos se llevan a cabo a una escala relativamente modesta y sin el rigor que se recomienda para el caso de Uruguay. Aún no puede verse en ningún lugar del mundo un aserradero utilizando **E. grandis** o cualquier otra especie de Eucalyptus en la escala o la forma que ha sido propuesta. Tampoco pueden verse ejemplos de los demás procesos de conversión de **E. grandis** y otras especies de Eucalyptus en la forma propuesta. En cambio, están a la vista complejos integrados de gran escala que cortan y procesan madera de pino de plantaciones y aplican la última

tecnología de punta. También existen amplias oportunidades de examinar instalaciones de pequeña escala para especies de *Eucalyptus*, donde se aplican procesos de aserrío, debobinado y otros tipos de conversión básicamente sobre la base de los mismos principios y tecnologías que los que han sido recomendados. El complejo propuesto plantea una escala que es única para la conversión y el procesamiento de *Eucalyptus* de plantaciones, la que fue motivada por el imperativo de una estructura de costos muy bajos.

Sería otro error interpretar el estudio como una receta cuyos pasos deben seguirse sin excepción para obtener resultados seguros. Si bien el análisis descansa en la amplia experiencia de especialistas internacionales, debe reconocerse que fue elaborado a partir de una base de datos local mucho menos completa de lo que sería deseable. Debe recomendarse con insistencia la realización de investigación aplicada en temas que no sólo son importantes sino que no tienen precedentes seguros en otras partes del mundo. El análisis debe considerarse entonces como una indicación global de la estrategia a seguir para una alternativa deseable de futuro para el sector forestal de Uruguay. Se deberá integrar la experiencia local, basada en investigaciones sólidas, para encontrar el camino estratégico exacto que resulte más adecuado en el contexto local.

Es probable que el concepto desarrollado con respecto al aprovechamiento con alto valor de las plantaciones de *Eucalyptus* enfrente cierto nivel de escepticismo entre los participantes del sector forestal-maderero nacional. También es probable que, de no aprovecharse, Uruguay se quedará a la zaga de otros países, incluso de la región, que tarde o temprano transformarán este concepto en una realidad.

Instalaciones para la producción y exportación de madera aserrada de calidad

Este proyecto ha sido analizado como alternativa a un complejo industrial integrado para el aprovechamiento de plantaciones de *Eucalyptus* manejadas con fines aserrables. Las instalaciones ya no están destinadas a producir varios tipos de productos de la primera y segunda transformación, sino exclusivamente madera aserrada de **E. grandis**. La mayor parte de la producción tiene un nivel de calidad muy superior al habitual actualmente en Uruguay y, por lo tanto, es secada artificialmente para poder valorizarla en los mercados internacionales.

Se ha propuesto un aserradero con tecnología de primer nivel incluyendo, por una parte, sofisticados sistemas electrónicos de optimización y, por otra, maquinaria robusta, de alto rendimiento y gran precisión y confiabilidad en su operación. Ello implica un importante costo de capital pero redundante en altos niveles de producción, rendimiento y calidad. El nivel de producción ha sido fijado en 135.000 m³/año para asegurar economías de escala, y significa un consumo de materia prima equivalente a 500.000 m³/año. La planta de secado es de tipo convencional y cumple con los requerimientos técnicos para secar grandes volúmenes de madera de una especie de muy lento secado como el **E. grandis**. El impacto de una planta de secado en un proyecto de aserrado es considerable: esta planta absorbe un poco más del 60% de la inversión global del proyecto, la cual asciende a US\$ 30 millones en su versión más sofisticada.

Aun procediendo de plantaciones manejadas con fines aserrables, la madera de *Eucalyptus* es más difícil de aserrar que la mayoría de las especies de uso común. Las tensiones internas que se liberan al efectuarse los cortes, con sus consecuentes deformaciones, rajaduras, grietas, etc. hacen recomendable que en la etapa de factibilidad se efectúe una serie de ensayos prácticos y sistemáticos para evaluar rigurosamente el efecto del programa de corte propuesto sobre la materia prima disponible. Esto redundará en un *lay-out* y la selección de tecnología y maquinaria totalmente apropiados.

En la estructura de los costos de producción, se destaca la enorme importancia de la materia prima, que absorbe el 75% de los costos anuales. Ello se debe a que se asumió que el proyecto debía poder pagar precios por la materia prima que reflejen la calidad de las trozas podadas, de tal forma que la inversión del productor forestal en un manejo intensivo de sus plantaciones se vea redituada con el desarrollo de este proceso industrial.

Se obtuvo un nivel de rentabilidad atractivo para este proyecto (TIR de 26%), aunque menor que el del complejo industrial integrado. La evaluación financiera se realizó en condiciones exigentes. En efecto, no se asumieron ingresos ni usos productivos para los residuos del aserradero dado que no se dispone, en esta etapa de prefactibilidad, de datos confiables sobre sus posibilidades de generación de ingresos. En una etapa de factibilidad, deberá evaluarse la posibilidad de utilizar los residuos para la generación de electricidad en la planta de secado o como materia prima complementaria en plantas de *chips* en caso de que éstas se establecieran en el país.

Al igual que para el complejo industrial integrado, el proyecto fue evaluado desde la perspectiva del inversor privado, es decir en términos financieros. No se realizó la evaluación desde el punto de vista de la economía nacional debido a que estos proyectos sólo podrían implantarse dentro de varios años, cuando se disponga de materia prima de calidad. En un período de cambios en la economía uruguaya, especialmente en sus relaciones con el resto del mundo, las diferencias entre precios de mercado y precios de cuenta sufrirán probablemente modificaciones importantes. En todo caso, se ha mostrado en el estudio que la evaluación económica en las condiciones actuales arrojaría valores para los indicadores de rentabilidad superiores a los de la evaluación financiera.

Aserradero para la producción y exportación de madera para pallets

Muchos productores forestales, en particular los pequeños y medianos, están interesados en conocer las posibilidades de destinar su producción a procesos de aserrío, aun sin haber aplicado a las plantaciones el tratamiento más recomendable para este fin. Ya se ha destacado cierto potencial de la madera de Eucalyptus en estas condiciones, en particular como madera aserrada para la industria del embalaje.

El anteproyecto desarrollado se centró en la elaboración de madera para *pallets*, es decir un producto primario cuya rentabilidad y competitividad en los mercados externos es muy sensible a la escala. Por lo tanto, en la medida en que el proyecto se dirige a pequeños y medianos productores, requeriría una vez más del establecimiento de estructuras asociativas. La producción es del orden de 100.000 m³ (250.000 m³/año de materia prima) y la inversión asciende a US\$ 6 millones.

La planta propuesta prevé una salida especial para las tablas de mejor calidad. No obstante, ante el ya referido desconocimiento de la proporción de la producción que sería de una calidad superior, el proyecto ha sido evaluado considerando un precio uniforme para la totalidad de la producción. No podría aplicarse simplemente un precio superior para un porcentaje arbitrario de la producción, dado que ésta tendría que secarse o someterse a procesos adicionales de elaboración que implicarían entonces otros niveles de inversión.

Los indicadores de rentabilidad muestran que el proyecto es rentable (con una T.I.R. para el caso básico de 23,8%), aunque en un nivel inferior a los que se alcanzaron para todos los otros proyectos analizados a nivel de prefactibilidad. Es, por lo tanto, una alternativa menos atractiva que la producción de madera aserrada de calidad pero también menos exigente en cuanto a la materia prima dado que insume madera

calificada como pulpable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este resumen ejecutivo las conclusiones y recomendaciones que surgen de los estudios de prefactibilidad para proyectos específicos ya fueron introducidas. Corresponde entonces presentar aquellas que se derivan del análisis del sector forestal-maderero en términos más generales.

Uruguay posee ventajas naturales importantes para el desarrollo del sector forestal. La velocidad de crecimiento de los cultivos forestales, la disponibilidad de tierras (fuera del área de competencia de otros cultivos), la topografía plana y las condiciones climáticas poco severas constituyen elementos básicos para poder generar y cosechar madera en forma económica. A ello se añade un marco legal e institucional que incentiva la forestación y protege el bosque nativo. La rápida extensión de las áreas implantadas, si bien conforma una tendencia relativamente reciente, abre una nueva alternativa para el uso productivo de los recursos naturales del país, en el marco de un desarrollo aparentemente sostenible a nivel interno y de cambios estructurales en el mercado mundial que lo hacen receptivo a la aparición de nuevos proveedores. Si lo anterior se ubica en el contexto de una industria nacional que experimentó un notorio declive en los últimos años, con la pérdida de competitividad de varios de sus sectores por una conjunción de factores micro y macroeconómicos, debería haber amplia conciencia en el país de que la forestación constituye una oportunidad - como pocas veces ocurre - para desarrollar un nuevo sector industrial con alcance internacional y cuyo impacto en la economía nacional puede ser considerable.

No obstante, como es obvio, la ventaja competitiva que puede derivar el país de la disponibilidad de recursos naturales depende de qué tan eficiente o productivamente éstos sean aprovechados. Hoy en día la globalización de las economías y los mercados ya no permite desarrollar un sector y sostener su crecimiento sobre la base de sus solas ventajas naturales o estáticas. Se requiere, en cambio, que las empresas que conforman este sector construyan ventajas dinámicas que les permitan mantener su competitividad en el tiempo a nivel internacional y no verse desplazadas con la aparición de países competidores con su propio conjunto de ventajas específicas. En este sentido, debe tenerse presente la experiencia de otros sectores productivos de la economía nacional, cuyo crecimiento se derivó de ventajas comparativas asociadas a la explotación de recursos naturales, ventajas que sin embargo no pudieron conservar. Sin perjuicio del impacto de factores macroeconómicos, se reconoce habitualmente que ello ocurre cuando un sector no percibe los cambios requeridos para corresponder a la evolución mundial de la estructura de la industria y no invierte lo suficiente para progresar y desarrollar aptitudes especializadas y productos diferenciados, dando lugar a que recién llegados en el sector respondan en forma más rentable a las condiciones cambiantes de los mercados.

La construcción de ventajas competitivas es, por lo tanto, un proceso que no tiene fin y en el que no sólo la **inversión** (en I&D, tecnología, unidades productivas modernas, aprendizaje, capacitación, etc.) sino también la **innovación** en las áreas de producción, comercialización y organización son factores determinantes. La relevancia de estas observaciones se deriva del hecho que, con respecto a estos factores, el país no suele demostrar ventajas "naturales" y el entorno tecnológico-industrial general es bastante modesto. Hacer frente a estas exigencias requiere necesariamente la participación e interacción de los diferentes actores, tanto públicos como privados. Para integrar en condiciones ventajosas el sector de pequeñas y medianas empresas o productores al desarrollo de la economía forestal, es recomendable reforzar el entorno sectorial buscando formas de estructurar instrumentos de apoyo - que descansen en una colaboración entre el gobierno, las empresas y asociaciones sectoriales - especialmente en las áreas

de capacitación, tecnología (servicios de extensión industrial) y redes de información.

Conviene insistir en que debería prevalecer una estrategia activa antes que pasiva en el desarrollo de la industria maderera nacional. Si el país dedica cuantiosos recursos financieros a la forestación, parecería razonable otorgar también cierta prioridad al entorno tecnológico e industrial en el que los recursos forestales del país se aprovecharán. El país no debería rezagarse en el desarrollo de su capacidad de respuesta frente a los cambios estructurales en los mercados internacionales de la madera. Varios países en la región, como Brasil y otros, también plantan especies de rápido crecimiento y también exploran alternativas para no restringir su destino a la cadena de la pulpa y el papel. En el futuro, la oferta de madera de América Latina será significativa y, por ende, así también será la competencia.

El proceso experimentado en Chile a partir de mediados de los años ochenta, con la reorientación de las pequeñas y medianas empresas madereras hacia la exportación, es relevante para Uruguay. De particular importancia fue el mejoramiento de factores competitivos distintos de los precios, como la organización del trabajo, el nivel tecnológico de la producción, la calidad del producto, el diseño y la imagen, la puntualidad de entrega y la comercialización. Empero, si bien las modalidades de desarrollo de otros países forestales emergentes tienen un innegable valor referencial, no existen "recetas" para desarrollar la economía forestal de Uruguay. El país debe construir su propio patrón de crecimiento, aprovechando la experiencia ajena acumulada para progresar más rápidamente, obviando factores negativos ya conocidos, antes que para reproducir las diferentes etapas por las que transitó otras naciones.

La política forestal nacional ofrece actualmente generosos incentivos a los agentes privados y, aunque como cualquier herramienta deberá ir adaptándose a la evolución del sector, tiene el efecto de generar una masa boscosa con la continuidad necesaria para ir conformando la base de una industria. El PRAIF-II ha tomado en cuenta explícitamente la política forestal, como un marco dentro del cual se desenvuelve el sector. Pese a que el análisis de dicha política estaba fuera del alcance del estudio, no puede obviarse el hecho que, en algunos círculos, esta política ha sido cuestionada, atribuyéndole una orientación sesgada hacia la exportación de materia prima para la industria de la pulpa y papel de países industrializados. En el presente estudio, originado precisamente por la preocupación del gobierno uruguayo por maximizar los beneficios económicos y sociales de la forestación, se ha demostrado sobre la base de análisis detallados que la exportación de materia prima no es más que una entre varias opciones reales y viables en el país a partir del proceso de forestación en curso. Quizás la más sencilla de ejecutar, pero en todo caso no la más rentable ni la más segura a mediano plazo para el productor o inversionista (exceptuando posibles acuerdos inter-empresariales a largo plazo de suministro de materia prima).

El desarrollo de una industria maderera diversificada en sus mercados y productos es una tarea compleja, de largo aliento y que, por parte de los pequeños y medianos productores o industriales, implica un grado de cooperación inter-empresarial e iniciativa sin precedente en el país. Para el segmento "pequeños y medianos", que conforma la población objetivo del PRAIF-II, un enfoque asociativo es un requisito no sólo para defender sus propios intereses sino también para constituirse en interlocutores de peso frente a las oportunidades de alianzas con empresas extranjeras para conseguir el capital, la tecnología y/o los canales de comercialización requeridos. En efecto, en un entorno en el cual las operaciones transnacionales se han vuelto crecientemente comunes en el sector forestal mundial, la cada vez mayor conciencia internacional del déficit creciente en una oferta mundial que debe satisfacer una demanda siempre más exigente ha estimulado un interés excepcional del capital extranjero en *joint ventures* con propietarios forestales del hemisferio sur. Si los bosques son artificiales y si los recursos generados son

de alta calidad, el interés es crecientemente mayor. Aprovechar esta coyuntura en función de los intereses de productores y empresas nacionales implica desarrollar una estrategia agresiva, y en este estudio se han proporcionado algunas indicaciones sobre la forma en que ésta puede establecerse. Sin embargo, las limitaciones presupuestales del PRAIF-II no permitieron que la cooperación técnica emprendiera acciones dirigidas a la formación de estructuras cooperativas regionales. Se recomienda dedicar atención a este tema, que podría resultar de trascendental importancia para un desarrollo forestal equilibrado en el que los pequeños productores encuentren un espacio adecuado.

Un factor importante para la posición de Uruguay en los mercados mundiales de la madera será su imagen como país que dé garantías de sostenibilidad en el desarrollo de sus recursos forestales. Al desarrollarse la industria de la madera en base a plantaciones, con un marco legal que tiende a proteger los bosques nativos, el país tendrá automáticamente el "sello verde". Empero, la sostenibilidad del recurso en el tiempo requiere también asegurar que las plantaciones no afecten en forma negativa el medio ambiente de las regiones en que se establecen, en particular con respecto a las especies de rápido crecimiento. Al igual que para la actividad agrícola en general, las actividades de monitoreo, evaluación analítica y cuantificación de los efectos ambientales son extremadamente escasas en el país y deberán desarrollarse acciones al respecto.

El destino más obvio de las plantaciones de Eucalyptus es la industria de la pulpa y papel. Actualmente, existen tres empresas productoras de celulosa en el país y algunos proyectos en vía de desarrollo. Por lo tanto, el estudio de este tipo de proyectos, generalmente de muy gran envergadura, no ha sido incluido entre las actividades del PRAIF-II. En cambio se analizó la viabilidad de establecer en el país uno o varios complejos para la producción y exportación de *chips*, como etapa intermedia entre la exportación de madera pulpable rolliza y la fabricación de celulosa, previsiblemente más al alcance de pequeños y medianos productores bajo alguna forma asociativa. También se han detectado oportunidades para la producción y exportación de tableros de partículas y de fibras.

En cuanto al destino aserrable de la madera de Eucalyptus, que conforma una línea de producción ya existente en el país, la experiencia internacional ha confirmado que:

- el tratamiento de la madera de este género es difícil debido a sus imperfecciones inherentes y otras inducidas en su procesamiento;
- a pesar de estas desventajas, las plantaciones de Eucalyptus tienen potencial para la transformación de su producto en madera aserrada y debobinada, aun cuando no han sido manejadas claramente con este fin. En términos generales los productos que se puede esperar obtener son considerados como *commodities* a nivel internacional, aunque bajo ciertas condiciones es posible orientar una parte muy pequeña de la producción hacia la elaboración de productos de mayor valor. En este último caso, es de importancia crítica tener en cuenta los siguientes factores: (i) debe evaluarse correctamente esta proporción y determinar su valor para el procesamiento con mayor valor agregado; y (ii) debe asegurarse que el procesamiento adicional de esta madera pueda realizarse en forma económica. Existen abundantes ejemplos en el mundo de situaciones en que se ha buscado agregar valor a madera aserrada de tan baja calidad que los costos del proceso excedieron el valor del pequeño volumen de productos vendibles que se obtiene. Salvo si el contenido de defectos de las tablas seleccionadas es bajo y la operación es realizada con alta eficiencia, existe la posibilidad de que los costos de producción excedan el valor del volumen muy reducido del producto obtenido.

- para desarrollar el potencial mencionado es esencial que a nivel del aserradero se defina una política de productos realista, y se diseñen y apliquen reglas para la transformación que tengan en cuenta los defectos específicos de esta materia prima;
- el uso de tecnología moderna - actualmente disponible en el mundo - en los procesos de transformación primaria es probablemente fundamental para lograr la producción económica de madera aserrada y/o chapas. Ello implica un costo de capital elevado y una rentabilidad muy sensible a la escala de producción, la cual a su vez requiere seguridad en el abastecimiento oportuno de elevados volúmenes de materia prima. Pero el uso de tecnología moderna para la producción a gran escala maximiza los rendimientos, mejora la calidad del producto y garantiza la competitividad. La escala y la tecnología son factores determinantes para lograr bajos costos de producción a nivel mundial y los mismos son un imperativo para poder sostenerse en los mercados de *commodities*. No habría que perder de vista, sin embargo, que la aplicación de tecnología moderna debe complementarse con cambios en la organización del trabajo y medidas para la capacitación permanente, si se quiere aprovechar el potencial de productividad de los equipos industriales modernos.
- si la capacidad de procesamiento de la materia prima se desarrolla respetando criterios de competitividad, existen oportunidades de penetración en un mercado internacional cuya dinámica indica un creciente déficit pero también exigencias cada vez más estrictas con respecto a la calidad.

También se sabe que en algunas partes del mundo se comercializa madera con nudos aun para usos vistosos, como paneles murales y muebles. El comercio maderero parece haber aprovechado la tendencia actual de cierto segmento de los consumidores hacia lo "natural". Si bien entonces puede haber un nicho de mercado para madera nudosa seca de *Eucalyptus*, debería actuarse con prudencia al desarrollar este mercado, aplicando estándares muy estrictos de control de calidad para asegurar la consistencia en la frecuencia, tamaño y firmeza de los nudos. Es altamente improbable que se pueda sostener una posición en el mercado internacional si los patrones de nudos fueran impredecibles o si los nudos manifestaran una tendencia a caer después de cierto período de uso debido al movimiento de la madera causado por cambios de humedad. En general, este mercado está alimentado con determinadas especies cuyo comportamiento con respecto a los nudos es previsible y conocido.

El desconocimiento actual, por parte de los aserraderos, del porcentaje de su producción que podrían segregar para destinarla a usos de mayor valor que los *pallets* hace difícil evaluar la rentabilidad económica de instalar secaderos y procesos de transformación secundaria o terciaria. A nivel nacional esto significa que se pierde una oportunidad importante de progresar en el aprendizaje de estos procesos mientras lleguen a maduración montes manejados con fines aserrables. En otras palabras, se ve enlentecido el desarrollo de una "cultura forestal-maderera" que, en última instancia, es la que permite a un país imponerse con altos grados de especialización y competitividad en los mercados internacionales.

En este sentido, convendría realizar ensayos en aserraderos, orientados a determinar el grado potencial de rendimiento en madera de calidad con trozas provenientes de plantaciones sin podar ni ralear. Idealmente, debería llevarse a cabo un estudio nacional o para determinadas regiones o tipos de suelos para definir:

- el rendimiento en trozas aserrables que puede esperarse de plantaciones sin manejo

intensivo;

- las reglas a aplicar para la clasificación de las trozas obtenidas de este tipo de plantaciones, por clase diamétrica y por calidad; y
- los niveles de rendimiento en tablas aserradas por clase de calidad que pueden esperarse de cada clase de trozas.

Con respecto al procesamiento de la madera aserrada de mayor calidad, una de las dificultades proviene del elevado costo de capital de las instalaciones convencionales de secado. Para rentabilizar esta inversión se requiere un alto índice de aprovechamiento de la capacidad instalada, lo que resulta difícil asegurar frente a la inseguridad con respecto a los volúmenes de madera de calidad "secable" que podrán obtenerse. Una alternativa, dependiente una vez más de la capacidad asociativa y organizativa a nivel empresarial, consistiría en acordar entre dos o más aserraderos el uso en común de una planta de secado. También existe la opción de recurrir a instalaciones de menor costo, autocontenidas y modulares, que pueden ser añadidas progresivamente a medida que crecen los requerimientos de capacidad, como en el caso de las unidades de secado por deshumidificación.

Sería conveniente desarrollar el conocimiento de las técnicas del secado artificial apropiadas para la madera de *Eucalyptus*. El secado de especies de este género es un tema mucho menos dominado a nivel internacional que el de especies de otros géneros, como el pino. Sin embargo, el secado de la madera de *Eucalyptus* se lleva a cabo en algunos países de la región y fuera de ella, a nivel experimental o industrial. Convendría recoger los resultados de estas experiencias y, a partir de su análisis, diseñar y ejecutar un proyecto de investigación experimental orientado a la definición de lineamientos y programas de secado para las especies dominantes en Uruguay, adaptados a las condiciones específicas del país. El desarrollo de la industria de la madera implica ineludiblemente el dominio de las técnicas de secado y las carencias del país en este tema son enormes.

De confirmarse la viabilidad técnico-económica de procesos que agreguen valor a la madera disponible en las circunstancias actuales, desde la óptica del mercado hay una gama de opciones de productos aun dentro de las limitaciones de largo y de secciones, inherentes al aserrío del *Eucalyptus* joven. Como ejemplos se pueden citar:

- diferentes tipos de molduras (por ej. para marcos de cuadros), lambrices y ciertos componentes de muebles (por ej. puertas para gabinete de cocinas). Estos productos proporcionarían ingresos unitarios elevados para el limitado volumen de madera aserrada de calidad que se puede obtener y permitirían la introducción en los mercados extranjeros de la madera de **E. grandis** en una forma en que el desconocimiento de este género a nivel mundial difícilmente podría provocar resistencia;
- parquet laminado pre-terminado, a partir de pequeñas secciones de madera libre de nudos para la capa externa y material de menor calidad para el alma del producto. La mayor dureza del **E. globulus** comparado con el **E. grandis** parecería indicar la viabilidad de utilizar esta primera especie para la capa externa, o incluso madera de eucalipto colorado. Las perspectivas de comercialización de este tipo de producto pre-terminado son favorables en varios países desarrollados en la medida en que crece la conscientización de las mejores condiciones de higiene que ofrece el parquet comparado al alfombrado integral de los ambientes;

- productos para usos estructurales, como tableros en base a láminas machihembradas y encoladas, especialmente cuando la apariencia externa del producto es de menor importancia. Es un proceso oneroso debido a los costos del machihembrado y de los pegamentos fenólicos requeridos y cuya rentabilidad depende fuertemente del grado de diferenciación que reconoce el mercado entre las distintas calidades del producto.
- madera terciada estructural y madera en chapas laminada (L.V.L.), por su tolerancia a defectos como nudos secos, rajaduras y bolsas de resina.

De las observaciones anteriores debe quedar claro que el destino de las plantaciones actuales de Eucalyptus no tiene porque restringirse a la cadena de la pulpa y papel. Conviene desde ya consolidar y explorar usos distintos en aras del desarrollo de una sólida cultura forestal-maderera en el país y de una economía forestal orientada a la diversificación en mercados y productos para luego llegar a una especialización competitiva a nivel internacional.

Sin embargo, se han visto también los límites, riesgos y dificultades técnico-económicas que conlleva una estrategia productiva basada en cosechas de madera de calidad deficiente para fines no pulpables. Es de fundamental importancia destacar que, al seguir en la dirección productiva actual, la alta dependencia de mercados de productos básicos de bajo valor no puede evitarse. Los riesgos que conlleva esta dependencia aumentan significativamente con el potencial creciente de cosechas.

Para superar estas limitaciones debe buscarse producir una materia prima de mayor calidad en aquellos sitios que lo permiten. Hasta ahora, excluyendo algunos casos particulares, las mejoras en las técnicas de plantación se han concentrado en el laboreo de suelos, fertilización y control de malezas. Aun a este nivel, no existe una consolidación de los resultados a nivel nacional orientada a la difusión y generalización de las mejoras obtenidas. Esta observación apunta a una recomendación de carácter más general, que concierne a la conveniencia para el país de recoger y centralizar la información que se va generando sobre las experiencias locales en diferentes áreas a medida que se extiende y profundice el proceso de forestación. Ello tendría un enorme valor referencial cuando se opte por intensificar las tareas de investigación en el sector forestal-maderero.

Por otra parte, no puede dejarse de mencionar los beneficios que se obtendrían del mejoramiento genético del stock de semillas. El rápido desarrollo tecnológico a nivel mundial en los campos de la reproducción vegetativa, la forestación clonal y la biología molecular ofrecen amplias perspectivas para lograr mayor uniformidad en las plantaciones y mejorar los rasgos de los individuos. En tanto que la aplicación de estas nuevas tecnologías en el país implica el desarrollo de proyectos de cierta envergadura, en el interim la calidad del stock de semillas puede mejorarse mediante una intensificación de las labores de selección a partir de rodales existentes y maduros para encontrar genotipos superiores y más relevantes para el país.

Con respecto a la determinación de las especies aptas para un manejo intensivo, debe tenerse en cuenta no solamente la capacidad de respuesta al tratamiento silvicultural sino también las propiedades de la madera de cada especie para la elaboración de productos, es decir sus defectos inherentes o inducidos, su apariencia externa, etc.

Finalmente, debe quedar claro que el incentivo que tiene el propietario forestal para aplicar regímenes de manejo intensivo dependerá en gran parte de la existencia de mercados apropiados para la comercialización de su producción. Estos mercados deberán poder capitalizar la calidad de la madera y

agregar valor a la misma. Solamente de esta manera puede llegarse a pagar precios superiores por la madera de alta calidad. De ahí se deriva la necesidad de desarrollar, a la par del manejo de las plantaciones, una industria maderera local que pueda insumir materia prima de mejor calidad.

Como el desarrollo de este tipo de industria se ve frenado por el horizonte lejano en que se podría disponer de una masa crítica de madera de Eucalyptus de alta calidad, dadas las rotaciones de alrededor de 20 años que implica el manejo intensivo de las plantaciones, puede ser conveniente considerar la viabilidad de incorporar la poda y el raleo al esquema actual de subsidio a la forestación, o condicionar parcialmente el otorgamiento de subsidios al ejercicio de estas prácticas. La experiencia de Chile, donde el subsidio cubre también este tipo de intervenciones en las plantaciones, parecería relevante para el análisis de las implicaciones y alcances de una política forestal con este carácter.

En el ínterin, los pequeños y medianos productores forestales interesados en valorar sus plantaciones tienen el recurso de una estrategia colectiva y de alianzas con socios que busquen invertir en un campo que, a nivel internacional, se percibe como crecientemente redituable a largo plazo. Iniciativas a favor del manejo silvicultural intensivo de las plantaciones surgirán probablemente primero en el norte del país y en otras áreas que se encuentran también alejadas de los puertos de embarque de madera rolliza pulpable, a la vez que muchas veces son las de mayor potencial para el crecimiento de las plantaciones.

Actualmente, los precios que pueden obtener algunos de estos productores por su madera rolliza son extremadamente bajos debido a los altos costos de transporte interno que deben absorber para poder competir con proveedores mejor localizados. La tendencia cíclica de la demanda internacional de madera pulpable tenderá a reforzar el interés en el manejo con otros fines. Al respecto es ilustrativo observar que, después de una fuerte alza de los precios internos de la madera rolliza en 1995, favorecida por precios internacionales crecientes de la celulosa y una disponibilidad todavía limitada de plantaciones maduras en el país, a principios de 1996 ya se observó una contracción de la demanda externa de rollizos pulpables a las empresas exportadoras del país como consecuencia de la evolución de la industria mundial de pulpa y papel.

En cuanto a la transformación industrial con alto valor de la madera de Eucalyptus de alta calidad, ciertos defectos inherentes a este género imponen también la estructuración de un marco apropiado de políticas y prácticas. Al igual que en el caso de la madera proveniente de plantaciones sin manejo intensivo, existe un conjunto de prácticas básicas a respetar, las cuales deberán ir afinándose a medida que se amplíe la experiencia local e internacional.

En el largo plazo, de mejorarse efectivamente la calidad de la producción maderera mediante el desarrollo mutuamente dependiente del manejo silvicultural de las plantaciones y de la industria de transformación, se harán crecientemente viables las amplias posibilidades de transformación terciaria que ofrece la industria maderera. Es esta etapa avanzada de elaboración de productos la que, en última instancia, asegura los mayores beneficios de la forestación para la economía y la





1. La primera fase del PRAIF

En 1992, en el marco de la prioridad acordada por el gobierno de Uruguay al desarrollo de la economía forestal, se dio inicio al **Proyecto Regional de Alternativas para la Inversión Forestal**, ejecutado por la Dirección Forestal del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) con la cooperación técnica del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente (DDRYMA) de la Secretaría General de la OEA y el apoyo financiero del Fondo Nacional de Preinversión (FONADEP) de la Oficina de la Planeamiento y Presupuesto. El objetivo general del Proyecto consistía en dar respuesta a una serie de interrogantes que se planteaban para los productores forestales, en particular los pequeños y medianos, y posibles inversionistas en general. ¿Qué especies plantar?, ¿qué régimen silvícola aplicar? ¿con qué destino? y ¿con qué rentabilidad? conformaban un conjunto de inquietudes interrelacionadas de cuya respuesta dependían fundamentalmente las decisiones relativas a la inversión en un área en que el sector privado se beneficiaba de varios incentivos. El carácter regional del Proyecto se derivaba de la necesidad de aportar respuestas específicas en función de las condiciones particulares de las diferentes regiones que concentran suelos de prioridad forestal¹.

¹ Para los fines del estudio y sobre la base de la legislación con respecto a los suelos de prioridad forestal, se dividió el país en tres regiones forestales: el Litoral, cuyos suelos forestales se concentran en los departamentos de Río Negro, Paysandú y Soriano; el Centro-Norte, principalmente con los departamentos de Durazno, Tacuarembó y Rivera; y el Sur, con Lavalleja, Maldonado, Florida y Canelones.

La metodología para la realización del estudio propuesto se definió a partir de los dos extremos de la problemática: (i) la demanda de productos forestales a nivel internacional, mercado al que se destinaría la mayor parte de la producción futura de madera dada la estrechez del mercado interno y (ii) las características productivas y económicas de las regiones de aptitud forestal, las que definen la potencialidad y sustentabilidad de la oferta. Estos aspectos fueron analizados con un equipo conformado por técnicos nacionales, que abarcaron temas forestales, agronómicos, económicos, medioambientales, regionales y de organización empresarial, y especialistas internacionales tanto de la región (Argentina, Chile y Brasil) como de países más lejanos (Australia, Sudáfrica) cuya tradición forestal era relevante para aspectos específicos del Proyecto. Se contó con la colaboración de las Intendencias Municipales, productores forestales, industriales de la madera y empresas de servicio, colaboración que permitió ajustar los estudios a la realidad de cada departamento y región.

Los resultados del Proyecto, que culminó en marzo de 1993, pueden valorarse en dos niveles: (i) haber destacado el enorme impacto que el proceso de forestación en curso tendría sobre la infraestructura y el crecimiento de las regiones involucradas y (ii) haber aportado información sobre aspectos silviculturales y tecnológicos de las plantaciones, así como sobre las posibilidades de aprovechamiento de las mismas, identificándose proyectos de inversión para la transformación de la madera. Entre las conclusiones generales de esta primera fase del PRAIF destacan las siguientes²:

² Los análisis efectuados en el marco del PRAIF y las conclusiones que de ellos

surgieron fueron presentados en el informe final del Proyecto: *Uruguay - Proyecto Regional de Alternativas para la Inversión Forestal*. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la Secretaría General de la OEA. manejar coherentemente la producción, desde la plantación hasta la industrialización, y adoptar un sistema normalizado para el comercio.

- Uruguay forma parte de una más amplia región de producción forestal que incluye el sur de Brasil y el oeste argentino. En ella, la producción uruguaya no sólo es factible sino naturalmente competitiva. Mantener esta competitividad implica avanzar en la tecnología productiva, progresar en el manejo de las plantaciones, ajustar los procesos de explotación y transporte, asegurar destinos finales viables para la producción y generar un desarrollo industrial orientado por la variable calidad.
- Por su magnitud, la madera previsiblemente disponible en el mediano plazo estará destinada a los mercados internacionales, que se presentan como receptivos y abiertos tanto a la madera aserrada como a la madera pulpable. En ambos casos, los mercados premian con niveles de precios mucho más altos la calidad del producto. Lograr un alto nivel de calidad implica
- Todos los sistemas integrados de producción forestal-industrial que fueron modelados en el marco del PRAIF muestran una rentabilidad positiva, tanto para el género *Pinus* como *Eucalyptus*. Los niveles de rentabilidad detectados como posibles para las actividades consideradas son indicativos de una potencialidad a desarrollar y son substantivamente superiores a los que expresan los usos actuales de la tierra. Sin embargo, esta evaluación está condicionada a la superación de diversas limitaciones, entre otras tecnológicas, de infraestructura y de mercadeo.
- En términos globales y con los precios de mercado vigentes en el momento de la evaluación, el destino aserrable muestra ventajas con respecto a la alternativa de producción de madera pulpable en forma de astillas o "chips", pero implica la adopción de manejos silviculturales más intensivos, rotaciones en plazos substantivamente mayores y, en general, un mayor nivel de incorporación de tecnología.
- Sin embargo, los niveles de rentabilidad son distintos para cada región forestal de acuerdo a su relación con los puertos y mercados y la sustentabilidad y productividad de los ecosistemas propios de cada región. En una primera aproximación a la realidad, las mejores alternativas de inversión en la región Norte del país corresponden a la producción de madera aserrada, de calidad exportable, tanto en el caso del pino como del eucalipto; en tanto que, para las regiones del Litoral y Sur-Este, la opción económica y financiera que mostró la mejor rentabilidad es la producción de madera pulpable de *Eucalyptus*, con algún grado de procesamiento³

³ Al enfocar la producción forestal en forma integrada, es decir como un proceso global que incluye una fase de producción silvícola y una fase subsecuente de procesamiento industrial, se obtuvo una tasa interna de retorno (TIR) mínima media en el entorno del 15%, aunque aparecen diferencias significativas según el tipo de producción industrial (aserrío versus astillas para pulpa), los géneros y las regiones. La TIR media obtenida en un modelo

integrado orientado a la producción de pulpa de Eucalyptus en forma de chips en la región del Litoral o Sur fue de cerca del 27%. Cuando el mismo género se destina a la producción de madera aserrada, la TIR promedió 22% para las regiones Litoral-Centro-Norte, observándose tasas más altas cuando se considera únicamente el Norte. Para el Pinus, la TIR media obtenida de las evaluaciones de modelos orientados a la producción de madera aserrada y secada en el Litoral-Centro-Norte fue de casi 15%, siendo mayores en el caso de la región Norte. Para las condiciones y supuestos adoptados en la evaluación de estos modelos forestales, ver el informe final del PRAIF, *op. cit.*, pp. 183-193.

- El aumento de la superficie de producción forestal en las proporciones proyectadas como meta inicial (200 mil hectáreas de nuevas plantaciones) tendrá impactos considerables a nivel de las regiones involucradas. Ello requiere de acciones fundamentales en las áreas de infraestructura y servicios de transporte, disponibilidad y capacitación de mano de obra, infraestructura social, y medio ambiente. Su no consideración oportuna llevará a cuellos de botella en la optimización de la economía forestal y a la pérdida de sustentabilidad de la propia producción forestal.
- En particular, con respecto al transporte los flujos previsibles de la producción forestal significarán la duplicación de los movimientos actuales de madera antes de fines de la presente década. En distancias largas el ferrocarril aparece como la opción más económica para el transporte de la madera, en tanto que en distancias medias la ventaja de este medio depende de la posibilidad de que la carga llegue hasta el puerto de exportación por esta vía. Aun recurriendo a este modo de transporte, la demanda de transporte por camión se incrementará substantivamente y requerirá de equipos especiales y una infraestructura vial mejorada a nivel local y en las rutas troncales nacionales que sirven estas áreas. Asimismo, debe evaluarse la situación portuaria con el fin de determinar los acondicionamientos necesarios tanto en la infraestructura como en los servicios.
- En relación a la infraestructura de transporte interno y portuaria, la producción y exportación de astillas para pulpa es más exigente que la de madera aserrada. En efecto, la carga final transportada en este último caso se reduce a alrededor del 45% de los volúmenes de materia prima procesados, porcentaje correspondiente al rendimiento esperable en aserraderos. En cambio, el proceso productivo del astillado no produce una disminución de los volúmenes a transportar y presenta estrictas exigencias en términos de calado para su transporte marítimo con buques especializados. Estos dos factores constituyen una desventaja desde el punto de vista de la economía en su conjunto, al implicar mayores inversiones públicas en infraestructura vial y portuaria.
- Por otra parte, al margen de las tasas de retorno que muestran las actividades de procesamiento consideradas, deben mencionarse las perspectivas distintas que ofrecen cada una dado que son particularmente relevantes en el contexto de un proyecto orientado al pequeño y mediano productor. El astillado tiene como opción de transformación siguiente en el país la producción de pulpa que implica forzosamente inversiones muy altas, en tanto que el aserrado puede dar lugar al desarrollo de diferentes procesos de elaboración a pequeña escala y con menores requerimientos de capital. Realizado con la pertinente

preocupación por la calidad, el aserrado abre oportunidades para actividades como el secado, la remanufactura, la elaboración de muebles, partes y piezas, etc., que incorporarían valor agregado al recurso natural y fomentaría el uso de mano de obra calificada.





2. Objetivos y metodología del PRAIF-II

Ante el interés que manifestaron los participantes del sector forestal en el PRAIF, el gobierno uruguayo decidió seguir contribuyendo a la generación de información técnico-económica especializada que permitiera que la toma de decisión con respecto a la inversión en el ámbito forestal se hiciera con mayores elementos de juicio. Nuevamente, esta contribución a la generación de conocimientos en un área relativamente nuevo en el país aparecía como particularmente relevante para el sector de pequeños y medianos productores, que menos fácilmente accede a la información requerida para encarar proyectos orientados hacia el abastecimiento de los mercados internacionales.

La Dirección Forestal del MGAP solicitó así la cooperación técnica del DDRyMA de la OEA y un financiamiento del FONADEP a la OPP para llevar a cabo una segunda fase del PRAIF, cuyo objetivo general consistía en apoyar y orientar al sector privado en la concreción de industrias claves para el mejor aprovechamiento de la producción forestal del país. Concretamente y dentro de sus límites presupuestales, el PRAIF-II se abocaría a la elaboración de estudios de prefactibilidad en dos líneas de inversión identificadas en la primera fase:

- el procesamiento de madera pulpable de Eucalyptus en forma de astillas para celulosa y
- la producción de madera aserrada de calidad.

En ambos casos, la producción se orientarla principalmente hacia los mercados internacionales. La información generada, en caso de confirmarse la viabilidad de estos proyectos, conformaría una base importante para la subsiguiente elaboración de los estudios de factibilidad y realización de las inversiones productivas, por parte del sector privado.

Aunque los perfiles de proyectos previamente elaborados indicaban un nivel de rentabilidad potencialmente elevada para proyectos de inversión en estas áreas, subsistían incertidumbres de diversa índole a cuyo análisis y superación se dedicaría el PRAIF-II. En el marco del Proyecto, se analizaría así:

- las mejores alternativas de localización de los centros de procesamiento propuestos en función de las disponibilidades regionales de materia prima forestal, facilidades portuarias, infraestructura y servicios, costos de transporte, etc.;
- ciertas propiedades y características de la materia prima forestal, determinantes de la viabilidad de los proyectos industriales;
- la tecnología y los procesos productivos más adecuados al contexto nacional;
- los efectos ambientales de los centros de procesamiento;
- el comportamiento de los mercados internacionales para astillas y madera aserrada, y los destinos comerciales más factibles para el Uruguay;
- las normas técnicas a establecer, en particular para los productos exportables; y

- las formas de organización empresarial más convenientes para encarar las inversiones productivas y apoyar la gestión de los pequeños y medianos productores.

El PRAIF-II se inició en diciembre de 1994, desarrollándose para cada subproyecto el plan de acción sintetizado en los Organigramas 1 y 2. Al igual que en la primera fase del PRAIF, se contó con un equipo de trabajo conformado por consultores nacionales y especialistas internacionales, y se promovió su interacción con las entidades involucradas en el desarrollo de los sectores forestal y maderero mediante la organización de reuniones y seminarios.

En términos generales, el PRAIF-II se llevó a cabo conforme a sus objetivos y plan de operación. No obstante, la misma dinámica del Proyecto imprimió algunos ajustes en el caso del subproyecto para la producción de madera aserrada. En primer lugar, la atención se dirigió prioritariamente al procesamiento de la madera de *Eucalyptus* debido a: (i) la predominancia de este género en el proceso de forestación en Uruguay (82% de la superficie plantada con fines industriales), (ii) las dificultades asociadas al procesamiento de las especies de este género para fines no pulpables, (iii) el conocimiento aún poco difundido de las técnicas requeridas para producir madera aserrada de calidad con esta materia prima y (iv) la no existencia de un mercado internacional claramente establecido para la madera aserrada de *Eucalyptus* con las consiguientes dificultades para determinar los precios de exportación que pueden razonablemente esperarse. Frente a este conjunto de factores, el aserrado de pino presenta grados mucho menores de dificultades, siendo sus particularidades mejor conocidas no sólo en general a nivel mundial sino incluso en la subregión y, hasta cierto punto, en el propio país.

En segundo lugar, surgió una aparente dificultad para conciliar el objetivo del PRAIF-II de presentar "modelos" de aserraderos para pequeños y medianos productores, con dos condiciones ineludibles: los rendimientos de escala que impone la competitividad en los mercados internacionales y la calidad de la materia prima de *Eucalyptus* disponible actualmente en el país. Cuando las plantaciones no han sido manejadas con un claro fin aserrable, como de manera general ha sucedido en el país, los procesos de transformación económicamente rentables se restringen a productos de menor calidad y precios. Estos productos pueden encontrar un lugar en los mercados internacionales, como lo prueban las exportaciones actuales de unos pocos aserraderos locales. No obstante, la más amplia experiencia argentina al respecto parece indicar magras perspectivas para una industrialización centrada en la implantación de pequeños y medianos aserraderos procesando productos de baja calidad⁴. Ciertamente, existen oportunidades o nichos de mercado cuya investigación puede dar lugar al establecimiento de aserraderos rentables, pero parecerían relevar del estudio de casos individuales y particulares antes que de un "modelo" aplicable por parte de un determinado sector de productores con cierta garantía de éxito.

⁴ En la provincia argentina de Entre Ríos, alrededor de 180 aserraderos pequeños y generalmente ineficientes compiten por un mercado de madera aserrada para cajas, *pallets* y la industria de construcción que paga solo alrededor de US\$ 100/m³. El bajo nivel de precios es particularmente patente si se tiene en cuenta que: (i) un aserradero tiene un rendimiento en madera aserrada de alrededor de un 45% y (ii) en Uruguay, en 1995, el precio FOB de exportación de madera en roto de **E. globulus** alcanzó US\$ 62/m³.

Si bien entonces en el marco del PRAIF-II se elaboró un estudio de prefactibilidad para la producción de madera aserrada con la materia prima disponible actualmente y se desarrollaron lineamientos orientados hacia el mejor aprovechamiento de la misma en las circunstancias actuales, se decidió acordar cierta prioridad a las perspectivas a más largo plazo que se vislumbran para la transformación de madera de

Eucalyptus en productos de alto valor. Ello llevó a desarrollar propuestas tanto para el manejo silvicultural de las plantaciones como para el aserrado y secado de la materia prima de mayor calidad que generarían las mismas. En una perspectiva de desarrollo integral, se analizó también un complejo industrial de gran envergadura que permitirla maximizar los beneficios de plantaciones con fines industriales no pulpables, mediante ya no la sola actividad del aserrado sino la integración en un mismo sitio de varios procesos de transformación complementarios en cuanto a su uso de materia prima.

Para competir en condiciones ventajosas en el mercado mundial debe recurrirse a una tecnología generalmente costosa, la cual impone a su vez una minimización de los costos de producción mediante, entre otros, una escala de producción relativamente alta (alrededor de 300 mil m³/año de materia prima). Esta escala es también recomendable por razones de mercadeo: debe asegurarse que la negociación en tomo a la comercialización de la producción se base en una masa crítica. Por estas razones, las instalaciones propuestas son de gran escala, intensivas en capital y con tecnología de alto nivel. La conciliación de este enfoque con el interés prioritario del PRAIF-II en el sector de pequeños y medianos productores implicó delinear una estrategia que diera cabida a la participación de estos agentes en la ejecución de proyectos productivos de tal naturaleza. También implicó demostrar la rentabilidad potencial de regímenes intensivos de manejo silvicultural para cualquier productor, aún el pequeño, siempre y cuando la industria local de la madera se desarrolle de tal forma que requiera materia prima de calidad y pueda pagar por ella precios no subvencionados.

[Organigrama 1 - Plan de acción para el subproyecto "Complejo de producción y exportación de chips"](#)

[Organigrama 2 - Plan de acción para el subproyecto "Producción de madera aserrada de calidad exportable"](#)

El presente documento ha sido integrado a partir de los diferentes informes técnicos elaborados a lo largo de la segunda fase del PRAIF. En el primer capítulo se analizan las perspectivas mundiales para la comercialización de la madera en general y de ciertos productos en particular, en el marco de lo cual se presenta una sinopsis del proceso de forestación en Uruguay. El segundo capítulo aporta información de carácter generalmente técnico sobre las condiciones que favorecen un rendimiento rentable en la conversión de la materia prima de Eucalyptus en productos vendibles. Asimismo, ese capítulo trata el tema de la normalización de los productos que el país es susceptible de elaborar y exportar. Finalmente, el último capítulo presenta los estudios de prefactibilidad que fueron desarrollados para: (i) un complejo de producción y exportación de astillas para pulpa, con diferentes alternativas de localización y tamaño (ii) un complejo integrado para la transformación con alto valor de madera de plantaciones de Eucalyptus, (iii) un aserradero para la producción y exportación de madera de calidad y (iv) un aserradero para la producción de madera aserrada para "pallets". En los dos primeros casos, se presenta una versión resumida de los estudios dado que fueron difundidos oportunamente.

En el transcurso del PRAIF-II, han sido divulgados los siguientes documentos de trabajo⁵:

⁵ Para consulta de estos documentos, dirigirse a la Dirección Forestal del MGAP.

- Complejo de producción y exportación de astillas para pulpa en Uruguay
- Perspectivas para la transformación con alto valor de las plantaciones de Eucalyptus en

Uruguay

- Tecnología de secado de la madera
 - Informe sobre la necesidad y los modos de abordar la normalización de productos madereros en Uruguay.
-





3. Instituciones, autoridades y técnicos partícipes en el PRAIF-II

El Proyecto Regional de Alternativas para la Inversión Forestal - Fase II (PRAIF-II) ha sido ejecutado por la Dirección Forestal del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca con la cooperación técnica de la Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la Secretaría General de la OEA. A los efectos se contó con el financiamiento del Fondo Nacional de Preinversión (FONADEP) que gestiona la Oficina de Planeamiento y Presupuesto de la Presidencia de la República Oriental del Uruguay.

La Dirección del proyecto estuvo a cargo del Director Forestal del MGAP, Ing. Agr. Atilio Ligrone y se contó con el asesoramiento de la Ing. Agr. Rosario Pou para el diseño y la fase de ejecución inicial.

La cooperación técnica fue realizada por la Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales de la Secretaría General de la OEA, que dirige el Dr. Kirk Rodgers, actuando el Dr. Newton V. Cordeiro en la supervisión técnica.

La Comisión de Seguimiento y Control del Proyecto ante el FONADEP estuvo integrada por: el Ing. Agr. Atilio Ligrone, la Ing. Agr. Rosario Pou y el Ing. Agr. Daniel San Román por parte de la Dirección Forestal; el Ing. Agr. Clemente Puig por la Unidad de Proyectos y Cooperación Técnica del MGAP; y el Embajador Luis J. Macchiavello, Director de la Oficina de la OEA en Montevideo, como representante de la Secretaría General de la OEA.

Los consultores que participaron en el Proyecto y los temas que abordaron se enumeran a continuación:

Coordinación del proyecto

Ec. Michele Snoeck

Consultores nacionales

Ing. Civ. Alejandro Castro Transporte de productos forestales

Ec. Ernesto González Posse Evaluación financiera y económica de proyectos de inversión

Ing. Agr. Rosario Linares Ingeniería forestal

Ing. José Silvarredonda Asesoramiento técnico

Consultores internacionales

Dr. Misael Gutiérrez Tecnología de secado de la madera

Ing. Michel Moreno Aspectos técnico-productivos de plantas de chips y aserraderos

Dr. Evan Shield Manejo silvicultural, industrialización y normalización

Dr. Alvaro Urzúa Mercados internacionales de la madera

Apoyo secretarial y administrativo



Celina Bizzozero

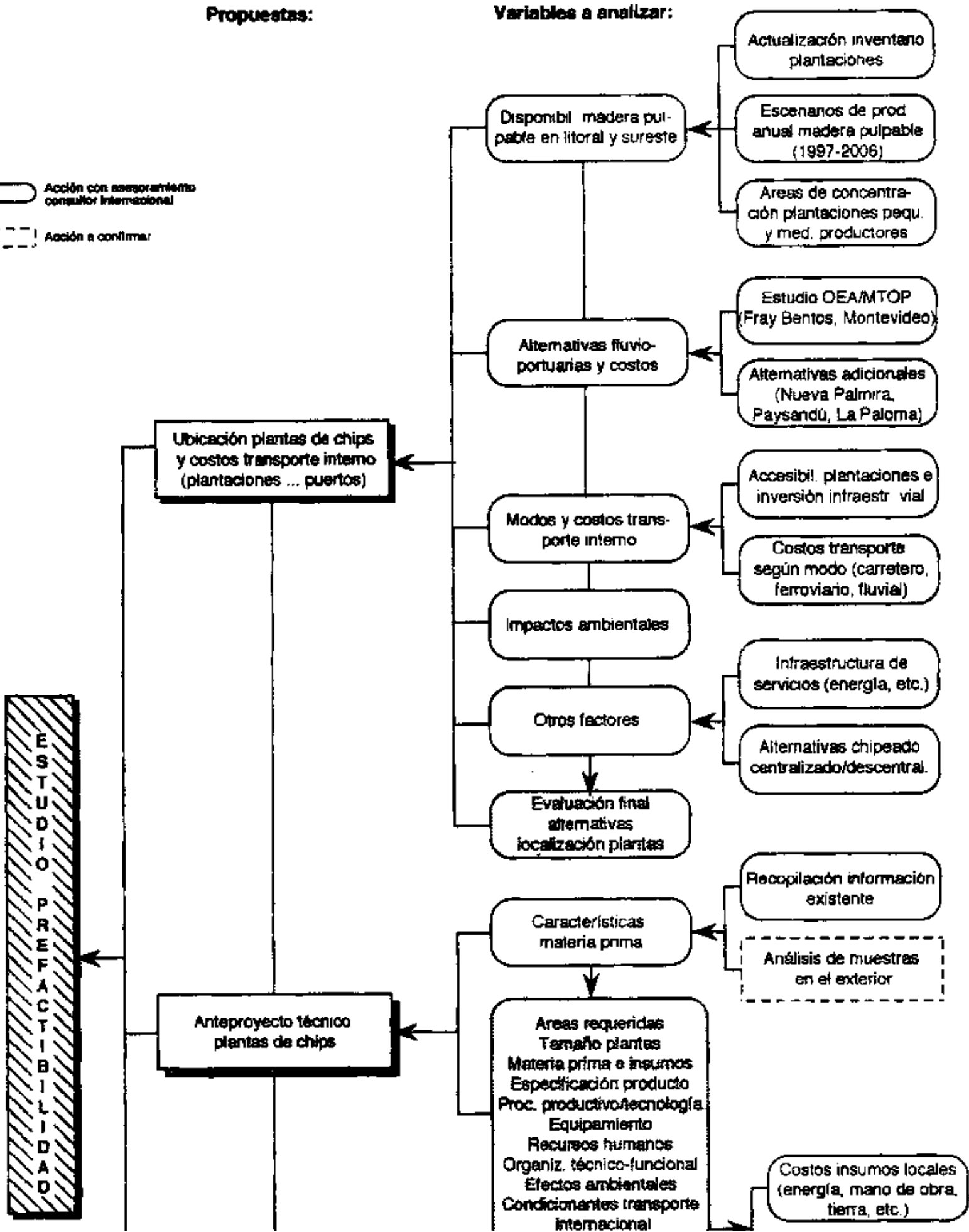
Secretaría, administración, edición de documentos

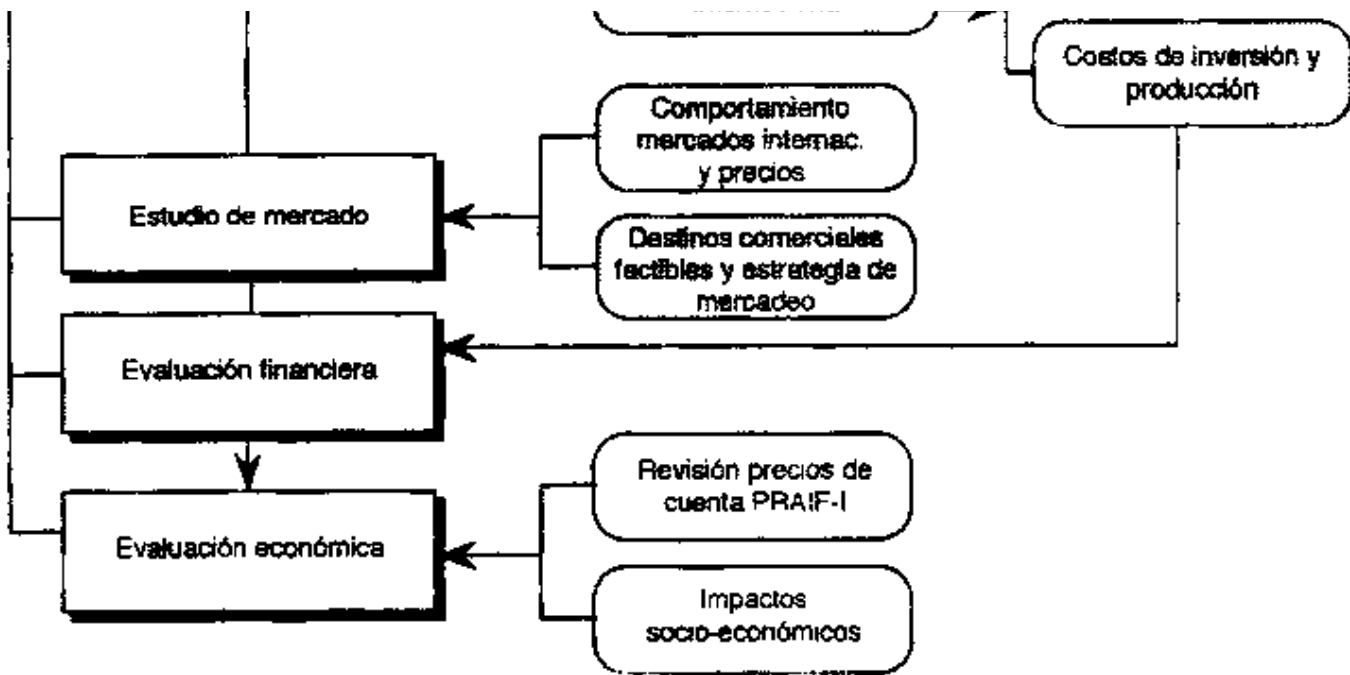


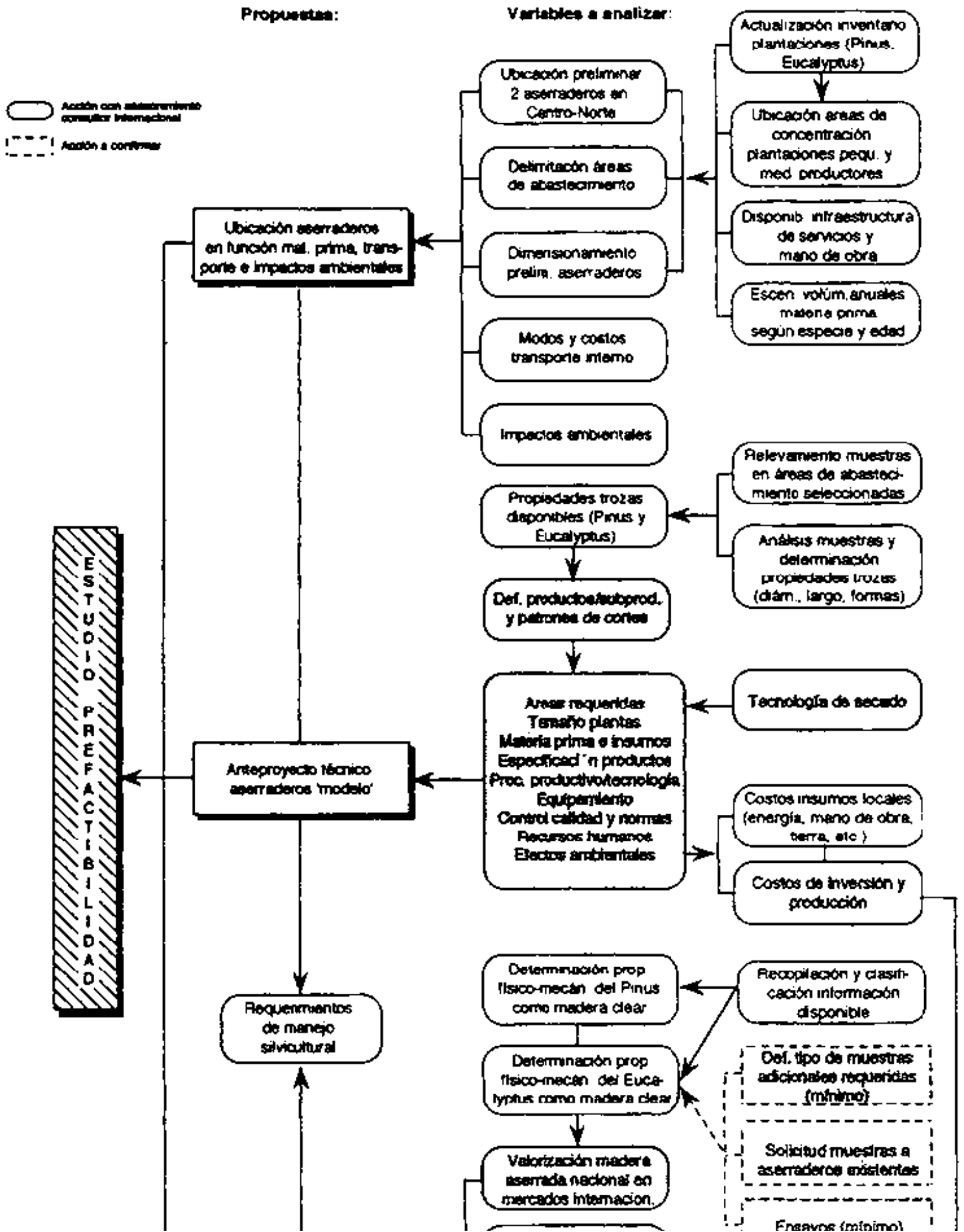
Propuestas:

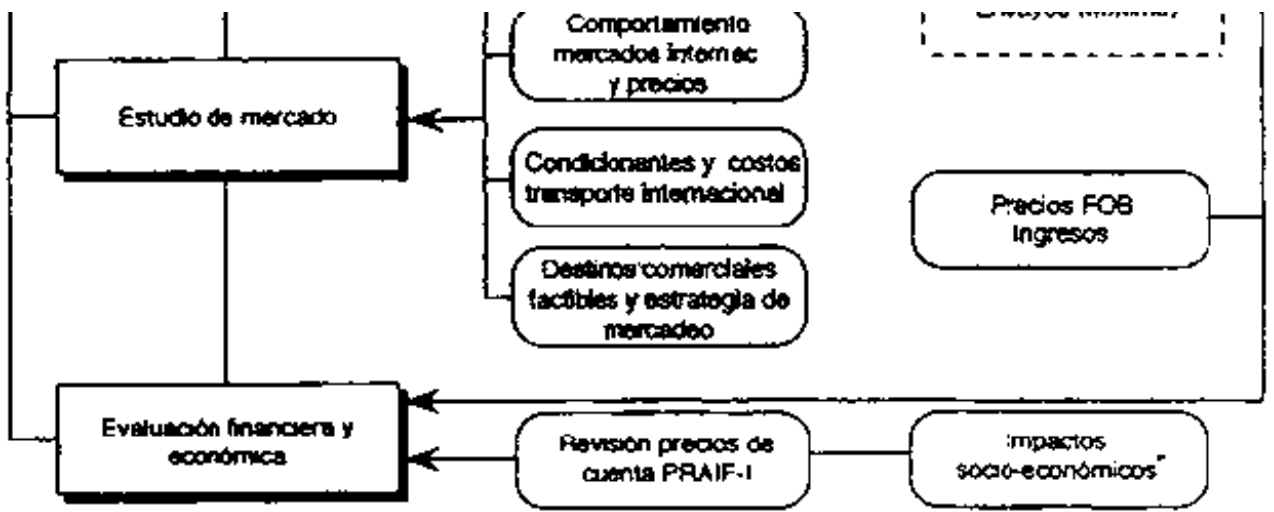
Variables a analizar:

-  Acción con asesoramiento consultor internacional
-  Acción a confirmar











1. Recursos forestales mundiales

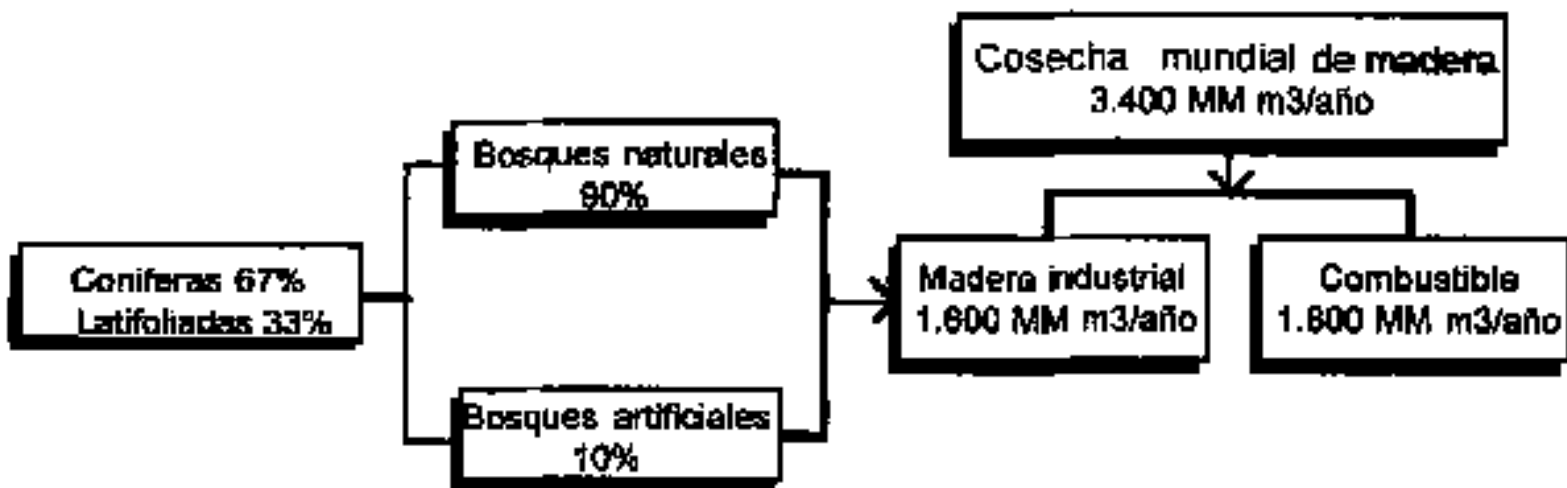
La superficie boscosa mundial comprende 3.000 millones de hectáreas de **bosques naturales** que en teoría pueden ser utilizados por la industria forestal. Los bosques de latifoliadas constituyen el 60% de esta superficie y se encuentran mayoritariamente en el hemisferio sur, en zonas tropicales y subtropicales de Sudamérica, África y el sur de Asia. En cambio, los bosques de coníferas, que conforman el 40% restante de los recursos forestales naturales del planeta, se concentran en el hemisferio norte, particularmente en Siberia, Escandinavia y América del Norte.

Por su parte, las **plantaciones artificiales** ocupan solamente un área cercana a 170 millones de hectáreas, siendo la superficie productiva significativamente menor. Las plantaciones presentan enormes ventajas productivas con respecto a los bosques naturales, como:

- Rapidez de crecimiento
- Silvicultura conocida
- Mayor posibilidad de planificar las faenas
- Mayor homogeneidad de la materia prima
- Alta concentración de volumen por unidad de superficie
- Problemas medioambientales de perfil comparativamente bajo.

De los recursos forestales mundiales se cosechan anualmente 3.400 millones de m³, de los cuales 1.600 millones de m³ corresponden a madera industrial y provienen predominantemente de bosques de coníferas, como se ilustra en el Organigrama 1.1. En los últimos treinta años la cosecha mundial se ha incrementado a un ritmo anual medio de 1,8%, observándose una estrecha correlación de este incremento con el crecimiento de la población y el mejoramiento de las condiciones de vida en diferentes partes del mundo, el cual se traduce en un mayor consumo *per capita* de productos forestales.

Organigrama I.1 - Cosecha mundial de madera: origen y destino



Las fuertes tendencias de crecimiento de la población que se observan a nivel mundial implicarán una

mayor presión sobre los recursos forestales. De hecho, de 1950 al presente, la superficie de bosques cerrados por habitante ha disminuido 2,7 veces, al pasar de 1,6 a 0,6 hectáreas por habitante. Si bien los recursos existentes son de una magnitud considerable, existen varios factores que ponen en duda la capacidad de satisfacer las demandas futuras de madera que se avecinan, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Dificultades de accesibilidad y falta de infraestructura para aprovechar los recursos forestales en extensas áreas del planeta. Este es el caso de áreas con bosques de coníferas en la ex-URSS y áreas muy vastas de bosques tropicales.
- Rendimientos muy bajos de ciertas especies, que no justifican el desarrollo de operaciones comerciales. En bosques tropicales, por ejemplo, la cantidad de ejemplares comerciales es muy baja por unidad de superficie.
- Un proceso de deforestación que alcanza tasas estimadas en más de 15 millones de hectáreas al año en el planeta. En Sudamérica, puede mencionarse el caso de Brasil, donde se calcula que se destruye más de un millón de hectáreas al año, y Colombia, donde la deforestación anual se eleva a 0,6 millones de hectáreas según fuentes gubernamentales.
- Los consiguientes problemas medioambientales y de otro tipo han originado acciones en favor de la conservación de los recursos naturales del planeta. Estas acciones se expresan en restricciones tanto en la tala de bosques naturales como en el comercio internacional de la madera procedente de estos últimos. Como ejemplo del primer caso se puede citar la legislación medioambiental actual en los Estados Unidos que llevará a una reducción de la producción de madera rolliza de este país de los 155 millones de m³ registrados en 1990 a 108 millones de m³ en 2005⁶. Como ejemplo de las restricciones al comercio, Australia está considerando importar madera exclusivamente de países que manejan sus bosques en forma sostenible y ejercen un estricto control al respecto. Japón también ha declarado que al iniciarse el próximo siglo sólo desea adquirir madera de bosques implantados. De manera más general, la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (O.I.M.T.) planteó en 1994 que, al año 2000, todas las exportaciones de madera de bosques tropicales procedan de bosques manejados en forma sostenible e, incluso, considera incorporar a esta norma en el futuro los bosques boreales y templados.

⁶ Proyecciones de G.R. McKenzie & Groome Pöyry.

El escenario para este fin de siglo está marcado entonces por cambios significativos en la estructura de la oferta mundial de madera. De un lado, productores tradicionales como Estados Unidos, Canadá o Malasia ceden crecientemente el terreno a países forestales emergentes como Nueva Zelandia, Sudáfrica, Brasil y Chile. Además, las plantaciones desplazan cada vez más a los bosques nativos en la oferta mundial de madera. Por otra parte, algunos países tradicionalmente exportadores de materias primas forestales han desarrollado una industria de la madera con el fin de exportar productos con mayor valor agregado, tal como ha sucedido en el Sudeste Asiático, con la consiguiente caída de las exportaciones de materias primas tropicales, si bien ésta reconoce también otras causas como ya se indicara.

Suele haber consenso entre los especialistas en el tema forestal de que, en el futuro, el balance oferta-demanda del recurso forestal será, en el mejor de los casos, bastante ajustado y más probablemente negativo. Para el mercado internacional de latifoliadas, un estudio canadiense reciente, realizado por el Consejo de Industrias Forestales de Columbia Británica, estimó un déficit equivalente a 142 millones de

m³ para 2010 que se incrementaría a 200 millones de m³ para 2020.





2. Destinos primarios de la madera industrial en el mundo

[2.1 Cosecha mundial y usos de la madera industrial](#)

[2.2 Consideraciones sobre la comercialización de rollizos aserrables](#)

[2.3 Consideraciones sobre la comercialización de madera pulpable](#)

2.1 Cosecha mundial y usos de la madera industrial

De los 1.600 millones de m³ de madera industrial cosechados anualmente en el mundo, la madera pulpable conforma el 27%, los rollizos para aserrío y chapas el 58% y otros rollizos el 17% (Cuadro I.1). A partir de estos recursos, que provienen predominantemente de bosques de coníferas, se procesan 151 millones de ton/año de pulpa, 458 millones de m³/año de madera aserrada y 122 millones de m³/año de tableros. Con respecto a la madera industrial de latifoliadas, la cosecha está dominada por Estados Unidos (25,8%), Malasia (9,4%), Brasil (9%), Indonesia (6%) y los países de la ex-URSS (Cuadro I.2).

Cuadro I.1 - Cosecha anual y uso de la madera industrial en el mundo

CONCEPTO	UNIDAD	CONÍFERAS	LATIFOLIADAS	TOTAL
Tipo de madera industrial				
Rollizos para aserrío y chapas	millones m ³	655	280	935
Madera pulpable	millones m ³	287	142	429
Otros	millones m ³	126	113	239
Total	millones m ³	1.068	535	1.603
Producción industrial				
Madera aserrada	millones m ³	327	131	458
Pulpa	millones ton	101	50	151
Tableros	millones m ³	n.d.	n.d.	122

Fuente: FAO, 1993.

Cuadro I.2 - Cosecha de madera industrial de latifoliadas por país

PAÍS	ROLLIZOS ASERRABLES	ROLLIZOS PULPABLES
	(millones de m ³)	(millones de m ³)
Estados Unidos	50,1	58,9
Brasil	18,0	20,1

Malasia	39,0	0,6
Ex-URSS	23,3	n.d.
China	17,0	2,0
Indonesia	25,7	0,0
India	15,8	1,0
Francia	9,8	3,1
Australia	4,0	5,4
Canadá	4,4	4,8
Otros	73,4	46,1
Total	280,5	142,0

Fuente: FAO, 1993.

2.2 Consideraciones sobre la comercialización de rollizos aserrables

Sin entrar a profundidad en el análisis del mercado para rollizos aserrables, dado que el PRAIF-II ha concentrado sus líneas de acción en productos con cierto grado de transformación, algunos puntos son dignos de mención por su impacto en la evolución global del mercado de la madera.

De la producción anual promedio de rollizos aserrables de latifoliadas de 1975 a 1993 en el mundo (260 millones de m³), sólo el 14% fue comercializado en los mercados internacionales. El mercado comprador se concentró en el Lejano Oriente (Japón, China y Corea del Sur) y Europa (Italia, Francia) con una participación de 73% y 24%, respectivamente, en los volúmenes totales transados; en tanto que Malasia, Papua Guinea, Francia, Estados Unidos y países de África tropical conformaron los principales proveedores.

Desde principios de la década del ochenta se observa una tendencia clara a la reducción de la exportación de rollizos de latifoliadas tropicales, la que se acentúa actualmente. Esta caída se explica, en términos generales, por: (i) el propósito de los países exportadores de agregar valor a sus productos tradicionales de exportación, (ii) la disminución de la oferta de madera y (iii) las presiones medioambientales en favor de la protección de los bosques tropicales.

Se observa así que el Sudeste Asiático ha restringido drásticamente su exportación de materias primas forestales. Después de haber alcanzado un nivel máximo de 40 millones de m³ en 1978, las exportaciones de rollizos de esta región descendieron a 18,6 millones de m³ en 1992, e Indonesia y Filipinas prácticamente desaparecieron del negocio. Aún Malasia, que proveía cerca del 60% del volumen total transado de rollizos aserrables de latifoliadas a principios de la presente década, redujo sus exportaciones de 17,8 millones de m³ en 1992 a 9,1 millones en 1993. Es un hecho reconocido que Malasia ha estado sobreexplotando su oferta de madera en las islas de Sabah y Sarawak y no puede mantener las tasas de cosecha observadas en los últimos años. La Gráfica I.1 ilustra la situación de Malasia e Indonesia con respecto a la producción de rollizos industriales de latifoliadas.

[Gráfica I.1 - Malasia e Indonesia: tendencias recientes y futuras de la producción de madera rolliza industrial de no-coníferas, 1970-2020](#)

Fuente: FAO, Aspey & Reed (C.O.F.I.)

Del lado de los compradores, Japón ha sido tradicionalmente el principal importador de rollizos industriales. Como se observa en la Gráfica I.2, a fines de los ochenta sus importaciones de rollizos de coníferas y latifoliadas superaban los 30 millones de m³/año en tanto que en 1994 se habían reducido a alrededor de 22 millones de m³/año. Esta manifiesta tendencia a la baja tiene varios orígenes. La situación antes referida del Sudeste Asiático explica que las importaciones japonesas de esta región hayan disminuido a 10 millones de m³ en 1992, comparado con 27 millones de m³ en 1973. Por otra parte, la madera aserrada, en particular de coníferas, ha entrado a competir fuertemente con los rollizos. Por ejemplo, de 1987 a 1992 la participación de la madera aserrada (equivalente rollizos) en las importaciones de madera de Japón desde Estados Unidos subió de 40% a 54%. Las presiones medioambientales han hecho sentir su efecto en las exportaciones de rollizos aserrables de coníferas, sobretodo en el caso de las maderas de pino oregón de la Costa Oeste de Estados Unidos.

Finalmente, Japón enfrenta desde hace algún tiempo una falta de fuerza laboral para sus aserraderos y, por ende, el incremento del costo de la mano de obra. Ante la consecuente pérdida de competitividad de las instalaciones industriales, el país ha tendido a abrirse más a las importaciones de productos forestales con cierto grado de elaboración, a pesar de las diferencias arancelarias a favor de las materias primas.

Gráfica I.2 - Japón: importaciones de rollizos por origen, 1984-1994

Fuente: JAWIC

2.3 Consideraciones sobre la comercialización de madera pulpable

La producción de madera pulpable es una actividad altamente concentrada: sólo 13 países producen el 85% de la producción mundial de madera pulpable. Al igual que para otros productos forestales, la madera pulpable es consumida preferentemente en las regiones en que se produce: en 1991 (último año en que FAO informó acerca del comercio internacional de este producto) tan sólo el 13% de la producción mundial se comercializó internacionalmente. Sin embargo, el comercio de madera pulpable ha tenido una fuerte expansión en las últimas décadas al aumentar de 12 millones de m³ en 1960 a 56 millones de m³ en 1991.

Existen dos tipos de mercados en el mundo para la madera pulpable:

- el que se desarrolla dentro de macroregiones: Estados Unidos-Canadá, países escandinavos entre sí y Escandinavia-otros países europeos. Este negocio tiene una magnitud del orden de los 22 millones de m³ anuales; y
- el que involucra áreas mutuamente alejadas y, por lo tanto, transportes navieros. Representa aproximadamente 34 millones de m³ anuales. Este último tipo de mercado - de interés para Uruguay - es muy concentrado. Existen básicamente dos polos compradores: Escandinavia y el Lejano Oriente, principalmente Japón. Mercados como China, Taiwan y Corea del Sur podrían eventualmente ser de interés en el futuro.

El Cuadro I.3 muestra la concentración de la demanda internacional de madera pulpable en Japón y los países escandinavos, que en conjunto absorben un 60% del volumen que se transa internacionalmente. En el caso de Japón, las dos terceras partes de las importaciones de madera pulpable corresponden a astillas. En cambio, Escandinavia compra su material pulpable esencialmente en forma de rollizos, los cuales llegan tanto por flete terrestre como marítimo.

Entre los factores que pueden incidir en la demanda de madera pulpable, deben mencionarse el creciente consumo de papel reciclado y una eventual sobreoferta mundial de madera pulpable, Con respecto al primer

factor, el mayor uso de papel reciclado implica, por definición, que sólo una parte del incremento de la demanda de papel se repercute en el mercado de madera pulpable. A partir de la década del setenta se inició el reciclaje de papel a gran escala en los países industrializados. En 1971 la participación del papel reciclado en el consumo total de papel era del 36% para el conjunto de las economías desarrolladas, en tanto que actualmente alcanza el 52%. Se estima que en 1997 esta relación llegará al 55% debido a: (i) las presiones del sector público en ciertos países en favor del reciclaje y (ii) la producción de papel periódico con una proporción creciente de papel reciclado. En Japón, por ejemplo, existe una Ley de Reciclaje en función de la cual la tasa de recuperación debe aumentar a 55% a mediados de los años noventa (Plan Reciclaje 55). Históricamente esta tasa ha ido creciendo en ese país, desde un 38,7% en 1975 a un 51,1% en 1993.

Cuadro I.3 - Matriz de importaciones de madera pulpable por país, 1991 (miles de m³)

EXPORTADORES:	EE.UU	Australia	Canadá	Alemania	Ex-URSS	Francia	Suecia	Chile	Otros	Total imp.
IMPORTADORES:										
Japón	8.130	5.279	672		690		33	4.914	3.352	23.070
EE.UU			605						741	1.346
Suecia			49	1.351	1.602			40	1.388	4.430
Noruega				28	113		176		1.060	1.377
Austria				766	400	41			966	2.173
Finlandia				432	3.816	50	35	48	590	4.971
China	397		10		27				1.151	1.825
Otros	3.142	156	1.249	3.106	1.433	3.700	442	133	3.509	16.870
Total export.	11.669	5.435	2.585	5.683	8.321	3.791	686	5.135	12.757	56.062

Fuente: FAO.

No obstante, debe moderarse el impacto del reciclaje en la demanda mundial de pulpa a la luz de las siguientes circunstancias: (i) la tasa de recuperación de papel y cartón se encuentra relativamente cerca de la meta fijada, al menos en el caso de Japón, primer país entre los importadores de madera pulpable; y (ii) es poco probable que, a mediano plazo, el precio internacional de la celulosa aumente más allá de los precios registrados a fines de la década pasada, debido a que la capacidad instalada ha crecido en forma más acelerada que la demanda, acumulándose importantes existencias que tienen el efecto de moderar la evolución de los precios.

En cuanto al segundo factor que podría tener un impacto en la evolución de la demanda de madera pulpable - una eventual sobreoferta de materia prima -, se observa efectivamente que en varias partes del mundo se están desarrollando proyectos de forestación con especies de rápido crecimiento. Esto llevará a una oferta adicional de materia prima, en algunos casos más barata que la madera pulpable que se produce y comercializa actualmente en los mercados mundiales, la cual proviene principalmente de bosques naturales (ex-URSS, Estados Unidos, Australia, Chile y países europeos). La aparición de una brecha entre la oferta y la demanda de madera pulpable a principios del siglo XXI dependerá de: i) las presiones medioambientales en favor de una menor cosecha de bosques naturales, lo cual es especialmente factible en países en que el estado es propietario de una parte sustancial de estos bosques, como en Australia; ii) la postura de los países compradores frente a los crecientes desequilibrios de los ecosistemas naturales en el mundo, que puede llevar a limitar o suspender las compras de madera que no proviene de plantaciones, tal como puede observarse de los lineamientos que se ha fijado Japón para el próximo siglo; y (iii) la consolidación de mercados compradores de fibra corta, como China, Corea y Taiwan. Si estas tres tendencias se confirmaran, total o parcialmente, una situación excedentaria de madera

pulpable sería poco probable.





3. Mercados externos para productos específicos

[3.1 Astillas para pulpa](#)

[3.2 Madera aserrada](#)

[3.3 Tableros y chapas](#)

En este subcapítulo se analizan las perspectivas de mercado para algunos productos específicos, seleccionados de acuerdo a las oportunidades de inversión que fueron: (i) desarrolladas a nivel de perfil en la primera fase del PRAIF o (ii) identificadas a partir de las tendencias recientes de los mercados internacionales y consideradas como técnicamente factibles y convenientes para Uruguay.

3.1 Astillas para pulpa

3.1.1 El mercado internacional

Las astillas o "chips" son pequeñas partículas de madera producidas normalmente con trozas de baja calidad o desechos de la industria de la transformación mecánica de la madera. Se emplean en la fabricación de celulosa, tableros de partículas y tableros de fibras, aunque la industria de la pulpa y papel es la principal demandante de astillas. Se distinguen las astillas de fibra larga, obtenidas a partir de madera de especies coníferas, y las de fibra corta, provenientes de madera de especies latifoliadas, como las de Eucalyptus. La pulpa de fibra larga se destina a papeles y cartones que necesitan una mayor resistencia, mientras que la de fibra corta se usa normalmente para obtener papeles que requieren mejores propiedades superficiales.

Si bien la astilla sigue siendo una *commodity*, se reconoce actualmente cierta diferenciación en este producto, básicamente en función de sus propiedades para la producción de pulpa, las cuales varían con la especie y la calidad de la producción. El mercado internacional favorece las astillas de madera blanca de fibra corta y dentro de éstas las de **E. globulus**, que se ven premiadas en los precios.

De 1960 a 1990, la participación de las astillas en el comercio internacional de madera pulpable se elevó del 10% al 52% y se vio favorecida por las ventajas económicas logradas en su transporte mediante la construcción de grandes buques "chiperos" especializados. También ha sido determinante el incremento de las importaciones de astillas desde el principal mercado, Japón. Como la demanda internacional de chips es altamente dependiente de la evolución del mercado de la pulpa, los factores que pueden incidir en esta última (como el antes referido mayor uso de papel reciclado o una eventual sobreoferta de madera pulpable) se aplican también al caso de las astillas.

El Mapa I.1 presenta las importaciones y exportaciones de astillas de fibra corta por región o país. Se observa claramente la importancia del mercado japonés. Japón absorbe el 70% de los volúmenes de astillas comercializados en el mundo y representa actualmente el único mercado estable para este producto. En el caso concreto de las astillas de fibras cortas, compras esporádicas han sido realizadas por Taiwan y Corea del Sur,

siendo posible que estos mercados se desarrollen en el futuro.

Japón ha mantenido su condición dominante en el mercado de astillas desde mediados de los años sesenta, es decir por más de treinta años. Es difícil predecir exactamente las tendencias futuras, pero es seguro que Japón continuará importando astillas probablemente con un crecimiento moderado. Como el comercio mundial de astillas está íntimamente vinculado a los buques chiperos, que son controlados en su mayoría por empresas niponas, la influencia de Japón en el negocio con otros mercados es también muy fuerte, particularmente en el Lejano Oriente.

En cuanto a Escandinavia, esta región compra normalmente madera rolliza de Eucalyptus a países como Uruguay, Argentina y Brasil. Sin embargo, ha importado volúmenes importantes de astillas de fibras largas de Estados Unidos y Chile y, a principios de los noventa, Finlandia compró tres embarques de chips de fibra corta a Chile. Por lo tanto, Escandinavia tiene cierta infraestructura para recibir este producto por vía marítima. Pero el 73% de las importaciones de madera palpable de Escandinavia proviene de los países vecinos de esta región: Rusia y los países bálticos. En consecuencia, si bien Escandinavia es un mercado potencial para las astillas uruguayas, el desarrollo de este último dependerá esencialmente de la evolución de la oferta de los países de la ex-URSS y de la capacidad de Uruguay para negociar el suministro de madera palpable en la forma de astillas.

Mapa I.1 - Importaciones y exportaciones de astillas de fibra corta por región (miles de BDMT)

Fuente: Consultores del PRAIF-II.

El sur de Europa difícilmente se vislumbra como mercado a corto y mediano plazo para nuevas empresas locales que se establecieran con el fin de producir astillas. Actualmente esta región no importa astillas por lo que las instalaciones portuarias y de transporte terrestre no están adaptadas a este producto. Debe aclararse que el abastecimiento de las plantas de pulpa y papel con astillas, si bien permite la simplificación y eficiencia de las diferentes operaciones de manejo de la materia prima con respecto a los rollizos, implica un cambio importante en la política de aprovisionamiento de las empresas. Este se debe a que la importación de madera rolliza se basa habitualmente en operaciones *spot* de acuerdo a requerimientos puntuales o coyunturales de las empresas papeleras; en cambio, la importación de astillas implica una estrategia de abastecimiento de mediano o largo plazo no sólo por los ajustes requeridos en el equipamiento portuario y de transporte sino también por la modalidad operativa del negocio de astillas (contratos a largo plazo).

En síntesis, en el escenario actual el Lejano Oriente, esencialmente Japón, conforma el principal y más estable mercado para astillas. No obstante, ante su lejanía con respecto a Uruguay conviene explorar otros mercados potenciales mediante el establecimiento de contactos directos con empresas importadoras.

3.1.2 Ventajas y desventajas para Uruguay

Uruguay cuenta con varias ventajas para insertarse en el mercado internacional de chips, entre los que destacan: (i) los comparativamente altos índices medio de crecimiento de la madera; (ii) un marco legal e institucional que incentiva la forestación; (iii) la disponibilidad futura de madera palpable de un género altamente cotizado en el mercado internacional (Eucalyptus), especialmente en la especie dominante en el país (**E. globulus**); (iv) la topografía favorable del país para plantar y cosechar; y (iv) la posibilidad de producir un producto homogéneo, es decir sin mezcla de especies, lo que constituye una enorme fortaleza en el negocio⁷ Estas condiciones señalan la posibilidad de generar madera de buena calidad palpable y a costos competitivos. Aunque los costos actuales de cosecha son comparativamente más altos que en países similares a Uruguay, se ha observado a nivel internacional que estos costos tienden a disminuir cuando la actividad forestal crece y las faenas se profesionalizan.

⁷ Esto último no descalifica la producción de chips de otras especies que el **E globulus** dada la posibilidad de procesar distintas especies en las mismas plantas (sin mezclarlas) y embarcarlas en

los mismos buques pero en bodegas distintas.

Por otra parte, al considerar la viabilidad de producir y exportar chips desde Uruguay, deben tenerse en cuenta algunos factores del negocio chipero que podrían ser adversos. El primero concierne a las instalaciones portuarias y, en particular, al calado requerido por los barcos especializados en el transporte de chips. Este punto es analizado para las diferentes alternativas de embarque en el estudio de prefactibilidad presentado en el Capítulo III. Se anticipa que el puerto de Montevideo será una opción factible a partir de 1997-98 con algunas inversiones para adaptar la actual infraestructura. Los demás puertos presentan cada uno limitaciones cuyas posibilidades de superación están contempladas en el mencionado capítulo.

En segundo lugar, la condición de proveedor de chips se define por la capacidad de llegar al puerto de destino a un precio CIF competitivo. Actualmente, los grandes proveedores de astillas de fibra corta al principal mercado comprador, Japón, son: Australia, Estados Unidos, Chile y Sudáfrica. La distancia de Uruguay al mercado japonés es obviamente mayor que la de estos exportadores tradicionales, lo que significa mayores costos de flete marítimo y, por ende, un menor precio FOB al que Uruguay puede esperar vender sus astillas. Esta desventaja, al considerar el mercado japonés, debe ser compensada entonces por otros factores que definen la competitividad de un proveedor, como los que se mencionaron previamente. Chile, por ejemplo, pese a distancias de navegación muy superiores a las de los proveedores de la costa Oeste de Estados Unidos y de Australia, ha podido desarrollar el negocio chipero con Japón aprovechando ventajas comparativas distintas. Resulta también ilustrativo de las posibilidades concretas de Uruguay la exportación reciente de astillas de Argentina al mercado japonés, desde el puerto de Necochea, ubicado a una distancia de Japón muy similar al caso uruguayo.

Una característica de la exportación de astillas que conviene tener presente concierne a la mayor estabilidad de este negocio en comparación con la venta externa de madera pulpable rolliza. La exportación de madera rolliza tiene las características de un negocio *spot*, por lo que tanto la demanda como los precios sufren grandes fluctuaciones. Es así que los importadores actuales de madera rolliza uruguayana realizan sus compras cuando por razones climáticas han tenido una mala cosecha, o cuando por razones coyunturales los precios de la madera doméstica son muy elevados. En este último caso, utilizan las compras externas como elemento regulador de precios, aun cuando éstas les resulten puntualmente más caras. Si bien, entonces, para negocios puntuales la exportación de rollizos puede ser una operación más rentable que la de astillas, hay que tener presente que, cuando por alguna razón cae la demanda, ello conlleva una fuerte baja de los precios. Esto se debe a que el exportador, por las características de la operación, siempre debe disponer de suficientes existencias para poder atender a los potenciales compradores y tener montada una estructura para el abastecimiento y acondicionamiento de madera rolliza para exportación. Cuando la necesidad de madera en los mercados internacionales queda satisfecha por las ofertas domésticas o por mercados cercanos, los exportadores se ven en una situación de aprieto: "tienen" que vender un producto que, seis meses después de su corta, contractualmente no podrá ser embarcado con destinos pulpables. Esto genera una caída de precios mayor que la que suele observarse para otros bienes durables. En consecuencia, es muy arriesgado estimar los ingresos que puedan obtenerse de las operaciones de exportación de madera rolliza en un período posterior. Otras de las variables no controlables en la exportación de rollizos son el costo del flete marítimo y el tipo de cambio, tanto del país exportador como del importador.

Frente a este tipo de operaciones de corto plazo, la gran ventaja del negocio de chips proviene de que el exportador se transforma en un "eslabón" de la cadena productiva de la pulpa. Por medio de contratos a largo plazo (5 años), con negociación anual de los precios, el comprador planifica su producción teniendo en cuenta esta provisión de materia prima y volviéndose parte interesada en que el negocio sea rentable también para el vendedor. Esto permite a la empresa exportadora asegurar continuidad en la cosecha de bosques, incentivándose a su vez la inversión en maquinaria con el propósito de optimizar métodos y costos de cosecha. Finalmente, debe destacarse que la exportación de astillas no sustituye a la de madera rolliza, siendo complementarias estas

dos alternativas de comercialización de la madera pulpable, como lo demuestra la experiencia internacional.

La estabilidad que ofrece el negocio de astillas se expresa en un contrato a largo plazo, entendido como *joint-venture* entre el proveedor y el socio comercial. Los precios se fijan por un año y se vuelven a negociar cada año, básicamente en función de la evolución de los mercados australianos y del sudeste de Estados Unidos, y de las condiciones internas de los países de origen y de destino de las astillas. El contrato se firma después de una cuidadosa y larga investigación, por parte del importador, acerca de las condiciones que tiene el potencial abastecedor para realizar una operación eficiente: disponibilidad de materia prima, capacidad de gestión para producir las astillas a costos competitivos y con la calidad deseada, viabilidad de embarcarlas en un puerto en condiciones de recibir buques chiperos, etc. Todos los aspectos relacionados con estos puntos deberán estar resueltos para poder concretar el negocio, y solamente cuando esté firmado el contrato el productor procederá a la compra de maquinaria e instalación de la planta y facilidades portuarias. En el negocio chipero es esencial tener presente que no se instala una planta sin un contrato de una duración suficiente para justificar la inversión; en otras palabras, nadie produce chips y sale después a venderlos.

En el Cuadro I.4 se compara la evolución del precio de las astillas nativas chilenas y de la celulosa de fibra corta en el período 1989-1995. Se observa que las marcadas fluctuaciones en los precios de la celulosa en este período han tenido repercusiones muy limitadas en los precios de las astillas. Esta estabilidad es particularmente notoria al observar la evolución en términos de dólares, aunque ello se relaciona con la evolución de la tasa cambiaria del dólar con respecto al yen. La estabilidad del nivel de precios de las astillas en términos de dólares se observa también en la Gráfica I.3, que presenta la evolución de los precios C.I.F. para astillas de fibra corta en el mercado japonés.

Cuadro I.4 - Evolución de los precios de astillas nativas chilenas, 1989-1995

Año	Precio FOB astillas		Precio CIF celulosa		Precio FOB astillas		Precio CIF celulosa	
	US\$/BDMT	% incr.	US\$/ton	% incr.	Yen/BDMT.	% incr.	yen/ton	% incr.
1989	78	-	780	-	10.661	-	101.611	-
1990	83	1.1	613	(21.4)	11.987	18.0	88.536	(12.9)
1991	83	0.0	540	(11.9)	10.890	(9.2)	70.853	(20.0)
1992	83	0.0	545	0.9	10.440	(4.1)	68.550	(3.3)
1993	87	4.8	315	(42.2)	10.840	3.8	39.249	(57.3)
1994	91	4.6	580	84.1	9.878	(8.9)	62.959	60.4
1995	95	4.4	880	51.7	9.457	(4.3)	87.604	39.1

Fuente: Consultores del PRAIF-II.

[Gráfica I.3 - Japón: evolución de los precios C.I.F. de las importaciones de astillas de fibras cortas](#)

Fuente: J.T.A.

Estos cuadros y gráficas permiten visualizar las diferencias de precios (C.I.F.) en el mercado japonés según el tipo o calidad de las astillas. El 1994 el precio de la astilla nativa chilena se ubicó en US\$ 91/BDMT (US\$ 95 en 1995), en tanto que el precio promedio para el conjunto de las importaciones de astillas de fibra corta de Japón fue de US\$ 150/BDMT (US\$ 160 en 1995). En 1995, el precio de la astilla chilena de **E. globulus** alcanzó US\$ 200/BDMT.

3.2 Madera aserrada

3.2.1 Consumo y comercio

La madera aserrada es un producto fabricado a partir del aserrío de rollizos y reaserrío de tablas. Incluye planchas, vigas, viguetas, tablas, tablones, tablillas y traviesas. Puede ser secada, cepillada e incluir machihembrado (*finger joint*).

De 1979 y 1993, el consumo mundial de madera aserrada promedió 465 millones de m³/año, de los cuales el 75% correspondió a los países desarrollados y el 25% a los países en desarrollo⁸ Según estimaciones de FAO el consumo mundial de madera aserrada tenderá a alcanzar hacia el año 2010 alrededor de 745 millones de m³ Sin embargo, el consumo *per capita* de este producto decreció un 3,7% a nivel global desde 1988 y, en los últimos diez años, América del Norte ha sido la única región que ha mantenido un crecimiento casi constante en el consumo *per capita* de madera aserrada de latifoliadas⁹

⁸ El consumo promedio de madera aserrada en las economías desarrolladas es de 300 m³/1000 hab. y del orden de los 30 m³/1000 habitantes en los países en desarrollo.

⁹ FAO, *Montes ahora para mañana*, Roma, 1993; FAO, *Productos forestales: proyecciones de las perspectivas mundiales*. Roma, 1988; y FAO, *Anuario estadístico de productos forestales*. Roma, 1994.

En cuanto al comercio internacional de madera aserrada, en el mismo período 1979-993 promedió 89 millones de m³ anuales (el 18% de la producción mundial), de los cuales 74 millones de m³ fueron de coníferas y sólo 14 millones de m³ de latifoliadas. La madera aserrada ocupa el segundo lugar en el comercio mundial de los productos forestales, tanto en cantidad como en valor, después de los papeles y cartones. Al igual que la producción, las exportaciones e importaciones de madera aserrada están dominadas por muy pocos países (Cuadros 1.5 y 1.6). Dada la predominancia de especies latifoliadas en el proceso de forestación en Uruguay, se presentan algunos datos básicos sobre el comercio de madera aserrada de este grupo.

Cuadro I.5 - Principales países exportadores de madera aserrada, 1989-1992 (promedio anual)

PAÍS	EXPORTACIÓN	PART. PORCENTUAL
	(millones de m ³)	(%)
Canadá	40,5	43,2
Estados Unidos	9,2	9,8
Suecia	7,0	7,5
Ex-URSS	5,5	5,9
Malasia	5,3	5,6
Finlandia	4,4	4,7
Austria	4,2	4,5
Chile	1,1	1,2
Otros	16,6	17,6
Total (promedio 89-92)	93,8	100,0

Fuente: FAO, *Anuario de productos forestales*. Roma, 1994.

Cuadro I.6 - Principales países importadores de madera aserrada, 1989-1992 (promedio anual)

PAÍS	IMPORTACIÓN	PORCENTAJE
	(millones de m ³)	(%)
Estados Unidos	30,8	33,5
Japón	9,5	10,3
Reino Unido	8,8	9,6
Italia	5,9	6,4
Alemania	5,2	5,7
Holanda	3,4	3,7
Otros	28,4	30,8
Total (promedio 89-92)	92,0	100,0

Fuente: FAO, *Anuario de productos forestales*. Roma, 1994.

3.2.2 Madera aserrada de latifoliadas

La producción de madera aserrada de latifoliadas representa sólo el 26% del volumen global de madera aserrada producido anualmente y, durante el período 1979-1993, mantuvo su tendencia moderada al alza sin grandes variaciones (1,1% anual). Esta producción se concentra principalmente en tres regiones: Asia (40%), Norteamérica (16%) y Europa (14%), según se observa en el Cuadro I.7. Los principales países productores son Estados Unidos (17,3% del total), India (11,4%), ex-URSS (9,9%), Brasil (7,2%), Indonesia (7,1%), Malasia (6,6%) y China (6,5%).

De las exportaciones de madera aserrada de latifoliadas (16 millones de m³/año en promedio en 1989-1992), el 38% corresponde a latifoliadas templadas y el 62% a latifoliadas tropicales. Se destaca la participación de Malasia (32,2%) y Estados Unidos (13,4%) (Cuadro I.8). Del lado de los compradores, en los últimos 15 años, Italia, Japón y Singapur han absorbido, en su conjunto, alrededor del 25% del volumen mundial de importaciones. Otros importadores de importancia fueron Alemania, Reino Unido, Estados Unidos y China. En los últimos años aparecieron dos nuevos compradores de volúmenes significativos, Tailandia y Holanda.

Cuadro I.7 - Producción promedio anual de madera aserrada de latifoliadas por región, 1979-1993

REGIONES	1979-1983	1984-1988	1989-1993	TOTAL	PART. PORC.
	(millones m ³)	(millones m ³)	(millones m ³)	(prom. anual)	(%)
África del Norte	16,1	18,3	23,8	19,4	16,1
África (otros)	5,4	5,8	5,9	5,7	4,7
América del Sur	12,6	14,5	14,2	13,8	11,4
América Central	1,1	1,2	2,0	1,4	1,2
Asia	43,6	49,7	52,5	48,6	40,3
Europa	18,0	17,4	16,3	17,2	14,3
Oceanía	2,3	2,0	1,8	2,0	1,7
Ex-URSS	12,2	12,6	13,0	12,6	10,4
Total (prom. an.)	111,3	121,5	129,5	120,7	100,0

Fuente: FAO, *Anuario de productos forestales*. Roma, 1994.

Cuadro I.8 - Principales países exportadores de madera aserrada de latifoliadas, promedio anual 1989-92

PAÍS	VOLUMEN	PART. PORCENTUAL
	(millones m ³ /año)	(%)
Malasia	5,2	32,2
Estados Unidos	2,2	13,4
Indonesia	1,2	7,4
Singapur	0,9	5,5
Francia	0,8	4,9
Ex-Yugoslavia	0,7	4,6
Chile	0,1	0,4
Otros	5,1	31,6
Total (prom. an.)	16,1	100,0

Fuente: FAO, *Anuario de productos forestales*. Roma, 1994.

Entre las especies latifoliadas tropicales que se comercializan a nivel internacional se encuentran básicamente tres grupos: el Dark Red Meranti/Kempas con 16 especies provenientes del Sudeste asiático, el Okuome/Azobe con 13 especies de África y el Baboen/Balsa con 4 especies. El grupo que registra la mayor demanda es el Dark Red Meranti/Kempas (***Shorea paucifolia/Koompassia malaccensis***), en particular por parte de Japón y Singapur (Cuadro I.9). Dentro de este grupo, además del Dark Red Meranti, una especie muy solicitada es el White Lauan (***Pentacme contorta***). Estas especies se emplean en usos decorativos, principalmente en la industria del mueble, y en la industria del embalaje.

Las especies procedentes de África encuentran su mayor demanda en el mercado europeo dados los vínculos tradicionales entre estas dos regiones. Destacan las especies Azobé (***Lophira alata***) e Iroko (***Chlorophora excelsa***).

El comercio de especies latifoliadas tropicales desde América Latina es mucho menor debido a las dificultades asociadas a la explotación de los bosques tropicales americanos y a las bajas existencias de maderas nobles por unidad de área. La especie más comercializada es el Mahogany (***Swietenia spp.***).

Cuadro I.9 - Destino de la madera aserrada por especie tropical, 1988-1992 (prom. anuales)

PAÍSES	D.R.MERANTI/KEMPAS (miles de m ³)	OKUMÉ/AZOBÉ (miles de m ³)	BABOEN/BALSA (miles de m ³)
Bélgica	213,2	14,3	7,8*
Francia	202,1	62,7	0,8*
Alemania	223,4	26,0	4,1*
Italia	126,8	66,0	6,4*
Holanda	475,6	52,5	1,5*
Reino Unido	323,4	61,8	76,0
Japón	648,3	0,6	1,4
Singapur	544,2	0,6	1,2*
Australia	153,0	0,1	3,2

* Valores únicamente para el año 1992.

Fuente: FAO, *Boletín mensual*. Productos forestales tropicales en el comercio mundial de la madera, Roma, 1988-1992.

En cuanto a las especies de madera templada que más se comercializan en los mercados externos, se encuentran: el roble (**Quercus spp.**), haya (*beech*) (**Fagus spp.**), álamo (**Populus spp.**), abedul (**Betula sp.**) y fresno (**Fraxinus sp.**) (Cuadro I.10). Los principales abastecedores son Estados Unidos, Francia y Canadá. La ex-Yugoslavia era un proveedor muy importante pero desde el conflicto bélico que afecta a esa zona la oferta se ha reducido notablemente.

La evolución en el comercio de la madera de latifoliadas tanto templadas como tropicales ha experimentado una serie de ciclos, que esencialmente concuerdan con los ciclos económicos que afectan a la industria de la construcción y del mueble, principales usuarios de estos productos.

Cuadro I.10 - Destino de la madera aserrada por especie templada

PAÍSES	ROBLÉ (miles m ³)	ROBLE (miles m ³)	ÁLAMO (miles m ³)	ABEDUL (miles e m ³)	OTRAS (miles m ³)	TOTAL (miles de m ³)
Italia	202,7	460,8	52,4		185,8	901,7
Alemania	154,2	50,2	9,4	-	103,0	316,8
Canadá	364,0	-	22,3		208,8	594,1
Japón	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Bélgica	166,0	48,0	7,0	-	22,0	273,4
Est. Unidos	22,0	*	*	43,2	504,8	570,0
Reino Unido	**	**	**	**	**	270,4
Holanda	90,4	42,2	12,6	*	28,6	173,8

* Incluido en "Otras"

** Incluido en Total"

Fuente: *Timber Bulletin*, Forest products markets, 1986-1991.

3.2.3 Precios

Los precios de la madera aserrada de latifoliadas tropicales y templadas son muy variables, dependiendo de la especie forestal, las escuadrías y por supuesto las condiciones de mercado. En el mercado doméstico chileno la relación entre los precios de la madera de pino y la de especies latifoliadas de mejor calidad puede llegar a ser de 1 a 7. A título de referencia, el Cuadro I.11 presenta la evolución de precios de madera aserrada de coníferas y latifoliadas reportada por FAO, observándose una creciente diferencia en el tiempo entre ambos grupos de especies. La Gráfica I.4 también permite observar estas diferencias, esta vez en el mercado doméstico japonés y para diferentes tipos de productos aserrados: en tanto que el precio al por mayor de un metro cúbico de láminas de pino valía alrededor de US\$ 600 a fines de 1994, el de un metro cúbico de tablas anchas de Lauan se acercaba a US\$ 2.000.

Cuadro I.11 - Precios de madera aserrada de coníferas y latifoliadas

AÑO	MAD. ASERRADA (C) (US\$/m ³)	MAD. ASERRADA (NC) (US\$/m ³)	RELACIÓN NO CON./CON.
1983	114	211	1,851

1984	110	198	1,800
1985	105	193	1,838
1986	118	224	1,899
1987	128	234	1,828
1989	153	275	1,797
1990	172	302	1,756
1991	165	317	1,921
1992	164	329	2,006
1993	172	369	2,145

Fuente: FAO.

Gráfica I.4 - Japón: algunos precios al por mayor de madera aserrada, diciembre de 1993 y 1994

Obs.: Yen 100= US\$ 1.

Fuente: JAWIC.

El Cuadro I.12, elaborado a partir de las fuentes citadas, muestra las diferencias de precios registradas para diferentes especies de latifoliadas. La Gráfica I.5 presenta algunos precios recientes de exportación de madera aserrada sin secar de los principales proveedores tropicales, según información proporcionada por la O.I.M.T. a sus países miembros.

Cuadro I.12 - Precios FOB de algunas especies latifoliadas, 1989-1993 (US\$/m³ nominales)

ESPECIE	1989	1990	1991	1992	1993
Latifoliadas templadas					
Slavonian oak boards	1142	1377	1335	1345	1345
Slavonian beech boards	507	612	593	641	641
Raulí	215	328	301	362	533
Lenga	223	224	214	219	269
Latifoliadas tropicales					
Mahogany (Swietenia)	800	980	909	824	900
Dark red meranti	347	369	293	343	350
Light red meranti	254	249	238	293	297
Jelutong	-	241	234	253	253
Merbau	270	298	288	317	-
Sipo	508	699	603	614	550
Mahogany (Africana)	343	417	396	423	376

Fuente: *Timber Bulletin*, Monthly prices for forest products, 1990-1993; INFOR, *Precios de productos forestales chilenos*, Santiago, 1993; FAO, *Precios de productos forestales*. Roma, 1992; *Timber Trade Journal*, vol. 366 y 367, 1993.

Gráfica I.5 - Madera tropical: precios recientes de exportación (FOB) para madera aserrada sin secar (US\$/m³)

Obs.: La cifra superior corresponde al precio más bajo, la cifra enmarcada al precio de la especie dominante y la cifra inferior al precio mayor.

Fuente: O.I.M.T.

Es también de interés para Uruguay observar los precios de exportación (FOB) de distintas maderas latifoliadas chilenas, aunque debe precisarse que los volúmenes exportados de estas especies son muy bajos (40.000 m³/año) como para poder indicar tendencias de precios¹⁰:

Nothofagus dombeyi (coigüe) (S4S, secado en cámara)	950 (US\$/m ³)
Nothofagus pumilio (lenga) (S4S, secado al aire)	450 (US\$/m ³)
Nothofagus alpina (S4S, secado al aire)	380 (US\$/m ³)
Basas N. Alpina	530 (US\$/m ³)
Tablas N. pumilio (mejor calidad)	380 (US\$/m ³)
Tablas N. alpina (estándar)	250 (US\$/m ³)
Tablas E. globulus (secadas en cámara)	475(US\$/m ³) ¹¹

¹⁰ Instituto Forestal, *Boletín estadístico no. 38*, Santiago.

¹¹ El precio registrado en Chite para tablas de **E. globulus**. secadas en cámara, aumentó de US\$ 317/m³ en 1988 a US\$ 444 y US\$ 475/m³ en 1993 y 1994, respectivamente (INFOR).

Dos conclusiones surgen de este conjunto de datos: (i) los precios de la madera aserrada de latifoliadas varían ampliamente de acuerdo a las especies y especificaciones y (ii) es un producto con un nivel de precios bastante superior al de la madera de coníferas.

3.2.4 La inserción de Uruguay en los mercados internacionales de madera aserrada

De los datos presentados en las secciones anteriores, las siguientes conclusiones son relevantes para Uruguay:

- Los volúmenes de madera aserrada de latifoliadas comercializados a nivel internacional son muy bajos en comparación con los de madera aserrada de coníferas y son también muy limitados en relación con la producción total de ese producto en el mundo. Se trata de un negocio en el cual un parámetro básico es la calidad; predominan los grados de alta calidad (*appearance grade*) con usos en mueblería y decoración. Los precios son generalmente superiores a los de la madera de coníferas.
- De todas maneras la madera aserrada de latifoliadas compite con la de coníferas y con una serie de sustitutos, desde los tableros de madera (contrachapados, tableros de partícula y de fibra) hasta otros productos no lignocelulósicos (aluminio, plásticos, otros metales).
- En el futuro, aparecerán cambios drásticos en el flujo de madera aserrada de latifoliadas debido a la disponibilidad decreciente de especies tropicales del Sudeste asiático. La demanda del Lejano Oriente por madera aserrada de latifoliadas será considerable y creciente.

Es en este contexto que deben considerarse las posibilidades de inserción de Uruguay en los mercados internacionales. Estos mercados sufrirán una fuerte conmoción a principios del siglo XXI como consecuencia de su fuerte dependencia de las cosechas de bosques naturales del Sudeste Asiático para abastecerse de madera aserrada y otros productos de especies como el Meranti o el Lauan. Para ese entonces, las naciones miembros de la O.I.M.T. estarán cumpliendo con su compromiso de ajustar la cosecha de bosques nativos a niveles de rendimientos sostenibles.

En estas circunstancias, Uruguay tiene dos ventajas de considerable importancia: (i) su comercio maderero descansará en recursos provenientes de plantaciones y, por lo tanto, sólo podría verse afectado favorablemente por la aplicación de normas internacionales en favor de una mayor protección de los recursos forestales naturales y (ii) el **E. grandis** tiene propiedades físicas y mecánicas muy similares a las del Meranti/Lauan (excepto con respecto a la permeabilidad del duramen), lo que facilita el proceso de sustitución entre estas especies.

Existe cierta aprehensión en el país y en otros países del Conosur hacia la madera aserrada de Eucalyptus en el sentido de que el mercadeo internacional de este producto podría resultar difícil al tratarse de una madera poco conocida en el mundo. Pese a que la madera de este género sea ampliamente utilizada en Australia, Sudáfrica y Nueva Zelanda, es un hecho que no existe un mercado internacional establecido para la madera aserrada de Eucalyptus. Por lo tanto, este producto, aún de calidad y secado en cámara, podría efectivamente encontrar cierta resistencia inicial. No obstante, se está abriendo una excelente oportunidad de mercado ante la inevitabilidad de la reducción sustancial de la oferta de Meranti/Lauan. Por lo tanto, la estrategia de mercadeo debería centrarse en las posibilidades de sustitución frente a especies similares conocidas y apreciadas pero cuya oferta a nivel mundial no es sostenible en el tiempo¹²

¹² Al respecto, es ilustrativo recordar la experiencia de Malasia y otros países del Sudeste Asiático con respecto al exitoso proceso de comercialización de la madera de **Hevea brasiliensis** (Rubberwood), que hasta 1980 era utilizada casi exclusivamente como combustible y prácticamente desconocida en cualquier otro uso (que no fuera la producción de látex). Ver el documento del PRAIF-II: E. Shield y R. Hansen, *Perspectivas para la transformación con alto valor de las plantaciones de Eucalyptus en Uruguay*, Dirección Forestal - OEA-FONADEP, Montevideo, 1995, Anexo 9.

Por otra parte, debe tenerse presente la existencia de una demanda considerable por productos de madera cuya identidad específica es irrelevante para el comprador. En particular, los productos de carpintería de obra, que experimentaron el mayor crecimiento en el comercio mundial de productos forestales en los últimos años, son aceptados por su funcionalidad antes que por haber sido manufacturados con una u otra especie determinada. Incluyen marcos para ventanas, puertas, marcos para puertas, etc.; en muchos mercados, se acepta el machihembrado y el multilaminado en componentes de estos productos e, incluso, nudos sanos siempre y cuando no sean visibles en el producto terminado.

Lógicamente, las posibilidades de comercialización de la madera aserrada de Eucalyptus son mucho más favorables y amplias si el producto es de alta calidad y secado en cámara. Lograr altos estándares de calidad en el aserrado de este género no es una cuestión sencilla debido a ciertas características inherentes de esta madera, además de los defectos inducidos durante el secado. Estas cuestiones son tratadas a profundidad en el Capítulo II pero se puede anticipar que los defectos inherentes e inducidos de la madera del Eucalyptus imponen como restricción ineludible el aserrado en longitudes cortas. En cambio, la práctica de la poda y el raleo permite superar las siguientes limitaciones observadas en trozas procedentes de plantaciones sin manejo: pequeños diámetros, amplia distribución diamétrica y alta frecuencia de nudos, tanto verdes como caídos o muertos.¹³

¹³ Una situación similar se vivió en Chile al inicio de las exportaciones de madera aserrada de pino radiata. La analogía reside en el escaso manejo de las plantaciones, debido al escaso manejo de los bosques; aunque en ese caso el **P. radiata** tenía la ventaja de ser una madera conocida en los mercados mundiales a diferencia del **E. grandis**.

Las posibilidades de comercializar madera nudosa es una cuestión delicada. Existen ejemplos de usos de tablas nudosas para paneles murales y muebles, en particular en Europa: el **Pinus silvestris** (pino silvestre, *Baltic pine*) y el **Picea abies** (abeto rojo, *Norway spruce*) son especies que han sido utilizadas con este propósito, pero debe advertirse que los nudos de esta madera son pequeños, duros, firmes, normalmente libres de resina y de una

frecuencia previsible. Podría decirse que la aceptación de madera aserrada con nudos para ciertos usos es a menudo propia de determinadas especies cuyo comportamiento respecto a esta variable es conocido. Por otra parte, se trata de un mercado bastante restringido en términos 'de volumen y sensible a factores subjetivos como la moda. Si bien entonces puede haber un nicho de mercado para madera aserrada de *Eucalyptus* con nudos, debería actuarse con prudencia al desarrollar este mercado respetando estrictos controles de calidad para asegurar la consistencia en la frecuencia, tamaño y firmeza de los nudos. El desarrollo de un mercado sostenible es altamente improbable si los patrones de nudos son impredecibles o si los nudos manifiestan una tendencia a caer después de cierto período de uso debido al movimiento de la madera causada por cambios de humedad.

Aunque la práctica de la poda y el raleo se extienda en el país, en esta y la próxima década la mayor parte de la producción tendrá las deficiencias señaladas anteriormente. Este tipo de madera aserrada deberá dirigirse a mercados mundiales para productos de baja calidad, con usos normalmente asociados a la industria del embalaje: cajas, tambores para cables y *pallets*¹⁴. Debe advertirse que el grado de calidad relativamente menor de estos productos no implica que los clientes no sean rigurosos en sus especificaciones. De hecho, los mercados son crecientemente exigentes con respecto a precisión de cortes, tolerancia de escuadría, sistemas de embalaje y presencia de mancha azul, aun en la madera para *pallets*.

¹⁴ En Chile, más del 80% de la madera de pino radiata exportada a Japón se emplea para embalajes, incluyendo *pallets* y otros productos. Los niveles de venta son del orden de 10.000 m³/año. Chile también exporta este tipo de productos a Europa, en niveles que también alcanzaron los 10.000 m³/año aunque últimamente se han reducido considerablemente debido a dificultades asociadas a este mercado, que se explican más adelante.

El comercio mundial de madera para embalaje es marginal: las exportaciones que se destinan a economías desarrolladas (US\$ 500 millones en 1990) sólo representan el 2,5% del valor total de los productos de madera elaborada que se comercializan en los mercados internacionales.

El mercado europeo para este tipo de productos se caracteriza por cierta inestabilidad, grandes variaciones de precios y la influencia reciente tanto de los países del este como de fabricantes locales de "Europallets". En esas circunstancias los productores y exportadores menores deben concentrarse en escuadrías distintas de las de los Europallets y difíciles de producir, con precios amenazados por los productores de Europa del Este y Portugal. De acuerdo a información de productores chilenos, precios de 170 a 180 US\$/m³ C+ son los normales.

El mercado japonés es mucho más estable y ofrece mejores precios, pero impone también mayores restricciones con respecto a la calidad y una mayor multiplicidad de dimensiones¹⁵ Si bien los precios de referencia habitualmente considerados son del orden de 190 a 200 US\$/m³, los registros de importaciones de este país revelan precios promedio mucho más elevados. En efecto, los volúmenes de importación y los costos CIF registrados para 1994 fueron:

- Cajas, cajones, tambores y embalajes similares, tambores para cables (Código H.T.C. 4415.10): 2.500 toneladas a US\$ 1.340/ton (CIF). De los 27 proveedores, los principales fueron China, Indonesia y Estados Unidos.
- *Pallets, pallets* para caja y otras tablas de madera para carga (Código H.T.C. 4415.20): 32.968 toneladas a US\$ 522/ton (CIF)¹⁶ Los principales países proveedores incluyen Singapur, Indonesia, Malasia y China.

¹⁵ Según productores de *pallets* en Chile, el negocio se vuelve menos atractivo en la medida en que se tiene que satisfacer una diversidad de escuadrías.

¹⁶ A fines de 1995, el PRAIF-II obtuvo información fidedigna según la cual el precio al por mayor de madera para *pallets* de latifoliadas en Japón había alcanzado 570 a

620 US\$/m³

La comercialización externa de estos productos, al igual que en el caso de cualquier producto forestal, requiere de un socio comercial en el país de destino. En el caso japonés la madera se comercializa normalmente a través de las casas de comercio establecidas (*trading houses*). En Europa la comercialización se realiza mediante agentes especializados en la comercialización de productos forestales.

En Uruguay, ya se produce madera para *pallets* con exportaciones destinadas principalmente a Italia y en menor escala a Argentina. Un incremento de los volúmenes producidos debería acompañarse de una investigación sobre destinos potenciales con el fin de diversificar geográficamente la oferta y reducir así los riesgos asociados a la dependencia de un solo mercado. Además de analizar destinos europeos distintos de Italia, una investigación del mercado japonés es recomendable, especialmente teniendo en cuenta que existen tarifas de flete preferenciales para la carga de buques que vuelven a Japón después de haber entregado productos de exportación. Los mercados japoneses para madera de relativamente baja calidad son muy amplios y acusan una dependencia creciente hacia la importación debido a: (i) los volúmenes decrecientes y los costos crecientes de las importaciones de madera rolliza y (ii) los altos costos de la mano de obra en Japón, además de la dificultad creciente para encontrar mano de obra para labores de aserrío.

Naturalmente, ciertas cosechas pueden incluir madera de mejor calidad y aparece entonces la posibilidad de segregar las tablas de mejor calidad en los aserraderos para destinarlas a usos más nobles que el material de embalaje. Si esta posibilidad resulta económicamente viable¹⁷, desde la óptica del mercado existe una amplia gama de opciones para productos con valor agregado, aun para secciones cortas y angostas. Sin entrar en un análisis de mercado al respecto, pueden señalarse: marcos para cuadros y otros tipos de molduras, lambrices, componentes de muebles (en particular puertas para muebles), además de una diversidad de productos laminados o machihembrados. Para todos estos productos, existe evidencia de que la madera de Eucalyptus de calidad confiable, correctamente aserrada y secada, es apropiada y aceptada en los mercados internacionales.

¹⁷ Al respecto, ver el Capítulo II, sección 2. Habría que asegurar, por ejemplo, que los volúmenes segregados sean suficientes para justificar la instalación de una cámara de secado.

Considerando a título ilustrativo el caso de molduras para cuadros, una primera indicación de la escala del mercado potencial para este producto proviene de las importaciones de Japón: en 1994 este país importó 5.400 toneladas de este material (Cód. H.T.C. 4414.00) por un valor CIF de US\$ 40 millones. No menos de 30 países participaron en estas importaciones, siendo los principales Taiwan (2.138 ton), Tailandia (1.474 ton), Indonesia (657 ton) y China (535 ton). Estas importaciones incluían también marcos de cuadros de Eucalyptus de Australia.

Sería difícil encontrar otro producto que tuviera un precio tan alto como el que refleja el valor de estas importaciones. El costo C.I.F. promedio en 1994 fue de US\$ 7,39/kg. Si se asume que el **E. grandis** tiene una densidad (con 12% de humedad) de 500 kg./m³, esto correspondería a un promedio de US\$ 3.695/m³. Sin embargo, debe advertirse que el rango de costos CIF por país es considerable. Las 15,5 toneladas de marcos de Francia costaron un promedio de US\$ 45,68/kg., en tanto que el costo promedio de las 27,7 toneladas de Vietnam fue de sólo US\$ 2,58/kg. Los costos promedio CIF de los proveedores dominantes fueron: US\$ 7,9/kg. para Taiwan, US\$ 6,6/kg. para Tailandia, US\$ 4,1/kg. para Indonesia y US\$ 5,3/kg. para China. Las 4,6 toneladas de marcos de Australia tuvieron un costo promedio de US\$ 19,2/kg.

Particularmente importante es el hecho que este tipo de productos: (i) proporcionaría ingresos máximos para lo que sería un volumen limitado de madera aserrada de esta calidad y (ii) facilitaría la introducción de productos de madera de Eucalyptus en los mercados internacionales bajo una forma en que no encontrarían ninguna resistencia significativa.

3.3 Tableros y chapas

Los tableros de madera reconstituida de fibra o partículas, tableros contrachapados y chapas conforman el grupo de productos forestales que ha experimentado el mayor ritmo de crecimiento en su producción y consumo. De 1970 a 1990, la producción de tableros de madera casi se duplicó llegando a un volumen de 122 millones de m³ (Cuadro I.13). En 1993, este volumen alcanzó 133 millones de m³.

Cuadro I.13 - Composición de la producción de tableros de madera, 1991

TIPO DE TABLEROS	PAÍSES DESARROLLADOS		PAÍSES EN DESARROLLO		TOTAL	
	Volumen	%	Volumen	%	Volumen	%
	(millones m ³)		(millones m ³)		(millones m ³)	
Tableros contrachapados	30,0	62,9	17,7	37,1	47,7	100
Chapas	2,9	56,9	2,2	43,1	5,1	100
Tableros reconstituidos						100
Tableros de partículas	45,1	91,1	4,4	8,9	49,5	100
Tableros de fibra	17,4	86,1	2,8	13,9	20,2	100
Total	95,4	77,9	27,1	22,1	122,5	100

Fuente: *Wood Based Panels International*, noviembre de 1993.

Gráfica I.6 - Consumo mundial de tableros de madera por región, 1992

Source: SUNDS DEFIBRATOR

En una perspectiva histórica, los tableros de madera han sustituido en gran medida a la madera aserrada. Es muy probable que en el futuro el crecimiento en el consumo de tableros se deba, en parte, a esta tendencia substitutiva. Este fenómeno será más acentuado en los mercados de economías desarrolladas y maduras, y más sutil aunque importante en las economías en desarrollo. Adicionalmente, nuevas generaciones de tableros encontrarán nuevos usos y desplazarán tipos más antiguos de tableros, como ya está sucediendo. Como puede observarse del Cuadro I.14, se prevé una importante ampliación a corto plazo de la capacidad de producción de tableros en diferentes partes del mundo.

Cuadro I.14 - Número de proyectos a implantarse entre 1994 y 1996 según tipo y región

TIPO	NORTEAMÉRICA	ASIA	EUROPA	LATINOAMÉRICA	OCEANÍA	AFRICA	TOTAL
Contrachapado	5	2	5		1	1	14
Partículas	4	22	17	7	2	1	53
MDF y HB	13	32	8	2	3		58
OSB	21	1	2	1	1		26
Chapas	2	8	8				18
Otros	5	6	3				14
Total	50	71	43	11	7	2	184

Fuente: *Iampaglia*, 1995 - AIC Conferences.

3.3.1 Tableros contrachapados

Los tableros contrachapados (*plywood*), también llamados madera terciada, son formados con láminas o chapas de madera, generalmente en número impar, dispuestas de manera tal que las adyacentes presenten las fibras orientadas perpendicularmente. Las chapas se obtienen mediante un proceso de debobinado o faqueado y su unión se realiza empleando adhesivos, temperatura y presión.

Aunque el volumen de tableros contrachapados predomina dentro de los tableros de madera, su participación ha disminuido de un 48% en 1970 a un 40% en 1993. El consumo de estos productos alcanzó su nivel máximo en 1988 con 50 millones de m³ y desde esa fecha ha descendido permanentemente llegando a un volumen de 46,5 millones de m³ en 1994. Para el año 2005 se predice un consumo de 43 millones de m³. La principal región consumidora es Norteamérica (contrachapados de coníferas principalmente), seguida por Japón (principalmente latifoliadas). Sólo se prevén incrementos de consumo en Asia, de 6,0 millones de m³ en 1994 a 6,4 millones de m³ en 2005.

Las principales regiones productoras son Norteamérica (41 % del total en 1994) y Asia (34 %), destacando Malasia e Indonesia aunque Japón y China son también importantes.

Los precios de la madera contrachapada han experimentado fluctuaciones importantes. En 1993 alcanzaron valores CIF de hasta 700 US\$/m³ en Japón. Actualmente, en el mercado europeo los valores están en la vecindad de los 500 US\$/m³ con una tendencia a la baja. Precios FOB en Malasia e Indonesia son del orden de los 350 US\$/m³. En realidad, los precios son muy variables en función del espesor del tablero y de la presencia o ausencia de películas fenólicas. Los tableros finlandeses de abedul cubiertos con películas fenólicas, por ejemplo, se transan a valores de hasta 1.200 US\$/m³.

Las dificultades que experimentan este negocio y que representan también amenazas de importancia para el futuro son, básicamente:

- Dificultades crecientes para conseguir materia prima adecuada (rollizos tropicales de gran diámetro).
- Desarrollo de tableros alternativos a costos más bajos, que pueden satisfacer casi todas las exigencias de la madera contrachapada.

La madera terciada estructural es tolerante a defectos como nudos secos, rajaduras y bolsas de resina. En el grado DD, esta tolerancia se extiende incluso a la cara y contracara de las chapas. Si bien entonces su manufactura a partir del Eucalyptus es técnicamente factible, desde la óptica del mercado no parece ser un producto particularmente atractivo para Uruguay, ni en el corto ni en el largo plazo. Actualmente, Indonesia, Malasia y Brasil, que disponen de capacidades instaladas masivas para la fabricación de madera terciada de no coníferas, se benefician de costos de mano de obra significativamente más bajos que en Uruguay, así como costos de materia prima también bajos y frecuentemente subsidiados. Sus recursos (bosques tropicales) probablemente disminuyan en un futuro cercano, lo cual crearía algunas oportunidades de mercado para la exportación de madera terciada de latifoliadas. Sin embargo, de acuerdo a las tendencias mencionadas, a largo plazo este producto probablemente no sea competitivo frente a una amplia gama de sustitutos. En América del Norte, donde la madera contrachapada ha sido durante mucho tiempo el tablero de madera por excelencia, su posición está siendo progresivamente erosionada por sustitutos como el O.S.B. (*Oriented Strand Board*) y M.D.F. (*Medium Density Fibreboards*) e incluso tableros de partículas. Lo mismo está ocurriendo en Japón, país donde la madera contrachapada ha sido aún más dominante. Aunque no exista todavía ningún tablero de madera con la capacidad de sustituir a la madera terciada en sus aplicaciones como encofrado, los sistemas de encofrado en base a acero se están confirmando como potentes competidores.

En este contexto, cabe mencionar la oportunidad de mercado que ofrece la "madera de chapas laminada", comúnmente llamada *L.V.L. (Laminated Veneer Lumber)* en los mercados internacionales. Este producto, que tiene un precio de venta sustancialmente mayor que el de la madera terciada estructural convencional, es quizás menos conocido, por lo que se presentan sus principales características.

El L.V.L. se conforma con una serie de chapas debobinadas, que se apilan apiladas con el grano en forma paralela en el sentido longitudinal (en contraste con la madera contrachapada)¹⁸. El proceso de producción significa que los defectos están "redistribuidos" en las chapas producidas, lo cual confiere una alta solidez y rigidez al producto con muy pocas variaciones de una pieza a otra (en contraste con la madera aserrada convencional). Sus especificaciones parecen apropiadas a las posibilidades que ofrecen el debobinado de trozas de Eucalyptus: el producto requiere un único espesor de chapas (2,5 o 3,2 mm) con dimensiones que pueden ser tan pequeñas como 1,2 m × 1,2 m y puede componerse enteramente de chapas de clase D, es decir con defectos abiertos.

¹⁸ El L.V.L. es un producto fabricado en dos etapas. En la primera se producen láminas secadas y en la segunda se elabora el panel a partir de estas chapas delgadas. El producto obtenido puede cortarse en una amplia gama de dimensiones de acuerdo a los usos específicos. La producción de las láminas a partir de trozas de plantaciones de Eucalyptus requiere de tecnología de debobinado moderna y de alta velocidad para poder procesar trozas pequeñas. Esta ha sido desarrollada en Estados Unidos y Europa. Al respecto, ver el documento del PRAIF-II: E. Shield y R. Hansen, op. cit., Anexo 8, pp. A60-A63.

Las principales ventajas de este producto, comparado con la madera aserrada, consisten en: (i) su relación fuerza-peso (debido a la distribución y dilución de los defectos), (ii) su estabilidad dimensional y la alta precisión de sus dimensiones, (iii) su disponibilidad en grandes longitudes (24 m en Estados Unidos, 12 m en Australia) y (iv) la factibilidad de "introducir" en el producto características estructurales específicas de ingeniería (por ejemplo, mediante una selección cualitativa de las chapas o la introducción de bandas cruzadas)¹⁹

¹⁹ Una comparación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada con las de diferentes productos de L.V.L. elaborados con las mismas especies se encuentra en *ibid.*, Anexo 7, pp. A54-A55.

El L.V.L. es eminentemente adecuado para una amplia gama de usos estructurales en la industria de la construcción, donde representa un sustituto superior a la madera aserrada y madera aserrada laminada y encolada. Se usa principalmente como vigas en construcciones comerciales y domésticas, componentes en estructuras de ingeniería, tablas para armazones y andamios, productos donde importa la apariencia externa como escalones de escaleras (con chapas seleccionadas para las caras y contracaras) y paneles estructurales como, por ejemplo, pisos de contenedores. Sin embargo, debe destacarse que para aprovechar las ventajas económicas del L.V.L. es esencial tener en cuenta que su mayor grado de tensión o fuerza comparado con la madera aserrada convencional permite el uso de secciones más pequeñas para una misma aplicación estructural. Si el usuario sustituye simplemente una sección de madera convencional por otra de L.V.L. de las mismas dimensiones, el precio de este último no resultará competitivo.

Este producto no aparece como tal en las estadísticas oficiales internacionales sobre productos forestales. No obstante, se sabe que existe un mercado importante en Estados Unidos, con un nivel de demanda atractivo. La producción de L.V.L. alcanzó cerca de 650.000 m³ en Norteamérica en 1992, pese al bajo nivel de oferta de rollizos y los altos precios registrados para rollizos y chapas. En realidad, estos últimos factores junto con el cierre de varios aserraderos y plantas de contrachapados parecen precisamente haber acelerado el incremento de la demanda de L.V.L. Japón es otro mercado de importancia. La mayor parte del L.V.L. producido en este país se orienta a usos no estructurales, en particular escalones para escaleras interiores. Sin embargo, es interesante

observar que desde hace varios años Japón está investigando activamente en una amplia variedad de usos para el L.V.L. producido a partir de especies tanto locales como importadas. El considerable consumo de grandes secciones de madera aserrada de coníferas, con precios crecientes, para la construcción de casas de madera en Japón y Corea es altamente dependiente del abastecimiento de bosques de Canadá y Estados Unidos cuyos niveles de cosecha están en franca disminución. Ello podría significar oportunidades de mercado interesantes para el L.V.L. estructural.

La estrategia de mercadeo de este producto debe contemplar dos aspectos esenciales:

- un servicio de apoyo ingenieril para asegurar que el usuario aproveche correctamente el valor inherente del L.V.L.. Esto puede incluir desde la provisión de folletos con tablas que especifican las secciones de L.V.L. requeridas para un conjunto determinado de condiciones de ingeniería, hasta un servicio de extensión industrial (telefónico o en persona).
- La existencia de un estricto control de calidad de la producción. Los clientes deben tener la seguridad de que el producto corresponda perfectamente a sus especificaciones dimensionales y de ingeniería.

En síntesis, se trata de un producto con buenas perspectivas de mercado, particularmente en economías industrializadas, en el contexto de niveles de precios crecientes para la madera aserrada de calidad. Su elaboración a partir de trozas de Eucalyptus parece factible y existe tecnología adecuada a nivel internacional. Pero la realización del valor inherente del L.V.L. implica respetar una serie de condiciones muy estrictas a nivel productivo y comercial.

3.3.2 Tableros de partículas

Estos tableros son fabricados con partículas de madera u otros materiales lignocelulósicos aglomerados mediante aglutinantes, calor y presión. La mayoría de estos tableros presentan una densidad 10 a 20 por ciento superior al peso específico de la madera utilizada. Se distinguen dos tipos:

- Los *Waferboards*, fabricados con partículas de madera en forma de hojuelas de espesor uniforme, planas y con la dirección de las fibras en el plano de las partículas. Las hojuelas son aglutinadas mediante adhesivos específicos.
- Los *Oriented Strandboards (OSB)*, formados a partir de partículas denominadas *strands* (hojuelas, virutas o hebras), las que se orientan en forma mecánica o electrostática, formando capas delgadas dentro del tablero. De esta manera el producto puede contener tres o cinco capas dispuestas perpendicularmente entre sí. Las virutas son encoladas y prensadas y provienen normalmente de rollizos pulpables. Este producto tiene propiedades estructurales.

La producción mundial de tableros de partículas alcanzó un máximo de 54 millones de m³ a fines de los ochenta, aunque disminuyó a 46 millones de m³ en el año 1993. En Sudamérica destaca la producción de Brasil y Chile. Los grandes consumidores están en Europa Occidental: Alemania, Reino Unido, Italia, Francia, Bélgica, Luxemburgo y España consumen casi el 40% de la producción total mundial.

Los tableros de partículas participan actualmente con un 38% en el mercado de tableros y existen pronósticos según los cuales llegarán a dominar en este mercado en el año 2000, con un aumento de la producción en Oceanía y el Pacífico asiático que aliviará el déficit de esa región. Los precios de los tableros de partícula en los mercados mundiales se encuentran actualmente en la vecindad de los US\$ 180/m³

En el caso específico del O.S.B., la producción está en franco crecimiento. La capacidad de producción es del orden de los 9 millones de m³ y se concentra en Norteamérica con una participación de Estados Unidos del 68%. En 1993 se exportaron 2,3 millones de m³ de O.S.B., volumen equivalente al doble de las exportaciones

de M.D.F. en ese mismo año.

3.3.3 Tableros de M.D.F.

Los tableros de fibra de densidad media, más conocidos como M.D.F., son un producto relativamente nuevo con una historia comercial de sólo alrededor de 15 años²⁰. No obstante, su aceptación en los mercados mundiales ha sido tal que el consumo ha crecido de menos de 1,5 millones de m³ en 1980 a más de 6 millones de m³ en 1992 y 7,7 millones en 1993. El M.D.F. se transformó así en el tablero de madera de más rápido crecimiento. En 1992, Asia, Norteamérica y Europa conformaron las regiones predominantes en el consumo mundial (Gráfica I.7).

²⁰ El M.D.F se elabora mediante el prensado en seco de las fibras de la madera u otro material lignocelulósico. Previo al prensado se adiciona un adhesivo a las fibras. La densidad del producto final oscila entre 600 y 800 kg./m³

Gráfica I.7 - Consume mundial de M.D.F. por región, 1980, 1990 y 1992

El éxito del M.D.F. radica en sus características físico-mecánicas que le confieren ventajas competitivas con respecto a otros tipos de tableros, como los de contrachapados o de partículas. Estas ventajas incluyen esencialmente las siguientes:

- Los cantos pueden ser cepillados y trabajados en forma similar a la madera aserrada y son de una calidad superior a los de otros tableros cepillados, como los contrachapados, tableros de partícula y de otras fibras. Ello significa ventajas tanto funcionales como decorativas.
- El producto es adecuado para moldeado y, por ende, su forma puede ser mejorada. Tiene una superficie lisa y suave, lo que permite una amplia gama de terminaciones, incluyendo la aplicación de láminas chapeadas o sintéticas. Puede ser trabajado tanto con herramientas manuales como con máquinas.
- El M.D.F. ofrece una estabilidad dimensional superior a la de los tableros de partículas y la madera aserrada de algunas especies.
- Tiene cualidades de tono superiores, lo que estimula su uso en la fabricación de pianos, bocinas, etc.

Las previsiones y proyecciones indican invariablemente un continuo y fuerte crecimiento global de la demanda de M.D.F. y, por ende, de su producción. Según una fuente, el consumo de M.D.F. llegaría a aumentar al triple del volumen actual para el año 2000²¹. En Asia del Este, el incremento en consumo y producción será particularmente fuerte y, según algunas fuentes, la dependencia de las importaciones se mantendrá. El Cuadro I.15 muestra algunos de los proyectos que se desarrollan actualmente en diferentes partes del mundo. La expansión de la capacidad instalada en diversos puntos del mundo sugiere que podría aparecer una sobreoferta de M.D.F. a corto y mediano plazo, aunque ello dependerá del ritmo de crecimiento del consumo y del proceso substitutivo con respecto a otros tableros y productos.

²¹ FWI Wood International Ltd., *MDF market outlook*.

En relación a los mercados, debe señalarse que gran parte de la producción se consume en su país de origen, si bien existen algunas plantas instaladas específicamente con vista a la exportación, como en Nueva Zelandia y Sudamérica. El carácter relativamente marginal de las exportaciones de M.D.F. con respecto a la producción se observa en el Cuadro I.16, que presenta los principales países exportadores e importadores de este producto en 1993.

Cuadro I.15 - Aumentos de producción en países seleccionados, 1993 y 1996

PAÍS	POSICIÓN	CAPACIDAD ACTUAL	POSICIÓN 1996	CAPACIDAD 1996
USA	1	2.280.000	1	3.350.000
Italia	2	800.000	4	1.100.000
Alemania	3	750.000	2	1.300.000
China	4	700.000	3	1.200.000
Nueva Zelanda	5	600.000	13	600.000
Ex-URSS	6	600.000	11	700.000
España	7	550.000	14	550.000
Corea del Sur	8	550.000	7	1.000.000
Australia	9	450.000	12	700.000
Francia	10	450.000	15	450.000
Japón	11	400.000	10	750.000
Malasia	12	400.000	6	1.000.000
Tailandia	13	350.000	9	800.000
Canadá	-	300.000	5	1.100.000
Indonesia	-	-	8	800.000

Fuente: Consultores PRAIF-II.

Cuadro I.16 - Principales países exportadores e importadores de M.D.F., 1993

PAÍSES EXPORTADORES	VOLUMEN (miles de m ³)	PAISES IMPORTADORES	VOLUMEN (miles de m ³)
Nueva Zelanda	412,5	Grecia	94,0
Francia	212,5	Bélgica-Luxemburgo	100,0
Estados Unidos	206,5	Holanda	112,5
Portugal	200,0	China	144,0
España	200,0	Reino Unido	144,0
Italia	181,3	Corea del Sur	150,0
Chile	175,0	Japón	250,0
Alemania	143,8	Taiwan	373,5

Fuente: Consultores PRAIF-II.

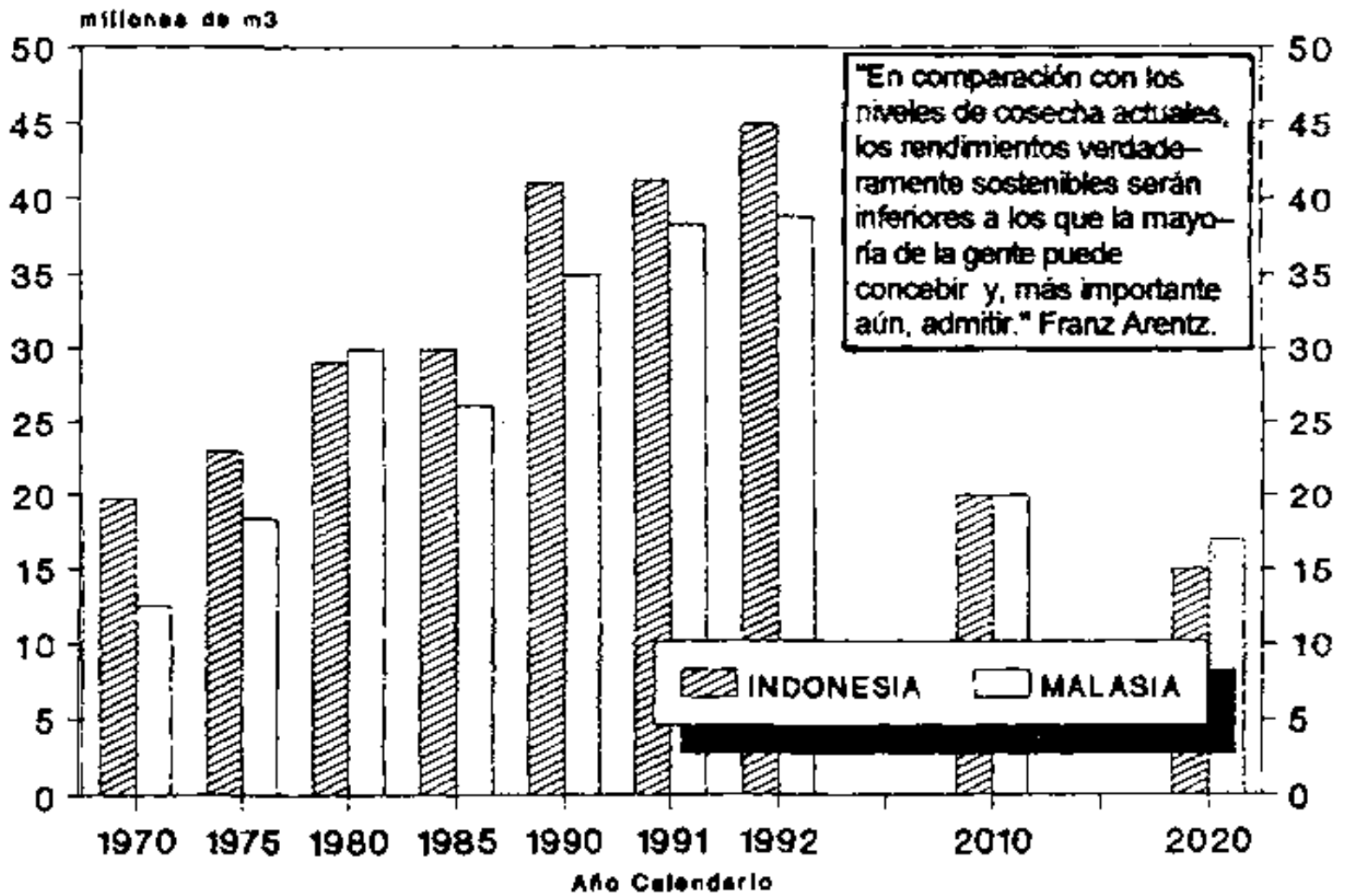
Con relación a la materia prima utilizada en la producción de M.D.F., la madera es dominante y las especies coníferas son las originales y mantienen su predominancia²². Sin embargo, es claro que las latifoliadas pueden usarse y, de hecho, alrededor de 20% de las líneas de producción en el mundo utilizan exclusivamente estas especies y otro 20% utiliza una mezcla de fibras de coníferas y latifoliadas. En España una planta opera en base a madera pulpable de **E. Globulus**. En Tasmania, en unos estudios técnicos relacionados con un proyecto de M.D.F. con Eucalyptus se llegó a las siguientes conclusiones: (i) la madera rolliza de Eucalyptus es defibrada con un consumo muy bajo de energía comparado con el caso de las coníferas, (ii) una mezcla de fibra de pino de 15% es deseable y (iii) las cualidades superficiales del tablero son tales que no requiere cepillado, lo cual significa un ahorro potencial de costos.

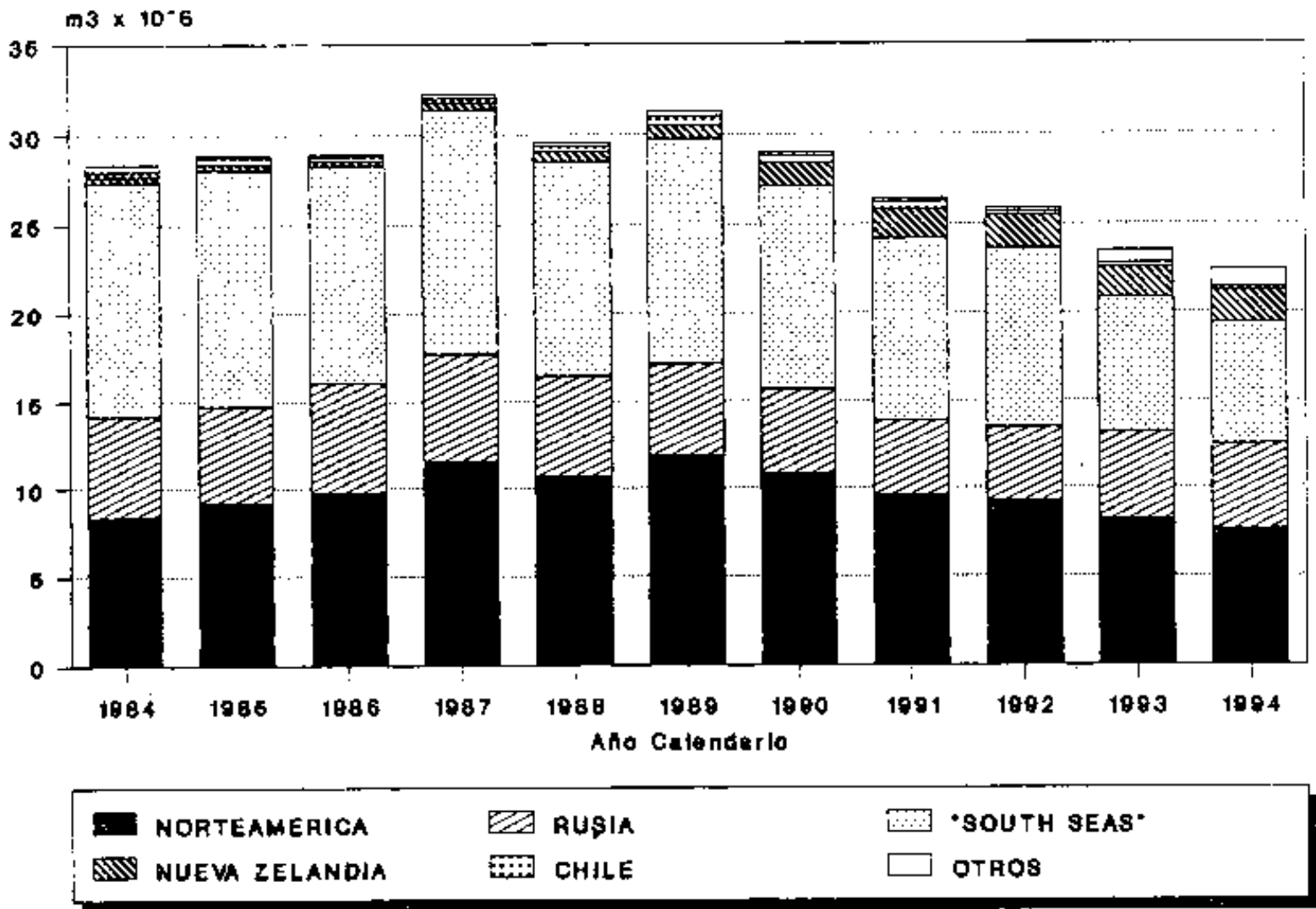
²² Tecnológicamente es posible fabricar tableros de MDF con fibras de especies no leñosas (algodón, caña de azúcar, lino y otras), aunque la calidad de estos últimos es generalmente inferior.

1. Los flujos y canales de comercialización del M.D.F. son muy variables según el mercado considerado. En mercados típicamente compradores de productos forestales (Japón, Corea, Taiwan) las grandes casas comerciales (*trading houses*) actúan de intermediarios entre los productores y grandes usuarios finales o distribuidores. En muchas ocasiones estas *trading houses* forman sociedades con empresas productoras (por ejemplo, SUMITOMO con FIBRANOVA en Chile). A veces actúan como intermediarios en los mercados fabricantes de tableros de madera que no producen M.D.F.; Chile, por ejemplo, vende M.D.F. a empresas productoras de tableros en Latinoamérica, aprovechando así la red de distribución del país comprador.

Considerando la falta de experiencia de Uruguay en esta área, sería recomendable para una empresa interesada en producir M.D.F. buscar un *joint-venture*, en el que el socio participaría en los aspectos comerciales, tecnológicos y de financiamiento. De hacerlo en forma independiente, la experiencia internacional parecería indicar que las posibilidades de éxito se reducirían.









4. Alcances de la forestación en Uruguay

El análisis de los mercados internacionales, en términos generales y para productos específicos, sugiere que las perspectivas a mediano plazo son particularmente alentadoras para la inserción de nuevos productores, obviamente bajo ciertas condiciones. En un escenario conformado por mercados dinámicos, crecientes niveles de demanda para determinados productos y condiciones de severas restricciones en la oferta maderera, está cobrando creciente relevancia el suministro de países cuya madera proviene de plantaciones y cuya capacidad de procesamiento de esta materia prima se desarrolla respetando criterios de competitividad a nivel internacional.

El escenario internacional ha sido receptivo a la aparición de algunos actores a los que se suele referir como "países forestales emergentes". Países como Nueva Zelanda, Sudáfrica, Chile y Brasil pertenecen a esta categoría, esencialmente debido a la alta productividad de sus tierras forestales y sus ventajas comparativas para implantar cultivos de rápido crecimiento. En otras palabras, la condición forestal de un país está dada por la productividad, accesibilidad y composición botánica de su recurso antes que por la magnitud de su superficie. Ello es importante a la hora de analizar las condiciones de Uruguay, país con indudables ventajas naturales para el desarrollo de un sector forestal pero cuya forestación a un ritmo significativo es todavía reciente y demandará cierto tiempo para alcanzar magnitudes relevantes a nivel mundial. Si se afianza el proceso de forestación en el país y éste se ve acompañado del desarrollo en paralelo de los servicios y la industria que requiere o permite, todo lleva a pensar que Uruguay se integrará en un futuro no muy lejano a esta categoría de países forestales emergentes.

La política forestal que viene ejecutando el gobierno desde fines de la década pasada ha tenido como resultado una intensificación del ritmo de forestación. La evolución de este proceso y las principales características de la situación actual han sido presentados en un documento reciente, elaborado por la Dirección Forestal con la cooperación técnica de la Comisión de las Comunidades Europeas²³. Este documento, que se basa en datos actualizados a diciembre de 1994, conforma la sustancia de la siguiente sinopsis.

²³ Programa de Cooperación entre la Comisión de las Comunidades Europeas y la República Oriental del Uruguay en el Sector de la Planificación Forestal, *Diagnóstico sectorial y primeras líneas de acción para la ejecución del plan forestal*. Informe del seminario realizado en Montevideo el 10 de noviembre de 1995, Dirección Forestal/MGAP, CETA, CIRAD.

Hoy en día, la superficie boscosa del país cubre 982.000 ha, de las cuales el 38% corresponde a bosques artificiales. De estos últimos, 164.138 ha fueron forestadas con fines industriales en tanto que el resto son plantaciones para protección costera y servicio de la actividad agropecuaria²⁴ (Gráfica I.8).

²⁴ Cabe precisar que una parte no determinada de estos bosques está siendo utilizada para fines industriales sin haber sido registrada como tal, debido a que su forestación tuvo lugar bajo una legislación anterior que no requería la presentación de un plan de manejo o porque

su objetivo inicial no era el uso industrial.

De las cerca de 165.000 ha que fueron registradas con fines industriales, el 81% fue forestado en el marco de la actual política forestal. Es decir que el ritmo anual promedio de forestación se elevó de menos de 2.500 ha/año en el período 1975-1988 a algo más de 27.300 ha/año en los últimos seis años. Como se observa en la Gráfica I.9, la tendencia fue consistentemente al alza en este período, alcanzándose 40.000 ha en 1993 y un nivel parecido el año siguiente.

Gráfica I.8 - Superficie boscosa del Uruguay, 1994 (ha)

Fuente: Dirección Forestal, División de Planeamiento y Estudios.

Gráfica I.9 - Superficie anual forestada con fines industriales, 1975-1994

Datos actualizados a noviembre de 1994.

Fuente: Dirección Forestal, Planeamiento y Estudio (Bosques naturales: Carta Forestal; bosques artificiales con fin industrial y plan de manejo: Registro de bosques; bosques artificiales protectores, de servidos y otros: Carta Forestal y Registro de Bosques).

Este proceso fue respaldado por un marco legal de promoción de la forestación artificial y protección del bosque nativo (Ley 15939 del 28 de diciembre de 1987), dentro del cual el gobierno estableció un Plan de Forestación con una meta inicial de 200,000 ha. Los incentivos que determinaron la referida ley y sus decretos reglamentarios consisten esencialmente en: (i) la exoneración de todo tipo de tributos a la superficie cubierta por bosques, (ii) el reintegro parcial de los costos de forestación, (iii) el acceso a líneas de crédito especiales (plazos, tasas de interés) para la forestación y (iv) la exoneración de aranceles a la importación de bienes de capital e insumos para empresas que utilizan madera nacional o desarrollan actividades compatibles con los fines generales de la política forestal. En cuanto a la protección del bosque natural, se autoriza únicamente las cortas que no afectan el papel protector de fauna, suelos y agua de estos bosques nativos, y se efectúa un control para limitar la corta ilegal.

Los suelos de prioridad forestal fueron determinados de tal forma que su uso para la forestación no compitiera con las producciones agropecuarias tradicionales del país. De acuerdo con los criterios fijados para el otorgamiento de los incentivos, las plantaciones se han concentrado en pocos géneros y especies que manifiestan excelentes tasas de crecimiento en el país (Eucalyptus, Pinus y Salicáceas). A nivel nacional (y también regional), predomina el Eucalyptus que cubre el 82% de la superficie total de plantaciones industriales (Cuadro I.17). Dentro de este género, destaca el **E. grandis** con cerca del 53% del total, seguido por el **E. globulus** (37%) y, en proporciones marginales, varias otras especies.

Por su parte, el Pinus representa alrededor del 15% del total implantado con fines industriales, prevaleciendo como especies el **P. elliotii** (45% del total) y el **P. taeda** (39%). La participación de las Salicáceas es marginal (menos del 3%).

Cuadro I.17 - Superficie forestada con fines industriales y plan de manejo aprobado, por región

ESPECIES	ÁREA TOTAL	LITORAL	CENTRO-NORTE	SUR-ESTE
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Eucalyptus grandis	70.889	36.860	31.258	2.771
Eucalyptus globulus	50.100	19.665	6.853	23.582

Eucalyptus - otras especies	13.651	9.604	2.558	1.490
Total Eucalyptus	134.640	66.128	40.669	27.844
Pinus elliottii	11.274	4.902	5.429	943
Pinus taeda	9.591	1.220	7.813	558
Pinus - otras especies	3.895	1.344	1.484	1.068
Total Pinus	24.760	7.466	14.725	2.569
Populus y Salix		3.157	921	526
Otras especies	134	11	55	68
TOTAL	164.138	76.762	56.370	31.006

Fuente: Dirección Forestal, Planeamiento y Estudios.

Antes que entrar en un análisis detallado de la distribución geográfica de las plantaciones industriales, se presentan tres mapas que ilustran la intensidad de la forestación por departamento para el conjunto de géneros (Mapa 1.2), para el Eucalyptus (Mapa 1.3) y para el Pinus (Mapa 1.4).

[Mapa 1.2 - Distribución territorial de la forestación \(ha\)](#)

Fuente: Dirección Forestal, División Planeamiento y Estudios.

[Mapa 1.3 - La forestación con Eucalyptus \(ha\)](#)

Fuente: Dirección Forestal, División Planeamiento y Estudios

[Mapa 1.4 - La forestación con Pinus \(ha\)](#)

Fuente: Dirección Forestal, División Planeamiento y Estudios.

Las proyecciones de disponibilidad de madera que significará el proceso de forestación en curso a corto y mediano plazo (Gráfica I.10 y Cuadros 1.18 y 1.19) permiten establecer los siguientes puntos de referencia para los estudios de preinversión que se presentan más adelante:

- El escenario en cuanto a la oferta nacional de madera cambiará radicalmente ya en el muy corto plazo. En 1999 la disponibilidad de madera será la doble de la actual, para proseguir con una curva exponencial en el primer decenio del próximo siglo: en 2004 se dispondrá de más de 8 millones de m³ y en 2010 más de 9,5 millones de m³.
- La mayor parte de la materia prima disponible provendrá del género Eucalyptus (7,4 millones de m³ en el 2004 y 8,7 millones de m³ en el 2010). De acuerdo a la tendencia de plantación de los últimos años, los volúmenes disponibles de **E. grandis** y de **E. globulus** serán parecidos, con una ligera ventaja para este último.
- La distribución por especie en el caso del Pinus es favorable al **P. taeda** frente al **P. elliottii**, con una participación de más de 50% para la primera y menos de 40% en el caso de la segunda, para los dos años considerados.
- Geográficamente, de las tres regiones forestales la del Litoral aportará la mayor oferta de madera. Sin embargo, al considerar exclusivamente el Pinus, la oferta se concentrará en la

región Centro-Norte. La Región Sur-Este proveerá casi exclusivamente madera de Eucalyptus.

Gráfica I.10 - Estimación de la disponibilidad futura de madera, 1995-2010

Obs.:

1. Corresponde a la superficie forestada con fines industriales hasta 1994 y estimada en 40.000 ha/año para el quinquenio 1995-2000.
2. Incrementos Medios Anuales (IMA) considerados: (i) para Eucalyptus, 28 m³/ha/año en el Litoral y el Sureste, 32 m³/ha/año en el Centro Norte; (10 para Pinus, 20 m³/ha/año en el Litoral y Sur Este, y 23 m³/ha/año en el Centro Norte.
3. Rotaciones consideradas: para Eucalyptus, 10 años con dos rebrotes. Para Pinus, 20 años, con tres rateos (años 5,10 y 15).

Fuente: Dirección Forestal, División de Planeamiento y Estudios.

Cuadro I.18 - Disponibilidad de madera con fines industriales en el año 2004

ESPECIES	TOTAL PAÍS	LITORAL	CENTRO NORTE	SUR ESTE
	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Eucalyptus grandis	3.205.119	1.926.756	1.248.924	29.440
Eucalyptus globulus	3.430.898	1.172.904	693.355	1.564.639
Eucalyptus otras especies	789.589	628.433	74.147	87.009
Total Eucalyptus	7.425.606	3.728.093	2.016.425	1.681.088
Pinus elliottii	271.402	108.385	123.344	39.673
Pinus taeda	387.615	15.575	368.015	4.025
Pinus otras especies	66.343	55.699	4.526	6.118
Total Pinus	725.360	179.660	495.884	49.816
TOTAL	8.150.967	3.907.753	2.512.309	1.730.904

Fuente: Dirección Forestal, División de Planeamiento y Estudios.

Cuadro I.19 - Disponibilidad de madera con fines industriales en el año 2010

ESPECIES	TOTAL PAÍS	LITORAL	CÉNTRO NORTÉ	SUR ESTE
	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Eucalyptus grandis	3.741.629	2.039.569	1.606.994	95.066
Eucalyptus globulus	4.126.952	1.617.341	724.798	1.784.812
Eucalyptus otras esp.	870.536	663.697	89.028	117.811
Total Eucalyptus	8.739.117	4.320.606	2.420.821	1.997.690
Pinus elliottii	289.306	169.946	104.577	14.782

Pinus taeda	400.155	51.779	346.961	1.415
Pinus otras especies	112.074	81.312	5.023	15.740
Total Pinus	801.535	303.037	466.561	31.936
TOTAL	9.540.651	4.623.644	2.887.382	2.029.626

Fuente: Dirección Forestal, División de Planeamiento y Estudios.

Hasta el momento, los escasos volúmenes de madera industrial disponibles han restringido las posibilidades de desarrollo de una industria de la madera. Básicamente, se producen volúmenes limitados de pulpa y papel, madera aserrada para *pallets*, postes y estacas, como puede observarse de la distribución de los volúmenes anuales de madera rolliza industrial extraídos, que se presenta en el Cuadro I.20.

Existen tres plantas productoras de celulosa con una capacidad promedio de 75 ton/día y algunos proyectos para el establecimiento de nuevas instalaciones. En 1994, la producción alcanzó 29.300 ton. Desde la década del sesenta, se exportan productos derivados de la pulpa, principalmente papeles gráficos de alta calidad destinados al mercado argentino (Cuadros I.20 y I.22).

En cuanto a la industria del aserrado, existen unas 300 plantas, principalmente pequeñas y antiguas, que abastecen un 50-60% del consumo nacional de madera aserrada. La producción anual es de aproximadamente 220.000 m³. El 60% de la materia prima corresponde a Eucalyptus, el 28% a pino y el 12% a salicáceas. En 1992 empezó a tener cierta importancia relativa la exportación de madera aserrada para *pallets* (además de algunas piezas libres de nudos, de alta calidad y dimensiones precisas), efectuada por las empresas mayores principalmente hacia Italia y en menor escala a España, Argentina y Japón. Estas exportaciones aún no llegan a alcanzar 30.000 m³/año.

Cuadro I.20 - Extracción de madera rolliza en Uruguay

TIPO/DESTINO DE MADERA	1991		1992		1993	
	miles ton	miles m ³	miles ton	miles m ³	miles ton	miles m ³
Trozas para aserrío	458	572	600	750	551	639
Madera para pulpa	158	197	160	200	101	127
Postes y estacas	34	43	33	42	34	42
Total madera en rollo industrial	650	812	794	992	647	808
Leña	1.852		1.885		1.933	
Carbón	25		25		-	
Total madera en rollo	2.526		2.679		2.480	

Fuente: Dirección Forestal, División de Planeamiento y Estudios.

Cuadro I.21 - Valor de las exportaciones de productos forestales, 1990-1994 (miles de US\$ corrientes)

PRODUCTO	1990	1991	1992	1993	1994
Madera para pulpa	3.460	5.836	7.346	3.396	6.688

Postes, piques, etc.	-	2	514	-	1.236
Madera aserrada	210	273	1.690	2.133	3.804
coníferas	0	0	51	232	628
no coníferas	210	273	1.639	1.901	3.176
Pulpa de madera	1.004	143	491	369	387
Papel (varios)	8.483	17.000	15.957	14.587	14.507
Total	13.157	23.253	25.999	20.484	26.621

Fuente: Banco de la República Oriental del Uruguay.

Cuadro I.22 - Volúmenes de exportaciones de productos forestales, 1990-1994 (m³ y ton)

PRODUCTO	Unidad	1990	1991	1992	1993	1994
Madera para pulpa	m ³	83	145	149	88	198
Postes, piques, etc.	m ³	-	<1	<1	-	17
Madera aserrada	m ³	2	2	15	82	29
coníferas	m ³	0	0	1	2	3
no coníferas	m ³	2	2	14	80	26
Pulpa de madera	ton	1	0	1	1	1
Papel (varios)	ton	12	24	22	21	20

Fuente: Banco de la República Oriental del Uruguay.

Finalmente, en 1988 se inició la exportación de madera pulpable en rolo. Estas exportaciones se acercaron a los 200.000 m³ en 1994 y conformaron el 25% del valor total de las exportaciones de productos forestales. Los mercados incluyen España, Portugal, Finlandia y Marruecos.

En las condiciones de fuerte y rápido crecimiento de la disponibilidad de madera que se ilustraran anteriormente, el mercado interno sólo podrá absorber una parte de la producción. Es probable que el consumo interno de materia prima forestal aumente como consecuencia de factores tales como la instalación de plantas de celulosa o *chips* y un proceso de sustitución de importaciones de diferentes productos de la madera. La situación actual con respecto a la dependencia de las importaciones de productos forestales está ilustrada en el Cuadro I.23 y la Gráfica I.11. No obstante, en una proporción muy importante, la producción maderera tendrá necesariamente como destino final los mercados externos. En estas circunstancias, se vuelve una prioridad considerar mejoras que podrían introducirse en los sistemas productivos para asegurar una inserción futura competitiva de Uruguay en los mercados globales. Al análisis de algunas de estas opciones de carácter generalmente técnico se dedica el siguiente capítulo.

Cuadro I.23 - Valor de las importaciones de productos forestales, 1990-1994 (miles de US\$ corrientes)

PRODUCTO	1990	1991	1992	1993	1994
Madera rolliza industrial	48	-	-	248	118

coníferas	-	-	-	-	-
no coníferas	48	-	-	248	118
Madera aserrada	4.999	5.926	5.597	6.641	8.555
coníferas	90	64	67	3.257	3.632
no coníferas	4.910	5.862	5.530	3.384	4.923
Chapas	356	624	486	466	265
Tableros	953	2.171	2.862	3.911	5.283
madera terciada	342	811	1.078	1.634	2.050
tableros aglomerados	222	470	972	1.074	1.597
tableros de fibra	390	890	812	1.202	1.637
Pulpa de madera	4.037	3.013	3.834	2.580	5.549
Papel (varios)	15.023	21.167	28.125	31.800	33.345
Otros	144	93	99	43	63
TOTAL	25.560	32.994	41.001	45.687	53.179

Fuente: Banco de la República Oriental del Uruguay.

[Gráfica I.11 - Balance del comercio exterior de productos forestales, 1990-1994](#)

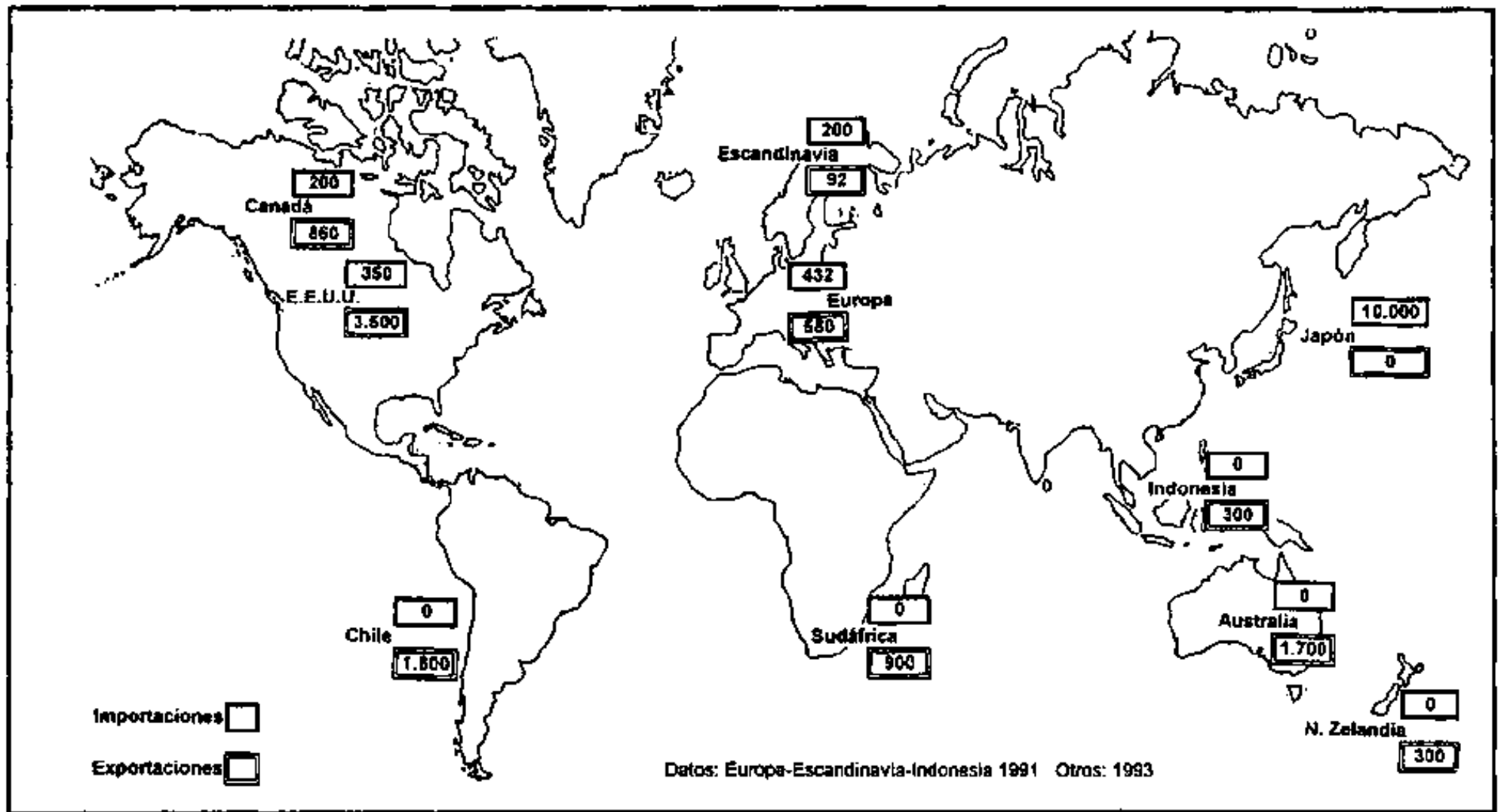
Fuente: Banco de la República Oriental del Uruguay.

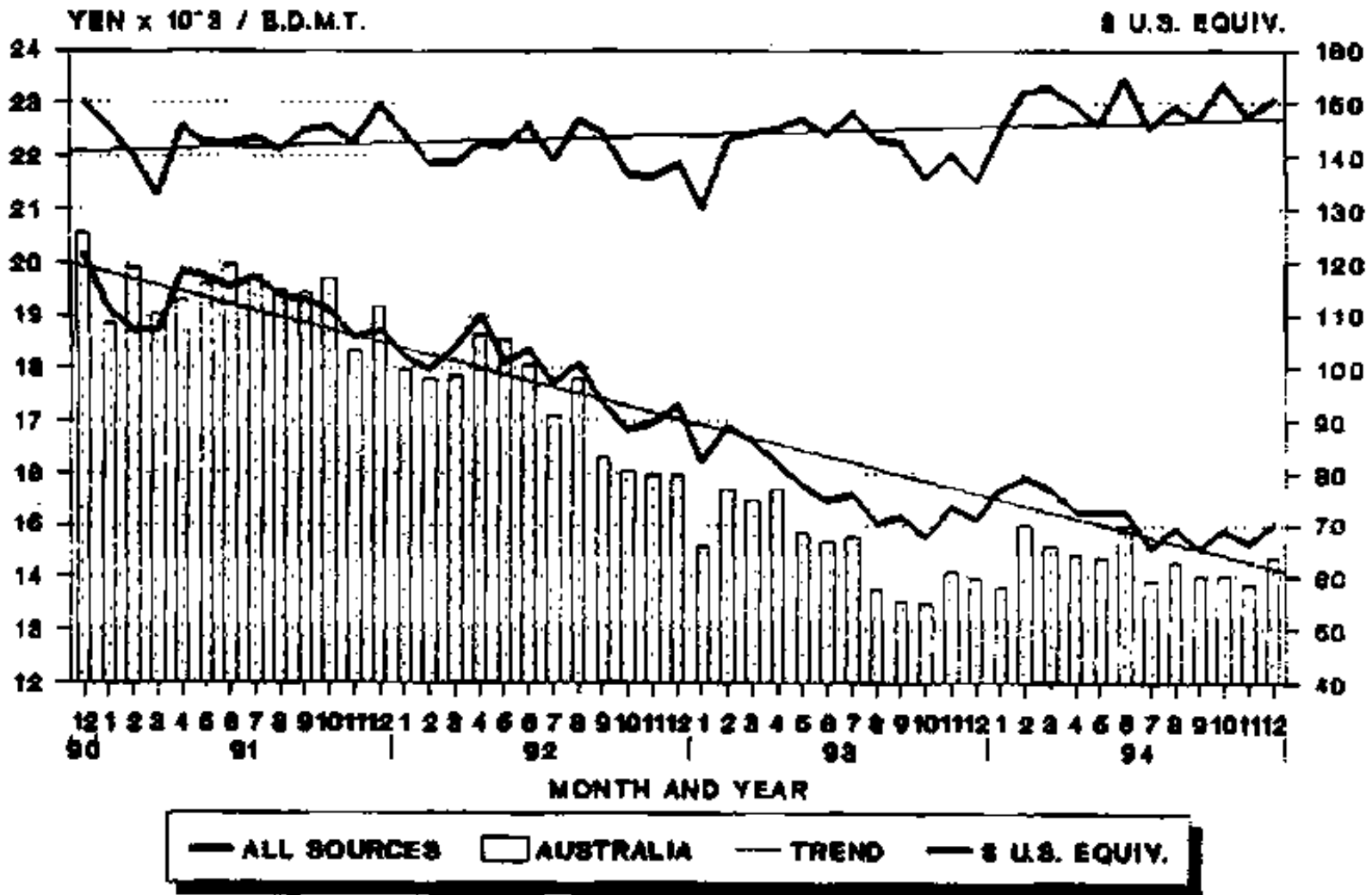
La forestación a un ritmo acelerado es un proceso reciente en Uruguay y, con excepción de la cadena papelera, sólo se ha incursionado en procesos o usos primarios de la madera de plantaciones de Eucalyptus: el aserrío a pequeña y mediana escala, la producción de postes para líneas de transmisión y la exportación de rollizos para pulpa. Estos usos no son muy exigentes con respecto a la calidad de la materia prima, ni requieren de sofisticadas tecnologías para el acondicionamiento de la misma. Sin embargo, a medida que la forestación se extiende y se intensifica se percibe una preocupación creciente entre los participantes del sector forestal y de otros sectores de la sociedad por maximizar el beneficio de la forestación, sea desde el punto de vista micro del inversor privado o desde una óptica global. Ello implica explorar nuevos destinos para el fruto de las plantaciones y, en este sentido, el capítulo anterior señaló una vasta gama de productos a los cuales los mercados internacionales parecen receptivos. La comercialización externa de productos elaborados implica enfrentar exigencias de calidad, en particular con respecto a la apariencia y la resistencia mecánica de la madera. Una variabilidad dimensional dentro de márgenes cada día más estrictos, un perfecto paralelismo entre las caras y una buena terminación superficial caracterizan también estas exigencias. Así, a diferencia de las *commodities* que Uruguay exporta actualmente, la elaboración de productos de mayor valor requiere de una materia prima con mayores exigencias en cuanto a su calidad. Asimismo, la producción debe conformarse a estándares internacionales no sólo en términos cualitativos sino también con respecto a las dimensiones y otras especificaciones de los productos.

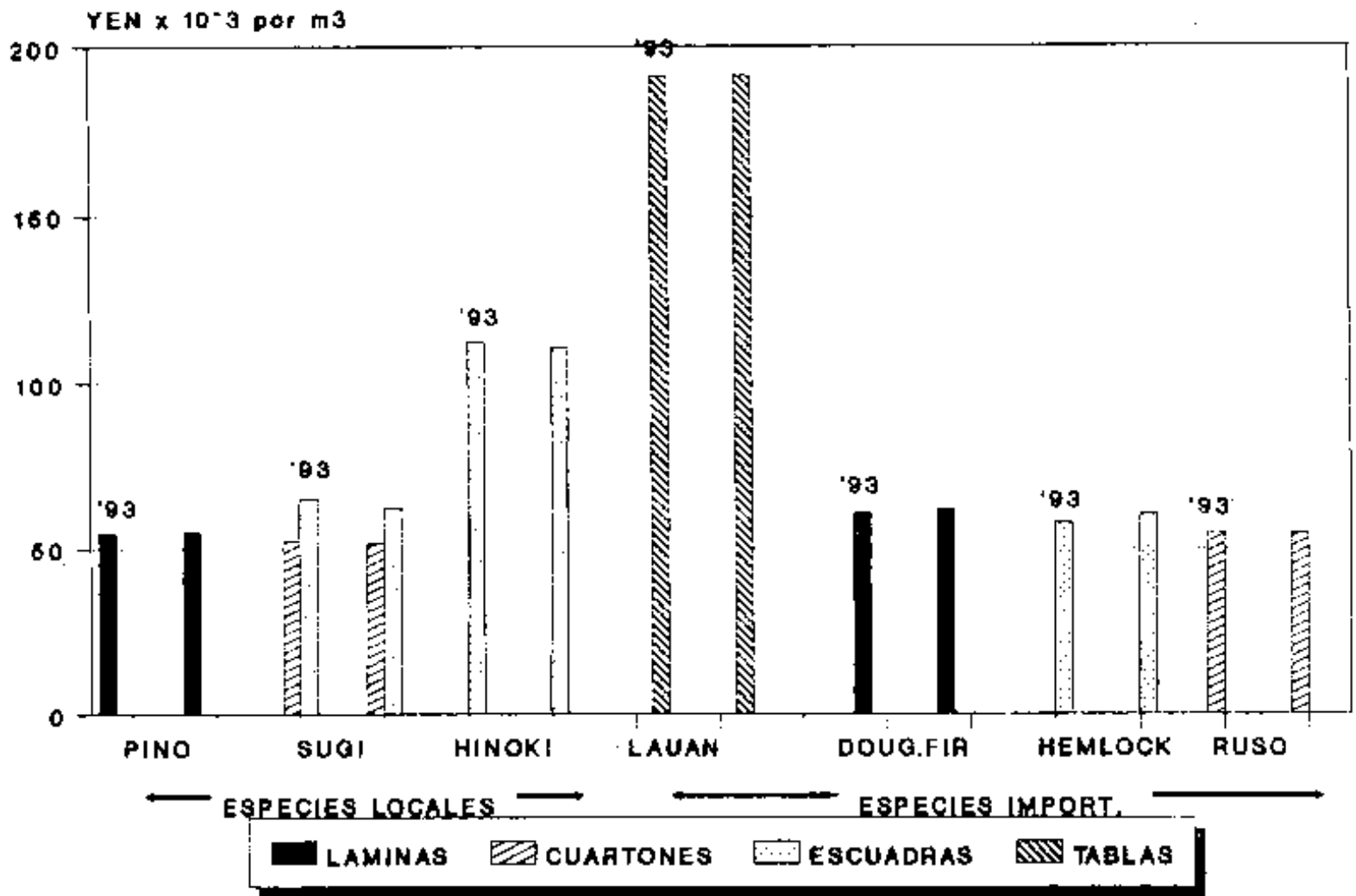
En consecuencia, antes de abordar el análisis de proyectos de inversión orientados a la exportación de productos cuyos procesos productivos en general no se encuentran desarrollados en el país, corresponde indicar diferentes condiciones básicas para poder aplicar con éxito estos procesos a la materia prima

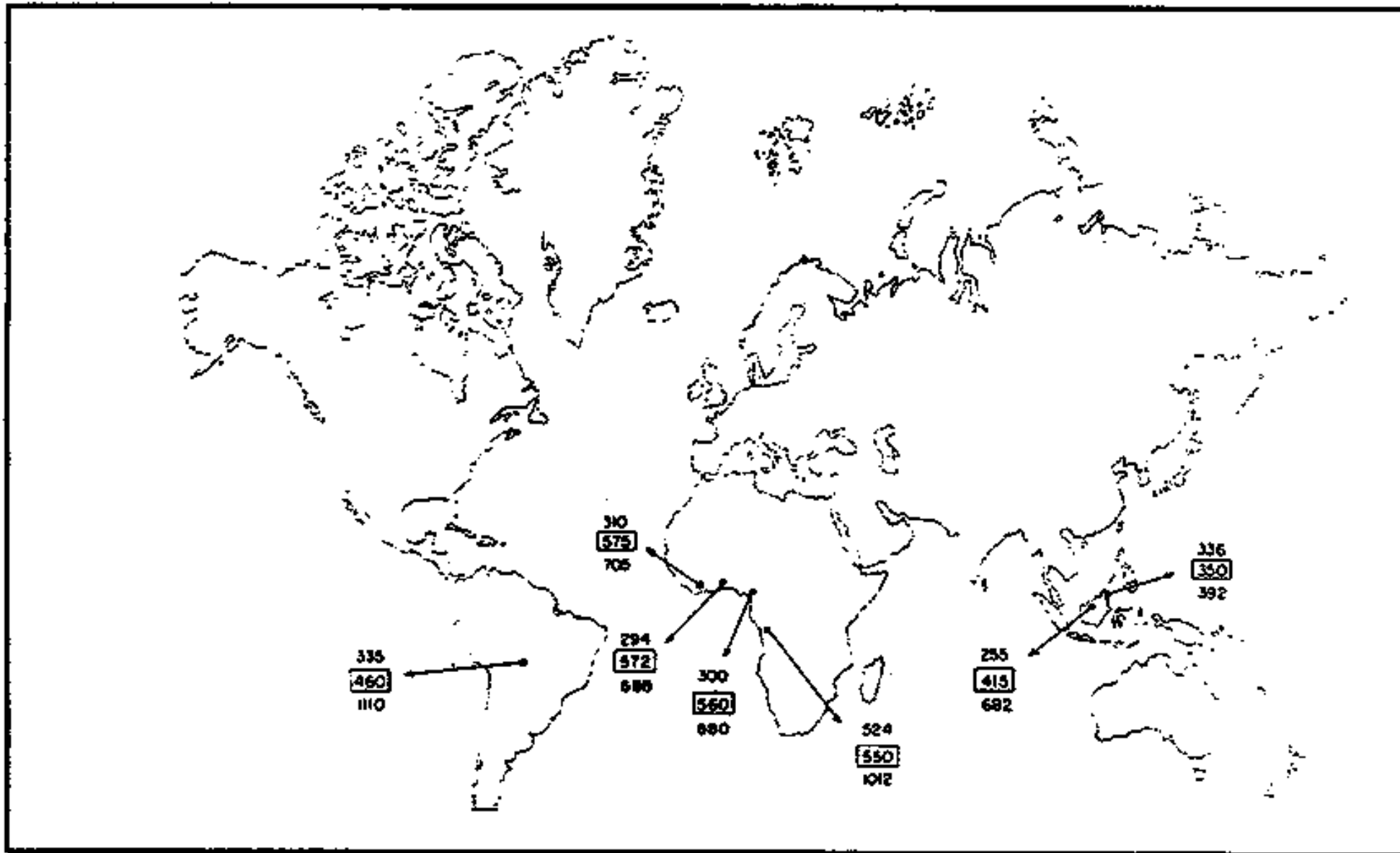
proveniente de plantaciones de Eucalyptus, género reconocido como de difícil tratamiento. Estas condiciones se refieren a la necesidad de aplicar determinadas técnicas tanto silviculturales como industriales para asegurar un rendimiento rentable en la conversión de la materia prima en productos vendibles. Conviene también tener presente la relevancia de desarrollar e implantar un sistema nacional de normalización para los productos de la madera que el Uruguay es susceptible de elaborar y exportar. A estos temas se dedica el presente capítulo.

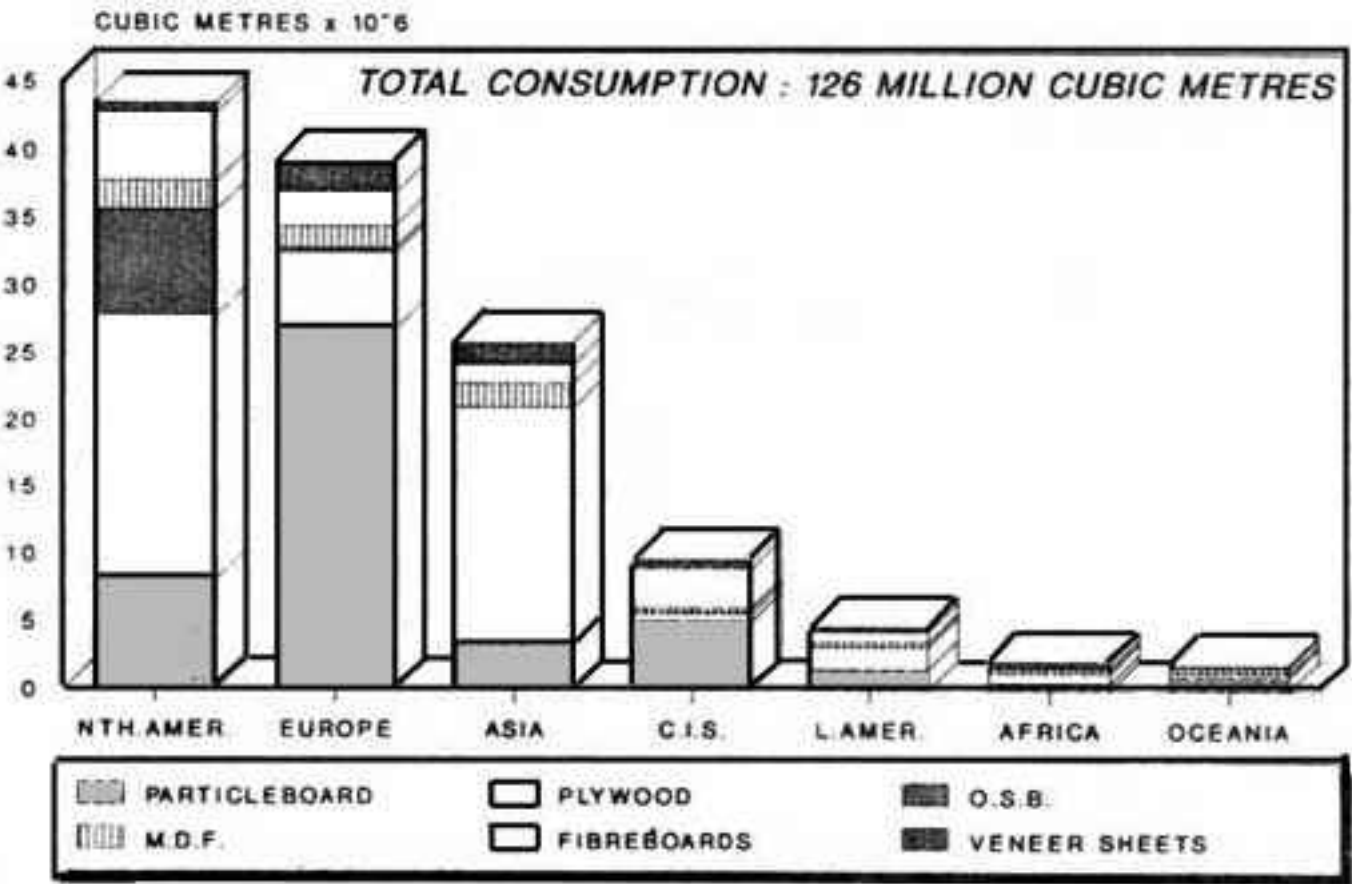


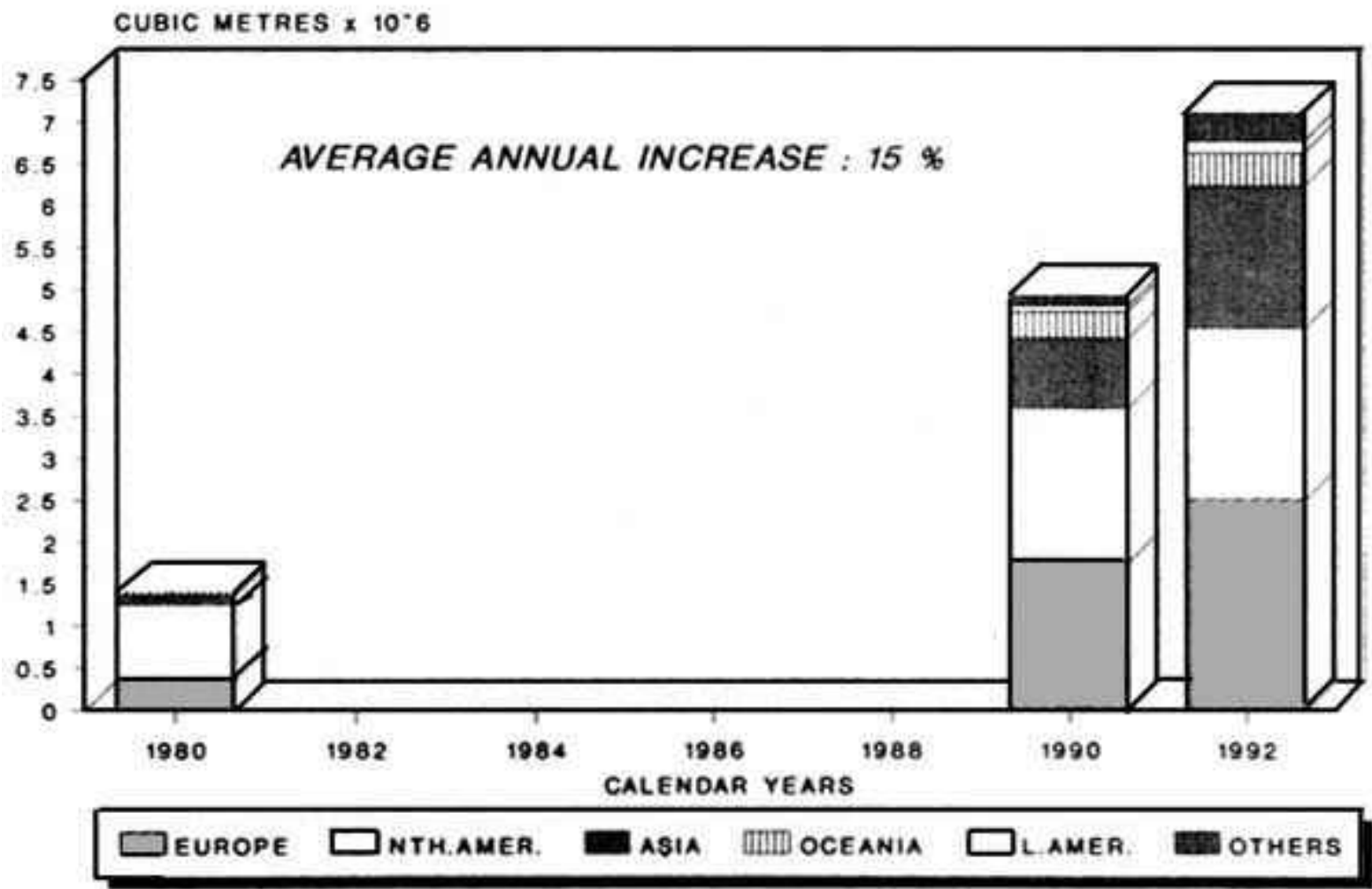














1. Manejo silvicultural de las plantaciones de Eucalyptus

[1.1 Regímenes de raleo y poda para la producción de madera para aserrío](#)

[1.2 Rendimiento de los regímenes propuestos](#)

[1.3. Ingresos, costos y rentabilidad de los regímenes propuestos](#)

En Uruguay, como en otras partes del mundo, las amplias distribuciones diamétricas observadas en plantaciones de **E. grandis** antiguas y sin podar conllevan dificultades para su transformación, especialmente cuando apunta a productos de alto valor. Más importante aún, la frecuencia de nudos de todo tipo que se observa en la madera aserrada o debobinada con esta materia prima lleva a altas proporciones de rechazo de la producción y/o limita en extremo los usos posibles. El problema asociado con esta última limitación surge de la consecuente alta dependencia de mercados de *commodities*, es decir de productos básicos de escaso valor unitario, cuya comercialización gira en torno a los volúmenes y bajos costos de producción antes que a la calidad o la diferenciación.

Para los productores forestales e industriales de la madera que buscan flexibilizar su política de productos y ampliar sus perspectivas de mercados, se impone el manejo silvicultural de las plantaciones con podas y raleos. Oportunas intervenciones durante el crecimiento de los bosques permiten obtener volúmenes importantes de madera libre de nudos y de gran diámetro, con la cual se vuelve posible producir una gama mucho más amplia de productos de alto valor.

Solamente un régimen que involucra tanto la poda como el raleo da lugar al proceso sinérgico en el que se maximizan el diámetro de las trozas y el volumen de madera libre de nudos contenido en las secciones podadas del árbol. Si bien un rodal raleado pero no podado producirá un volumen mayor de trozas de gran diámetro, estas trozas no tendrán un valor significativamente mayor que las de un rodal sin raleo. Puede lograrse un mayor nivel de rendimiento en el aserradero con estas trozas, pero la presencia de nudos continuará limitando los usos de la madera aserrada. A su vez, un régimen de poda sin raleo tiene un valor limitado dado que no permite maximizar el incremento del diámetro de la troza en la sección podada. Se obtiene así madera de mejor calidad, pero las trozas serán de un diámetro pequeño. Esto causará una baja productividad en el aserrado y un bajo rendimiento en madera aserrada.

El raleo y la poda de plantaciones de Eucalyptus no tienen una historia muy larga en ningún lugar del mundo. No obstante, actualmente se observa un gran interés de los productores forestales en los regímenes de manejo silvicultural que incorporan estos tratamientos. En general, esto refleja las crecientes presiones sociales y políticas a favor de una reducción de la dependencia mundial de los bosques nativos para el aprovisionamiento de madera y la rápida transferencia de esa dependencia hacia recursos provenientes de plantaciones manejadas en forma sostenible. En ciertos casos, puede reflejar

también la necesidad que experimentan algunos propietarios de grandes plantaciones de reducir su muy alta dependencia de los mercados de madera pulpable para la venta del producto de sus plantaciones. Finalmente, no puede ignorarse el hecho de que muchos productores forestales ya reconocen las ventajas económicas y financieras asociadas con un régimen de poda y raleo, que a la larga representa una inversión más rentable que el manejo con rotaciones cortas para fines pulpables.

1.1 Regímenes de raleo y poda para la producción de madera para aserrío

Para el desarrollo de los regímenes que se presentan a continuación, se tomó como punto de partida las prácticas actuales de la empresa estatal sudafricana SAFCOL (South African Forestry Company Ltd.) para la producción de madera aserrable. Sudáfrica es probablemente el único país donde existan programas de raleo a gran escala en plantaciones comerciales de **E. grandis**. El estudio de los datos de un modelo de crecimiento computarizado de SAFCOL permitió analizar la eficacia del régimen de raleo aplicado²⁵. A título ilustrativo se muestran en los Cuadro II.1 y II.2 los efectos del raleo en el diámetro medio de los árboles y en la producción de rollizos para aserrío. Resulta obvio que cualquier intensidad de raleo ofrece ventajas considerables frente a la alternativa de no ralear. En términos generales, los resultados del análisis indican que:²⁶ (i) los rodales de **E. grandis** plantados en sitios de alta calidad responden muy favorablemente al raleo, (ii) el raleo múltiple contribuye a producir grandes volúmenes de trozas para aserrío con diámetros sustanciales y (iii) existen varias opciones para el productor forestal con respecto al número de raleos a aplicar, el turno de corta a adoptar y el diámetro medio de los árboles a producir. Si el objetivo de manejo consiste en obtener un volumen máximo de trozas para aserrío en una rotación de menos de 20 años, un régimen de dos raleos parece apropiado. Pero entonces el diámetro promedio del árbol a altura de pecho (DAP) se limitaría a menos de 34 cm. Para conseguir una producción máxima de trozas para aserrío de árboles del mayor diámetro posible (DAP) en una rotación de 20 años, un régimen de tres raleos es el más indicado.

²⁵ SAFCOL desarrolló este modelo a partir de los hallazgos del famoso experimento de la Tendencia de Curva Correlacionada (*Correlated Curve Trend, C.C.T*), realizado en LANGEPAN, Sudáfrica. Este último se llevó a cabo en 1952 en un sitio de muy alta calidad con el fin de determinar el comportamiento del crecimiento del **E. grandis** bajo un alto rango de densidades de población y en un período extenso. Algunos de los resultados obtenidos y otros antecedentes teóricos y prácticos sobre el raleo del Eucalyptus se encuentran en los Anexos 4 y 6 del documento del PRAIF-II: E. Shield y R. Hansen, *op. cit.*

²⁶ Para mayores detalles ver *ibid.*, pp. 9-14.

Surge entonces la pregunta de si las plantaciones de **E. grandis** en Uruguay pueden sujetarse a los regímenes de múltiples raleos aplicados con éxito en Sudáfrica. Aunque los datos disponibles para responder a esta inquietud son escasos, existe alguna evidencia empírica digna de recordar.

En primer lugar, no cabe duda de que existen suelos de prioridad forestal en Uruguay en los que se observan altas tasas de crecimiento del Eucalyptus. Según un informe de 1992²⁷, plantaciones de **E. grandis** sin ralear en suelos del Grupo 7 (CONEAT) han tenido tasas promedias de incremento medio anual (I.M.A.) de más de 38 m³/ha/año a los 10 años y más de edad, con máximos que excedieron los 50

m³/ha/año. Asimismo, en suelos del Grupo 9 (excluyendo el subgrupo 9.1) se observaron tasas promedias de crecimiento de 24 m³/ha/año para la misma edad, con máximos de casi 40 m³/ha/año.

²⁷ Ver A. Sorrentino, *Estudio de Índices de sitio*. Dirección Forestal, 1992.

Gráfica II.1 - Sudáfrica: efectos del raleo del E. grandis en el diámetro medio de los árboles

Fuente: SAFCOL

Gráfica II.2 - Sudáfrica: efectos del raleo del E. grandis en la producción volumétrica de rollizos aserrables

Fuente: SAFCOL

En el mismo informe, aparecen curvas generales de índices de sitios, basadas en mediciones de altura de los dominantes y codominantes en plantaciones de **E. grandis**. En la Gráfica II.3 se comparan las curvas de altura para sitios correspondientes a determinados tipo de suelo, con la curva obtenida en un sitio de alta calidad de Langepan en Sudáfrica. Se observa que esta última estaría al mismo nivel que el índice de sitio III uruguayo a los tres años de edad (9,6 m), excedería levemente el del índice de sitio II a los cinco años (16,65 m), igualaría el del índice de sitio I (24,5 m) a los ocho años y llegaría a 29,6 m a los diez años (2,1 m más que el índice de sitio I uruguayo).

Gráfica II.3 - Curvas generales de índices de sitio para el E. grandis en diferentes tipos de suelos

Fuente: SORRENTINO

Finalmente, en el curso del PRAIF-II se efectuaron mediciones de árboles (diámetros, alturas, formas) en un rodal de **E. grandis** de 18 años de edad, ubicado en suelos del Grupo 8 (CONEAT) en el departamento de Durazno²⁸. Según la información recabada en este rodal sin ralear, en Uruguay los árboles serían menos altos que en Sudáfrica pero tendrían un diámetro y un volumen medio significativamente mayor, como puede observarse de los siguientes datos:

²⁸ Documento de uso interno del PRAIF-II: Rosario Linares, Inventario de montes de **E. grandis** con destino a madera aserrada, setiembre de 1995.

Sitio	Árboles/ha (no.)	Altura (m)	Diám. Medio (cm)	Area basal (m ² /ha)	Vol. Aserrable (m ³ /ha)
Uruguay: Durazno	684	27,6	28,5	47,6	389
Sudáfrica: Langepan	1.072	42,1	21,2	38,0	289

En esta muestra, se observa una importante diferencia en la densidad de población, la cual es probablemente la primera causa de las diferencias diamétricas.

Es importante destacar que los datos empíricos sobre plantaciones de cierta edad en Uruguay corresponden a rodales establecidos cuando las técnicas se encontraban menos desarrolladas que en la actualidad. Se sabe que plantaciones más recientes se han beneficiado de mejoras en la calidad genética del stock de semillas y las técnicas de laboreo de suelos, fertilización y control de maleza. La sinergia de las mejoras incrementales en cada una de estas áreas se reflejará probablemente en tasas de crecimiento significativamente más altas que las previamente medidas. Cierta evidencia respalda esta hipótesis, pero

se refiere a datos de crecimiento en altura en plantaciones jóvenes o, si no, proviene de experiencias no forzosamente representativas de la situación general.

Existen varios medios para lograr progresos adicionales como por ejemplo una mejora en la homogeneidad y el vigor de los plantines utilizados. Se ha observado que plantaciones de una misma edad tienen un muy amplio rango de diámetros y alturas. Como la información disponible se refiere a edades demasiado jóvenes para que estas diferencias se deban a la expresión de dominancia, las mismas deben atribuirse lógicamente a la calidad del material de siembra. De hecho, no existe un control de calidad de los plantines forestales en Uruguay, ni normas cualitativas. Es a partir del conocimiento empírico que se estima visualmente cuál será el comportamiento del plantin. Es posible mejorar sustancialmente la calidad de las semillas por medio de la selección. El costo implicado será compensado por un incremento adicional en volumen a una edad temprana y, posiblemente, por un cierre más temprano de las copas y menores exigencias de mantenimiento.

Sin duda, los mayores beneficios provendrán del mejoramiento genético del material de plantación. Con la excepción de algunas grandes empresas que han establecido plantaciones específicamente para la producción de madera pulpable, se han emprendido pocas acciones para mejorar genéticamente las especies de *Eucalyptus* plantadas en Uruguay²⁹ La importación de semillas de Sudáfrica, obtenidas de programas de mejoramiento genético, junto con el uso de semillas compradas en plaza pero con orígenes similares, han contribuido a mejorar la productividad. No obstante, estos genotipos quizás no expresen su fenotipo óptimo en su nuevo medio ambiente. Es posible intensificar la selección a partir de rodales existentes y maduros para encontrar genotipos superiores y más relevantes para el país. Por otra parte, con algunas posibles excepciones, no se han introducido híbridos desarrollados específicamente para superar dificultades de sitio e incrementar la productividad o las propiedades de la madera.³⁰

²⁹ Una de estas acciones consiste en un programa de investigación forestal en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) para obtener materiales genéticos adaptados, de alta calidad y productividad, con el fin de lograr la autonomía del país en la producción de semillas y poder acceder a los mercados en forma competitiva.

³⁰ En Sudáfrica, se desarrollaron: un híbrido de ***E. grandis* × *E. nitens*** para sitios que eran demasiado fríos para el ***E. grandis***, un híbrido de ***E. grandis* × *E. urophylla*** (también común en Brasil) para incrementar la producción en volumen, un híbrido de ***E. grandis* × *E. camaldulensis*** (también cruzado nuevamente con ***E. grandis***) para aumentar la resistencia a la sequía y un híbrido de ***E. grandis* × *E. saligna*** para obtener un color más pronunciado del duramen en la madera aserrada para la industria del mueble.

El desarrollo de las tecnologías de reproducción vegetativa, forestación clonal y biología molecular ofrecen hoy en día amplias posibilidades para mejorar sustancialmente las características y lograr mayor uniformidad en el material de plantación, y el país aún ha recurrido poco a ellas.

Las observaciones anteriores indican que existe un potencial significativo en Uruguay para mejorar las tasas de crecimiento de las plantaciones de *Eucalyptus*, las cuales aun en las circunstancias actuales son elevadas. Frente a la evidencia presentada, existe una alta probabilidad de que el raleo temprano y repetido en plantaciones de *Eucalyptus* en Uruguay sea benéfico para la producción de trozas para aserrío de gran diámetro en una rotación de duración razonable. No obstante, cierta reserva se impone debido a que estas plantaciones se establecen en una amplia gama de sitios y con varias especies. Tanto los sitios como las especies varían en su capacidad de respuesta al raleo. En base a la limitada información actual,

se estima prudente considerar solamente los siguientes tres tipos de sitios para la determinación de regímenes de manejo silvicultural para plantaciones de **E. grandis**:

Tipo de sitio	Índice de sitio (alt. a 10 años)	Grupo de suelo CONEAT	Manejo silvicultural
A	27,5 m +	7.2, 7.31, 7.32	Régimen 1
B	25,0 & 22,5 m	9.3 y 9.6	Régimen 2
C	< 21,25 m	9.1	Régimen 3

Los regímenes de manejo silvicultural propuestos tienen las siguientes características:

- El **Régimen 1** es el más intensivo y se aplica a los sitios más productivos. Comprende cuatro raleos y cuatro podas. Los detalles de este régimen se encuentran en el Cuadro II.1 (A).
- el **Régimen 2** es menos intensivo y se aplica a los sitios con una productividad intermedia. Comprende tres raleos y cuatro podas. Este régimen es detallado en el Cuadro II.1 (B).
- el **Régimen 3** es aplicable en sitios de menor productividad y no involucra ningún raleo ni poda. Aunque se podría proponer un régimen de raleo y poda de baja intensidad para ellos, los propietarios de este tipo de suelos preferirán probablemente concentrarse en la producción de madera pulpable en rotaciones cortas. De hecho, es probable que este régimen sea el que resulte en el mejor valor para estos sitios.

Los Regímenes 1 y 2 tienen los claros objetivos de producir, en una rotación de 20 años, volúmenes sustanciales de trozas de gran diámetro con madera libre de nudos, de alto valor. El componente de poda de estos regímenes tiene como fin limitar el corazón nudoso a 10 cm en una altura de 10.2 m (encima del tocón). En gran medida, su diseño reconoce la importancia de podar ramas verdes. Aunque se menciona un corazón nudoso de 10 cm, se sabe que el desarrollo de madera de grano recto por encima del tocón de la rama puede no ocurrir hasta alcanzar un diámetro de quizás 15 cm.

Los componentes de poda de los Regímenes 1 y 2 fueron desarrollados a partir de observaciones en el terreno y el análisis de datos de mediciones, no publicados, sobre las relaciones entre el diámetro y diferentes niveles de altura del árbol (Gráfica II.4). Este análisis incluyó rodales enteros y dominantes dentro de estos rodales. Por su parte, el componente de raleo de cada régimen ha sido concebido de manera de simular la situación ideal de árboles individuales creciendo sin competencia significativa.

Estas propuestas han sido elaboradas sin el beneficio de una base de datos adecuada y derivada de investigaciones locales, y con una fuerte dependencia de la experiencia sudafricana con el experimento de Langepan. Por lo tanto, deben considerarse como preliminares y deberían ser corroboradas o mejoradas a la luz de experimentos locales para determinar las densidades de población (para una variedad de edades y diferentes tipos de suelos) que resulten óptima para la obtención de máximos diámetros en rotaciones de duración razonable.

También debe observarse el impacto que tiene la poda de ramas verdes en la fracción dominante en rodales locales de Eucalyptus. La poda del Eucalyptus siempre conlleva algún riesgo de introducción de hongos patógenos en el duramen del árbol. Adicionalmente, la remoción excesiva de la copa verde puede impedir la continua expresión de dominancia de los árboles podados. A la inversa, un enfoque demasiado

conservador con respecto a la poda conlleva el riesgo de que esta operación costosa no proporcione beneficios compensatorios en la producción de madera libre de nudos, al no lograrse un centro nudoso de diámetro suficientemente limitado.

Una cuestión relevante concierne a la posibilidad de aplicar regímenes de manejo silvicultural similares en plantaciones con otras especies de Eucalyptus en Uruguay. En plantaciones de muy alta calidad en Tasmania, se ha observado que el **E. globulus ssp. globulus** tiene patrones de crecimiento en temprana edad similares a los del **E. grandis**. Esta especie se caracteriza como igualmente intolerante y capaz de lograr un muy rápido y temprano crecimiento en altura. Existe alguna evidencia de que muchas plantaciones de **E. globulus ssp. globulus** en Uruguay alcanzan o, incluso, superan los rendimientos observados en Tasmania. Estas consideraciones parecerían indicar que la respuesta del **E. globulus ssp. globulus** al raleo en sitios de buena calidad en Uruguay podría ser similar a la del **E. grandis**, aunque se requeriría de análisis empíricos adicionales para verificar esta hipótesis. Además, la aptitud de una especie para la aplicación de un régimen de manejo silvicultural intensivo depende no sólo de su capacidad de respuesta al tratamiento sino también de sus propiedades como madera. El **E. globulus ssp. globulus** es un buen ejemplo en este sentido, en primer lugar, porque esta especie es susceptible al grano en espiral y propensa al colapso, incluso severo, durante el secado. Si bien estos defectos no tienen consecuencias para los procesos de elaboración de pulpa, pueden llegar a significar el descarte de esta especie para la aplicación de regímenes de manejo silvicultural que tienen como fin la producción de trozas de gran diámetro con un alto contenido de madera libre de nudos. Por otra parte, esta subespecie posee también propiedades de la madera que son apreciadas, por ejemplo, en la producción de molduras, piezas para piso y láminas de debobinado y faqueado. En Chile, se producen alrededor de 50.000 m³/año de madera aserrada y 11.300 m³/año de chapas de **E. globulus**. La conclusión que se impone es que se requiere más evidencia para determinar la aptitud de esta especie, en el contexto local, para regímenes silviculturales intensivos y, en este sentido, las propiedades de la madera serán fundamentales.

Cuadro II.1 - Regímenes de manejo silviculturales propuestos para el E. Grandis

A. RÉGIMEN 1, TIPO DE SITIOS A, VOLUMEN COMERCIAL SIN CORTEZA (m³/ha)

Edad	I.C.A.	I.C.A.	I.M.A.	Stock	vol. com.	vol. com.	vol. com.
	vol. com.	cum vol. com.	vol. com.	tallos/ha	en pie	cosecha	árbol medio
1	0,2	0.2	0,2	1.220			
2	7.5.	7,7	3.9				
3	29.0	36,7	12,2	1.220			
4	35,0	71	17,9	1.220			
		7		1.220			
raleo del 39% en número, 33% en volumen volumen residual					81,0	27	0,057
					54,0		
5	33,0	104.7	20.9	750	87,0		
6	36,5	141.2	23,5	750	123,5		
7	40.0	181,2	25,9	750	163.5		
raleo del 33% en número. 27,5% en volumen volumen residual					183,0	50	0.201

1. Manejo silvicultural de las plantaciones de Eucalyptus

					132,7		
8	34,0	215,2	26,9	500	166,7		
9	38,0	253,2	28,1	500	204,7		
10	41,0	294,2	29,4	500	245,7		
raleo del 40% en número. 34% en volumen volumen residual					245,7	84	0,418
					162,1		
11	31,5	325,7	29,6	300	193,6		
12	36,0	361,7	30,1	300	229,6		
13	39,0	400,7	30,6	300	268,6		
14	41,5	442,2	31,6	300	310,1		
15	43,5	485,7	32,4	300	353,6		
raleo del 50% en número. 45% en volumen volumen residual					353,6	159	1,061
					194,5		
16	29,0	514,7	32,2	150	223,5		
17	33,0	547,7	32,2	150	256,5		
18	36,5	584,2	32,5	150	293,0		
19	39,0	623,2	32,8	150	332,0		
20	41,0	664,2	33,2	0	373,0		
Corta final						373	2,487
Rendimiento total por hectárea (m³)						693 m³	

Poda

A los 18 meses aprox. podar 500 árboles bien espaciados y aparentemente dominantes hasta por lo menos 2,4 m.

A los 30 meses aprox., podar los mismos 500 árboles hasta una altura de 5.5 m.

A los 40 meses, podar los mismos 500 árboles hasta una altura de 7,7 m.

Inmediatamente después de la primera operación de raleo, a los 4,5 años, podar los mejores 300 árboles hasta 10,5m

B. RÉGIMEN 2, TIPO DE SITIOS B, VOLUMEN COMERCIAL SIN CORTEZA (m³/ha)

Edad	I.C.A.	I.C.A. cum.	I.M.A.	Stock	vol. com.	vol. com.	vol. com.
	vol. com.	vol. com.	vol. com.	tallos/ha	en pie	cosecha	árbol medio
1	0,2	0,2	0,2	1.220			
2	5,0	5,2	2,6	1.220			
3	17,0	22,2	7,4	1.220			
4	26,0	48,7	12,2	1.220			

1. Manejo silvicultural de las plantaciones de Eucalyptus

5	22.0	70.7	14,1	1.220			
raleo del 51% en número, 44% en volumen volumen residual						31	0.050
					39,6		
6	27.0	97,7	16.3	600	66.6		
7	30.0	127,7	18.2	600	96,5		
8	32.0	159,7	20.0	600	128,6		
9	34,0	193,7	21,5	600	162,6		
10	35.0	228,7	22,9	600	197,6		
raleo del 50% en número, 45% en volumen volumen residual						89	0,296
					108,7		
11	24.0	252.7	23.0	300	132,7		
12	27.0	279.7	233	300	159.7		
13	29.5	309.2	23.8	300	189.2		
14	32.0	341,2	24.4	300	221,2		
15	35,0	376.2	25,1	300	256,2		
raleo del 50% en número, 46% en volumen volumen residual						118	0.786
					138,3		
16	22.0	398.2	24.9	150	160.2		
17	24,5	422.7	24,9	150	184,8		
18	26,5	449,2	25,0	150	211,3		
19	28,0	477,2	25,1	150	239,3		
20	30.0	507,2	25,4	0	269,3		
Corla final						269	1 796
Rendimiento total por hectárea (m³)						507 m³	

Poda

A los 2 años o antes, podar 600 árboles bien espaciados y aparentemente dominantes hasta por lo menos 2.4 m

A los 3 años o antes, podar 300 árboles hasta una altura de 5,5 m.

Antes del primer raleo a los 5 años podar los mismos 300 árboles hasta una altura de 7.7 m

Antes de los 7 años, podar los mismos 300 árboles hasta una altura de 10,5m

Gráfica II.4 - Relación entre el DAP c.c. y la altura total, altura a copa verde y altura a 10 cm de diámetro c.c.

Fuente: SORRENTINO

Estos datos son para E. Globulus de 3,5 años de edad en un complejo con suelos 9.3 y 9.1.

Fuente: A. Sorrentino, *op. cit.*

1.2 Rendimiento de los regímenes propuestos

La determinación de los rendimientos de los regímenes propuestos requiere de la definición de la distribución cuantitativa y cualitativa de las trozas que se obtienen en cada raleo y en la corta final. En este caso, los datos provenientes de Sudáfrica fueron de un valor limitado dado que, como se mencionó previamente, la forma de los árboles de **E. grandis** de ese país es probablemente diferente de la de los árboles locales. No existe prácticamente información local útil al respecto, aunque fue posible recurrir a datos recabados sobre la forma sin corteza de **E. grandis** plantados en suelos del Grupo 7 (CONEAT).

Para estimar en forma preliminar los volúmenes de trozas por diámetro y calidad, se procedió de la siguiente forma, manteniendo siempre un criterio conservador:

- Los productos del primer y segundo raleo fueron considerados exclusivamente como madera pulpable;
- Teniendo en cuenta los rendimientos de los siguientes raleos y corta final indicados en el Cuadro II.1, se definió una altura y diámetro (DAP) promedio para el tipo de árboles que se obtendría con cada una de estas operaciones;
- Con esta información y la ayuda de los datos arriba mencionados sobre la forma del **E. grandis**, se diseñaron perfiles de fustes sin corteza para cada uno de los árboles tipo;
- Cada perfil fue "cortado" horizontalmente en secciones para poder determinar el número de trozas por clase de diámetro dentro de cada clase de calidad de la madera (Gráfica II.5). Para la dimensión de las secciones se consideró una longitud estándar de troza de 2,55 m. Esta longitud es de "bajo riesgo", siendo 3 m probablemente el largo máximo en que se puede cortar una troza sin obtener una expresión severa de tensiones de crecimiento³¹.

³¹ Al respecto, ver la sección 2 del presente capítulo.

- Se aplicó un límite de diámetro final sin corteza (D.F.s.c) de 15 cm para la parte del árbol destinada a fines no pulpables.

Gráfica II.5 - Arbol muestra de E. grandis en suelo del Grupo 7 con DAP c.c. de 42,9 cm y altura total de 31,5 m

En el Cuadro II.2 se presentan los resultados obtenidos para los dos regímenes, una vez organizada la información por clase de diámetro y calidad de trozas³². A nivel agregado, se observan los siguientes rendimientos por hectárea:

³² Información más detallada sobre los procedimientos utilizados y los datos obtenidos se encuentra en el documento del PRAIF-II: E. Shield y R. Hansen, *op. cit.*, pp. 27-30.

Tipo de madera	Régimen 1	Régimen 2
	(m ³ /ha)	(m ³ /ha)
Total madera pulpable	147	75

Trozas aserrables sin podar	186	169
Trozas aserrables podadas	360	263
Total	693	507

Cuadro II.2 - Rendimientos de los regímenes por hectárea y clase de troza**A. RÉGIMEN 1**

Cosecha	Edad	Cambio de densidad	Rendimiento	Mad. pulp.	Clase diam.	Trozas aserr. sin podar	Trozas aserr. podadas
	(años)						
Raleo 1	4,5	1.220-750	27	27		-	-
Raleo 2	7,5	750 - 500	50	50		-	-
Raleo 3	10	500 - 300	84	9			
					<18	23	-
					>18 <24	-	51
Raleo 4	15	300 - 150	159	11		-	-
					<18	-	-
					>18 <24	32	-
					> 24 < 30	-	48
					> 30 < 36	-	68
Corta Fin.	20	150-0	373	49		-	-
					> 18 < 24	28	-
					> 24 < 30	72	-
					>30 <36	32	75
					>36	-	117
TOTAL			693	146		187	359

B. Régimen 2

Cosecha	Edad	Cambio de densidad	Rendimiento	Mad. pulp.	Clase diam.	Trozas aserr. sin podar	Trozas aserr. Podadas
	(años)						
Raleo 1	5	1.220-600	31	31		-	-
Raleo 2	10	600 - 300	89	29		-	-
					< 18	35	24
Raleo 3	15	300-150	118	8			

					<18	9	-
					> 18 < 24	24	31
					> 24 < 30	-	46
					>30<36	-	-
Corta Fin.	20	150-0	269	6			
					<18	8	-
					> 18 < 24	46	-
					> 24 < 30	47	29
					>30<36	-	73
					>36	-	61
TOTAL			507	74		169	263

Fuente: PRAIF-II.

Estos rendimientos son los que se obtendrían de una plantación en la que cada año se plantara, raleara y cosechara un área de igual tamaño. La madera pulpable corresponde al producto del primer y segundo raleo, junto con las trozas de un diámetro inferior a 15 cm obtenidas en las operaciones de corte posteriores.

1.3. Ingresos, costos y rentabilidad de los regímenes propuestos

El productor forestal que decida aplicar los regímenes de manejo silvicultural recomendados (o alternativas desarrolladas después de realizar investigaciones adecuadas) deberá realizar gastos importantes, además de "perder" ingresos a corto plazo al elegir una rotación más larga que la que se requiere para fines pulpables. Por lo tanto, los rendimientos en trozas de mayor diámetro con un componente importante de madera libre de nudos deben proporcionar al productor forestal un ingreso unitario que compense adecuadamente ese gasto. No existe ningún incentivo ni justificación para la aplicación de estándares superiores en el manejo de los bosques si el productor forestal no obtiene beneficios de este proceso³³.

³³ A nivel mundial, hay muchos ejemplos de situaciones donde propietarios de los bosques - generalmente el Estado - subsidian a los dueños de las instalaciones de procesamiento, aun cuando el sector forestal se encuentre ya establecido y en una fase madura. Cuando esto ocurre los propietarios forestales privados, al tener relativamente poco poder de mercado, se ven obligados a participar en la provisión de este subsidio. En estas condiciones, es casi inevitable que: (i) los estándares de manejo de los bosques bajen de nivel, (ii) se dificulte la sustentabilidad de la oferta de trozas, particularmente de aquellas de mejor calidad y (iii) a nivel de gestión de las instalaciones de transformación se permita el uso de trozas de alta calidad para aplicaciones de bajo valor, lo cual no es económicamente viable más allá del corto plazo.

De acuerdo a lo anterior, se estimó el valor de la madera en pie en función de su uso potencial antes que

asignarle un valor residual. Se partió de los valores residuales actuales del **E. grandis** y **E. globulus** de acuerdo a las operaciones actuales de exportación de rollizos para pulpa (Cuadro II.3). En la determinación de estos valores, se adoptó una distancia promedio de transporte, desde el bosque a una playa de acopio en Montevideo, de 400 km. para la región Norte. Para las regiones del Sur y Oeste (Litoral), se consideró una distancia de 120 km. Con estas distancias, la zona Norte puede incluir Rivera, Tacuarembó y las zonas más remotas de Durazno, en tanto que se presumió que la oferta de trozas proveniente del Sur se dirigiría hacia Montevideo y la del Oeste hacia Fray Bentos.

Por otra parte, se definió la madera pulpable como material rollizo con un diámetro final mayor a 7 cm y menor a 15 cm, y con una longitud mínima de 2,55 m. Para el Régimen 1, se estableció un valor básico de madera en pie pulpable de US\$ 12 por metro cúbico sin corteza; y para el Régimen 2, US\$ 19 por metro cúbico sin corteza. Para las trozas más grandes y las secciones podadas se aplicaron incrementos a este valor, teniendo en cuenta tanto la utilidad del tipo de madera considerada como los precios de intercambio de madera rolliza en los mercados mundiales. Dada la utilidad limitada de las trozas de dimensión aserrable pero sin podar, se adoptó un valor de madera en pie de US\$ 14/m³ para el Régimen 1 y US\$ 21/m³ para el Régimen 2, independientemente del diámetro de las trozas. Para las trozas podadas, se aplicaron los valores indicados en el Cuadro II.4.

Cuadro II.3 - Precios de exportación de madera rolliza y valores residuales de madera en pie

CONCEPTO	E. GRANDIS		E. GLOBULUS
	Norte	Sur y Oeste	Norte y Oeste
	(US\$/ m ³)		(US\$/m ³)
Precio de exportación FOB	43,00	43,00	60,00
Costos y utilidad	14,08	14,07	19,27
Reintegros a la exportación	(1,94)	(1,94)	(2,70)
Costo en playa de acopio	30,86	30,87	43,43
Transporte interno	11,76	4,62	6,60
Costos de cosecha	8,00	8,00	8,00
Precio residual madera en pie	11,10	18,25	28,83

Fuente: PRAIF-II

Cuadro II.4 - Valores asumidos para la madera en pie podada de E. grandis

Diámetro (cm)	Clase	US\$/m ³ s.c.	
< 18	Muy pequeñas	23	30
> 18 < 24	pequeñas	23	30
> 24 < 30	medianas	43	50
> 30 < 36	grandes	60	67
>36	muy grandes	98	105

Fuente: PRAIF-II.

Aplicando estos valores de madera en pie a los rendimientos por hectárea y clase de troza que se presentaron en el Cuadro II.1, se obtuvieron los flujos de ingresos de los dos regímenes de manejo intensivo (Cuadro II.5). Para el tercer tipo de régimen, el de madera pulpable, se supuso un primer turno de corta a los 10 años, una regeneración por rebrotes y una segunda cosecha a los 20 años, sin otro tipo de manejo. Se adoptó un I.M.A. de 28 m³/ha/año (bruto) para el primer turno de corta y de 29 m³/ha/año para el segundo, de acuerdo a datos de la Dirección Forestal del MGAP. Se aplicó un descuento de 15% a los datos obtenidos para obtener volúmenes comerciales sin corteza, con un límite diamétrico final de 8 cm. Se reconoce que sitios superiores brindarán mayores niveles de incremento anual, pero se decidió adoptar un nivel representativo de sitios promedio.

Si bien las cifras presentadas indican la superioridad de los ingresos de los regímenes sujetos a un manejo intensivo (US\$ 27.671/ha y US\$ 23.740/ha, comparado con US\$ 5.814/ha en el régimen con fines pulpables), una comparación de la rentabilidad financiera de los regímenes exige la consideración de los costos incurridos en cada uno de ellos. Asimismo, debe tenerse en cuenta la situación de los propietarios de pequeñas y medianas plantaciones que recurrieron a un préstamo para forestar y que, por lo tanto, deben poder hacer frente oportunamente a sus compromisos de reembolso.

Con respecto a los costos de los dos regímenes intensivos, se estimó que los rendimientos de las primeras operaciones de raleo podrían ser insuficientes para representar operaciones comerciales convencionales. En vista de ello, se decidió simular una estructura de costo que correspondiera a una situación en que el productor forestal subsidiara los costos de estos primeros raleos, asignando un costo a esta operación de US\$ 0,067 por árbol removido.

Con un criterio siempre conservador, los costos de poda se calcularon sobre la base de que una operación contractual requeriría un pago total equivalente a US\$ 30 por hombre por día, con las siguientes productividades: (i) en la primera poda, 300 árboles/hombre/día, (ii) en la segunda poda, 220 árboles/hombre/día, (iii) en la tercera poda, 150 árboles/hombre/día y (iv) en la cuarta poda, 100 árboles/hombre/día. Estos costos son mayores que los costos notificados en el departamento de Rivera y la provincia de Entre Ríos en Argentina.

Cuadro II.5 - Costos e ingresos para tres regímenes de manejo silvicultural (US\$/ha)

Edad	REGIMEN 1		REGIMEN 2		REGIMEN 3	
	Costos	Ingresos	Costos	Ingresos	Costos	Ingresos
1,5	50,00					
2,0			60,00			
2,5	68,20					
3,0			41,10			
3,5	100,00					
4,5	31,33	324,00	60,00			
5,0	90,91		41,33	650,00		
6,0			90,01			
7,5		600,00				
10,0		1.616,00		2.223,00		2.856,00

11,0	269,30		269,30		269,30	
12,0	289,50		289,50		289,50	
15,0		6.728,00		4.466,00		
20,0		18.403,00		16.402,00		2.958,00

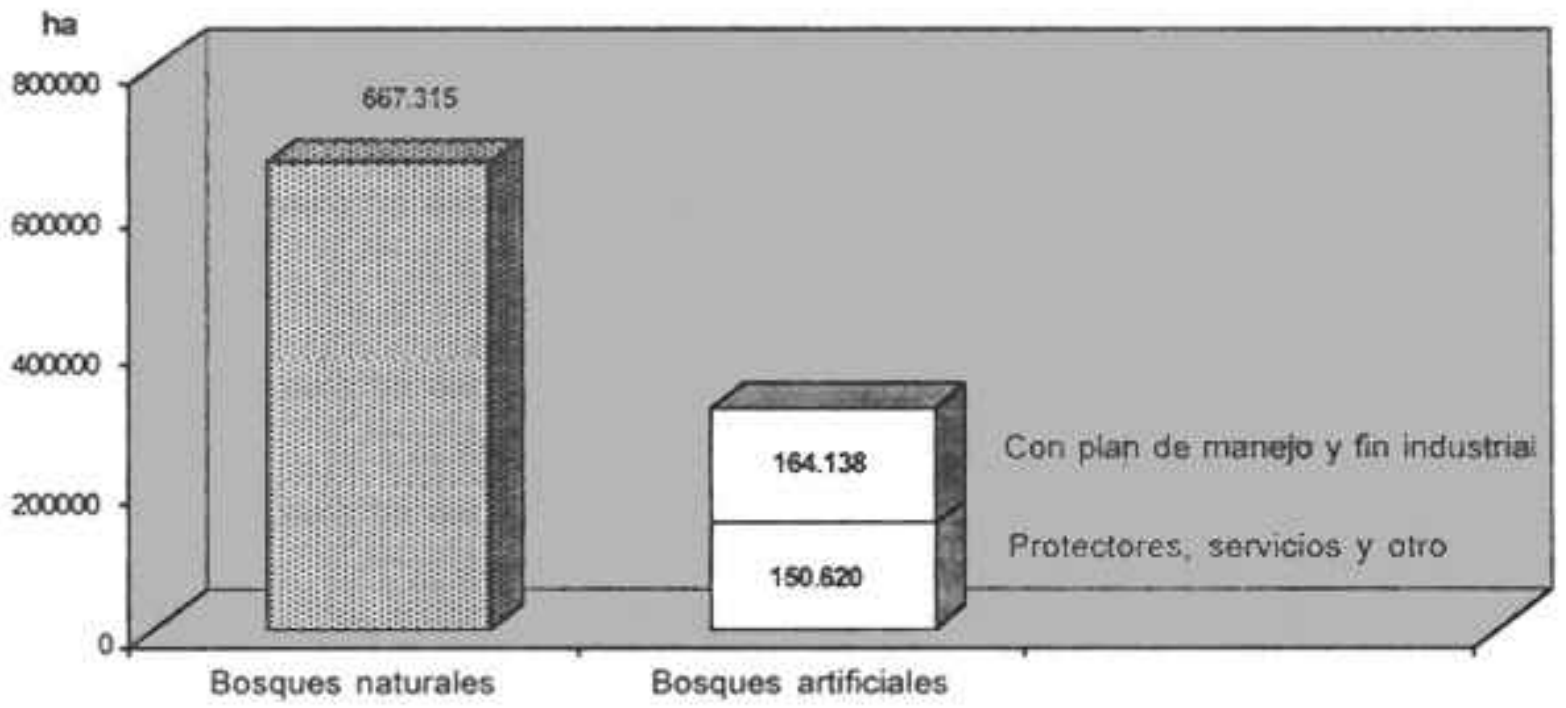
Fuente: PRAIF-II.

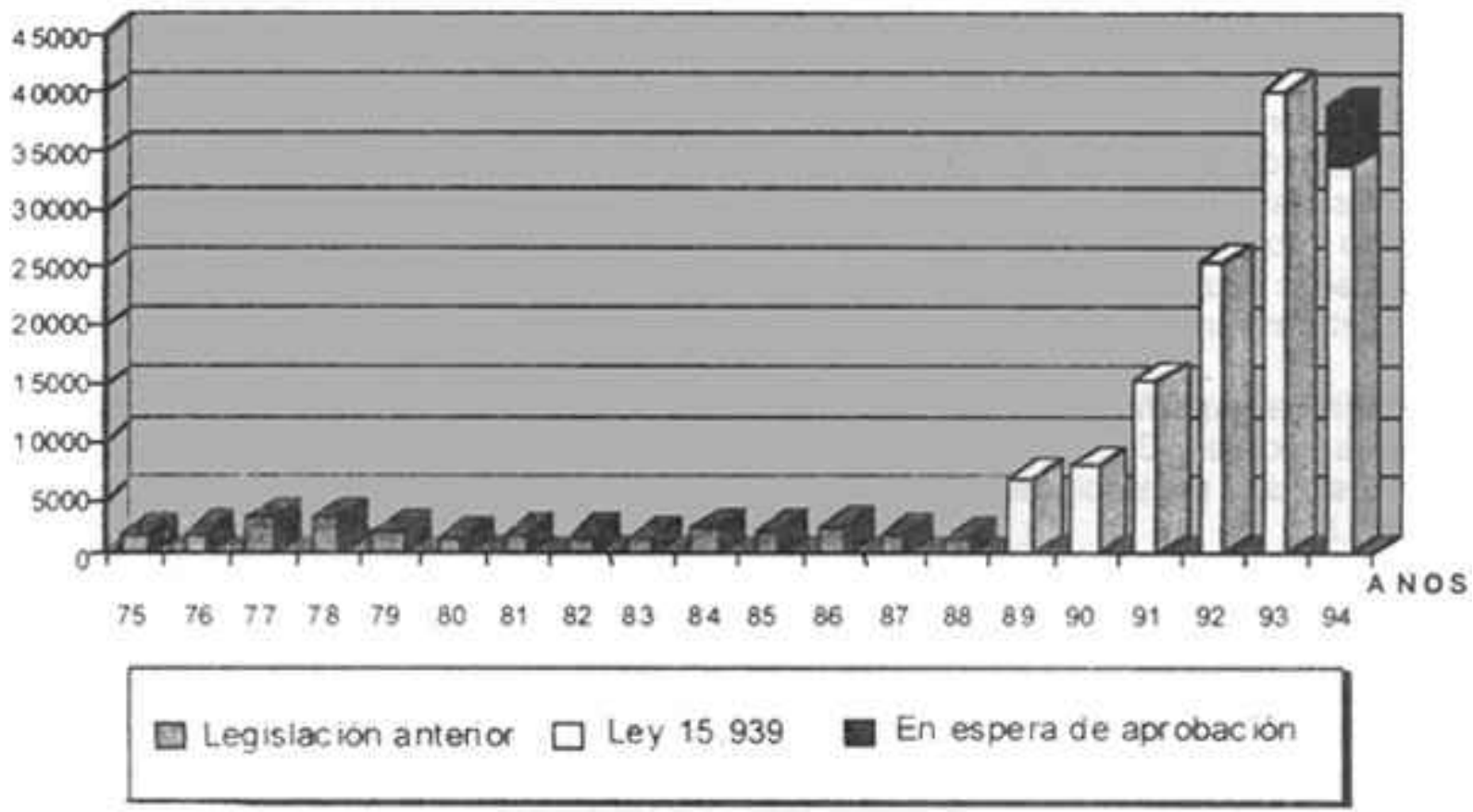
Teniendo en cuenta las condiciones locales que rigen los préstamos en el área forestal, se aplicó el siguiente esquema. El productor forestal (i) obtiene un préstamo del Banco de la República Oriental del Uruguay de US\$ 380 por hectárea, (ii) recibe el subsidio a la forestación establecido por el Gobierno, tomándose como promedio representativo un valor de US\$ 180 por hectárea, (iii) utiliza el 60% de este subsidio para efectuar un reembolso parcial al banco (US\$ 100/ha) y (iv) termina de reembolsar el préstamo en los años 11 y 12, después de un período de gracia de 10 años y una tasa de interés equivalente al LIBOR más 1,5%. Estos últimos reembolsos representan costos de US\$ 269,30 en el año 11 y US\$ 289,50 en el año 12.

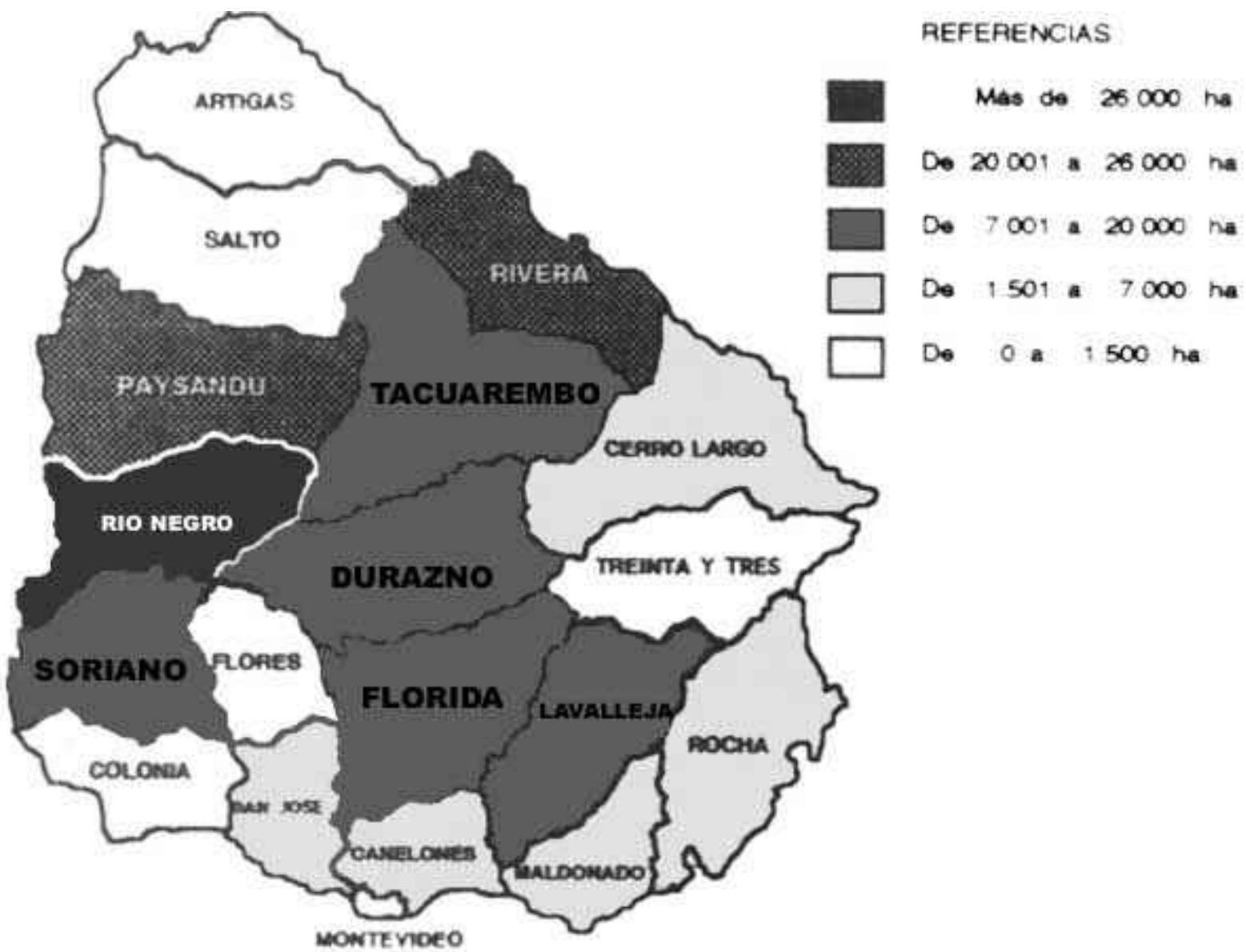
Con los datos sobre costos e ingresos obtenidos en las condiciones especificadas y sintetizados en el Cuadro II.5, se obtiene, en un proyecto de 20 años, un valor actual neto (V.A.N) para el Régimen 1 superior al de los otros dos regímenes a cualquier tasa de descuento inferior a 25%. Asimismo, no hay ninguna tasa de descuento menor a 30% a la que el Régimen 3 podría dar un V.A.N. superior al de los otros dos regímenes.

Parece razonable concluir que, con los precios de madera en pie asumidos, los regímenes de manejo silvicultural intensivos representan inversiones más atractivas que el manejo para la producción de madera pulpable, siempre y cuando los tipos de suelo sean los apropiados. Dado que los costos para estos manejos intensivos fueron fijados, deliberadamente, en niveles elevados, el análisis financiero indica que representan inversiones sólidas.

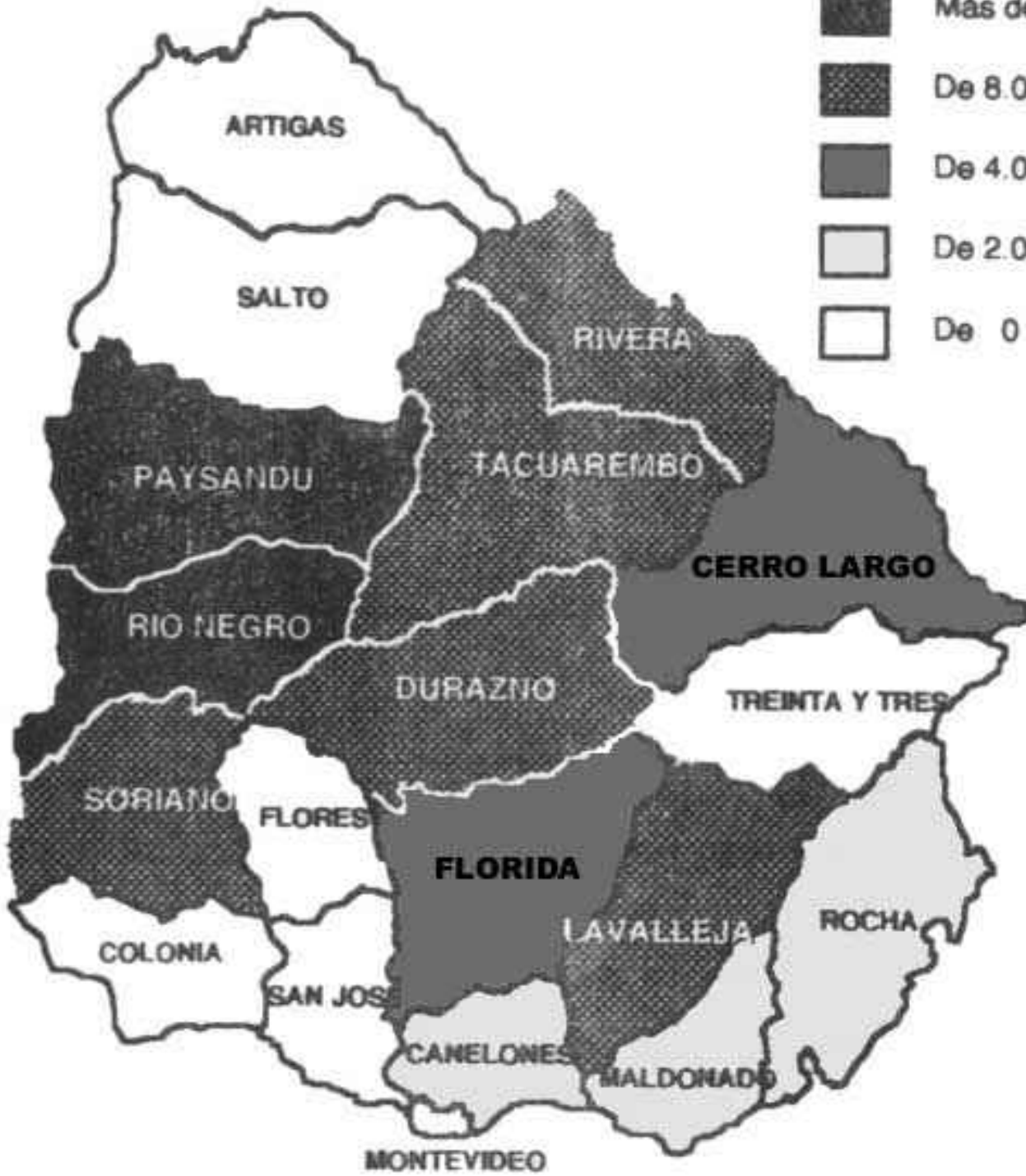


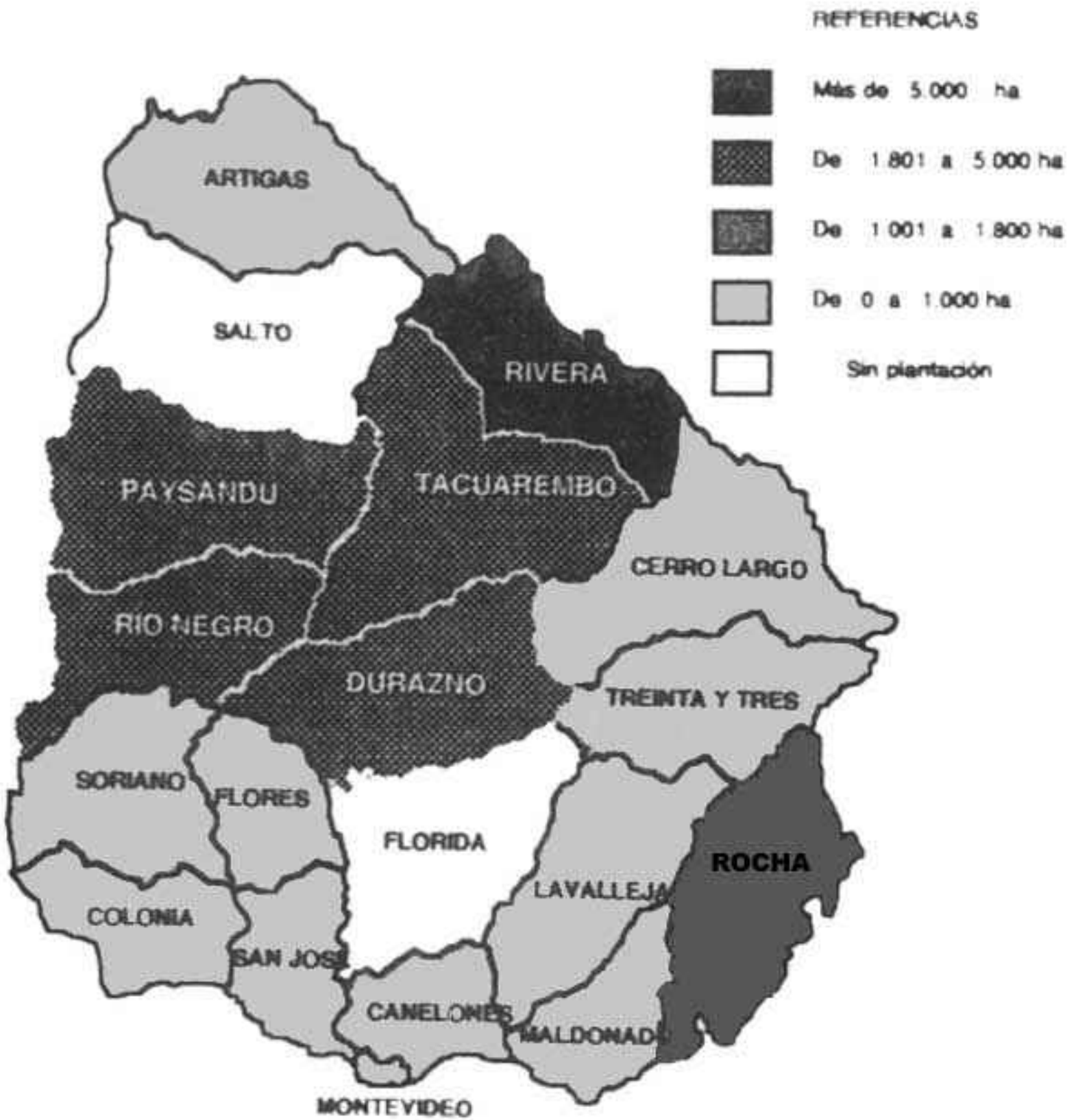


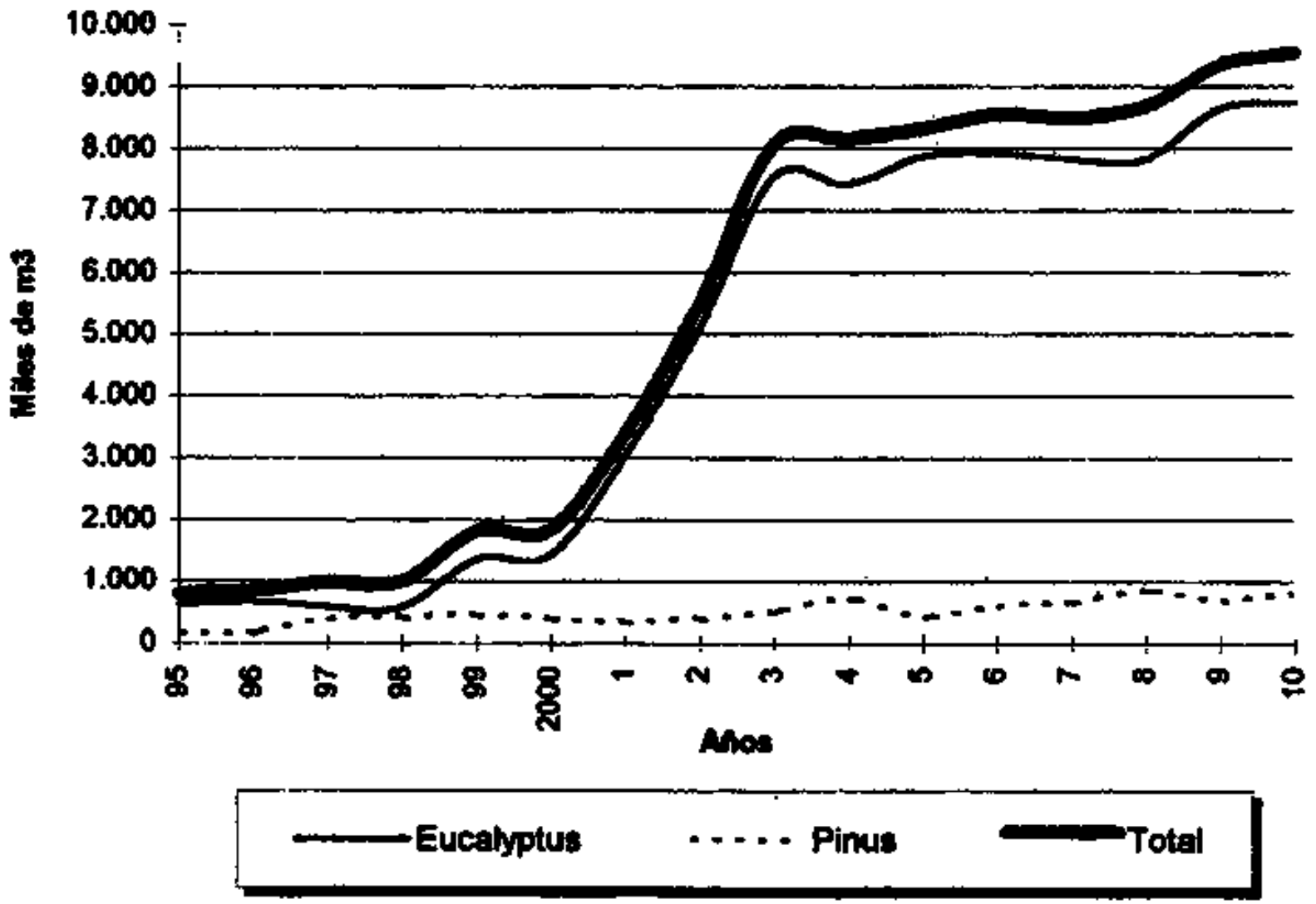


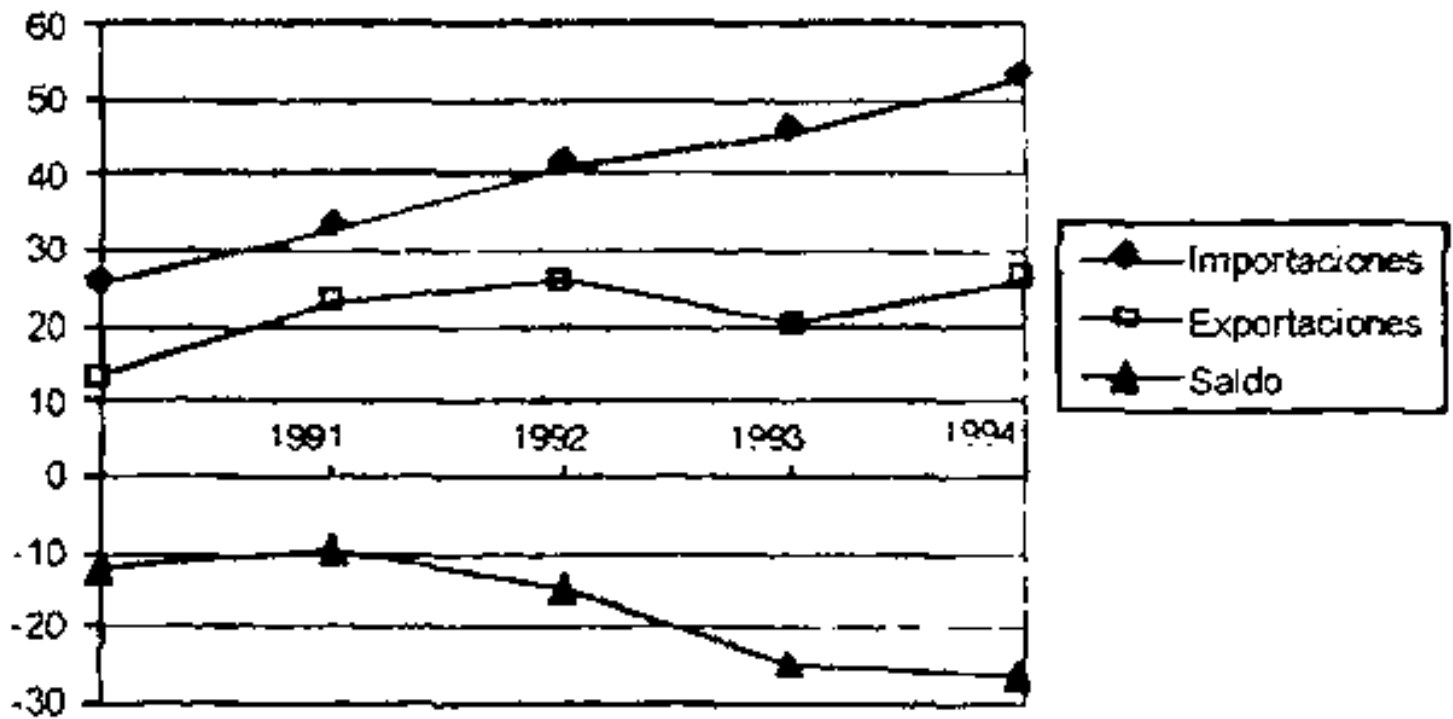


REFERENCIAS









millones de US\$



2. Técnicas y políticas específicas para la transformación primaria del Eucalyptus

[2.1 Origen de los problemas en la transformación primaria del Eucalyptus](#)

[2.2 Técnicas y políticas específicas para la transformación primaria eficiente](#)

A nivel mundial, el destino más común de la mayoría de las especies de Eucalyptus ha sido la producción de pulpa o su uso como combustible. En muchos países; se utiliza la madera de Eucalyptus proveniente de plantaciones sin ralea y sin podar para la producción de tablas aserradas de baja calidad, sin secar, que se usan esencialmente como material de embalaje (cajones para fruta, pallets, etc.). En cambio, las plantaciones de Eucalyptus han sido poco utilizadas todavía en procesos de transformación primaria a gran escala para la elaboración de productos de alto valor como, por ejemplo, madera aserrada secada y chapas de debobinado. Es un hecho reconocido que la materia prima de cualquier plantación de Eucalyptus presenta características inherentes que dificultan cualquier tipo de procesamiento que no sea la fabricación de pulpa. Cuando, además, estas plantaciones no han sido objeto de un manejo silvicultural apropiado las dificultades son aún mayores.

En la primera parte de esta sección se describen brevemente las características perjudiciales de la madera juvenil de especies de Eucalyptus de rápido crecimiento. En la segunda, se introducen técnicas que permiten superar algunas de estas dificultades en la transformación primaria, en tanto que en la última se examinan algunas opciones de uso de la materia prima de Eucalyptus actualmente disponible en el país³⁴

³⁴ Esta sección se basa en un informe presentado por Evan Shield en el Seminario Internacional de Utilización de la Madera de Eucalyptus para Aserrío que tuvo lugar en Sao Paulo, Brasil, en abril de 1995. El informe fue revisado y complementado por el autor durante su consultoría para el PRAIF-II.

2.1 Origen de los problemas en la transformación primaria del Eucalyptus

A continuación, se enumeran las principales características perjudiciales de la madera de Eucalyptus juveniles en el orden aproximado de su impacto en el aserrío y debobinado.

a. *Grano en espiral*

Cuando es excesivo y persistente, este defecto puede llegar a significar la inutilidad económica de la madera para destinos de alto valor. El defecto consiste en el crecimiento de las fibras en forma de espiral

en lugar de adoptar una dirección vertical con respecto al eje del árbol. En las especies de Eucalyptus, el grano en espiral es generalmente menos pronunciado que en las coníferas. Sin embargo, se han observado severas inclinaciones del grano en algunos árboles de **E. grandis** en Zambia y, en forma más extensa, en **E. globulus ssp globulus**. En esta última especie es común observar el grano entrelazado: el grano se inclina en espirales en diferentes direcciones laterales en capas sucesivas de la fibra. Normalmente, el grano entrelazado no es perjudicial para la transformación primaria de la madera pero puede ocasionar dificultades en su posterior cepillado³⁵.

³⁵ El veteado muy valorado de algunas especies de Eucalyptus, como las que se conocen en Australia como *ash*, es atribuible al grano entrelazado.

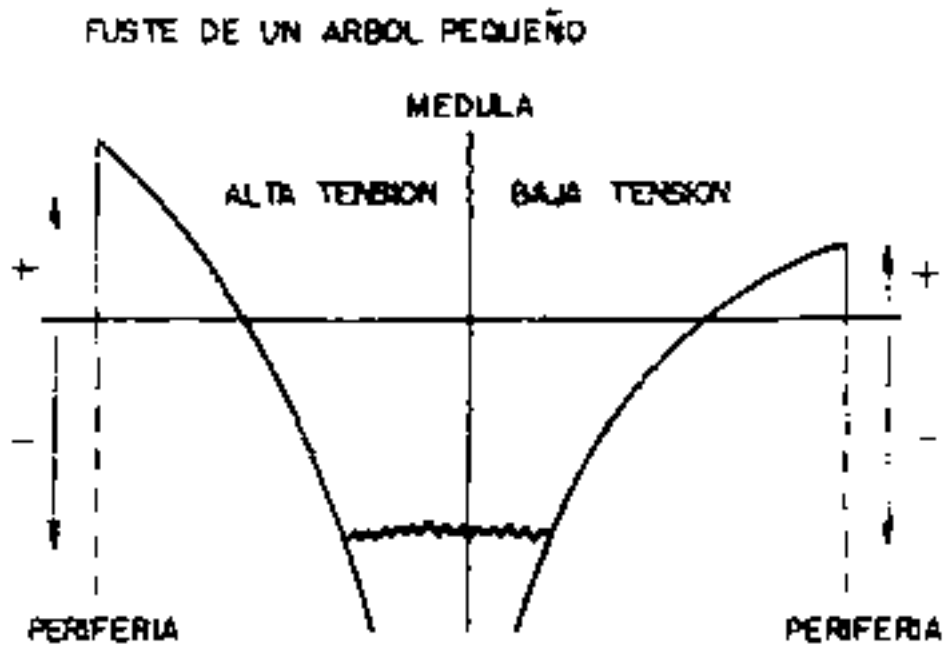
Factores medio-ambientales, como vientos fuertes y persistentes, pueden causar el grano en espiral en especies susceptibles, pero en general se trata de una característica genética que, por lo tanto, merece atención en la selección de semillas y los programas de mejoramiento genético.

b. Tensiones de crecimiento

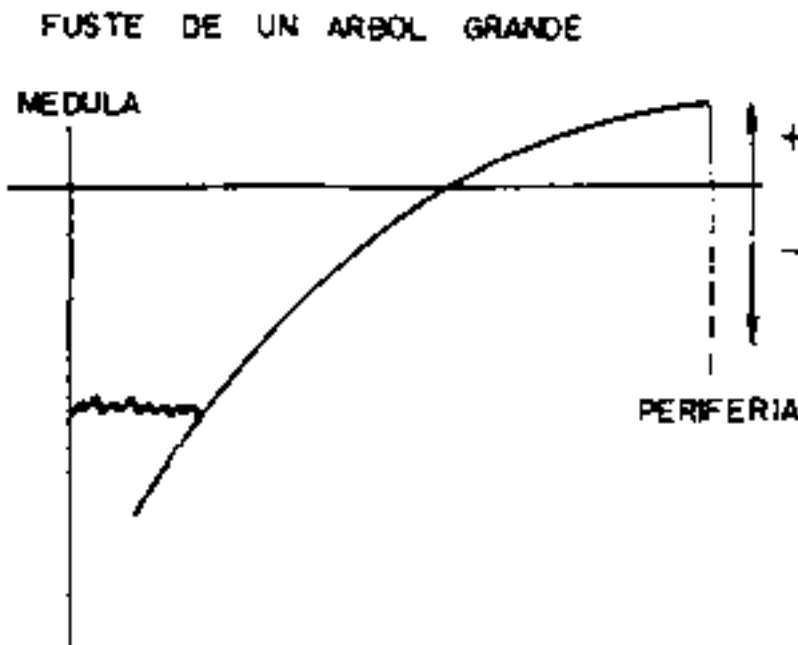
Estas tensiones se inician durante el desarrollo de la pared secundaria de las fibras y pueden ser necesarias para el crecimiento y desarrollo normal de ciertos árboles. Las tensiones de crecimiento longitudinales son las más importantes y se explican por el siguiente fenómeno. La incorporación de lignina entre las microfibrillas en la pared celular provoca una expansión en el plano transversal asociada con un acortamiento en el sentido longitudinal. La mayor rigidez de fibras vecinas diferenciadas a las que la célula joven está fijada restringe la extensión de este acortamiento longitudinal de tal forma que se desarrolla una tensión de tracción longitudinal. Como esta fuerza se genera continuamente en las capas sucesivas de las células que se forman mientras el diámetro del árbol se expande, la misma impone finalmente altas tensiones de compresión en el centro del fuste.³⁶ Estas fuerzas se reparten en un área transversal creciente a medida que crece el árbol. En consecuencia, el ritmo de incremento de la tensión de compresión en el centro del fuste disminuye cuando el diámetro se expande (Gráfica II.6). En síntesis, las tensiones de crecimiento son un conjunto de fuerzas de tracción y compresión que se desarrollan en el árbol en pie, como resultado del crecimiento y ampliación de los tejidos o, eventualmente, de otras causas.

³⁶ Una forma sencilla de visualizar este proceso consiste en imaginar la parte exterior del árbol o de una troza del mismo como un elástico tenso y su parte central como un resorte comprimido, con las fuerzas en equilibrio de suerte que se mantiene la estabilidad del árbol o de la troza. Cuando esta estabilidad es perturbada por un corte, la parte exterior de la troza se acorta y la parte central se extiende dando como resultado final un curvado longitudinal hacia el exterior de la troza.

Gráfica II.6 - Tensiones de crecimiento



Gráfica II.6 - Tensiones de crecimiento



Representación diagramática de la distribución teórica de tensiones de crecimiento (+ tracción, - compresión) de diferentes niveles en árboles de distintos diámetros, en secciones radiales longitudinales. La línea dentada representa el nivel al que ocurre la falla de compresión de la pared celular y la formación de 'corazón quebradizo'. Los gradientes de las fuerzas tienden a ser menores en árboles de gran diámetro, mientras que la tensión en la periferia y el nivel de falla de compresión son similares en ambos diámetros.

Fuente: W.E. Hillis y A.G. Brown (eds.), Eucalypts for wood production, CSIRO, Australia, 1978.

Hasta alrededor de 1970, la evaluación de las tensiones de crecimiento se basaba esencialmente en la

observación de sus efectos durante el procesamiento de la madera. Estos efectos, que son conocidos de todos los que han cosechado y aserrado Eucalyptus de plantaciones, incluyen:

- el desarrollo de grietas radiales en las trozas durante y después del apeo, su aumento en el proceso de transformación y la formación de rajaduras durante el secado del producto;
- el desarrollo inmediato de una 'arqueadura' cuando se corta tangencialmente un costero o tabla y de una 'encorvadura' cuando se efectúa un corte radial (Gráfica II.7). La expresión de estos defectos es más severa en trozas largas, dado que el radio de la curvatura decrece con el cuadrado de la longitud de la troza, y menos severa en trozas de gran diámetro. En otras palabras, el aserrado de trozas largas y de pequeño diámetro produce arqueaduras y encorvaduras severas;
- un 'curvado' de la hoja de sierra debido a las fuerzas de compresión puede producirse al aserrar a proximidad del centro de trozas grandes y sanas. En grandes trozas de Eucalyptus de bosques nativos esta dificultad puede también surgir cuando se aserra desde la periferia de mitades o cuartones
- la posible aparición de una curvatura o cara 'arqueada' en la troza residual cuando se cortan tablas con un carro de sierra convencional. Un efecto similar puede observarse en el reaserrado. En ambos casos, puede ser necesario efectuar un corte facial sin uso.

Gráfica II.7 - Efectos de las tensiones de crecimiento: arqueadura y encorvadura

Obs.: Las letras utilizadas en la gráfica son referencias para determinar los máximos valores permitidos para estos defectos en el uso de las piezas como madera estructural. Como ejemplo, ver la tabla B1 de la norma australiana AS 2082-1979, Madera de no coníferas visualmente clasificada por tensión para propósitos estructurales, pp. 31-32.

Fuente: AS 2082-1979, Madera de no coníferas visualmente clasificada por tensión para propósitos estructurales.

La realización de mediciones cuantitativas a partir de 1970 ha permitido mejorar la comprensión de la distribución e intensidad de las tensiones de crecimiento. La intensidad de estas tensiones es muy variable entre especies, entre árboles adyacentes de la misma especie, en distintos lugares y alturas del mismo árbol, etc.. Se han encontrado mayores variaciones en la intensidad de las tensiones en árboles inclinados. Mediciones directas han mostrado niveles de tensión de hasta 45 MPa, aunque es más común encontrar niveles más bajos.

Las investigaciones realizadas no han desembocado en correlaciones positivas entre la intensidad de las tensiones de crecimiento y el tamaño del árbol, su edad, el diámetro de su fuste o su tasa de crecimiento. Sin embargo, se reconoce generalmente que los efectos de las tensiones de crecimiento disminuyen con el incremento diamétrico (obtenido mediante raleo y/o extensión de la rotación). Esto se atribuye a los gradientes decrecientes de las tensiones con diámetros crecientes antes que a una disminución de la intensidad de las tensiones mismas, tal como ya se observara en la Gráfica II.6.

Debe quedar claro que las tensiones de crecimiento no pueden eliminarse mediante el aserrado. Pero la reducción del área de una sección, tal como ocurre con el aserrado, restringe el gradiente de las tensiones de crecimiento y, si la sección aserrada es pequeña, la tensión diferencial a través de la misma puede ser insuficiente para que se produzca una distorsión.

Diversas técnicas han sido probadas para minimizar los efectos de las tensiones de crecimiento de la madera antes de su transformación. En los bosques, estas técnicas incluyeron la destrucción del árbol algún tiempo antes de su apeo y la defoliación parcial con herbicidas. Para los rollizos, las técnicas incluyeron el secado al aire de las trozas descortezadas, su almacenaje en agua o bajo pulverización, su calentamiento con vapor o agua caliente, la práctica de incisiones en sus extremos, el revestimiento de sus extremos con bitumen, grasa o cera impermeable, y la aplicación de anillos de metal o plaquetas en sus extremos. Debe reconocerse que no existe una única técnica que pueda recomendarse con total confianza para minimizar los efectos de las tensiones de crecimiento. Incluso, varias de las recomendaciones que aparecen en la literatura sobre este tema, si bien se refieren a diferentes situaciones y especies, resultan contradictorias. Sin embargo, para el proceso de debobinado parece sensato recomendar el calentamiento de los rollizos con vapor o su inmersión en agua caliente de alrededor de 60° C, no sólo porque este procedimiento parece reducir la intensidad de las tensiones sino también porque produce chapas mucho más lisas.

c. *Nudos*

Los nudos constituyen un defecto de la mayor importancia en los rollizos de plantaciones, incluso los de excelente forma y sana apariencia. No sólo contribuyen directamente a las imperfecciones en productos elaborados, sino que son también muchas veces asociados a otros defectos como la desviación del grano y la descomposición. Esta última penetra por el tocón de la rama que, en el caso de los Eucalyptus, no se llena de resinas protectoras como ocurre con los coníferos. Esto apunta a observar cierta prudencia en la poda de los Eucalyptus, la cual por lo demás es altamente recomendable precisamente para minimizar los defectos asociados a los nudos.

En bosques nativos con altos árboles, las especies de Eucalyptus con buen desprendimiento natural de ramas, como el **E. grandis** y el **E. globulus ssp. globulus**, tienen un centro nudoso cuyo diámetro está estrechamente relacionado con el diámetro de las ramas. Por ejemplo, un diámetro de rama de alrededor de 2,5 cm producirá un centro nudoso de cerca de 15 cm de diámetro. Sin embargo, el desprendimiento natural de ramas no es tan eficiente en este género en el caso de plantaciones exóticas de Eucalyptus de rápido crecimiento. Quizás esto se deba al tiempo inadecuado que tiene la rama para desarrollar la 'zona quebradiza', una de las fases tempranas del desprendimiento de ramas. Como consecuencia, las trozas de plantaciones exóticas de Eucalyptus tienen centros nudosos de mayor diámetro que lo común en trozas de la misma especie y diámetro en bosques australianos.

Aun en el contexto australiano, las posibilidades de recuperación de madera libre de nudos de Eucalyptus juveniles de rápido crecimiento son limitadas, como se observa en la Gráfica II.8. Ello se debe no sólo a la poca extensión de la zona sin nudos sino también a la forma de la troza que contiene esta zona. La zona 'seca' del centro nudoso es dominante en aquella parte de la troza que tiene un índice de conicidad limitado (típicamente 1 cm en diámetro por metro de longitud). Es en esta zona nudosa seca que se dan más comúnmente los defectos en los productos procesados y que el riesgo de efectos inducidos, como la descomposición, es mayor. La zona 'verde' del centro nudoso tiene generalmente menos defectos hasta la altura del fuste con ramas verdes. Pero su volumen es claramente retringido y su proximidad al centro del árbol impone otra limitación debido a la posibilidad de encontrar 'corazón quebradizo'.

Las observaciones anteriores llevan a la conclusión irrestricta de que, en una situación ideal, la utilización de trozas de Eucalyptus implantados para su conversión en madera aserrada secada y/o láminas de debobinado debería restringirse a plantaciones manejadas, en las cuales la poda (para

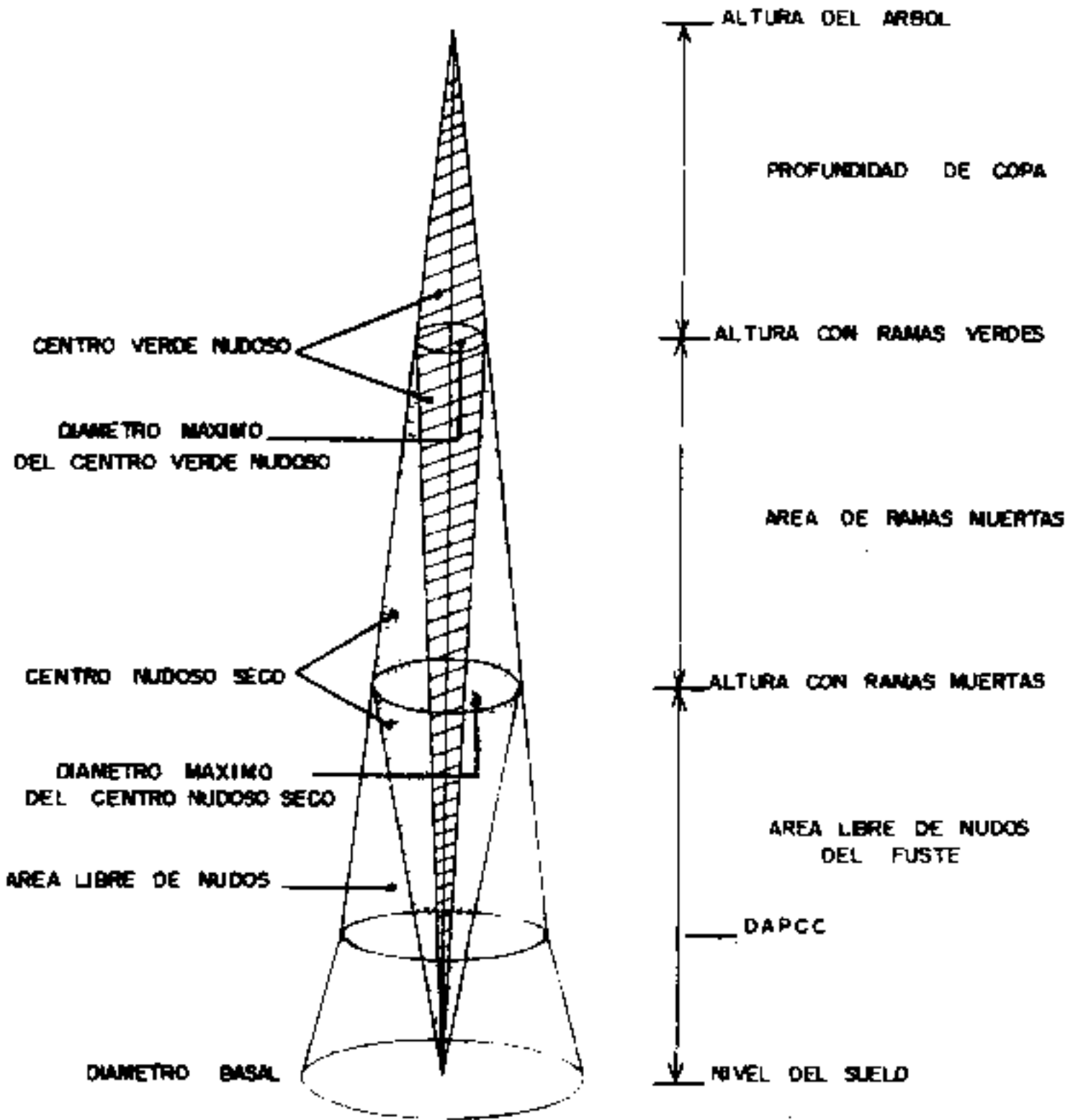
minimizar el diámetro del centro nudoso) y el raleo (para maximizar el crecimiento diamétrico) sean una práctica rutinaria. Sin embargo, dada la situación mundial real, deben buscarse formas de mejorar el rendimiento de trozas provenientes de rodales que no se han beneficiado de este tipo de manejo silvicultural. La magnitud del desafío aparece claramente a partir de datos sobre la experiencia argentina en el aserrado de madera de plantaciones de **E. grandis**, que indican que un 75% de las tablas aserradas contienen nudos 'secos' y un 57% contiene nudos 'verdes'.

d. Contracción y colapso

En muchas especies de Eucalyptus es común encontrar altos niveles de contracción 'normal' y en ciertos casos una contracción anormal o colapso. A título ilustrativo, el Cuadro II.6 presenta valores de contracciones radial y tangencial observadas en madera de Eucalyptus proveniente de plantaciones en Argentina y de bosques nativos en Australia.

El reacondicionamiento es un tratamiento común para el Eucalyptus en el que se aplica vapor a la madera aserrada secada o parcialmente secada con el propósito de revertir el colapso. La diferencia entre los valores de contracción antes y después del reacondicionamiento **indica** el grado de colapso que **experimentó la madera**. En el caso del **E. grandis**, los datos indican (i) una contracción volumétrica de al menos 10% en el secado de la madera al pasar de verde a un contenido de humedad de 10% y (ii) que el **E. grandis** es algo susceptible al colapso. Con el **E. globulus**, la contracción volumétrica es significativamente mayor (cerca de 20%) y el colapso parece ser más severo.

Gráfica II.8 - Forma del árbol de Eucalyptus y áreas nudosas



Cuadro II.6 - Ejemplos de valores de contracción radial y tangencial para la madera de Eucalyptus

	Edad (años)	Árboles (nº)	Muestras (nº)	Valores de contracción	
				Radial	Tangencial
				(%)	(%)
E. grandis					
Argentina	9,5	6	40	3,5	7,2

	n.d	n.d	n.d	2,5	6,4
	n.d.	n.d	n.d.	5,8	10,4
Australia	maduros			4,0 A.R	7,0
				3,4 D.R	5,5
	rebrotos			4,1 A.R	7,5
E. globulus				3,4 D.R	5,2
Australia	rebrotos			6,9 A.R	14,4
				4,6 D.R.	9,4

A.R.: antes del reacondicionamiento

D.R.: después del reacondicionamiento

Fuente: Consultores PRAIF-II.

Estos datos permiten concluir que la madera aserrada de especies de Eucalyptus es probablemente más difícil de secar que otras especies de madera dura. Asimismo, la madera de Eucalyptus jóvenes es menos densa que la de los bosques nativos y ello puede indicar una mayor propensión al colapso. Sin embargo, la madera joven es también más porosa que la de los bosques nativos maduros, lo que puede significar una capacidad de secado más rápido.

³⁷ A título comparativo la contracción volumétrica del Meranti de Malasia (Dipterocarpaceae) es de sólo 6 a 6,4%, con una contracción radial de cerca de 2% y una contracción tangencial de 4 a 4,5%.

e. Venas de quino y bolsas de resina

Ambos defectos se refieren al mismo exudado fenólico de color oscuro y son particularmente comunes en las plantaciones de **E. grandis**. Constituyen también una de las fuentes más comunes de degradación y rechazo en la madera aserrada y chapas de debobinado proveniente de los bosques nativos australianos. Las pequeñas venas de quino disminuyen la calidad visual de la madera aserrada y láminas mientras que las bolsas, más grandes, debilitan los materiales y pueden impedir los usos estructurales.

Las causas de la formación de quino no son conocidas con total seguridad. Para una misma especie, la cantidad de quino parece depender de: (i) la intensidad del daño causado por elementos como fuego, insectos, daño mecánico o nudos secos, (ii) el espesor de la corteza, (iii) el vigor del árbol y (iv) otros factores genéticos y medioambientales, como heladas y sequías que inducen tensiones fisiológicas.

Según datos argentinos sobre el aserrado de **E. grandis** implantados, un 46% de las tablas aserradas contiene venas de quino y bolsas de resina, lo que refleja una severa intensidad de este defecto. En cambio, en Sudáfrica es poco común ver madera aserrada de esta especie con venas de quino y bolsas de resina.

f. Corazón quebradizo y descomposición del centro

Si las tensiones de crecimiento longitudinales en la periferia son suficientemente altas, las tensiones de compresión internas que las contrabalancean excederán la fuerza máxima de opresión de las fibras de madera sin secar. La madera afectada se vuelve frágil y sujeta a fracturas debido a pequeñas fallas de compresión en las paredes de ciertas fibras. Este defecto se detecta por sus características de aserrío más

fácil, fibras rotas o crespas en la superficie, una densidad relativamente más baja y, quizás, un color más pálido.

Madera con corazón quebradizo tiene poco valor para la producción de tablas secadas y chapas. Sin embargo, se usa como madera sin secar para pallets y, en este caso, puede no ser una desventaja.

g. Madera de reacción

Este tipo de madera aparece en la parte superior de fustes inclinados en plantaciones de Eucalyptus. Se caracteriza por tener fibras con una capa 'gelatinosa', no lignificada y de alta densidad, del lado del lumen de la pared secundaria. A veces se reconoce como una zona de color más oscuro. La madera de reacción desarrolla una contracción longitudinal anormalmente alta cuando se seca.

h. Madera mojada, decoloración y descomposición

La entrada de hongos a través de los tocones de ramas y/o heridas es la causa común de este tipo de imperfecciones en la madera. A veces estos síntomas aparecen en sitios alejados del punto de ingreso del hongo; madera mojada o decolorada puede darse, por ejemplo, cerca del centro del árbol en frente de un tocón de rama.

2.2 Técnicas y políticas específicas para la transformación primaria eficiente

Las características negativas de la madera de plantaciones de Eucalyptus de rápido crecimiento imponen la estructuración de un marco apropiado de políticas y prácticas para poder efectuar la transformación primaria de sus trozas. Si las trozas no provienen de plantaciones podadas y raleadas no tiene sentido tener altas expectativas con respecto a la calidad de los productos que se pueden obtener. Típicamente y aun con un estricto proceso de selección, los elementos de tipo estándar y funcional serán los que predominarán en el volumen de producción, en tanto que una parte menor, probablemente inferior a 10%, podrá ser de calidad superior y libre de nudos. En consecuencia el valor promedio de la producción puede resultar relativamente bajo, razón por la cual es imperativo minimizar los costos de la transformación primaria.

Hay dos vías para minimizar los costos de producción. La primera descansa en una baja intensidad en capital y una alta dependencia de mano de obra barata. El insumo tecnológico es limitado, así como el rendimiento y la calidad. El segundo enfoque abarca tecnología de punta y reconoce que la misma requiere de instalaciones de gran escala y poca mano de obra por unidad productiva, a la vez que asegura un alto nivel de calidad de la producción. Este último enfoque es particularmente relevante si se apunta a la exportación, dadas las ineludibles exigencias de competitividad internacional y el marco general actual de economía liberal a nivel mundial.

Por otra parte, la definición de políticas requiere que se determinen los tipos de productos que pueden elaborarse con la materia prima disponible con vista a su exportación a mercados identificados. Claramente, una 'política de producto' requiere de una evaluación realista de las oportunidades de mercado y del potencial de la materia prima rolliza. El análisis de las oportunidades de mercado fue abordado en el primer capítulo de este documento, por lo que la presente sección se centra en las posibles líneas de productos.

Para ello debe tenerse en cuenta, en una primera instancia, las limitaciones impuestas por las diversas imperfecciones de las trozas de Eucalyptus. A partir de la experiencia australiana y de otros países que procesan madera de Eucalyptus implantados se fue conformando un conjunto de reglas básicas a respetar en el proceso de aserrío, que consisten en:

- Utilizar trozas cortas, preferentemente de una longitud no mayor a 3 metros.
- Utilizar sistemas de aserrío que liberen las tensiones de crecimiento simultáneamente en ambos lados de las trozas, basas o tablas, es decir líneas de producción con sierras dobles y, eventualmente, sierras múltiples.
- Respetar estrictamente técnicas de corte tangencial para que las tensiones residuales se expresen como arqueadura antes que como encorvadura y para restringir la dimensión de los nudos en la cara de los tablas.
- Al efectuar el primer corte de la troza, limitar el ancho de los costeros de tal forma que el espesor del cuerpo residual de la troza no sea inferior a dos tercios (67%) del diámetro total de la troza. Esta regla debe respetarse también al voltear la troza a 90 grados para efectuar el siguiente par de cortes simultáneos.
- Mantener pequeñas las secciones aserradas: no intentar efectuar cortes anchos y gruesos, especialmente en las caras iniciales.
- Apilar inmediatamente todas las tablas aserradas en 'castillos' utilizando una práctica de apilamiento de muy alto estándar, y mantener los castillos cubiertos y correctamente delimitados.
- Secar la madera apilada lentamente en condiciones controladas con precisión.
- Reducir al mínimo el tiempo entre la operación de apeo y la conversión de las trozas. Si no se puede evitar el almacenamiento de las trozas antes del aserrado, pulverizarlas con agua. Es altamente aconsejable mantener la máxima longitud posible de las trozas durante las operaciones de cosecha, transporte y almacenamiento, y tronzarlas en los largos requeridos por el proceso de transformación inmediatamente antes del aserrío.
- Si posible, seleccionar las trozas de mayor diámetro para la transformación, especialmente si la política de producto incluye productos de alto valor. Evitar las trozas que tienen defectos aparentes, como perforaciones por insectos, grano en espiral, y corazón descompuesto o descentrado.

Para el proceso de debobinado, además de las dos últimas reglas, es altamente recomendable que las trozas se sumerjan en agua caliente (60 a 65 °C) durante suficiente tiempo para que la sección interna de la madera (a alrededor de 50 mm del centro) alcance esa temperatura.

En este conjunto de reglas, no se realizó ninguna distinción entre las especies que deben ser aserradas mediante cortes tangenciales (como el **E. grandis**) y aquellas que normalmente son objeto de cortes radiales (como el **E. globulus ssp. globulus**). Esto es deliberado porque es posible utilizar el corte tangencial al **E. globulus ssp. globulus** juvenil de rápido crecimiento y procesar la madera obtenida en forma satisfactoria, siempre y cuando se apliquen controles suficientemente precisos hasta el final del

proceso de secado. Con el aserrado tangencial de esta especie, es probable que el rendimiento en madera aserrada sea significativamente superior y la expresión de tensiones de crecimiento en arqueaduras en vez de encorvadura representa una situación mucho más manejable. Aunque esta opción puede no corresponder a la práctica convencional con respecto al aserrado del **E. globulus ssp. globulus**, debe tenerse en cuenta que dicha práctica suele ser dictada por la urgencia de secar la madera en el período más corto posible, muchas veces sin tomar en cuenta la incidencia y gravedad de los defectos que ello puede causar. En realidad, el secado del Eucalyptus es un proceso que no admite apuro y en el que no se puede prescindir de alta precisión y control en sus condiciones de aplicación. Este enfoque alternativo reconoce que el secado sin efectos inducidos es un elemento crítico en la economía del aserrado.

Finalmente, debe advertirse que la técnica o la práctica de remover defectos de las tablas por aserrado al hilo (es decir, reducir el ancho de una tabla por aserrado longitudinal) y aserrado transversal debe abordarse con extremo cuidado. Es una operación costosa, que ocasiona pérdidas sustanciales. Salvo si la tabla tiene pocos defectos y la operación se realiza con alta eficiencia, existe una posibilidad real de que sus costos (a los cuales hay que añadir los costos totales de la tabla secada) excedan el valor del volumen muy reducido de producto obtenido. Es una creencia común que el proceso con valor agregado puede usarse fácilmente para superar dificultades de mercado. Puede ser así pero solamente en condiciones muy estrictamente controladas y previsibles.

Del conjunto de consideraciones anteriores, queda claro que la madera aserrada a partir de plantaciones sin raleo ni podar consistirá predominantemente de piezas pequeñas en sus diferentes dimensiones, con el tipo de defectos que fueron descritos previamente. Las chapas de debobinado se verán también afectadas por varios de estos defectos, en particular nudos, venas de quino y bolsas de resina, y se limitarán a calidades de tipo C o D. Sin embargo, aquellos defectos asociados con las tensiones de crecimiento y las dificultades de secado son probablemente más fáciles de manejar en este caso que en el de la madera aserrada debido a que el proceso de conversión a chapas insuere secciones más delgadas de material y permite un mejor alivio de las tensiones de crecimiento.

En estas circunstancias, ¿qué políticas de producto podrían resultar apropiadas, adicionalmente a la madera para pallets y la pequeña proporción de madera libre de nudos que se producen actualmente? Los productos para usos estructurales constituyen claramente una prioridad, si las condiciones de mercado son favorables. En el caso de la madera aserrada, esta aplicación no parece viable debido a las pequeñas secciones producidas (por ejemplo, la producción de columnas convencionales de 2" x 4" x 8' puede resultar impracticable). En cambio, el encolado de láminas en tableros machihembrados (*finger-jointed*), de quizás hasta 25 mm de espesor, representa una posibilidad de fabricación de un material estructural de ingeniería valioso para una amplia gama de aplicaciones. Sin embargo, debe tenerse presente que la laminación por encolado es un proceso oneroso debido a los costos del machihembrado y los pegamentos fenólicos requeridos. Además, para que este proceso sea rentable debe operarse con un mínimo de desperdicio, a la vez que su éxito es altamente dependiente del grado de diferenciación que reconoce el mercado entre las distintas calidades del producto

Cuando las exigencias del producto laminado por encolado incluyen una apariencia externa de alto estándar (por ejemplo, cantos sin nudos y caras expuestas), la madera seleccionada proveniente de plantaciones de Eucalyptus sin raleo ni podar quizás solo tenga una posibilidad marginal de ser económicamente aceptable para la fabricación de este producto. Pero, en los casos en que la apariencia externa no es relevante, la factibilidad de usar esta madera es mucho mayor

La producción limitada de pequeñas secciones de madera libre de nudos y de calidad puede significar que la política de producto sea compatible con la elaboración de un nuevo tipo de revestimiento para pisos: el parquet laminado pre-terminado. Se trata de un producto con un mercado potencial muy promisorio a nivel mundial. Su fabricación requiere de secciones delgadas, cortas y estrechas. Un panel convencional de este producto con un espesor de 14 mm sólo requiere un espesor de 4 mm para la capa externa de alta calidad. El centro o alma del producto tolera material de calidad significativamente más baja

Esta línea de producción puede no ser económicamente viable cuando, para la producción de las capas externas, se depende de tablas de baja calidad 'recortadas' La factibilidad descansa esencialmente en la obtención de un porcentaje suficiente de madera aserrada con, por ejemplo, no más de un defecto por tabla. Por otra parte, podría ser que la madera de **E. grandis** no tuviera la dureza requerida para la capa expuesta de este producto: pero el **E. globulus ssp. globulus** parece adecuado y tiene un color atractivo. El Eucalyptus 'colorado' puede también ser una fuente apropiada para la producción de las capas superficiales

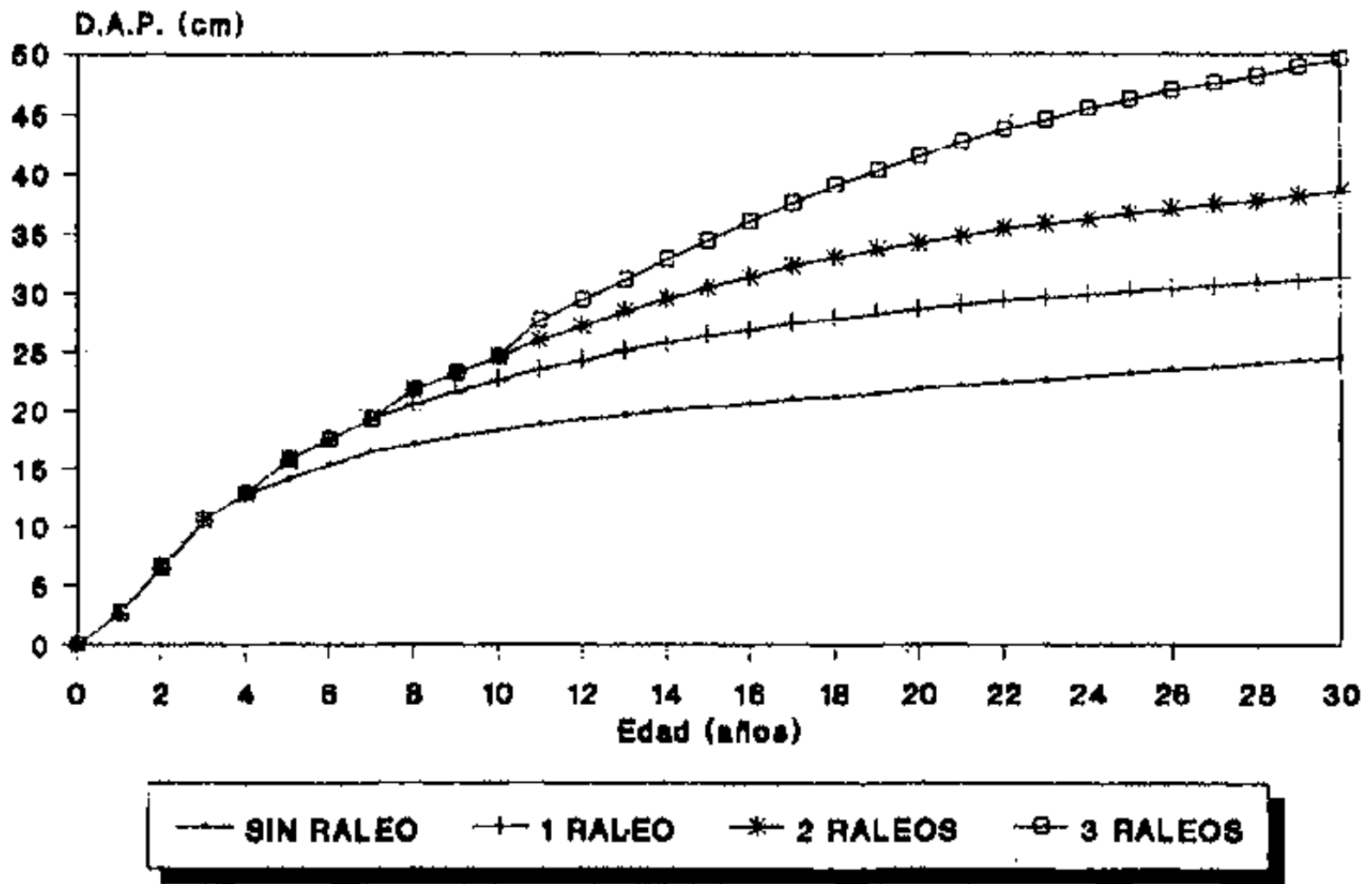
Con modificaciones menores en las técnicas de fabricación, es posible considerar una gama de productos laminados con amplios usos y demanda. A título de ejemplo, pueden mencionarse las tablas para mesas destinadas al mercado de muebles y los paneles pre-terminados para paredes En esta área, la innovación es la llave al éxito y la tecnología existe.

El diseño y la aplicación de reglas estrictas de clasificación permitiría probablemente también la selección de un rango de tablas de calidades inferiores para destinarlas a aplicaciones específicas, tales como componentes de muebles, paneles para paredes, etc. Nunca se insistirá demasiado sobre la importancia de cuidar el diseño de estas reglas si no se quiere incurrir en costos excesivos debido a los desperdicios.³⁸

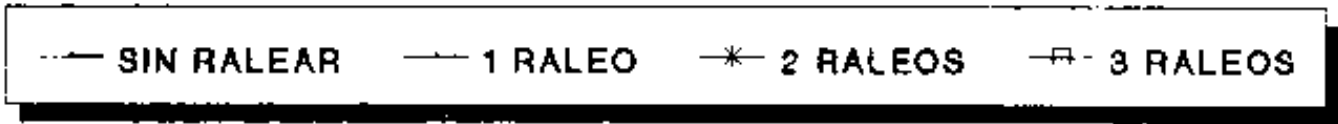
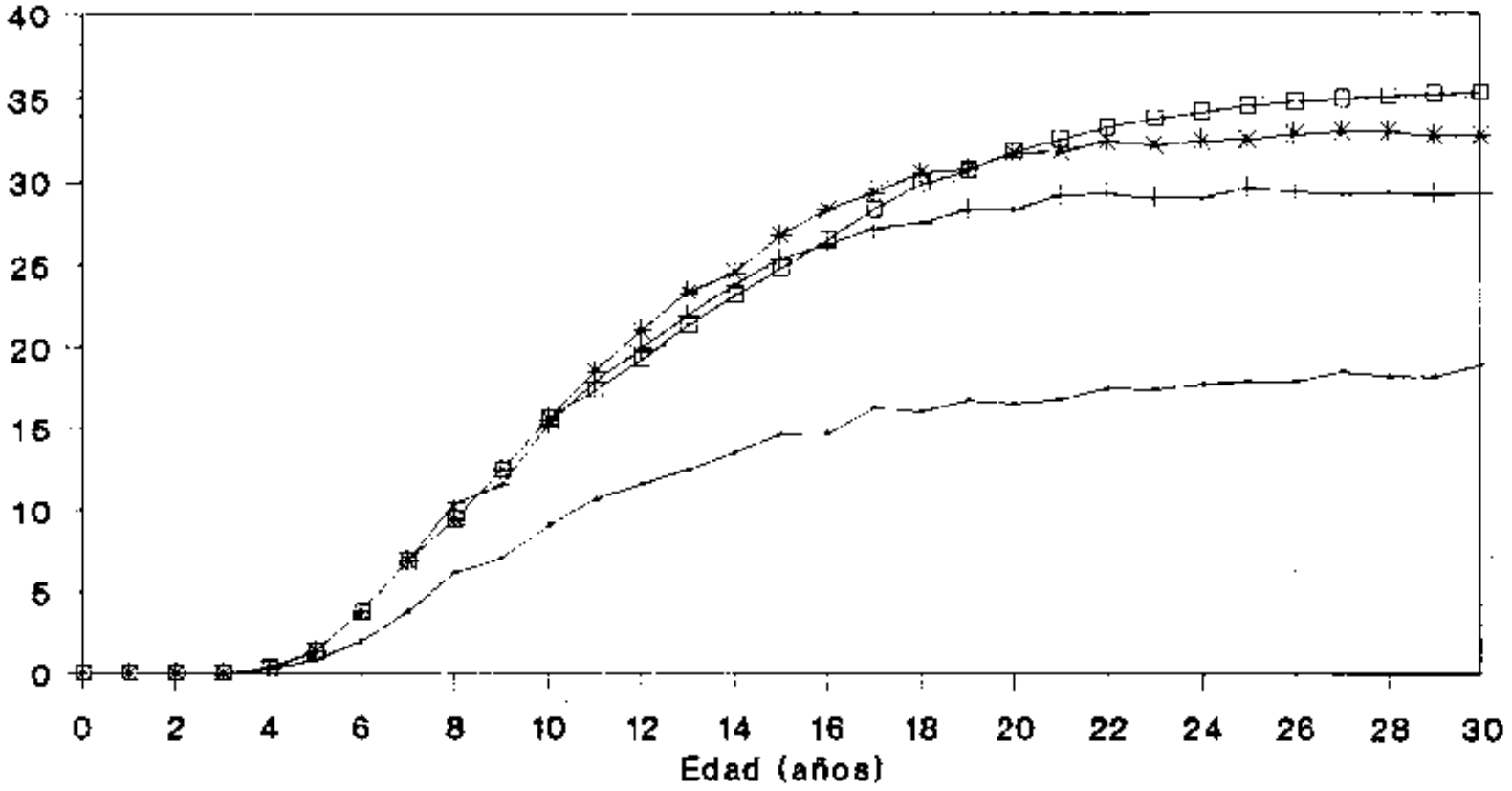
³⁸ Una reglas de clasificación preliminares, elaboradas a partir de la revisión de muestras en un aserradero local, se encuentran en el documento del PRAIF-II: E. Shield, op. cit., Anexo 10.

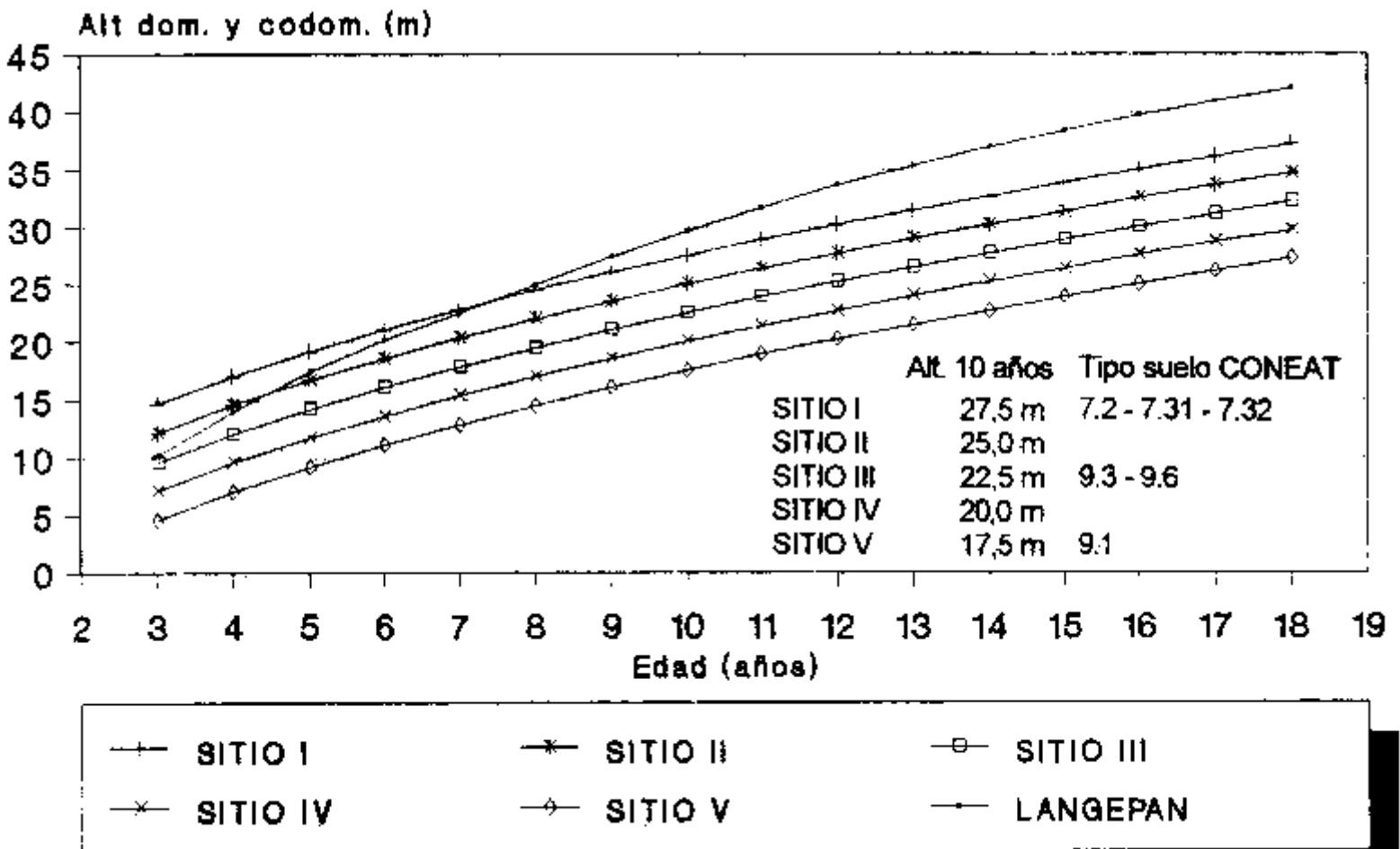
Se concluye del análisis desarrollado que, a pesar de ciertas desventajas atribuibles a imperfecciones y defectos inherentes, las plantaciones de Eucalyptus de rápido crecimiento tienen cierto potencial para la transformación y el procesamiento de su madera en productos de mayor valor que la madera para pallets. Este potencial se verá fuertemente acrecentado si se intensifican los regímenes de manejo silvicultural de las plantaciones mediante la poda y el raleo Pero, en cualquier caso, el desarrollo de este potencial de valorización de la madera implica la definición de políticas que reconozcan como punto de partido las imperfecciones y defectos inherentes de la materia prima

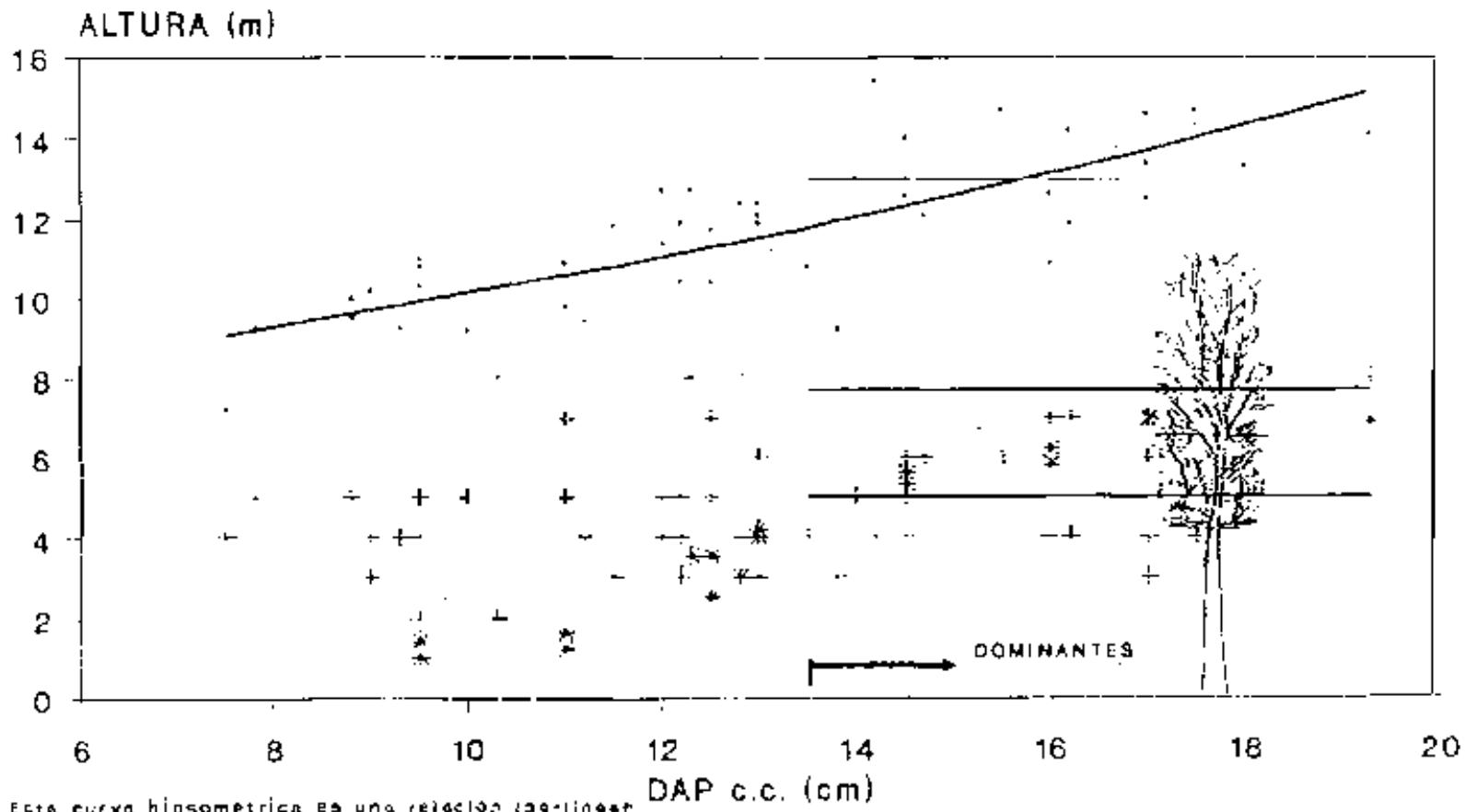




I.M.A. Trozas p/aserrío: (m³/ha/año)

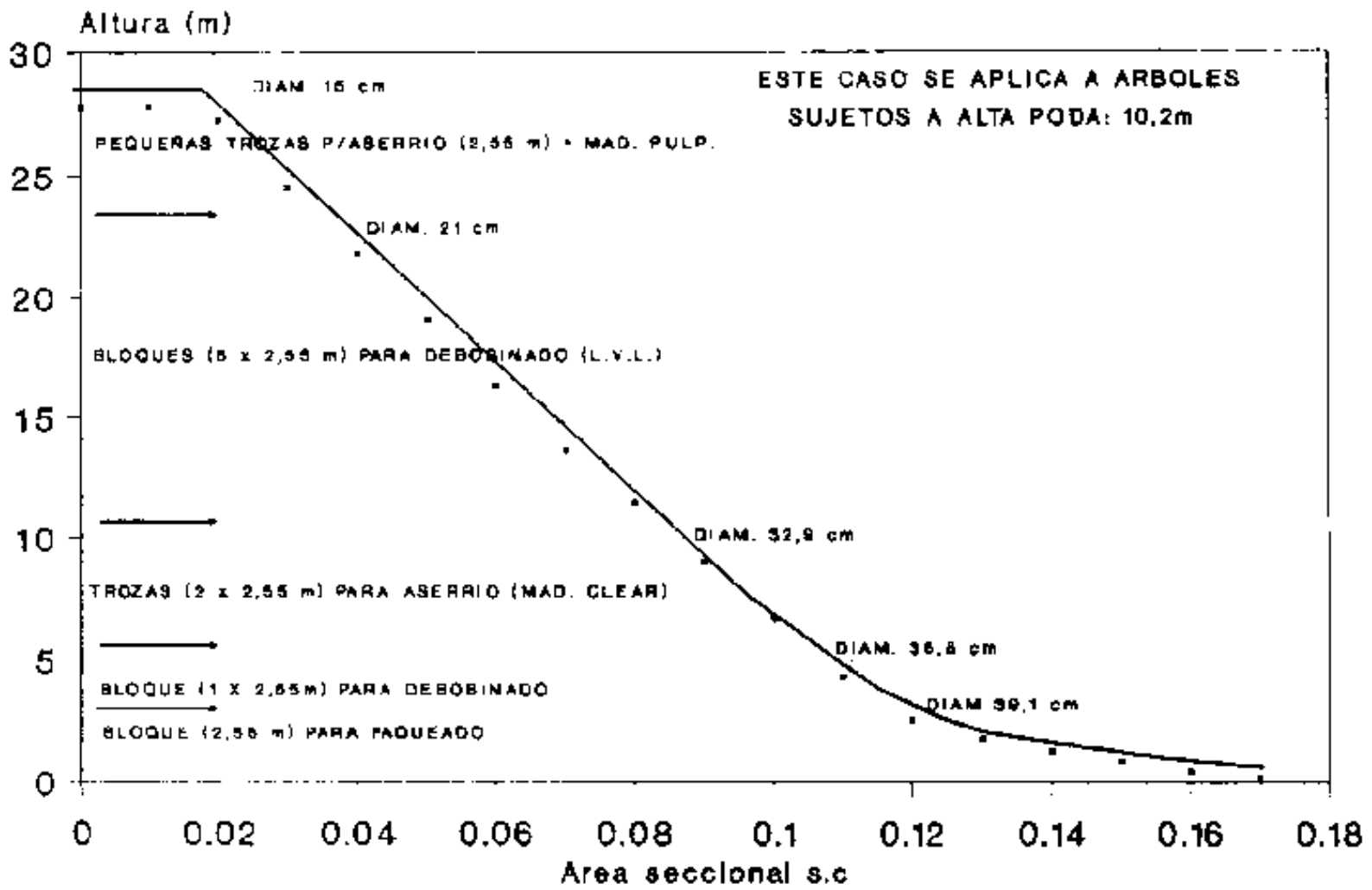






Esta curva hipsométrica es una relación log-lineal

· ALTURA TOTAL + ALTURA COPA VERDE * ALTURA 10 cm c.c.





3. Secado artificial del Eucalyptus

[3.1 Encastillado y manipulación previa al secado](#)

[3.2 Etapas del secado](#)

La madera aserrada no secada aún se exporta en un porcentaje importante a los principales polos compradores, como Europa, Estados Unidos y Japón. Sin embargo, la situación está cambiando con el tiempo y la demanda se orienta crecientemente hacia madera seca, con un contenido de humedad de entre 8 y 12%. Las nuevas normas de la Comunidad Europea, por ejemplo, prevén la prohibición en un futuro próximo de la entrada de madera aserrada verde a los países asociados³⁹

³⁹ Incluso, en el caso de la madera para *pallets* se anticipa que las exigencias de calidad llegarán a tal nivel que incluirán normas estrictas no sólo para sus dimensiones y resistencia mecánica sino también para su contenido de humedad. La idea es lograr un producto de larga duración y uso, reciclándolo a varios países antes de que sea convertido en un desecho.

En cuanto a los productos más elaborados, como muebles, molduras, paneles en base a listones, puertas, etc., su procesamiento requiere ineludiblemente trabajar con madera secada artificialmente a un contenido de humedad final del 8%. En este caso, las normas son estrictas en los mercados internacionales y no existe ninguna posibilidad de desarrollar este tipo de productos sin contar con secadores apropiados.

Si bien es posible secar la madera al aire, en forma natural, el secado artificial constituye la única alternativa para poder cumplir estrictamente con las exigencias de los mercados externos⁴⁰. La tendencia creciente de los precios a nivel mundial hace cada día más sostenible y justificable secar artificialmente la madera de especies que son refractarias al secado y deben secarse lentamente, tal como las del Eucalyptus.

⁴⁰ Sobre la importancia del secado, las técnicas de secado natural y artificial y los efectos de las características anatómicas y físicas de la madera en el proceso de secado, ver el documento del PRAIF-II: Misael Gutiérrez, Tecnología de secado de la madera, Dirección Forestal/OEA/FONADEP, Montevideo, febrero de 1995.

En Uruguay el secado artificial es todavía una actividad de escasa relevancia dentro del sector industrial maderero. La predominancia de pequeños y medianos aserraderos, el desarrollo restringido de los procesos de elaboración de productos madereros y la limitación del recurso forestal y de sus perspectivas hasta fines de la década pasada son los principales factores que explican esta situación. Indudablemente, las expectativas suscitadas por el actual proceso de forestación cambian el panorama presente y futuro con respecto a la actividad del secado en el país. Si la exportación representa el destino probable de una parte significativa de la producción maderera futura, bajo una u otra forma, será indispensable incorporar

un número importante de secadores y dominar la tecnología del secado. En 1996, se estima que la capacidad física de secado en el país alcanzará a 750 m³, distribuidos en 20 secadores de una capacidad individual comprendida entre 10 y 75 m³. Para entender la dinámica que, en términos de capacidad de secado, podría significar la intensificación de las actividades de aserrado y procesamiento de la madera de plantaciones en Uruguay, el ejemplo de Chile es significativo. La actual capacidad de secado de ese país es estimada en 14.000 m³, es decir 18 veces la de Uruguay, y esta capacidad deberá cuadruplicarse para el año 2000 para poder cumplir con las metas de exportación, tanto de maderas nativas como de pino radiata.

Hoy en día, en Uruguay, un número muy limitado de empresas aplica con cierto éxito las técnicas de secado para el **Pinus taeda y elliotii**, llevando un control estricto del contenido de humedad final y de las tensiones internas generadas durante el secado. En el caso del **E. grandis** la situación es poco conocida pero existe evidencia de que se desconoce la tecnología apropiada para esta especie, en particular las técnicas de vaporizado, reacondicionamiento y otras, el tipo de programa y criterios a aplicar, y la respuesta de la madera (pérdidas, desclasificación) frente a las exigencias.

En vista de que el Eucalyptus predomina en el actual proceso de forestación en el país y que la experiencia y fuentes de información a nivel mundial son mucho más escasas para este género que para el pino, la presente sección se centra en el secado del Eucalyptus. Es un hecho reconocido que la madera de Eucalyptus no sólo es lenta en secar sino que es susceptible a defectos inducidos durante el proceso de secado, más aún la madera juvenil. En otras palabras, si el secado no se conduce con un estricto respeto de los códigos de práctica se corre el riesgo de inducir un amplio rango de defectos, muchas veces de una intensidad considerable. Los típicos defectos generados en el secado, algunos de los cuales ya fueron mencionados en la sección anterior, incluyen: grietas superficiales o internas; rajaduras en los extremos causadas por el propio secado o por las tensiones de crecimiento; deformaciones varias como la encorvadura, arqueadura, torcedura y acanaladura; colapso; nudos sueltos o agrietados; deformaciones localizadas en zonas cercanas a los nudos; cambio de color y exudación de resina; y localización de zonas húmedas⁴¹ En estas condiciones, no es de sorprenderse que la madera aserrada no puede secarse calentándola simplemente para remover la humedad. El secado es tanto un arte como una ciencia y requiere el mayor cuidado en cada etapa del proceso. El proceso no es de bajo costo y, como se aplica a madera de calidad, si no se lleva a cabo en forma adecuada se corre el riesgo de echar a perder madera aserrada valiosa.

⁴¹ Una descripción de estos defectos, con referencias al Eucalyptus, se encuentran en *op. cit.*

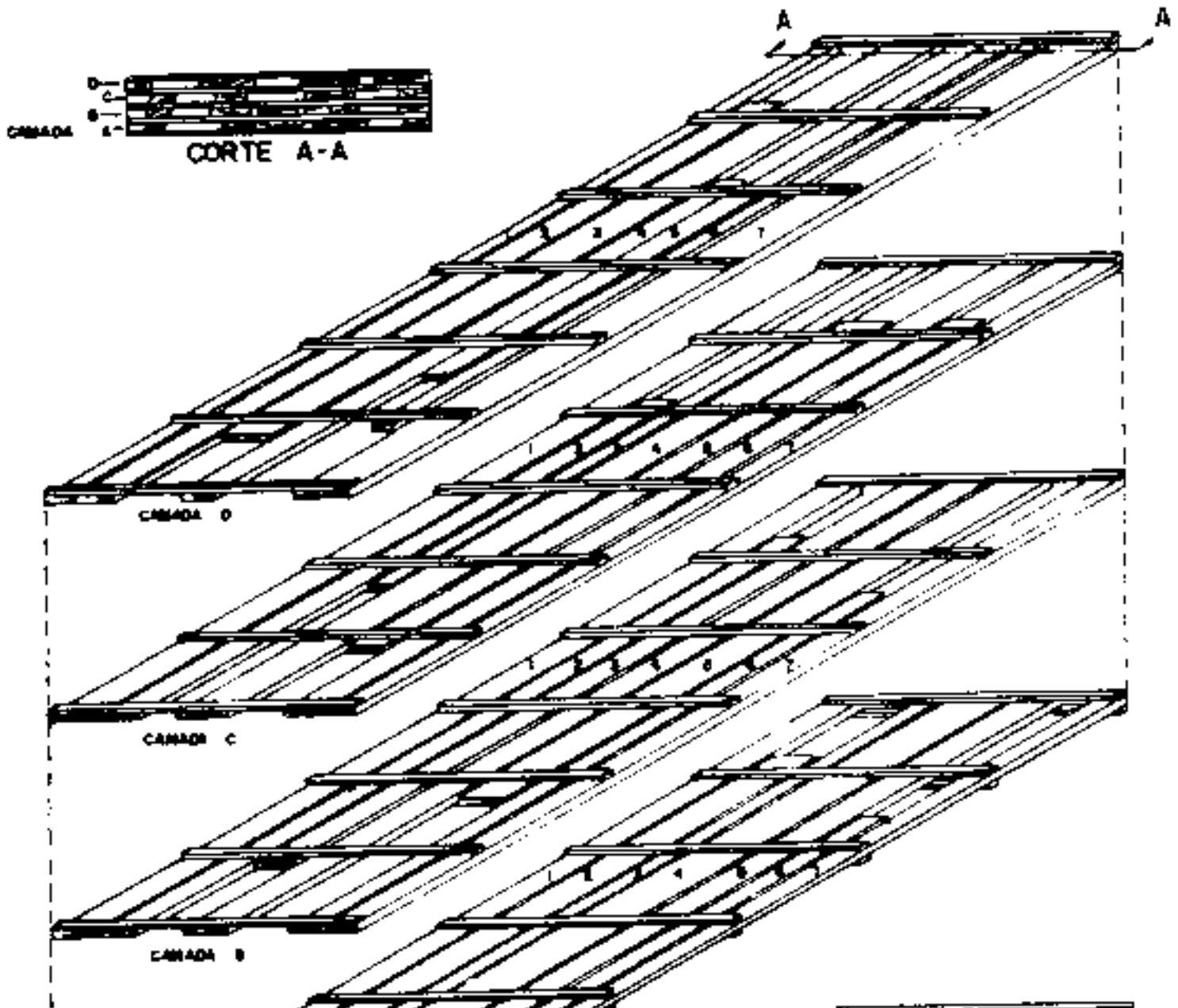
Los lineamientos que se presentan a continuación se refieren al secado artificial de madera de rebrotes y plantaciones de Eucalyptus, aserrada tangencialmente como fuera recomendado en la sección anterior. Estos lineamientos fueron desarrollados para varias especies de este género, incluyendo algunas aún más refractarias al secado que el **E. grandis**. Por lo tanto, el programa puede resultar conservador para esta última especie. Sin embargo, debe señalarse que los lineamientos apuntan a un secado sin ningún defecto inducido tal como se requiere para que la madera califique para usos "a la vista" (comúnmente denominada en los mercados internacionales "*appearance grade lumber*"). Aun con el **E. grandis**, este objetivo es difícil de lograr si no se adoptan programas conservadores. Una estrategia prudente consistiría entonces en adoptar los mismos lineamientos para esta especie en una primera instancia y modificarlos con cautela una vez acumulada cierta experiencia. Por otra parte, como el objetivo de no inducir ningún defecto podría resultar incompatible con la opción de un pre-secado al aire, esta última técnica no ha sido contemplada en el programa de secado propuesto, lo que explica que los tiempos de

residencia de la madera en los secadores sean considerables.

3.1 Encastillado y manipulación previa al secado

Una buena parte de la degradación y desperdicio de madera que se produce en el proceso de secado se debe a menudo al apilamiento inadecuado de las tablas aserradas. Por lo tanto, es esencial respetar ciertas reglas para apilar o 'encastillar' la madera. Es de la mayor importancia utilizar la técnica del encastillado plano, en la que las tablas se apilan en bloques formando ángulos rectos, con separadores entre las camadas o corridas de madera, como se observa en la Gráfica II.9. Se recomienda un ancho de 1,2 m para los castillos y un espesor de 15 mm para los separadores, con una distancia de 0,6 m entre cada uno. Conviene engrasar los extremos de las tablas para evitar las rajaduras y utilizar madera seca y cepillada para los soportes del castillo. Los castillos deberían ser protegidos del sol, viento y lluvia antes de entrar a la cámara de vaporizado.

Gráfica II.9 - Encastillado plano "en bloque"





Fuente: Consultores PRAIF-II.

El ancho de los separadores depende de la especie de Eucalyptus. Con especies menos densas, como el **E. grandis**, separadores muy estrechos pueden provocar muescas en la superficie de la madera apilada, en particular cuando se usan bloques de concreto encima del castillo para limitar el arqueado de las tablas. Este defecto no puede ser eliminado con el reacondicionamiento y tendrá por lo tanto un impacto sobre la calidad y el precio de la madera secada.

A menudo, los secadores modernos son de doble vía permitiendo que dos pilas de madera estén colocadas al lado la una de la otra en la cámara. Esta técnica hace más importante aún la adopción de altos estándares de encastillado para poder asegurar la libre circulación del aire en la cámara.

Los siguientes puntos son claves para el posterior éxito del secado. Aunque sencillos, muchas veces no están incorporados en la práctica del secado observada en empresas madereras del país:

- Apilar únicamente aquellas tablas cuya calidad permitirá obtener un producto secado vendible.
- Para la mayor parte de las especies de Eucalyptus, encastillar solamente tablas que han sido aserradas en sus cuatro cantos; las tensiones de crecimiento del Eucalyptus son generalmente demasiado severas para que tablas sin cantear se sequen sin rajar o distorcionar.
- Utilizar un marco o estructura para el encastillado que tenga las dimensiones exactas del castillo.
- Preparar los castillos sobre una base firme con soportes que aseguren que la primera camada de tablas se mantenga perfectamente horizontal.
- Cuidar que la primera y última camada esté compuesta de tablas del largo total del castillo.
- Después de colocar cada camada de tablas, asegurar que los separadores estén alineados verticalmente con respecto a los soportes en la base del castillo.
- Alinear verticalmente las tablas que se colocan en los bordes del castillo (adelante y atrás); si posible, utilizar tablas de igual largo que el castillo para este fin.
- Alinear verticalmente el castillo en sus dos extremos laterales; para ello, colocar las tablas de largo inferior al del castillo en cada extremo, alternativamente.
- Apilar únicamente tablas de una especie y un espesor por castillo y, de preferencia, de un solo ancho.
- Utilizar madera de espesor uniforme para los separadores y soportes, de preferencia secada

y cepillada.

- Aplicar cintas de fibra de vidrio (reciclable) en ambos extremos del castillo para asegurar que el mismo no se desordene durante su manipulación.

3.2 Etapas del secado

3.2.1 Vaporizado

Este proceso debe llevarse a cabo lo más rápidamente posible después del encastillado para evitar la formación de grietas superficiales. El vaporizado tiene como fin: (i) asegurar la continuidad del movimiento del agua del centro hacia la superficie de las tablas por capilaridad, (ii) aumentar la permeabilidad de la madera, (iii) incrementar la temperatura en el centro de las tablas y (iv) reducir el tiempo total del secado hasta un 20%.

Este tratamiento no debería durar más de dos horas a 82° C, excluyendo el tiempo requerido para que la cámara alcance la temperatura operativa. No debe usarse vapor de alta presión y, por lo tanto, en instalaciones que cuentan con líneas de vapor de alta presión debe preverse un reductor de presión. El vapor debe ser totalmente saturado (100% de humedad) para evitar las grietas superficiales. La aparición de más de un mínimo de grietas superficiales después del vaporizado, sin que fuera una condición preexistente, significa que la especie es probablemente inadecuada para este proceso y que el mismo no debería ser aplicado.

Cuando se termina esta etapa, la carga debe ser transferida directamente a la cámara de secado que habrá sido precalentada y llevada a la humedad relativa requerida.

3.2.2 Primera etapa del secado en cámara

Un secado exitoso en la cámara puede definirse como un proceso en el cual se reduce el contenido de humedad de la madera hasta el punto deseado con un nivel aceptable de defectos inducidos. Cual es el nivel aceptable de defectos inducidos depende del uso al que se destina la madera aserrada: cuando el aspecto visual es determinante (*appearance grade*) el nivel aceptable de defectos es muy bajo, mientras que en usos estructurales es mayor. Una buena conducción del secado de la madera para usos "a la vista" debería tener como objetivo no inducir ningún defecto.

El ritmo al cual la madera puede secarse con un nivel aceptable de defectos inducidos depende no sólo de las condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire que se apliquen sino también de las propiedades de cada especie, es decir la anatomía de la madera, su densidad, porosidad y tasa de contracción. Para las maderas duras (latifoliadas), los programas de secado más exitosos son los que involucran bajas velocidades del aire, bajas temperaturas del bulbo seco y pequeñas diferencias psicrométricas en las etapas iniciales del proceso (en fuerte contraste con el caso de la madera de pino de plantaciones)⁴². Cuando la madera pierde humedad, se vuelve posible incrementar las temperaturas del bulbo seco y reducir la humedad relativa en la cámara. Los puntos de cambio, es decir los niveles de contenido de humedad de la madera a los que se modifican estas condiciones, variarán según el espesor y la especie de la madera.

⁴² Para controlar la temperatura y humedad relativa del secador se utiliza un psicrómetro, aparato compuesto por un termómetro de "bulbo seco" expuesto directamente al aire y otro

de "bulbo húmedo", manteniéndose este último cubierto con un paño cuya extremidad está sumergida en un depósito de agua. La diferencia de temperatura entre los dos bulbos se denomina "diferencia psicrométrica", la cual, junto con la temperatura del bulbo seco, determinan la humedad relativa y el contenido de humedad de equilibrio. Al respecto, ver el documento del PRAIF-II: M. Gutiérrez, *op. cit.*, pp. 15-18.

En función de las observaciones anteriores, es fácil de entender que los controles en la cámara de secado deben ser extremadamente precisos, en particular para los sensores de bulbo húmedo y seco y las unidades de PLC y requieren de chequeos de rutina para asegurar su correcto funcionamiento. Los ventiladores deben estar en buen estado de operación y deben ser invertidos cada hora. La velocidad del aire barriendo las tablas no debería exceder 0.5 m por segundo. Para impedir otros flujos de aire que los que "barren" la superficie de las tablas, se colocan **baffles** encima y en ambos costados del castillo y se fijan tablas longitudinales en los extremos de los soportes.

Para la primera etapa del secado en cámara, se recomienda seguir el programa mencionado como tal en el Cuadro II.7. Las condiciones indicadas en la última línea de la primera etapa de secado se mantienen hasta que la muestra mas seca en la cámara alcance un contenido de humedad de 15%. Durante toda la duración del programa debe supervisarse muy de cerca la posible formación de grietas superficiales en la carga, en cuyo caso debe incrementarse inmediatamente la humedad relativa.

3.2.3 Igualado

Con frecuencia, no se logra un mismo contenido de humedad en todas las tablas de una carga. Estas variaciones pueden causar serias dificultades durante el almacenamiento, elaboración o uso de la madera secada. Además, no puede aliviarse satisfactoriamente las tensiones internas de una carga si el contenido de humedad varía demasiado de una tabla a otra. Para evitar variaciones excesivas en el contenido de humedad se utiliza la técnica del igualado, que en el caso del Eucalyptus consiste en establecer las siguientes condiciones en la cámara y mantenerlas hasta que la tabla más húmeda alcance un contenido de humedad de 18%:

Una vez lograda esta condición, se retira la carga de la cámara dejando que se enfrie bajo techo. Es posible realizar la etapa de igualado fuera de la cámara de secado, bajo techo, en cuyo caso el proceso requerirá varias semanas.

3.2.4 Reacondicionamiento

El reacondicionamiento tiene como propósito aliviar las tensiones que se desarrollan durante la primera etapa de secado y revertir cualquier colapso causado por esta etapa de secado. La técnica consiste en efectuar un nuevo vaporizado, que tiene lugar en la misma cámara utilizada para el primero y con el mismo tipo de vapor. Esta etapa tarda entre cinco y ocho horas, dependiendo de la especie. No debe reacondicionarse, bajo ninguna circunstancia, madera con un contenido de humedad que exceda 20% en su punto más húmedo. Durante el proceso de reacondicionamiento, el contenido de humedad de las tablas aumenta hasta alrededor de 23%.

Cuadro II.7 - Programa de secado para tablas de Eucalyptus de 25 mm

CONTENIDO DE HUMEDAD	TEMPERATURA (° C)	DIFERENCIA PSICROMÉTRICA	HUMEDAD RELATIVA
----------------------	-------------------	--------------------------	------------------

3. Secado artificial del Eucalyptus

(%) *	BULBO SECO	BULBO HUMEDO	(° C)	(%)
Primera etapa del secado en cámara				
115	26.00	25.00	1.00	92
110	26.00	25.00	1.00	92
105	26.50	25.25	1.25	90
100	26.50	25.25	1.25	90
95	27.00	25.50	1.50	89
90	27.00	25.50	1.50	89
85	27.50	26.00	1.50	89
80	28.00	26.50	1.50	89
75	28.50	26.75	1 75	88
70	29.00	27.25	1.75	88
65	29.00	27.75	1 75	88
60	29.50	27.50	2.00	85
55	30.00	28.00	2.00	85
50	30.00	28.00	2.00	85
45	30.50	28.50	2.50	83
40	30.50	28.50	2.50	83
35	31.00	28.00	3.00	80
30	31.50	28.00	3.50	77
25	32.00	28.00	4.00	74
20	32.50	28.00	4.50	72
Igualado				
15**	32.50	30.50	2.00	86
Segunda secado en cámara				
23	43.50	37.75	5.75	65
18	46.00	3775	8.25	57
13	49.00	3775	11.25	49
Igualado y acondicionamiento				
8	49.00	39.00	2.00	53

* Esta columna representa el contenido de humedad promedio de la parte más húmeda de la tabla más húmeda (excepto en el caso del igualado, ver **). La parte más húmeda de la tabla debe colocarse abajo de los separadores.

** Corresponde al contenido de humedad de la muestra más seca de la carga.

Fuente: PRAIF-II

3.2.5 Segunda etapa del secado en cámara

La carga ingresa nuevamente al secador y se sigue el programa indicado para esta segunda etapa en el Cuadro II.8, ya mencionado. Las condiciones indicadas en la última línea de este programa se mantienen hasta que la muestra más seca de la carga alcance un contenido de humedad de 8%

El operador de la cámara debe vigilar constantemente el proceso de secado en sus dos etapas, no sólo para monitorear los instrumentos sino también para determinar con regularidad el contenido de humedad en las muestras, independientemente de la información que proporcionen los Instrumentos. Para ello, el operador deberá respetar los dos siguientes principios:

- ubicar un número suficiente de tablas como muestras de cada lado de los castillos para poder tener una clara visión tanto de las condiciones promedio del contenido de humedad como de las variaciones de este promedio; y
- ajustar las condiciones de la cámara cuando la madera se acerca al nivel final de humedad, para impedir que el material más seco siga secándose. Esto se consigue incrementando la humedad relativa, con lo cual las tablas más húmedas seguirán perdiendo humedad aunque a un ritmo más lento.

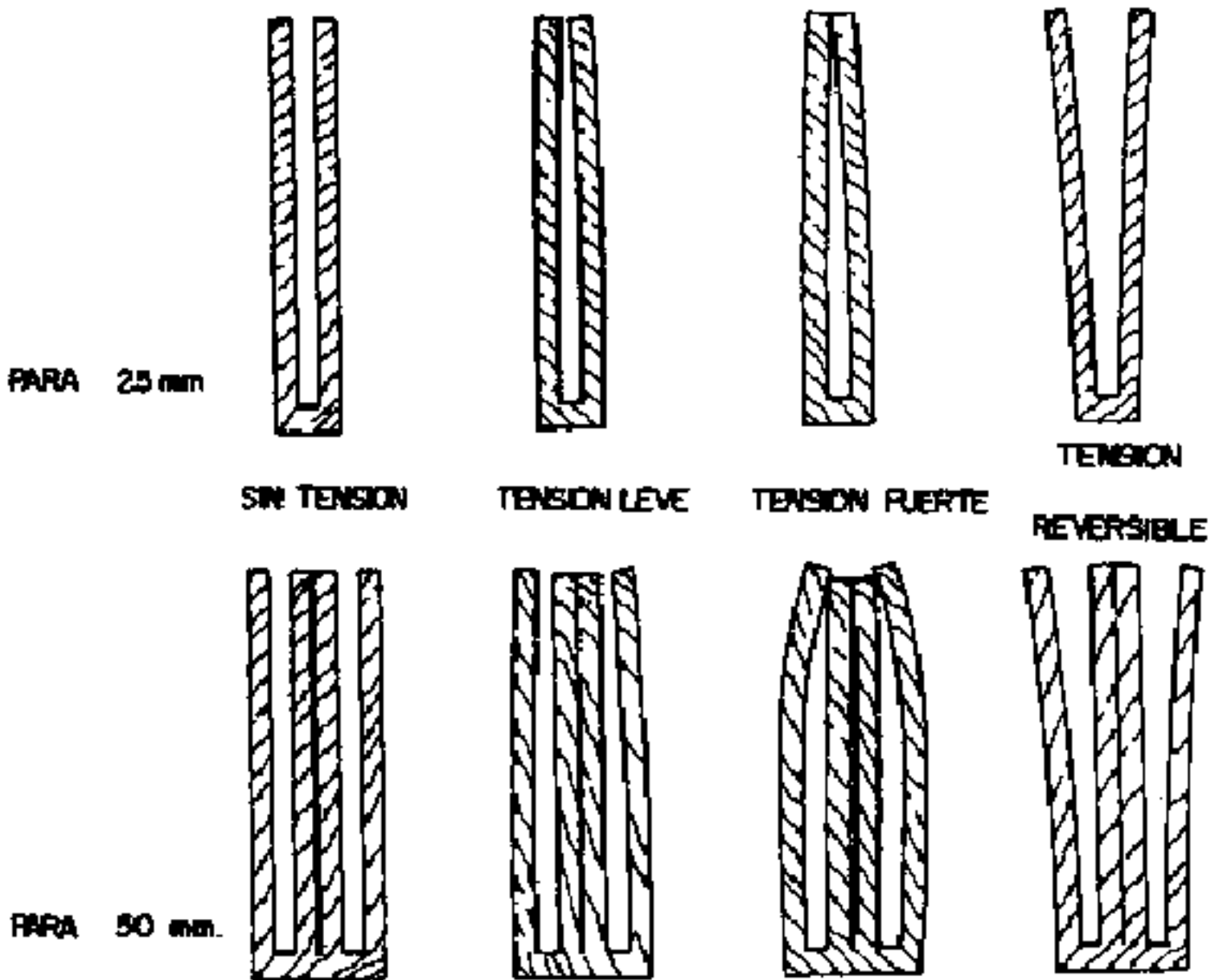
Para poder cumplir adecuadamente con su tarea, el operador deberá disponer de: (i) una buena balanza (electrónica) para determinar las masas, (ii) un horno de micro-ondas para el rápido secado de muestras a un contenido de humedad de 0% y (iii) instrumentos apropiados para cortar muestras, en particular para la detección de tensiones

3.2.6 Igualado y acondicionamiento final

Se ejerce nuevamente la técnica del igualado, preferentemente en la cámara de secado, bajo las condiciones indicadas en el Cuadro II.8 para esta etapa. Deben mantenerse estas condiciones hasta que la muestra más húmeda alcance un contenido de humedad de 10%. En ese momento, la diferencia psicrométrica debería ser reducida a 3° C. Con una temperatura sin alterar de 49° C para el bulbo seco, esto significa una humedad relativa de 85%.

Esta etapa tiene por objeto aliviar tensiones finales en las tablas y debe proseguir hasta que las pruebas realizadas en las muestras indiquen el alivio completo. Estas pruebas se realizan mediante "probetas tenedores", ilustradas en la Gráfica II.10

Gráfica II.10 - Detección de tensiones

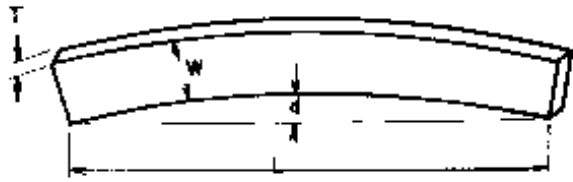


Fuente: PRAIF-II.

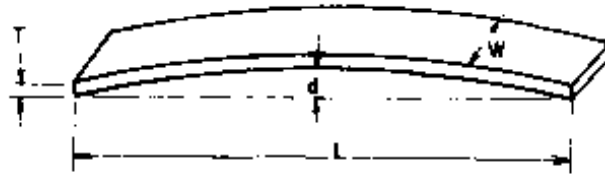
Al finalizar la operación de acondicionamiento final se retira la carga de la cámara y se guarda la misma bajo techo durante por lo menos 48 horas para permitir su enfriamiento. Bajo ninguna circunstancia debe permitirse que la madera secada se humedezca.

Normalmente, el nivel final de secado es determinado por las especificaciones del comprador y puede variar significativamente de uno a otro comprador, especialmente en los mercados externos. La relación entre el contenido de humedad especificado y el contenido de humedad de equilibrio del ambiente local es muy relevante. Si las condiciones del ambiente (bajo techo) son tales que la madera tenderá a un contenido de humedad muy superior al especificado por el comprador, es probable que el almacenamiento o posterior procesamiento de la madera tenga que llevarse a cabo en un edificio cerrado con controles de humedad. Alternativamente, deberá empacarse inmediatamente la madera con plástico. Esta práctica ha sido esencial para la producción chilena de componentes de muebles de **Pinus Radiata** destinado al mercado norteamericano. Como el contenido de humedad de equilibrio promedio en Uruguay oscila entre 15 y 18%, una práctica similar es probablemente necesaria.

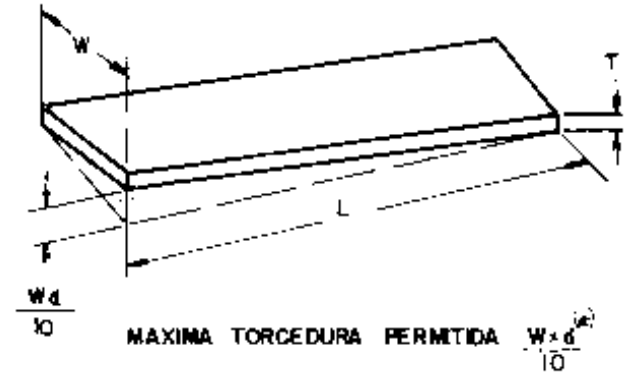




ENCORVADURA - $d^{1/2}$



ARQUEADURA - $d^{1/2}$



MAXIMA TORCEDURA PERMITIDA $\frac{W \cdot d^{3/2}}{10}$



4. Normas técnicas nacionales para los productos madereros

[4.1 Introducción](#)

[4.2 Primeros pasos para el establecimiento de normas para la madera estructural](#)

[4.3 Normas técnicas para madera no estructural](#)

[4.4 Otros tipos de normas técnicas](#)

[4.5 Conclusiones](#)

4.1 Introducción

A medida que el sector manufacturero de productos madereros se desarrolle en Uruguay en respuesta a la creciente disponibilidad de madera rolliza, se volverá cada vez más importante que sus productos sean reconocidos como confiables, en el sentido de que tengan características físicas y mecánicas sobre las que todos los involucrados puedan contar.

Una racionalización de las formas de especificar y evaluar la calidad de los productos madereros otorga cierta protección al consumidor, que tradicionalmente carece de medios para determinar los méritos de lo aseverado por los fabricantes o sus distribuidores. Desde el punto de vista de los industriales, una producción ordenada que cumpla con una norma de calidad reconocida limita las perspectivas comerciales de competidores menos escrupulosos así como la posibilidad de reclamos por parte de clientes insatisfechos.

La mayoría de los países reconocen ahora formalmente normas técnicas para prácticamente todos los productos de la madera, y la mayoría de los productores y principales consumidores reconocen lo beneficioso de esta situación. En el caso de Uruguay, el mercado local para productos madereros es muy pequeño, reflejando una preferencia fuertemente establecida por el uso de productos de hormigón y otros materiales de construcción en la gran mayoría de edificios. En este campo, la necesidad de normas técnicas para la madera es probablemente mayor aún pues debe servir de instrumento para socavar una tradición fuertemente arraigada. Esto es deseable (i) en el interés de la conservación de energía y de alguna limitación a la liberación a la atmósfera de gases propios del "efecto invernadero" así como (ii) porque un mercado doméstico ampliado llevará al aumento de la producción de productos de madera mas amigables" al medioambiente.

Actualmente, en Uruguay, las normas técnicas son limitadas en número y alcance, y se refieren principalmente a nomenclaturas, definiciones (glosarios) y metodología para pruebas Mientras que éstas son incuestionablemente necesarias como requisito básico, no llegan a fomentar confianza en la

utilización de productos madereros ni a guiar a los productores en la fabricación de productos con normas apropiadas en términos físicos y de calidad. Elevar el nivel de estas normas para que contribuyan a proteger al consumidor e imponer niveles de calidad a los fabricantes implica un trabajo substancial. En este subcapítulo se identifica el alcance del trabajo a realizar y se indica cómo la experiencia australiana puede servir de ayuda.

En efecto, Australia ha desarrollado una lista muy extensa de normas técnicas para la madera, en particular para su uso como material de construcción⁴³. En ese país, la madera aserrada y compensada constituye materias primas extremadamente importantes para la construcción en particular de viviendas. En esta actividad es necesario asegurar dos importantes resultados: (i) economía en la construcción (es decir, utilización de una cantidad mínima de materiales en un sistema de construcción que a su vez minimice la demanda de otros insumos (como la mano de obra) y (ii) garantía para los consumidores de que el producto que adquieren (por ejemplo, una casa) es estructuralmente correcto, durable y con bajas exigencias de mantenimiento.

⁴³ Por razones de espacio, la lista de las normas australianas y las normas que se mencionan a continuación no pudieron anexarse al presente documento. No obstante, copias de las mismas están disponibles para consulta y/o fotocopia en la biblioteca de la Dirección Forestal del MGAP. También se encuentran en el banco de datos sobre normas del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU).

El proyecto de vivienda de bajo costo desarrollado en Uruguay por la "Overseas Project Corporation de Victoria" (Australia) en 1993 y 1994 demostró que la provisión de un mejor estándar de protección básica al sector carenciado de la sociedad podría lograrse de manera económica con la adopción de nuevos métodos de construcción basados en productos de la madera. Más aún ha sido sugerido que, para otros tipos de construcciones - casas o edificios comerciales e industriales - se podría recurrir a estructuras de madera para los techos para lograr una mayor economía con respecto al uso tradicional de hormigón. La economía se deriva de dos componentes: (i) el costo de los materiales y otros insumos empleados en la construcción del techo y (ii) el hecho de poder prescindir de la construcción de los cimientos masivos requeridos para sostener un techo de hormigón.

La vivienda de bajo costo y las estructuras de techos para una gama mayor de edificaciones deberían ser consideradas por los aserraderos de Uruguay como una oportunidad extraordinaria del mercado interno para la colocación de madera estructural. Para facilitar el desarrollo de este mercado será probablemente imperativo contar con normas apropiadas para la madera estructural.

4.2 Primeros pasos para el establecimiento de normas para la madera estructural

A continuación, se presupone que la madera para uso estructural será secada, preferentemente a través de un proceso que incluya el secado en cámara, hasta lograr un contenido de humedad de equilibrio que sea apropiado al tipo de aplicación deseada y en cualquier circunstancia, no mayor a 18%. Este supuesto se basa en la opinión de que la madera estructural aserrada verde proveniente de plantaciones de rápido crecimiento - dadas sus bajas propiedades de resistencia y rigidez - no logrará fomentar y mantener un nivel de demanda aceptable.

No todo el trabajo requerido para el establecimiento de un sistema de normalización cae dentro del espectro de competencias de una institución responsable de las normas nacionales. En particular la especificación detallada de las propiedades físicas y mecánicas releva de la investigación científica antes que del desarrollo y promulgación de normas, si bien lo último depende fundamentalmente de lo primero. Por lo tanto en Uruguay como en Australia diversas instituciones están involucradas en esta tarea.

El primer paso en el diseño de un sistema de normalización consiste en establecer una norma para la nomenclatura de las diferentes especies y, eventualmente híbridos que se plantan en Uruguay. Desde 1989, el número de especies plantadas ha aumentado en forma significativa, particularmente en el género *Eucalyptus*. En algunos casos, será necesario diferenciar entre subespecies, tal como con el ***E. globulus ssp. globulus*** y el ***E. globulus ssp. maidenii*** ampliamente aceptadas hoy como subespecies con propiedades distintas.

En segundo lugar, con procedimientos normatizados de prueba (preferentemente aquellos con el más alto grado de aceptación/difusión internacional e incuestionablemente basados en el sistema métrico decimal) deben establecerse y publicarse las propiedades físicas y mecánicas estándares para cada especie y subespecie, basadas en muestras pequeñas de madera. Para esto será imperativo que: (i) la edad de los árboles de donde se han obtenido las muestras sea conocida e indicada y (ii) se establezca un protocolo de muestreo resultante de una investigación cuidadosa. Estos imperativos se derivan del hecho de que, en el caso de cosechas de árboles de plantación (i) casi todas las propiedades mecánicas y físicas mejoran con la edad antes de estabilizarse y (ii) en árboles de plantación relativamente jóvenes hay una variación adicional significativa dentro de la misma especie atribuible a su origen genético, condiciones locales, etc.. Con respecto a la edad quizás sea necesario publicar dos juegos de datos de propiedades físicas y mecánicas, una basada en madera joven, como la producida en los raleos, y la otra basada en madera de talado de árboles de 20 años y más de edad. Una lista razonablemente amplia de las propiedades físicas y mecánicas esenciales para una comprensión cabal de las propiedades estructurales de la madera de una determinada especie a una edad dada incluye:

- las densidades en verde, básica y en seco (secado al aire, 12% de contenido de humedad);
- los porcentajes de contracción radial y tangencial, preferiblemente con valores de movimiento (es decir el porcentaje de cambio en las dimensiones radiales y tangenciales por cada 1% de cambio en el contenido de humedad en el rango de 12% a 20% de contenido de humedad) y una indicación de la susceptibilidad de la especie al colapso de la fibra (contracción anormal cuando los contenidos de humedad están por encima del punto de saturación de la fibra);
- las propiedades de flexión estática (carga de punto medio) de: (i) la tensión en el límite de proporcionalidad, (ii) el módulo de rotura y (iii) el módulo de elasticidad;
- las propiedades de compresión paralela a la fibra de: (i) la tensión en el límite de proporcionalidad, (ii) la resistencia máxima al aplastamiento y (iii) el módulo de elasticidad;
- la resistencia máxima al esfuerzo cortante tanto en el plano radial como tangencial;
- las propiedades de tenacidad al impacto (para los planos radial y tangencial) y el valor Izod (también para los planos radial y tangencial);
- la resistencia a la carga de raja (en los planos radial y tangencial);

- el valor Janka de dureza para el grano terminal (testa) y para los planos radial y tangencial;
- las propiedades de torsión de: (i) la tensión en el límite de la proporcionalidad, (ii) la tensión máxima de torsión y (iii) el módulo de rigidez.

En tercer lugar, utilizando algunos de los datos obtenidos en estas pruebas, se asignara un grupo de resistencia a la madera secada sobre la base de los valores mínimos indicados en el Cuadro II.8

Cuadro II.8 - Grupos de resistencia para madera secada

	SD 1	SD 2	SD 3	SD 4	SD 5	SD 6	SD 7	SD 8
MÓDULO DE RUPTURA (en mega Pascal)	150	130	110	94	78	65	55	45
MÓDULO DE ELASTICIDAD (en giga Pascal)	21,5	18,5	16,0	14,0	12,5	10,5	9,1	7,9
RESISTENCIA MAX. AL APLASTAMIENTO (en mega Pascal)	80	70	61	54	47	41	36	30

Fuente: Consultores PRAIF-II

A manera de ejemplo del agrupamiento para especies presentes en el Uruguay, la práctica australiana incluye los siguientes grupos:

E. globulus ssp. globulus (monte indígena)	SD 1
E. grandis (monte indígena)	SD 2
E. camaldulensis (monte indígena)	SD 5
E. viminalis (monte indígena)	SD 4
E. saligna (monte indígena)	SD 3
E. nitens (monte indígena)	SD 4
Pinus radiata (de plantación)	SD 6
Pinus elliottii var. elliottii (de plantación)	SD 5
Pinus taeda (de plantación)	SD 6
Pinus caribaea var. hondurensis (de plantación)	SD 6

La norma australiana AS 2878 Maderas-Clasificación en grupos de resistencia contiene un listado más amplio⁴⁴

⁴⁴ Ver nota de pie anterior

Al ubicar una especie en un grupo de resistencia, será frecuente que las tres propiedades consideradas para cada especie (módulo de ruptura, módulo de elasticidad y resistencia máxima al aplastamiento) no caigan dentro del mismo grupo. En este caso se aplicarán las siguientes "reglas":

- Si la agrupación más baja se refiere a módulos de rotura, entonces el grupo de especie general puede ser elevado un escalón por encima de éste si el módulo de elasticidad es al menos dos escalones, y la fuerza de compresión al menos un escalón por encima de ese mínimo;

- Si la agrupación más baja se refiere a módulos de elasticidad entonces el puntaje general puede ser elevado un escalón por encima de ello si el módulo de ruptura está al menos dos escalones, y la fuerza de compresión al menos un escalón, por encima de ese mínimo.
- Si la agrupación más baja es para la fuerza de compresión entonces el grupo de resistencia general puede ser elevado un escalón por encima del mínimo si tanto los módulos de ruptura como de elasticidad están al menos un escalón por encima de ese mínimo

Vale la pena reiterar que la información y su uso según se detalla arriba es para pequeñas muestras de madera sin defectos, representativas de las especies y posiblemente, de sus grupos etarios. Evidentemente, las propiedades de resistencia y rigidez evaluadas serán las máximas para la especie en una clase etaria determinada. Si estos datos se comparan entre sí, se obtendrá una aproximación de los méritos estructurales relativos para varias especies y quizás para varias clases etarias Sin embargo, estos datos no proveen una indicación adecuada de las propiedades de la madera de una determinada especie en los largos y secciones transversales que generalmente se requieren en la construcción En estos largos y secciones es común encontrar defectos tales como desviación de grano, nudos y otras imperfecciones naturales que tendrán efectos significativos en la resistencia y rigidez de cada pieza

Por lo tanto, es necesario clasificar la madera aserrada en clases con el fin de - (i) establecer un límite definido con respecto a los defectos permitidos en cada clase y (ii) relacionar estas clases a una cierta proporción de la resistencia de una muestra de madera libre de nudos y sin defectos.

La determinación de las **tensiones de trabajo básicas** de la madera aserrada conforma así el paso siguiente y es importante que la normativa de un país incluya las reglas utilizadas para clasificar la madera en clases con los límites relativos a defectos permitidos

Al respecto, las normas australianas *AS 2082-1979: Madera de no coníferas visualmente clasificada por tensión para propósitos estructurales*, y *AS 2858-1986 Maderas de coníferas visualmente clasificada por tensión para propósitos estructurales* son útiles para el sector forestal en Uruguay La primera porque es probablemente la única norma disponible a nivel mundial que se refiere a los defectos específicos encontrados en el Eucalyptus, y la segunda porque es totalmente pertinente en el caso de aquellas coníferas que crecen en Uruguay A modo de ilustración, la norma *AS 2082-1979* permite observar que se emplean cuatro conjuntos de "reglas de clasificación" para clasificar la madera aserrada en grupos que se definen como Grados Estructurales 1 a 4⁴⁵

⁴⁵ Ver pp 11 a 18 de la norma citada.

Una alternativa a la clasificación visual es el uso de instrumentos especialmente diseñados para realizar la clasificación mecánicamente. La clasificación instrumental fue desarrollada inicialmente por la Comisión Forestal de North South Wales (Australia) debido a incertidumbres que surgen al momento de clasificar la madera de plantaciones jóvenes de pinos con un número considerable de defectos a menudo no aparentes Es una técnica particularmente valiosa para clasificar componentes que habrán de soportar altas tensiones, tales como largueros de escaleras tablonos de andamios y tirantería, o en caso de producirse altos volúmenes de madera estructural⁴⁶ No obstante se considera que el uso de estas máquinas de clasificación de la tensión para la producción de lo que se conoce en los Estados Unidos como "madera aserrada clasificada mecánicamente por tensión" (Machine stress rated, MSR) es práctico únicamente en grandes aserraderos que se dedican a la producción de madera de uso estructural.

⁴⁶ Las normas *AS 1748-1978: Madera clasificada mecánicamente por tensión* y *AS*

1749-1978: *Reglas para la clasificación mecánica por tensión* indican el desarrollo y el exitoso uso práctico de instrumentos mecánicos capaces de determinar y marcar mediante un código de colores la clase de tensión de las piezas individuales de madera, de diferentes largos, que pasan por la máquina.

Las categorías en las que se clasifica la madera aserrada se denominan *clases de tensión*. Una clase de tensión puede definirse como la clasificación de una pieza de madera con destino estructural por medio de métodos visuales o mecánicos para indicar básicamente las principales tensiones de trabajo en la flexión a los efectos del diseño de ingeniería; y, por inferencia, las tensiones básicas de trabajo para otras propiedades generalmente utilizadas en diseño. En la práctica australiana, una clase de tensión se designa por la letra F seguida de un número, tal como 14 indicando una tensión básica de trabajo en flexión de 14 mega Pascales.

Las relaciones entre los grupos de resistencia y las clases de tensión se ilustran en el Cuadro II.9. Si bien este cuadro proviene de una norma específica para maderas de no coníferas, es ilustrativo de la importante dependencia de la clase de tensión de una pieza de su grupo de resistencia (determinado por las propiedades de pequeñas muestras de madera libre de nudos) y del contenido de defectos (el límite superior de los cuales está determinado por el grado estructural asignado después de inspección).

Cuadro II.9 - Clase de tensión para cada grado estructural

CLASE DE TENSIÓN	GRADO ESTRUCTURAL			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
SD 1	F43	F34	F27	F22
SD 2	F34	F27	F22	F17
SD 3	F27	F22	F17	F14
SD 4	F22	F17	F14	F11
SD 5	F17	F14	F11	F8
SD 6	F14	F11	F8	F7
SD 7	F11	F8	F7	F5

Fuente: Norma australiana AS 2082-1979. Tabla 2, p. 20.

Es de lo más importante observar que cada uno de los cuatro grados estructurales utilizados en el cuadro mencionado provee supuestamente madera con propiedades de resistencia que presentan una relación constante con las propiedades de resistencia de pequeñas muestras de madera libre de nudos de las especies. Por lo tanto, teóricamente, los Grados Estructurales No. 1, 2, 3 y 4 tienen un 75%, 60%, 47,5% y 38%, respectivamente, de las propiedades de resistencia de pequeñas muestras libres de nudo de las mismas especies.

En términos prácticos, si la madera posee el contenido de humedad requerido y otros requerimientos físicos (todos los cuales son detallados en las normas técnicas australianas correspondientes), la asignación de una clase de tensión significa que no hay necesidad, para propósitos estructurales, de identificar ninguna otra propiedad de la pieza, ni siquiera el nombre de la especie a la que pertenece. Dicho de otra forma, una pieza de madera aserrada F8 ya sea de conífera o no conífera tiene propiedades de resistencia y rigidez comunes que revelan su capacidad estructural.

En el documento *AS 1684 Código nacional para estructuras de madera*⁴⁷ se encuentran todos los detalles de ingeniería para la muy amplia gama de usos de la madera en la construcción de viviendas y pequeños edificios comerciales. Para cada uso es posible referirse a uno de los varios suplementos, cada uno de los cuales es específico para una clase dada de tensión o clase 'F'. A medida que aumenta la clase de tensión las secciones requeridas para lograr una determinada capacidad estructural son más pequeñas. Es este hecho lo que permite que la madera aserrada proveniente de varias de las especies de eucaliptos en Australia (tales como **E. pilularis** y **E. maculata** cuando secadas y clasificadas en el Grado Estructural No 2, se ubican en la clase de tensión F 27) tenga una posición competitiva en usos de alta carga (tales como dinteles) incontrovertida por ningún otro producto de madera como en particular la mayor parte de la madera aserrada de pinos de plantación comercializada como F5.

⁴⁷ Ver nota de pie 43

Una publicación derivada de la anterior - el Manual para estructuras de madera del TRADAC (Timber Research and Development Advisory Council) de Queensland - ofrece información más sencilla y posiblemente aún más pertinente para Uruguay e indica una muy amplia oportunidad de selección entre maderas con distintos grados de tensión para cualquier uso en la construcción de viviendas o pequeños edificios comerciales.

Para ingenieros que buscan diseñar estructuras de madera que sobrepasen el alcance de los suplementos al documento *AS 1684* una pieza de madera con un grado de tensión asignado tiene un conjunto determinado de tensiones de trabajo básicas, que puede ser utilizado para determinar sus capacidades para el diseño estructural. En el Cuadro II.10 se presentan las tensiones de trabajo básicas más elementales para cada clase de tensión.

Cuadro II.10 - Tipo de tensión (en mega Pascales)

	FLEXIÓN	TENSIÓN PARAL. AL GRANO	ROTURA EN VIGAS	COMPRESIÓN PARAL. AL GRANO	MÓD. DE ELASTICID.
F34	34.5	207	2.45	26,0	21.500
F27	27.5	16.5	2.05	20.5	18.500
F22	22.0	13.5	1.70	16.6	16.000
F17	17.0	10.2	1.45	13.0	14.000
F14	14.0	8.4	1.25	10.5	12.500
F11	11.0	6.6	1.05	8.3	10.500
F8	8.6	5.2	0.86	6.6	9.100
F7	6.9	4.1	0.72	5.2	7.900
F5	5.5	3.3	0.62	4.1	6.900
F4	4.3	2.6	0.52	3.3	6.100

Fuente: Consultores PRAIF-II

Detalles adicionales para el diseño de ingeniería, relacionados con propiedades mecánicas menos frecuentemente utilizadas - tales como la compresión perpendicular al grano y la resistencia al esfuerzo

cortante en los encastres -, se encuentran en la norma AS 1720: *Estructuras de madera* Esta normativa también permite determinar cómo las tensiones de trabajo básicas se modifican para lograr estimaciones de las tensiones de trabajo reales para usos especiales. Las aplicaciones que requieren tales modificaciones incluyen la duración de la carga, niveles de humedad, temperatura, longitud y posición de las superficies de apoyo y posible carga compartida (como en el caso de ensamblados laminados).

Parecería apropiado para Uruguay considerar la adopción del manual AS 1684: *Código nacional para estructuras de madera* y/o los manuales derivados del mismo tal como el que fuera elaborado por el T.R.A.D.A.C. para el ámbito de Queensland. Si esta opción resultara práctica y fuera utilizada, el país podría ahorrar una enorme cantidad de trabajo y esfuerzos para producir una normativa técnica similar, la cual muy probablemente no resultaría en un conjunto de requerimientos significativamente diferentes para armazones de madera para viviendas y pequeñas estructuras comerciales. Ciertamente parecería que las condiciones ambientales para la construcción en Uruguay - incluyendo las condiciones sísmicas y las velocidades de vientos prevalentes y máximas que deben ser tenidas en cuenta en los parámetros de diseño de edificios - son muy similares a aquellas experimentadas en Queensland del sur La capacidad comprobada del documento de referencia de proveer una estructura que es tanto económica como estructuralmente segura, apoya también este enfoque

En estas circunstancias, el desarrollo de normas técnicas para madera estructural en Uruguay se vería considerablemente simplificado. Resumiendo las observaciones anteriores, la tarea involucraría:

- la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de especies individuales, tal vez en dos categorías etarias, como se indica más arriba;
- la determinación de los contenidos de humedad de equilibrio apropiados para las principales especies y las variaciones climáticas regionales si fuera necesario;
- la asignación de grupos de resistencia para cada especie en condición estacionada y tomando en cuenta el contenido de humedad de equilibrio;
- el establecimiento de un conjunto de reglas visuales de clasificación por tensión siguiendo los lineamientos de los documentos AS 2082 y AS 2858, que posibiliten la asignación de grados de tensión de tipo F. Las reglas de clasificación indicadas en estos documentos deberían ser evaluadas con la ayuda de un ingeniero especializado en estas normas, con el fin de determinar su aplicabilidad para lograr, con maderas locales, los valores indicados para las propiedades de resistencia de pequeñas muestras sin defectos. Si las reglas de clasificación resultaran pertinentes, su uso sería recomendable.

La madera clasificada por tensión podría entonces destinarse a usos estructurales utilizando manuales de origen australiano, tales como los publicados por el T.R.A.D.A.C. para Queensland Además del manual ya mencionado, el T.R.A.D.A.C. publica también manuales para ambientes que sufren de cargas de viento significativamente más altas, como en North Queensland donde pueden darse vientos huracanados estacionales. Estos manuales son muy amplios en la cobertura de la gama de usos de la madera y las clases de tensión. Otros manuales disponibles son más específicos. Por ejemplo, muchas empresas de aserrado - o asociaciones de aserraderos con intereses comunes, tales como los productores de madera de Pino Radiata - publican manuales específicos para sus productos ⁴⁸

⁴⁸ Uno de estos documentos, para clases de tensión F 17 y F 27 (madera de Eucalyptus) para usos en dinteles, está disponible para consulta en la biblioteca de la Dirección Forestal del

MGAP.

Hasta ahora este subcapítulo se ha concentrado en las normas técnicas para madera de uso estructural; conviene también considerar las normas técnicas aplicables a maderas de uso no estructural.

4.3 Normas técnicas para madera no estructural

Aunque las características físicas y mecánicas mencionadas anteriormente tienen su principal utilidad en la determinación de la adecuación y capacidad estructurales de la madera de cualquier especie, también son valiosas en los usos no estructurales. Por lo tanto, su determinación es un asunto que no debe ser menospreciado *a priori* por considerar que los usos estructurales de la madera son de importancia nacional limitada. A continuación se asume que las recomendaciones para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de las principales especies plantadas en Uruguay serán aceptadas y ejecutadas.

Las normas técnicas para usos no estructurales son de dos tipos principales, genérico y específico. Las normas genéricas se ejemplifican en

- AS 2796-1985. *Madera aserrada - No. coníferas estacionadas - Productos terminados a máquina.*
- AS 1492 al 1489-1973: *Tablas aserradas - Productos terminados a máquina de pino radiata, y*
- AS 1781-1975 *Tablas aserradas de coníferas producidas en Australia (excluyendo pino radiata y ciprés)*

Existen además normas técnicas locales - tales como las promulgadas por asociaciones industriales (por ejemplo, la Asociación de Industrias Forestales de Tasmania)- que son específicas a una especie o grupo de especies y que se aplican a las tablas aserradas sin cepillar secadas en cámara, que predominan en las ventas

En tanto que cada una de estas normas se refiere a usos específicos - tales como el machihembrado de pisos, planchas de recubrimiento, tableros y planchas de barcaza, todas las cuales han sido cepilladas - es hacia el enfoque general de clasificación y el establecimiento de tolerancias que se debe dirigir la atención. Se utiliza la norma AS 2796 como ejemplo.

Este documento indica que se aplican cuatro clases - libre de nudos, selecto, estándar y utilitario⁴⁹ - y provee todos los detalles acerca de cómo determinar estas clases⁵⁰. Es la indicación más importante que esta norma puede dar para el caso de Uruguay. Es también particularmente relevante que la lista de defectos indicada sea específica para los eucaliptos. De importancia secundaria son las indicaciones sobre limitaciones del contenido de humedad y las instrucciones sobre la determinación de los límites de las clases y las dimensiones. Este documento podría verse como una fuente proporcionando indicaciones sobre enfoques igualmente válidos para productos secados en cámara, sin cepillar, pese a que su título es específico a productos "terminados a máquina"

⁴⁹ Ver sección 1.4, p. 5 de la norma citada.

⁵⁰ Ver Apéndice B, pp. 15-23, de la norma citada.

Varias normas australianas para usos específicos han sido seleccionadas como material de referencia para Uruguay, en función de la producción local existente o susceptible de aparecer en el futuro cercano. Estas normas, que ilustran la forma de enfocar las normas técnicas de uso específico, son las siguientes:

- AS 020-1948: *Reglas de clasificación para travesaños*
- AS 061-1955: *Travesaños de madera de no coníferas del este y sudeste de Australia*
- AS 080-1955: *Entablados de madera de no coníferas del este y sudeste de Australia*
- AS 071-1960: *Bloques de madera para pisos de parquet*
- AS 1261/1262-1972: *Parquet de mosaico de madera*
- AS 1540-1974: *Marcos y volantes de ventanas en madera*
- AS 2689-1984: *Puertas de madera*
- AS 2209-1994: *Postes para líneas aérea*

Una cuestión central es si Uruguay debiera moverse en la dirección de normas genéricas o de uso específico para madera no estructural. Siendo realistas, esto sólo puede ser determinado por la situación del mercado de la madera. Actualmente, éste está dominado por la producción de madera para *pallets* de Eucalyptus y tablas de encofrado de pino. Las tendencias emergentes indican una producción más variada de productos aserrados. En el subsector de Eucalyptus la extracción de tablas de mayor calidad del stock de *pallets*, se está iniciando. Los aserraderos de pino están produciendo volúmenes crecientes de maderas para molduras, componentes de muebles y trozas para machihembrado.

Desde la perspectiva del desarrollo y promulgación de normas técnicas nacionales, se considera que se obtendría muy poco beneficio de dedicar los escasos recursos a madera aserrada verde para usos tales como *pallets* y encofrado. Sin embargo, existe alguna evidencia que sugiere que el desarrollo y promulgación temprana de normas técnicas para madera secada sería útil. Una inspección (limitada) de plantas de utilización terciaria en Montevideo, donde se intenta convertir madera pobremente secada en productos de mayor valor agregado, parece sugerir que estos esfuerzos se verán frustrados hasta que se tenga la seguridad de que la madera esté adecuadamente estacionada. Considerando que cualquier esfuerzo de utilización terciaria debe ser fomentado, en particular por la capacidad de generación de empleo de este sector parece deseable desarrollar y promulgar rápidamente normas técnicas nacionales para madera estacionada. Como se ha dicho, esto implica la determinación de niveles de contenido de humedad de equilibrio adecuados para las principales especies y/o grupos de especies. En tanto que en Australia la madera estacionada debe tener un contenido de humedad de entre 10% y 15% esto puede no ser realizable en las condiciones más húmedas existentes en Uruguay donde tal vez deba aceptarse un nivel máximo de 18%.

Posteriormente, sería apropiado desarrollar y promulgar normas técnicas nacionales para madera estacionada siguiendo las líneas ilustradas en la norma australiana - AS 2796 donde se reconocen y definen cuatro clases, las que pueden ser aplicadas a madera aserrada sin cepillar, madera escuadrada y una variedad significativa de molduras previamente definidas. Esto puede parecer un enfoque algo enciclopédico pero es probablemente inevitable.

Se podría además introducir un refinamiento. En Australia, solamente dos de los defectos de distorsión (encorvadura y arqueadura) se aplican diferencialmente según los productos y aun allí solo en términos de las clases "libre de nudos" y "selecto"⁵¹. Se considera que otros defectos también deberían ser aplicados diferencialmente de acuerdo con el uso. Esto se basa en el reconocimiento de que productos

específicos pueden diferir en su tolerancia por la presencia de defectos en superficies específicas. Por ejemplo la mayor parte del stock para laminación con pegamento es tolerante de defectos tanto en la cara como en la contracara, mientras estos se limiten a la zona central. Por otro lado, estos defectos no serían tolerados en madera para otros usos, tales como molduras y pisos.

⁵¹ Ver tabla B1, p. 21, de la norma australiana AS 2796.

Considerando que la tarea es de una magnitud considerable, sería razonable adoptar un acercamiento por etapas al desarrollo y la promulgación de normas técnicas nacionales. Esto podría involucrar normas técnicas nacionales provisorias con periodos de validez definidos, los cuales al expirar darían lugar a nuevas normas mejoradas. Un adelanto progresivo en la forma indicada hacia el objetivo final de un conjunto de normas técnicas global y durable parece adecuado a una situación donde el sector aserradero está en su infancia y los mercados internos están subdesarrollados.

4.4 Otros tipos de normas técnicas

Aunque es poco probable que la producción de madera estructural laminada y encolada o piezas machihembradas sea significativa actualmente en Uruguay, la fabricación de estos productos bien podría ser considerada por algunos de los principales aserraderos en el futuro cercano. Sin embargo el desarrollo de normas técnicas nacionales para estos productos debería esperar a que comiencen a ser producidos en forma sostenible⁵².

⁵² Los siguientes documentos pueden ser útiles como material de referencia: AS 1328- 1987: *Madera estructural laminada y encolada*; y AS 1491- 1973: *Cuartones machihembrados y/o laminados de P radiata*.

Asimismo, la producción de chapas de debobinado y madera compensada es muy pequeña por el momento pero el desarrollo de esa opción de uso de la madera es prometedor para el país. En la norma AS/NZS 2269-1994 *Madera terciada estructural* resultan de particular interés las definiciones de cuatro calidades de chapas de debobinado. Estas definiciones o reglas de clasificación útiles en Uruguay cuando aparezcan nuevas instalaciones para la producción de chapas.

Por otra parte, un desarrollo reciente en Australia y Nueva Zelanda ha sido el análisis intra-grado es decir la evaluación de las propiedades de resistencia y rigidez dentro de cada clase. Esto se debió a las crecientes críticas sufridas por la obtención de las propiedades mecánicas de la madera estructural mediante el análisis de pequeñas muestras sin defectos y de la adjudicación de tensiones de trabajo sobre la base de una clasificación visual. Han surgido además dificultades reales para realizar la clasificación visual de la madera proveniente de plantaciones de pinos no podados, en vista de las tasas de producción logradas hoy en día con la maquinaria moderna para la fabricación de molduras. Este tipo de críticas ha reforzado el interés en la clasificación instrumental y ha extendido su uso desde la madera aserrada a los paneles compensados de gran tamaño. Como material de referencia al respecto puede consultarse la norma técnica desarrollada conjuntamente entre Australia y Nueva Zelanda, AS/NZS 4063 - 1992: *Madera - Clasificada por tensión - Evaluación de resistencia y rigidez intra-grado*.

4.5 Conclusiones

Debe enfatizarse que el desarrollo y la promulgación de normas técnicas nacionales depende fundamentalmente de que la institución nacional responsable trabaje en estrecha colaboración con el sector industrial forestal, los organismos de investigación y, probablemente, los consumidores, tales como los constructores de viviendas, carpinteros, fabricantes de molduras y muebles, etc. En este sentido, la cooperación y el acuerdo mutuo, que normalmente involucran largas y francas conversaciones, numerosas reuniones e investigaciones técnicas especiales constituyen ingredientes esenciales.

Esto sugiere la necesidad de una buena organización por parte de la industria forestal y otras partes interesadas del sector privado, mediante comités representativos, activos y capaces, con autoridad para negociar y cerrar tratos con las demás partes involucradas.

Un aspecto importante al definir normas técnicas nacionales es la determinación de si éstas serán de uso obligatorio. En Australia, la mayoría de las normas no son obligatorias. Las pocas normas obligatorias son las que se relacionan con situaciones de riesgo vital, tales como las normas para cableado eléctrico. Sin embargo, ningún aserradero de jerarquía la coloca en el mercado algún producto de madera que no cumpla con la normativa relevante. De hecho, la enorme mayoría de los productos de madera que se venden en Australia lleva un sello fijado por el fabricante certificando que su producción cumple con los requerimientos de la norma técnica correspondiente.

En este capítulo, se presentan los estudios de prefactibilidad que se desarrollaron para los siguientes usos industriales de la madera generada en el país, con vista a la exportación:

- la producción de astillas (chips) para pulpa,
- la transformación primaria integrada de la madera en productos de alto valor, y
- la producción de madera aserrada.

Las perspectivas de los mercados internacionales para la comercialización de los productos que generarían estas inversiones fueron analizadas en el primer capítulo. Por lo tanto, en la presentación de los estudios de prefactibilidad no se vuelve a tratar el tema de los mercados. Por otra parte, los estudios realizados para las dos primeras opciones mencionadas fueron ampliamente difundidos como documentos de trabajo del PRAIF-II⁵³. Por esta razón, en estos dos casos se presenta una versión resumida que, si bien incluye todos los elementos requeridos para evaluar su rentabilidad, no incorpora explícitamente todos los cálculos efectuados.

⁵³ PRAIF-II, *Complejo de producción y exportación de astillas para pulpa en Uruguay*, Dirección Forestal-OEA-FONADEP, 1995; y E. Shield) y R. Hansen, *Perspectivas para la transformación con alto valor de las plantaciones de Eucalyptus en Uruguay*, op. cit.





1. Producción y exportación de astillas para pulpa

[1.1 Estrategia propuesta para la localización y el tamaño de las plantas](#)

[1.2 Transporte interno](#)

[1.3. Alternativas portuarias](#)

[1.4 Impactos medioambientales](#)

[1.5 Proceso productivo](#)

[1.6 Personal de la planta y estructura organizacional de la empresa](#)

[1.7 Evaluación financiera del proyecto](#)

[1.8 Evaluación económica del proyecto](#)

1.1 Estrategia propuesta para la localización y el tamaño de las plantas

Sobre la base de las estimaciones de producción futura de madera, a las cuales se refirió el Capítulo I del presente documento, se determinaron los volúmenes que razonablemente podrían considerarse como disponibles para la actividad de astillado teniendo en cuenta que: (i) siempre existirá un poder comprador de rollizos pulpables para la exportación, (ii) surgirá probablemente una demanda de materia prima por parte de empresas productoras de celulosa, que no será enteramente cubierta por sus propias plantaciones y (iii) una parte del producto de las plantaciones se destinará a actividades de aserrío y similares, aunque el astillado también puede ser un destino comercial para los residuos de los aserraderos y los raleos de las plantaciones. Parece razonable considerar que alrededor de un 40 a 60% de la producción futura de madera estaría eventualmente disponible para la fabricación de astillas y que, sobre la base de una rotación de 10 años de las plantaciones, esta actividad podría iniciarse en 1998-99.

La experiencia indica que para una unidad destinada al mercado de exportación, una capacidad de producción centrada en 500.000 m³ anuales de materia prima (en dos turnos) es una estructura rentable y de tamaño razonable desde varios puntos de vista: abastecimiento de la planta (volúmenes disponibles versus distancias), manejo de la planta tanto administrativo como productivo y embarques de astillas (alrededor de un barco por mes). Este tipo de planta, denominada en el resto del estudio "Planta de tipo A", permite una modulación de la producción en base a uno o dos turnos o eventualmente dos turnos alargados, prácticamente desde 200 000 m³ (aprox. 5 embarques anuales) hasta 600.000 m³ (aprox. 15 embarques anuales), según la disponibilidad de materia prima y la concreción de contratos de exportación. Idealmente, se instalarla esta unidad de producción en el lugar mismo del embarque a la vez

que lo más cerca posible de las plantaciones que la abastecerán en materia prima Distancias de hasta 150 o 200 km. de las plantaciones son aceptables.

Si bien esta dimensión de planta es ideal para trabajar con vista a la exportación y para iniciar una "cultura chipera" de buen nivel en el país, otras consideraciones (por ejemplo relacionadas con alternativas de flete puntualmente convenientes) hacen deseable considerar también plantas de capacidad productiva inferior siempre y cuando se insertan dentro de un marco general de producción, comercialización y control de calidad. En efecto, al desarrollarse una actividad exitosa de producción y exportación de astillas en el país nacerán, sin duda, múltiples iniciativas de medianos productores para instalar su propia pequeña planta. Debe señalarse que, en estos casos, el éxito estará condicionado a una asociación estrecha con un exportador de importancia que completará e incrementará así sus propios embarques; al mismo tiempo que, posiblemente e idealmente, éste se encargará del control de calidad. El tema de la calidad es relevante porque, al aumentar el número de unidades productivas de menor tamaño, se multiplican los riesgos de obtener algunas partidas de calidad insuficiente y un conjunto poco homogéneo. Las plantas de tamaño mediano que se recomiendan (plantas de tipo B), en el contexto mencionado, tienen una capacidad de producción del orden de los 150.000 m³ anuales, en dos turnos.

En base a estas consideraciones y a título de ejemplificación, se definió la estrategia productiva modular presentada en el Cuadro III.1, con un calendario de implantación de las plantas. El hecho que la actividad chipera probablemente no esté concentrada en una sola mano implicará, sin duda, muchas variantes sobre este tema pero los inversionistas no deberían alejarse demasiado de este esquema en lo que concierne a la capacidad total instalada en el país.

Cuadro III.1 - Estrategia productiva factible para la producción de chips (miles de m³/año)

TIPO DE PLANTA (prod. Anual)		1998-99	2000	2001	2002	2003	2004-10
Planta A1	turno 1	200	225	250	250	250	250
	turno 2		200	225	250	250	250
	Total	200	425	475	500	500	500
Planta A2	turno 1			200	225	250	250
	turno 2				200	225	250
	Total			200	425	475	500
Planta A3	turno 1					200	225
	turno 2						200
	Total					200	425
Planta B1	turno 1		60	65	75	75	75
	turno 2			60	65	75	75
	Total		60	125	140	150	150
Planta B2	turno 1			60	65	75	75
	turno 2				60	65	75
	Total			60	125	140	150

Planta B3	turno 1					60	65
	turno 2						60
	Total					60	125
CAPACIDAD GLOBAL	200	485	860	1.190	1.525	1.850	

Fuente: PRAIF-II.

La localización de una planta de chips es un tema delicado que influye considerablemente en el resultado operacional y económico de la misma. Deben tenerse en cuenta los costos comparativos de transporte y las distancias al punto de embarque, evitando al máximo los transbordos que no sólo encarecen el producto sino que disminuyen su calidad al romperse astillas y producirse finos, cuya presencia será castigada contractualmente por el comprador. Una planta de astillas situada al lado de un puerto con un calado superior a 34 pies, especializado en movimientos de astillas y con un radio de abastecimiento en materia prima que no supere los 200 km., tendrá las mejores posibilidades de competir internacionalmente. A su vez debe tener fácil acceso carretero y ferroviario, con disponibilidad de energía eléctrica a costo razonable, y estar suficientemente alejada de lugares densamente poblados por el ruido que produce el proceso. Si bien en esta etapa del estudio, aún de carácter general, es aventurado recomendar ubicaciones precisas, sitios cercanos a los puertos de Montevideo, Nueva Palmira, Fray Bentos y La Paloma aparecen como candidatos. La viabilidad de cada uno de ellos dependerá, sin embargo, de diferentes factores como los costos de transporte interno, la adecuación de estos puertos a la exportación de chips y consideraciones medioambientales.

1.2 Transporte interno

A partir del análisis de la información disponible sobre la localización de las plantaciones de Eucalyptus de los pequeños y medianos productores y su eventual expansión dentro de cada departamento, se promediaron las distancias entre las plantaciones y las distintas alternativas de embarque de los chips. Estas distancias incluyen así el recorrido de la materia prima desde las plantaciones a la planta de procesamiento y el de los chips desde esta planta hasta el puerto de exportación. El costo de transporte por camión del recorrido total fue calculado para cada departamento aplicando las tarifas vigentes para el transporte de madera rolliza, proporcionadas por empresas del sector forestal (Cuadro III.2). Adicionalmente, se asumió un recorrido promedio de los camiones por rutas secundarias y/o caminos rurales de 20 km., incrementándose en alrededor de 20% la tarifa de transporte en este tramo por el posible estado deficiente de los mismos. También se tomó en cuenta el costo correspondiente a la carga de los camiones, calculado en US\$ 0,68/ton con cargadores de pinza y US\$ 0,78/ton con grúas móviles de pinza.

Cuadro III.2 - Tarifas de transporte carretero y ferroviario y otros costos

DISTANCIA (km.)	TARIFAS DE TRANSPORTE TERRESTRE (US\$/ton/km.)	
	CARRETERO	FERROVIARIO
menor a 50	0,110	0,038
50-100	0,069	0,038
101-150	0,055	0,034

151-200	0,049	0,032
201-250	0,047	0,031
251-300	0,046	0,031
301-400	0,045	0,027
401-500	0,042	0,026
Costos en áreas de acopio en estaciones ferroviarias		
Valor de arriendo	0,15 US\$/m ² /mes; 0,18 US\$/ton	
Recepción/entrega	1,36 US\$/ton	
Total costo	1,54 US\$/ton	

Fuente: PRAIF-II.

Un procedimiento similar fue utilizado para el cálculo de los costos de transporte por vía férrea, con el fin de poder comparar las dos alternativas de transporte terrestre. Sin embargo, debe señalarse que existe un alto grado de incertidumbre respecto al criterio a adoptar en materia de tarifas ferroviarias. En efecto, el sistema nacional ferroviario está actualmente en proceso de revisión con el fin de mejorar los servicios prestados y, en particular, poder atender la demanda futura por parte del sector forestal. Para el presente estudio se utilizaron las tarifas vigentes para el transporte de madera rolliza (Cuadro III.2). Se tuvieron también en cuenta los costos correspondientes a las operaciones en áreas de acopio de estaciones ferroviarias: recepción y entrega de madera y valor de arriendo del terreno. Se asumió un recorrido promedio por camión de 20 km. entre el bosque y la estación ferroviaria y, para la descarga de camiones y la carga de vagones, se utilizaron los mismos criterios y valores que en el caso del transporte carretero. Se excluyeron del análisis aquellos departamentos en los cuales las vías férreas cercanas a las principales concentraciones estaban desactivadas.

A.F.E., la empresa estatal que administra y presta el servicio de transporte ferroviario, pone a disposición de los exportadores de productos forestales una amplia gama de predios para el acopio de rollizos, tanto en Montevideo como en el interior del país. Por otra parte, la normativa vigente permite al sector privado adquirir vagones y utilizarlos en la red ferroviaria nacional, contratando el servicio de tracción de A.F.E. o el de un tercero con locomotora propia. Es también de interés señalar que los planes de A.F.E. apuntan no solamente a mejorar gran parte de la red existente, sino que prevén también la construcción de desvíos ferroviarios hacia las zonas de mayor concentración forestal y/o emplazamientos baricéntricos respecto de la generación de cargo. Estos desvíos tendrían una extensión máxima de 5 km. y su característica más importante sería su movilidad; es decir que el desvío permanecería fijo mientras se genere carga forestal de las explotaciones cercanas, para luego desmontarlo y trasladarlo a proximidad de otras concentraciones de plantaciones. De esta forma se podrían reducir los costos de transporte entre los bosques y las estaciones ferroviarias.

Los costos de transporte, calculados de acuerdo a los criterios señalados, se presentan en el Cuadro III.3, cuyo fin es poder comparar para cada departamento y alternativa portuaria de embarque la conveniencia de un modo de transporte frente a otro. Se destaca la conveniencia del modo ferroviario para los mayores recorridos (Paysandú-Montevideo, Río Negro-Montevideo, Soriano-Montevideo, Rocha-Montevideo y Lavalleja-Montevideo). Sin embargo, la situación podría cambiar en el futuro a favor del transporte ferroviario en distancias más cortas, si se estableciera un esquema de financiamiento de los gastos

involucrados en la construcción y mantenimiento de las carreteras con algún tipo de participación del sector privado. En efecto, si la circulación acrecentada de la carga forestal en los próximos años se ve asociada a la aplicación de algún tipo de peaje por uso de las carreteras públicas, el costo del transporte por camión será mayor al que se presenta en el presente estudio. Desde la óptica de la economía en su conjunto, el transporte ferroviario permitiría absorber una parte de la carga forestal que, si no, transitará exclusivamente en las carreteras con la consiguiente reducción de la vida útil de las mismas.

En cuanto a la alternativa de transportar chips en barcazas desde el puerto de Paysandú hasta una terminal portuaria en Nueva Palmira con instalaciones para descarga de barcazas y carga de buques de ultramar, en una primera aproximación su viabilidad está sujeta a los volúmenes a transportar: a partir de 200 mil ton/año esta operación se vuelve más rentable que el transporte de chips por camión hasta Nueva Palmira, con las tarifas vigentes actualmente. Concretamente, para 200 mil ton/año el transporte por barcazas tendría un costo de 14 US\$/ton comparado con 13 US\$/ton para el flete por carretera. Nuevamente, en la medida en que aumenten los costos del flete terrestre el sistema de barcazas podría volverse más interesante⁵⁴

⁵⁴ Para el análisis de los costos de esta alternativa, ver el documento del PRAIF-II: *Complejo de..., op. cit.* pp. 71-73.

1.3. Alternativas portuarias

Cuadro III.3 - Costos comparativos de transporte terrestre entre plantaciones y puertos de embarque

DEPARTAMENTO	PUERTOS	COSTOS DE TRANSPORTE (US\$)	
		CARRETERO	FERROVIARIO
LITORAL			
Paysandú	Fray Bentos	9,70	10.14
	Nueva Palmira	13,06	-
	Montevideo	19,33	15,26
Río Negro	Fray Bentos	8,60	9,96
	Nueva Palmira	11,45	-
	Montevideo	15,26	15,12
Soriano	Fray Bentos	5,79	7.52
	Nueva Palmira	7,50	-
	Montevideo	13,75	12.92
	Fray Bentos	10.68	-
Colonia	Nueva Palmira	7,50	-
	Montevideo	9,21	-
SUR			
Durazno	Montevideo	12,86	

1. Producción y exportación de astillas para pulpa

	La Paloma	17,96	
Flores	Montevideo	10,65	
	La Paloma	18,32	
Florida	Montevideo	9,59	9,66
	La Paloma	13,42	
San José	Montevideo	7,12	
	La Paloma	14,21	
Canelones	Montevideo	6,48	
	La Paloma	10,58	
Maldonado	Montevideo	8,60	9,28
	La Paloma	8,49	
Rocha	Montevideo	11,68	11,53
	La Paloma	4,41	
Lavalleja	Montevideo	9,45	9,11
	La Paloma	8,71	
Cerro Largo	Montevideo	17,06	
	La Paloma	14,21	
NORTE			
Riviera	Montevideo	21,01	18,77
	Fray Bentos	18,91	15,91
Tacuarembó	Montevideo	18,41	16,56
	Fray Bentos	17,96	14,04

Fuente: PRAIF-II

Una de las dificultades para evaluar la viabilidad de un complejo de producción y exportación de chips en Uruguay en las condiciones actuales proviene de la situación portuaria del país. Los buques chiperos necesitan un calado de 34 pies, como estricto mínimo, para poder efectuar un embarque completo de chips de **E. globulus** (30 pies en el caso del **E. grandis**)⁵⁵ Ningún puerto ofrece actualmente este calado, aunque cada uno presenta una situación distinta:

⁵⁵ Se suele considerar un calado mínimo de 36 pies para la carga completa de chips de **E. globulus** en buques modernos. Sin embargo, en la navegación fluvial como en el Río de la Plata estos mismos buques suelen salir del puerto sin lastre cuando el calado es insuficiente, con lo que el requerimiento de calado puede disminuir de hasta 3 o 4 pies.

- El puerto de Montevideo tiene un canal de acceso de 34 pies de calado; los posibles atraques para el embarque de chips tendrán una profundidad de 33 pies (equivalente a un calado operacional de 34 pies el 80% del tiempo) en menos de dos años (1997-98), de

acuerdo a los planes de dragado de la Administración Nacional de Puertos (A.N.P.). Este puerto ofrece la salida más rápidamente factible para la exportación de chips, aunque en el futuro la disponibilidad de áreas de acopio portuarias para chips podría estar asociada a costos de oportunidad elevados debido a los probables mayores requerimientos de almacenamiento de otros productos forestales y mercadería en general. Por lo tanto, se considera conveniente limitar las exportaciones de chips por Montevideo en un volumen equivalente a 15 embarques por año, es decir 600 mil m³/año o aproximadamente 340 mil BDMT/año de chips de **E. globulus**. La inversión requerida para la adecuación de la infraestructura portuaria al movimiento de chips ha sido estimada en US\$ 2,9 millones, de los cuales US\$ 1,6 millones corresponden al acondicionamiento del área de acopio y estarían posiblemente a cargo de la empresa portuaria, junto con el equipamiento en cintas móviles. Por lo tanto, en el proyecto de chips estos costos no se computen como inversión sino que se tienen en cuenta en la estimación de la tarifa global cobrada a la empresa exportadora de astillas por el uso del puerto.

El costo del conjunto de las operaciones portuarias, desde el área de acopio al buque, ha sido estimado en US\$ 5/m³. El transporte de chips desde la planta hasta el área de acopio en el puerto se realiza mediante camiones con acoplado, a razón de US\$ 0,11/ton/km., lo que significa un costo de US\$ 1/m³ considerando una distancia fijada tentativamente en 12 km. entre la planta y el puerto. El costo operativo total desde la planta de chipeado hasta el buque alcanza así a US\$ 6/m³ sólido, equivalente a alrededor de US\$ 10,5/BDMT de chips de **E. globulus** y US\$ 13,5/BDMT de chips de **E. grandis**⁵⁶

⁵⁶ La diferencia se debe a la distinta densidad básica del **E. globulus** y **E. grandis**. De acuerdo a información obtenida del análisis de muestras locales de estas especies, se ha considerado que 1 m³ de **E. globulus** equivale a 0,570 BDMT y 1 m³ equivale a 0,443 BDMT.

• Inactivo durante mucho tiempo, el puerto de Fray Bentos comenzó a tener movimiento a principios de esta década con embarques de cítricos y granos y, más recientemente, con embarques parciales de productos forestales. Aunque convenientemente ubicado en relación a las plantaciones del litoral, el puerto posee una infraestructura obsoleta y requeriría de importantes inversiones (US\$ 6,8 millones) para su adecuación al embarque de chips. Sin embargo, la principal limitación que representa el puerto es el calado operacional de sólo 21 pies que ofrece actualmente la navegación por el Río Uruguay hasta Fray Bentos. La profundización del Río Uruguay a 25 pies de calado efectivo, acordada a través de las Cancillerías de Argentina y Uruguay, aún no se ha iniciado. La responsabilidad de la ejecución del dragado y su mantenimiento está en manos del vecino país. Por su parte, la A.N.P. ha efectuado un llamado a licitación para la realización de un Plan Director del Puerto de Fray Bentos. Pero, según se justificara en un estudio realizado en 1993-94, si el Río Uruguay se mantiene con su limitada profundidad actual, la conveniencia económica de emprender mejoramientos importantes en este puerto no está clara⁵⁷

⁵⁷ Ver Ministerio de Transporte y Obras Públicas y Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la OEA, *Profundización del Río Uruguay*, Montevideo, 1993, y *Alternativas fluvioportuarias para los productos forestales*, Montevideo, 1995. puertos. En un una primera

aproximación, se elevarían a US\$ 15,4 millones para la escollera de cierre y el dragado interior, además de US\$ 6,8 millones para las instalaciones portuarias.

En todo caso, en el presente estudio se calculó el costo de las operaciones portuarias que representaría el embarque de chips por Fray Bentos, teniendo en cuenta que la tarifa debe reflejar los costos de inversión y mantenimiento de la empresa que operaría una instalación portuaria especializada. Esta última podría localizarse en los terrenos de la Zona Franca, aguas abajo del actual puerto. La tarifa calculada variarla en el entorno de US\$ 4/m³ dependiendo del número de embarques al año; esto corresponde a US\$ 7,5/BDMT para chips de **E. globulus** y US\$ 9/BDMT para chips de **E. grandis**. En contraste con el caso de Montevideo, la planta de chips podría estar integrada a la instalación portuaria y no se generarían costos de transporte entre estos dos puntos.

- El complejo portuario de Nueva Palmira, en el cual coexisten dos terminales, ha atendido tradicionalmente tráfico de granos, minerales y frutas cítricas. Para el embarque de chips este puerto requiere de la profundización del Canal Martín García. Supuestamente, esta obra será llevada a cabo en los próximos años con lo que se dispondría entonces de un calado operacional de 32 pies. Ello permitiría efectuar la carga completa de **E. Grandis** pero solamente parcial de **E. Globulus**. En este último caso, se efectuaría un completamiento de carga (*top up*) en otro puerto de mayor calado, como Montevideo.

Las instalaciones portuarias existentes de la empresa privada Corporación Navíos, renovadas recientemente, facilitarían el embarque de chips aunque requerirían cierto acondicionamiento de la infraestructura. Como estas obras, supuestamente a cargo de la empresa portuaria, serían menores a las requeridas en el puerto de Montevideo la tarifa calculada para el uso de las instalaciones portuarias resultó también menor (US\$ 4,5/m³) al caso del puerto de la capital. Los costos de inversión a cargo del proyecto de chips (pavimentación para el apilamiento de chips y cargadores frontales) fueron estimados en US\$ 2,2 millones.

- El puerto de La Paloma en la costa atlántica está idealmente ubicado para la llegada de buques chiperos. Sin embargo, no representa una alternativa viable en su estado actual al no disponer de la escollera de protección necesaria para el tránsito de estos buques. Por lo tanto, las inversiones en infraestructura requeridas son muy superiores a las consideradas en los otros

Por otra parte, si las nuevas instalaciones se utilizaran únicamente para la exportación de chips, recién a partir de 2002-2003 el potencial de carga forestal a embarcar por La Paloma resultaría atractivo, al generar las plantaciones efectuadas en los departamentos de Maldonado, Rocha, Lavalleja y Cerro Largo entre 900.000 y 1.200.000 m³/año. Se superaría así el mínimo de 15 embarques al año requerido para que La Paloma sea una alternativa económicamente más conveniente que el puerto de Montevideo. Dichas ventajas se sustentan en menores costos de transporte terrestre y marítimo, además de la probable congestión portuaria que se produciría en Montevideo si se concentrara allí la carga forestal. Debe tenerse presente que, de todas maneras, hacia Montevideo se dirigiría la carga forestal de los otros departamentos del sureste (Durazno, Florida, Canelones, Flores y San José) por razones de transporte.

Para las operaciones de embarque de chips por La Paloma, se consideró una instalación con las mismas características físicas y operacionales que las que se indicara para el caso de Fray Bentos. Por lo tanto, la tarifa de referencia para la totalidad de las operaciones portuarias, incluyendo acopio en puerto, es también de US\$ 4/m³. En este caso, la planta de chips podría estar integrada a la instalación portuaria, lo cual significaría un ahorro de alrededor de US\$ 2/m³ en relación con la alternativa de Montevideo.

En el Cuadro III.4, se presentan los ahorros/costos netos que representa cada alternativa portuaria frente a las otras. Estos valores fueron obtenidos después de un cuidadoso estudio en el que se tomaron en cuenta:

i) los costos de acondicionamiento y embarque en cada puerto, ii) los costos diferenciales de transporte marítimo originados cuando los buques deben desviarse con respecto a Montevideo y iii) los costos comparativos de transporte terrestre entre bosques y puertos.

El análisis de estos datos, en el contexto de las observaciones anteriores, lleva a las siguientes conclusiones. En la región del **Litoral**:

- Para todos los chips que se generarían con madera rolliza proveniente de los departamentos de Paysandú, Río Negro y Soriano, cualquiera sea el calado del Río Uruguay, la alternativa de embarcar por el Puerto de Fray Bentos es económicamente más conveniente que la de hacerlo por el Puerto de Montevideo. Sin embargo, cuando se compara Fray Bentos con Nueva Palmira, surge que si en el Río Uruguay se mantiene el actual calado efectivo de 21 pies, la alternativa más conveniente es Nueva Palmira para todos los departamentos.
- Si se dragara el Río Uruguay permitiendo un calado efectivo de 26 a 28 pies hasta Fray Bentos, para los chips generados con madera rolliza del departamento de Paysandú se producen ahorros netos de alrededor de 1,10 US\$/ton cuando se embarcan por Fray Bentos en vez de Nueva Palmira. Para esos mismos calados del río y para los chips provenientes de Río Negro, el ahorro neto en favor de Fray Bentos es de aproximadamente 0,58 US\$/ton. Para los chips de Soriano el ahorro neto se produce en favor de Nueva Palmira y representa 0,55 US\$/ton.
- Sin embargo, debe tomarse en cuenta la existencia de una instalación portuaria en Nueva Palmira, apta para el embarque de chips con algunas inversiones complementarias, en tanto que la adecuación de Fray Bentos requiere de cuantiosas inversiones. El costo anual equivalente de las inversiones indicadas previamente, con una tasa de descuento del 8% en un período de 10 años, es de US\$ 30.000/año para Nueva Palmira y US\$ 1.029.000/año para Fray Bentos.
- En síntesis, para los departamentos de Paysandú y Río Negro se genera, por una parte, un ahorro neto a favor de Fray Bentos, cuyo valor promedio sería de aproximadamente 0,85 US\$/ton; por otra parte, aparece un ahorro en costos de inversión a favor de Nueva Palmira. Al calcular el punto de equilibrio - es decir el volumen anual de chips generados con madera rolliza proveniente de Paysandú y Río Negro que haría indiferente la alternativa Nueva Palmira frente a la alternativa Fray Bentos - se obtiene que: el total de chips generados con madera rolliza proveniente de Paysandú y Río Negro debe ser superior a 825.000 ton/año (960.000 m³/año o 24 embarques por año) para que la alternativa de embarcar por Fray

Bentos sea económicamente más conveniente que la de Nueva Palmira.

- Revisando las estimaciones de disponibilidad de madera rolliza por departamento y por tamaño de productor y suponiendo que en el año 2003 funcionará una planta de celulosa en el litoral se concluye que la alternativa de embarcar chips por Fray Bentos es poco probable en particular para el caso de los pequeños y medianos productores actuando aisladamente

En cuanto a la región del **Sur**, los chips generados a partir de madera rolliza de los distintos departamentos que la componen tendrían dos alternativas de embarque Montevideo, que siempre será económicamente más conveniente para los chips obtenidos de madera de los departamentos de Durazno, Flores y San José; y La Paloma para los departamentos de Maldonado, Lavalleja Rocha y Cerro Largo, una vez que su disponibilidad de madera justifique la construcción de instalaciones productivas y portuarias para la exportación de chips (2003) Para Florida y Canelones, habría un escaso margen a favor de Montevideo

Cuadro III.4 - Ahorros netos en la cadena de transporte plantaciones-buque de exportación

DEPARTAMENTO	PUERTOS**	AHORROS (US\$/ton)	CORRECCIÓN AHORROS*
REGIÓN LITORAL			
PAYSANDÚ	Fray Bentos (Montevideo)		
	calado Río Uruguay: 21 pies	0,59	
	26 pies	1,91	
	28 pies	1,87	
	Fray Bentos (Nueva Palmira)	(***)	
	calado Río Uruguay 21 pies	-0,21	
	26 pies	1,11	
	28 pies	1,07	
	Nueva Palmira (Montevideo)	0,80	
RÍO NEGRO	Fray Bentos (Montevideo)		
	calado Río Uruguay 21 pies	1,55	
	26 pies	2,87	
	28 pies	2,83	
	Nueva Palmira (Montevideo)	2,27	

1. Producción y exportación de astillas para pulpa

	Fray Bentos (Nueva Palmira)	(**8)	
	calado Río Uruguay: 21 pies	-0,72	
	26 pies	0,60	
	28 pies	0,56	
SORIANO	Fray Bentos (Montevideo)		
	calado Río Uruguay: 21 pies	2,16	
	26 pies	3,49	
	28 pies	3,44	
	Nueva Palmira (Montevideo)	4,02	
	Fray Bentos (Nueva Palmira)	(***)	
	calado Río Uruguay: 21 pies	-1,85	
	26 pies	-0,53	
	28 pies	-0,57	
REGIÓN SUR			
DURAZNO	Montevideo (La Paloma)	4,64	2,42
FLORES	Montevideo (La Paloma)	7,21	4,99
FLORIDA	Montevideo (La Paloma)	3,36	1,14
SAN JOSÉ	Montevideo (La Paloma)	6,62	4,40
CANELONES	Montevideo (La Paloma)	3,63	1,41
MALDONADO	La Paloma (Montevideo)	0,58	2,80
ROCHA	La Paloma (Montevideo)	7,59	9,81
LAVALLEJA	La Paloma (Montevideo)	0,87	3,09
CERRO LARGO	La Paloma (Montevideo)	3,32	5,55

* En el caso de La Paloma la planta de chips estaña integrada a la instalación portuaria, por lo que se genera un ahorro adicional en favor de este puerto en relación con Montevideo, equivalente a 2,22 US\$/ton.

** Entre paréntesis aparece el puerto de referencia para el cálculo de los ahorros/costos netos.

*** Estos valores son válidos en el supuesto de que se profundice el Canal Martín García, es decir que Nueva Palmira tenga un calado operacional de 32 pies. De lo contrario, los ahorros

en favor de Fray Bentos con respecto a Nueva Palmira aumentarían.

Fuente: PRAIF-II.

1.4 Impactos medioambientales

Conviene señalar que suelen existir prejuicios en contra de las instalaciones destinadas a la producción de astillas porque se asocia esta actividad con la tala de bosques nativos. Esta consideración no es relevante en el caso de Uruguay debido a que la producción de chips se efectuaría con madera proveniente de plantaciones⁵⁸. Por otra parte, dentro de la cadena productiva que lleva a la producción de papel, la producción de astillas es una actividad poco contaminante; antes bien, son los procesos posteriores que insumen productos químicos con efectos nocivos en el ambiente si no se prevé su tratamiento adecuado.

⁵⁸ Tampoco corresponde, en el marco del PRAIF-II, analizar los impactos de la forestación y de la explotación forestal en los ecosistemas, sino identificar los efectos sobre el medio ambiente de la actividad específica del astillado. En otras palabras, el análisis se limita a evaluar la situación con un proyecto de astillado con respecto a la alternativa de exportar madera pulpable en forma de rollizos.

No obstante lo anterior corresponde señalar los posibles impactos ambientales negativos asociados a la actividad del astillado y las precauciones a tomar para limitarlos:

- El ruido que produce una astilladora, más aún si se incluye un tambor descortezador es el efecto ambiental más notorio. La precaución elemental a tomar frente a este factor es la de no instalar la planta cerca de un sector densamente poblado. Además, se pueden reducir significativamente las molestias que ocasiona el ruido mediante el uso de cortinas antiruido sean éstas naturales (plantaciones arbóreas) o artificiales (dispositivos usados para proteger a las poblaciones de los ruidos producidos por ejes ferroviarios y rodoviarios).
- La calidad del aire puede verse afectada por la emisión de polvo o partículas durante el astillado, por lo que nuevamente debe evitarse la instalación de una planta en un centro urbano.
- La concentración de madera, como la que se produce en las pilas de chips, siempre implica cierto riesgo de incendio. Las pilas deben ser vigiladas permanentemente para evitar cualquier acto vandálico en su contra. En todo caso esta precaución, junto con otras, suelen formar parte de los requisitos de los contratos de seguro. En la planta misma se deben también prever vigilantes, tal como se ha previsto en el proyecto analizado.
- Las precipitaciones atmosféricas sobre las pilas de chips producen un lavado y arrastre gravitacional de compuestos hidrosolubles presentes en la madera. Esta agua de arrastre, a la que se llama comúnmente agua de lixiviado, tiene un efecto contaminante de origen orgánico-inorgánico, si se libera en el ambiente sin ningún tipo de tratamiento purificador⁵⁹. Sería entonces recomendable analizar con más precisión este efecto si se decide concretar una actividad de astillado y, si fuera necesario, prever un tratamiento para las aguas de lixiviado. No obstante, debe indicarse que este tipo de contaminación sería menor que los que se observan actualmente en un puerto como el de Montevideo, siendo insignificante su

efecto en la situación global.

- La contaminación de carreteras por la posible dispersión de astillas en los recorridos de los camiones de planta a puerto se evita tomando elementales precauciones para cubrir la carga
- El incremento del tráfico carretero producido por la circulación de camiones entre la planta de chips y el puerto de embarque, en el caso de una planta instalada fuera del recinto portuario se limita a un promedio de 5 camiones por hora, durante todo el año, considerando una unidad de producción de gran tamaño Mantener este promedio implica obviamente un alto nivel de eficiencia en las operaciones productivas y de embarque, manteniendo constancia en la formación de las pilas Aún así, el tráfico podría verse intensificado en ciertos momentos del año por razones coyunturales, como la posibilidad de realizar un embarque o completar una carga de buque fuera de los tiempos programados. La posible congestión de ciertas carreteras o vías urbanas en determinadas épocas del año deberla analizarse en la etapa del estudio de factibilidad, cuando se defina la localización precisa de una planta Esto vale en particular para el caso de Montevideo, dada la ubicación del puerto en la ciudad
- En cuanto al tráfico carretero que significa el transporte de la materia prima desde las plantaciones hasta las plantas de chips, éste no variaría significativamente en relación con la alternativa de exportar madera rolliza. En efecto, en general las plantas se ubicarían en la cercanía de los puertos, que son también el destino de los rollizos para exportación En ambos casos, el transporte por ferrocarril iría a favor de la descongestión de las carreteras, además de reducir el deterioro de las mismas. El único caso que constituiría una excepción en este sentido es el puerto de La Paloma, si se construyera únicamente con el fin de exportar chips⁶⁰ En esta eventualidad, el tráfico maderero en rutas "turísticas" sería causado específicamente por la planta de chips. Habría entonces que tener en cuenta la intensa actividad turística que se desarrolla en esta región en los meses de verano, tanto en el programa de abastecimiento de la planta como en el de los embarques a efectuar.
- Si bien en ciertos complejos de producción y exportación, las pilas de chips llegan a alcanzar una altura de veinticinco a treinta metros, en este estudio en particular se ha limitado la altura a quince metros o, eventualmente, veinte metros. Ello se hizo por consideración al efecto en el paisaje que producen pilas de muy elevada altura. Aún así, se deberá consultar oportunamente al respecto a las autoridades municipales.
- Finalmente, debe mencionarse que la instalación de un complejo de producción de chips en La Paloma deberá ser precedida de un cuidadoso análisis de los impactos positivos y negativos que produciría. Si bien a primera vista el desarrollo de una actividad productiva de esta naturaleza en La Paloma puede parecer contradictoria con el desarrollo del turismo en esta región y la preservación de un ecosistema natural, se ha aclarado anteriormente que existen medios para limitar la mayoría de los efectos indeseables. La cuestión ambiental deberá evaluarse también a la luz de otros posibles impactos que tendría este puerto, como evitar la congestión del puerto de Montevideo y sus accesos cuando lleguen a madurez las plantaciones del Sureste o favorecer el desarrollo económico general del país mediante la exportación en condiciones competitivas.

⁵⁹ El componente orgánico se origina en el lavado de los microorganismos

responsables de los procesos normales de descomposición y fermentación de la pila de chips. Por otro lado, la madera, por su función de conducción, presenta sales solubles y compuestos de naturaleza inorgánica, que por ser hidrosolubles son arrastrados también en las aguas de lixiviado. Este tipo de contaminación inorgánica es de menor importancia que la anterior ya que estos compuestos inorgánicos en la madera se encontrarían en una proporción relativamente menor

⁶⁰ El uso del puerto de La Paloma para la exportación de otros tipos de bienes implicaría gastos de inversión diferentes de los que se consideraron en este estudio.

En el presente estudio se tomaron en cuenta algunos de estos efectos; otros requieren para su análisis de una definición más concreta del proyecto que emprenderían determinados productores/inversionistas. No debe perderse de vista que el presente documento pretende ofrecer diferentes alternativas rentables para el desarrollo de esta nueva actividad en el país, antes que un estudio detallado para un inversionista identificado. En el caso de los efectos medioambientales, la concreción de un proyecto de inversión en astillado implicará forzosamente la presentación de un estudio sobre estos impactos ante las autoridades nacionales correspondientes, dado que así lo prevé un decreto establecido en 1994⁶¹

⁶¹ Ver Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental. Decreto 435/994,21 de setiembre de 1994. Según dicho decreto, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente tramita y extiende la Autorización Ambiental Previa, prevista en el artículo séptimo de la Ley 16.466 (1994). Requerirá dicha autorización, entre otros, cualquier actividad que consista en la construcción de complejos o la instalación de unidades industriales o agroindustriales, cuando las industrias o grupos de industrias comprendidos, ocupen más de una hectárea en su desarrollo fabril.

1.5 Proceso productivo

Entre las condiciones de éxito del proceso productivo, se destacan: (i) la calidad de la producción, es decir la no contaminación de las astillas con agentes externos (plástico, piedras, etc.) y su homogeneidad (dimensiones constantes), lo que debe asegurarse mediante procesos y procedimientos adecuados; y (ii) la capacidad de mantener el flujo de producción y evitar a toda costa rupturas de existencias, las cuales pueden resultar dramáticas en el período previo aun embarque. Estas condiciones, que son particularmente importantes para un nuevo proveedor que debe construir una imagen de alta confiabilidad en los mercados internacionales, se logran mediante la combinación de equipos de primera línea, una gran capacidad de gestión y un personal de operación responsable y estable para evitar repetidos períodos de aprendizaje.

Tanto para la planta de tipo A como la de tipo B, se analizó el proceso productivo en sus diferentes etapas (almacenamiento de trozas, eventual descortezado, abastecimiento de la astilladora, astillado, clasificación de las astillas y almacenamiento de las mismas)⁶² El Cuadro III.6 presenta los equipos centrales y periféricos requeridos y integración y disposición en la planta se visualizan en los *Lay-out* 111.1 y III.2. El costo total de los equipos y maquinaria es de US\$ 1,8 millones para la planta de mayor dimensión y de US\$ 1,2 millones para la unidad de menor tamaño, considerando los precios

internacionales vigentes.

⁶² Estas etapas están detalladas en el documento del PRAIF-II: *Complejo de producción...*, *op. cit.*, pp. 98-112.

El área requerida para instalar una planta de chips se encuentra indicado en el Cuadro III.5 Por otra parte, se debe prever un espacio para las pilas de chips que no sea inferior a los valores siguientes:

- pila de 100.000 m³ 1,25 ha con una altura de 20 m y 1,40 ha con una altura de 15 m;
- pila de 125.000 m³ 1,50 ha con una altura de 20 m y 1,75 ha con una altura de 15 m.

Cuadro III.5 - Areas requeridas para las plantas de chips

AREAS TOTALES (ha)	PLANTA A		PLANTA B	
	MÍNIMA*	Recom.**	Mínima*	Recom.**
Planta	1,00	1,25	0,80	1,00
Acopio de rollizos	1,80	5,00	0,80	1,60
Circulación (25%)	0,70	1,56	0,40	0,65
TOTAL	3,50	7,81	2,00	3,25

* Espacio necesario para asegurar 7 días de producción.

** Espacio necesario para asegurar 20 días de producción.

Fuente: PRAIF-II

Cuadro III.6 - Equipos, costos y potencias de las plantas de chips de tipo A y B

Planta A

ITEM	DESCRIPCION EQUIPO		COSTO (US\$)	POTENCIA (HP)	
1	GRUA DE GARRA 410		150250	75	
2	CONVEYOR DE ALIMENTACION	2.1	TRAMO 1 (15 m)	106850	40
		2.2	TRAMO 2 (5m)	48500	30
		2.3	TRAMO 3 (5m)	45000	10
		2.4	TRAMO 4 (12 m)	85500	30
		2.5	SIST. LIMPIEZA	incl en 22	45
3	GRUA DE GARRA 150		86700	50	
4	TORRE DE CONTROL		29900	0	
5	ASTILLADORA (96"×10 Cu)		118000	0	
6	MOTOR/CONTROL/ACOPLAMIENTO		228000	1 500	
7	HARNEROS (2), CON TOLVA		120000	20	

1. Producción y exportación de astillas para pulpa

8	REASTILLADORA (48"×8 Cu)-C/MOTOR			37500	150
9	SISTEMA DE RETORNO			10950	0
10	TOLVA RESIDUOS (21 UNITS/110m ³)			36500	15
11	TOLVA ASTILLAS (60 UNITS/330m ³)			72500	15
12	AFILADORA			31 250	10
13	CONVEYOR DE CINTA	13.1	48"×27m (chip)	88500	30
		13.2	24"×35m (des)	75000	15
		13.3	42"×40m (gch)	128500	30
		13.4	42"×10m (piso)	27500	75
14	TORNILLO TRANSPORTADOR	14.1	16"×10mt (finos)	13500	75
		14.2	16"×20m (finos)	26500	10
15	TRANSPORTADOR VIBRATORIO	15.1	3×18"×12m (al)	45000	22,5
		15.2	1×18"×10m (reast)	12500	7,5
16	COMPRESOR			9500	10
17	CONTROL CALIDAD			13500	1 5
	SUBTOTAL			1647400	2132
18	GRUAS MOVILES	2 × cancha		180000	0
TOTAL				1 827 400	2132

Fuente PRAIF-II

Planta B

ITEM	DESCRIPCION EQUIPO		COSTO (US\$)	POTENCIA (HP)	
1	GRUA DE GARRA 210		120.000	75	
2	CONVEYOR DE ALIMENTACION	2.1	TRAMO 1 (10 m)	53.500	30
		2.2	TRAMO 2 (5m)	36500	15
		2.3	TRAMO 3 (5m)	32500	10
		2.4	TRAMO 4 (8m)	52850	30

1. Producción y exportación de astillas para pulpa

		2.5	SIST LIMPIEZA	ind en 22	25
3	N/C				
4	TORRE DE CONTROL			29.900	0
5	ASTILLADORA (66×6 Cu)			48000	0
6	MOTOR/CONTROL/ACOPLAMIENTO			174000	500
7	HARNEROS (2), CON TOLVA			45.000	10
8	REASTILLADORA (48"×8 Cu)-C/MOTOR			37500	100
9	SISTEMA DE RETORNO			10.950	0
10	TOLVA RESIDUOS (21 UNITS/ 110m ³)			36.500	15
11	TOLVA ASTILLAS (62 UNITS/ 330m ³)			72500	22,5
12	AFILADORA			22.500	7,5
13	CONVEYOR DE CINTA	13.1	36"×27m (chip)	58.500	20
		13.2	24"×35m (des.)	72.000	15
		13.3	30"×40m (gch)	95000	20
		13.4	30"×10m (piso)	17500	75
14	TORNILLO TRANSPORTADOR	14.1	13"×10m (finos)	10.250	5
		14.2	13"×20m (finos)	22500	7,5
15	TRANSPORTADOR VIBRATORIO	15.1	3×18"×9m (al)	33750	22,5
		15.2	1×18"×10m (reast.)	11 500	7.5
16	COMPRESOR			8500	10
17	CONTROL DE CALIDAD			13.500	1,5
	SUBTOTAL			1 115.200	957
18	GRUAS MOVILES		1 × cancha	90.000	0
	TOTAL			1.205.200	957

Fuente PRAIF-II

[Lay-out III.1 - La planta de chips de tipo A](#)

Fuente: PRAIF-II

[Lay-out III.2 - La planta de chips de tipo B](#)

Fuente: PRAIF-II

1.6 Personal de la planta y estructura organizacional de la empresa

Para el funcionamiento eficaz de la planta de mayor dimensión se ha previsto un staff de 12 personas además de 12 operarios por turno, cuyas calificaciones están detalladas en el Cuadro III 7 Con la adquisición de experiencia esta plantilla podría reducirse Dado que en la unidad de menor tamaño ciertos servicios o refuerzos puntuales podrían ser provistos en el marco de algún tipo de acuerdo con otra planta, el staff puede reducirse a 8 personas y los operarios por turno a 9

Cuadro III.7 - Personal de operación de la planta de chips de tipo A (US\$)

PERSONAL	SALARIO	Nº	Costo Anual*	Nº	Costo Anual*		Costo Anual*
	Nom/mas		Staff		Turno 1 (día)	Nº	Turno 2 (noche)
Administrador planta	2.500	1	43.149		0		0
Administrativos	750**	5	64.235		0		0
Jefe de producción	1 750	1	30.204		0		0
Jefe de turno	930		0	1	16.052	1	19.263
Encarg. Control Calidad	1.000	1	17.260		0		0
Ayde Control Calidad	650		0	1	11.219	1	13.462
Jefe de mantención	1.250	1	21.575		0		0
Encargado mant. elec.	1.100	1	18.985		0		0
Eléctrico	865		0	1	14.920	1	17.904
Encargado mant. Mec..	1.100	1	18.985		0		0
Mecánico	865		0	2	29.840	2	35.807
Encargado afilado	918	1	15.835		0		0
Ayudante afilado	836		0	1	14.435	1	17.322
Gruero Prentice 410	1.000		0	1	16.052	1	19.263
Gruero Prentice 150	1.000		0	1	16.052	1	19.263
Gruero cancha trozas	750		0	2	25.890	2	31.067
Ayudantes de planta	810		0	2	27.965	2	33.558
Vigilantes	700		0	3	36.357	3	43.628
TOTAL		12	230.230	15	211.195	15	253.434

* - Incluye cargas sociales legales y seguro contra accidentes.

** - Promedio.

Fuente: PRAIF-II.

Por otra parte existen funciones fundamentales, a nivel de la estructura de la empresa que lleva adelante el emprendimiento, que deben ser cubiertas para asegurar la gestión general de un proyecto de esta naturaleza. El Organigrama III.1 presenta un esbozo de estructura organizacional. Esta debe interpretarse como una estructura funcional antes que una indicación del número de personas estrictamente requeridas. Ello se debe a la indefinición, en esta etapa del estudio, de la forma en que se desarrollaría el proyecto de astillado, pudiendo visualizarse básicamente tres opciones:

- Una empresa, comercial o industrial, adquiere la madera rolliza a productores forestales independientes y se dedica a producir y exportar astillas. Esta será entonces la que defina los precios de compra de la materia prima, dependiendo del nivel de organización e información de quienes venden.
- Un grupo de pequeños y medianos productores forestales se organiza para formar una empresa de carácter asociativo o cooperativo cuyo fin es el abastecimiento de materia prima a una empresa productora de chips, adquiriendo así este grupo más fuerza para defender los precios de la madera rolliza.
- Un grupo de productores forestales se organiza para desarrollar un proyecto común de producción y exportación de chips. Aseguran así el autoabastecimiento de la materia prima aspecto particularmente sensible del proyecto por los considerables volúmenes que requiere este emprendimiento. Lógicamente, esta opción implica un nivel de organización empresarial complejo.

Organigrama III.1 - Estructura funcional de un empresa chipera

FUNCIONES DE LOS PRINCIPALES CARGOS

Gerente general:

Responsable de la comercialización y de las negociaciones con el extranjero (precios, forma de pago, calidad, cantidad, cronograma de embarques, etc.). Establecimiento de pautas de financiación. Contactos con productores con el propósito de incentivarlos a participar en el negocio.

Jefe de operaciones:

Responsable del abastecimiento de materia prima. Coordinación con los productores con respecto a los volúmenes de madera rolliza a ser entregado. Control de existencias y de la calidad, tanto de la materia prima como de los chips. Responsable de que las operaciones en su conjunto (abastecimiento de materia prima, producción y embarque), se desarrollen en tiempo y forma. Seguimiento de los costos de las tres operaciones mencionadas. Contratación de servicios de embarque (estiba, transporte, etc.).

Jefe contable financiero:

Responsable de la contabilidad y administración de la empresa. Gestión financiera. Cobranzas y pagos.

Administrador de planta:

Responsable del correcto funcionamiento de la planta (cantidad, calidad y costos de producción). Gestión de compras y pagos de los insumos nacionales (exceptuando la madera rolliza). Jefe de personal.

Jefe de producción:

Responsable del correcto funcionamiento de la planta desde el punto de vista productivo.

Encargado del control de calidad:

Responsable de que los ensayos de control de calidad se realicen en tiempo y forma. Calibración y mantenimiento de los equipos e instrumentos del laboratorio.

Fuente: PRAIF-II.

1.7 Evaluación financiera del proyecto

Para la evaluación del proyecto de chips desde el punto de vista del inversionista privado, se partió de una situación básica que tiene en cuenta las condiciones definidas anteriormente como más probables para el inicio de la actividad chipera en el país, para luego analizar variantes de esta alternativa

1.7.1 Caso básico: el complejo de chips de *Eucalyptus globulus* en Montevideo

La instalación de una planta de chips en la capital del país no es una opción Ideal pero es la más factible ante las incertidumbres que subsisten con respecto a la adecuación de los otros puertos del país En 1999 la infraestructura portuaria de Montevideo podría estar pronta para recibir y exportar chips con inversiones moderadas en la adecuación de los espacios y adquisición de equipos típicos de carguío. Existen accesos ferroviarios y carreteros así como terrenos de muy baja densidad de población y suficiente extensión en un radio que no excede 15 o 20 km. del puerto Si no se presentan objeciones al tránsito de camiones y a la formación de las pilas de astillas en el puerto, Montevideo tiene las condiciones físicas requeridas para que se instale una planta de chips en el corto plazo (1999) Por lo tanto, se ha tomado como caso básico para la evaluación financiera la instalación de una planta de chips de tipo A en las afueras de la capital, con una capacidad nominal de producción de 500.000 m³/año en dos turnos, con 260 jornadas al año y 8 horas por día.

Las inversiones del proyecto están detalladas en el Cuadro III.8 y los costos operativos en el Cuadro III.9. Estos últimos dependen del nivel de actividad de la planta. Dicho nivel no puede igualar la capacidad nominal de producción sino luego de un período de aprendizaje en la operación. De acuerdo con la estrategia productiva previamente definida (Cuadro III.1), la planta tomaría tres años antes de llegar a una producción anual de 500.000 m³/año. Por lo tanto los costos operativos varían en los tres primeros años para luego estabilizarse en los años 4 a 12 Cada rubro se ve afectado de manera distinta por la curva de aprendizaje:

- los requerimientos anuales de materia prima son proporcionales al nivel de producción, es decir que no se incluye un efecto de mayor desperdicio durante el aprendizaje que en la operación estabilizada. Se asume un consumo de materia prima que, en volumen, es 3% mayor que la producción obtenida, lo cual refleja el porcentaje de desperdicio normal en una planta de este tipo si se respetan estrictamente las condiciones operativas definidas previamente. El requerimiento de materia prima se estabiliza así en 515.000 m³ a partir del cuarto año de operación de la planta.
- la mano de obra depende del número de turnos. Sin embargo, el costo no es proporcional

al número de turno dado que los cargos de supervisión y administración general se requieren desde el primer año, lo cual se aprecia en la mayor participación relativa de la mano de obra calificada en el primer año que en los restantes. A partir del segundo año el gasto en mano de obra se estabiliza.

- la evolución del consumo de energía eléctrica depende del nivel de procesamiento de materia prima.
- para los repuestos, el costo se incrementa el segundo año al pasarse a una producción en dos turnos. En los años siguientes el costo no se incrementa, lo cual refleja el proceso de aprendizaje que permite incrementar la producción sin mayores gastos en este rubro. Se asume un comportamiento similar para los lubricantes y las cuchillas.
- finalmente, se incluye una partida para imprevistos, que también expresa el proceso de aprendizaje en el sentido de que en los años 2 y 3 tiene igual valor que en los años "normales" posteriores. Es decir que, en tanto que para todos los demás años esta partida se estima como un porcentaje fijo de los costos operativos, en los años 2 y 3 ese porcentaje es mayor reflejando así un menor nivel de eficiencia.

En cuanto a la valorización de cada rubro, se utilizaron los siguientes criterios:

- para la materia prima se tomó el precio que se paga actualmente por la madera destinada a la exportación, puesta en Montevideo (o en otros puertos, en los casos siguientes) asumiendo que la planta de chips compite con la exportación de madera rolliza. Si en estas condiciones el proyecto resulta rentable, será posible pagar un precio superior por la materia prima, lo que sería una garantía de éxito para el abastecimiento de la planta de astillas. El precio actual (julio de 1995) de madera rolliza de **E. globulus** se ubica en los US\$ 41/m³ y corresponde a un precio FOB de 58 US\$/m³
 - los costos de mano de obra (detallados en el Cuadro III.5), se basan en los salarios nominales acordados por convenio en la industria del aserrado, compensado y similares⁶³ en el supuesto de que los trabajadores en plantas de astillado podrían adherir a este convenio. A estos salarios se añadieron los aportes sociales establecidos por la legislación laboral y un porcentaje correspondiente al seguro por accidentes de trabajo. Para los cargos de mayor nivel en la empresa, se estimaron valores de mercado con el ajuste mencionado por las cargas sociales
- ⁶³ "Convenio colectivo, Retribuciones mínimas con carácter nacional para todos los trabajadores del grupo 16, subgrupo 1" Se consideraron los salarios vigentes a mayo de 1995.
- para la energía eléctrica, se tomó la tarifa de UTE para grandes consumidores, a un nivel de tensión de 30 kv. De acuerdo a las tarifas diferenciales de UTE en horas diurnas y nocturnas, se consideró que en el primer turno se utiliza energía de llano y en el segundo se opera una hora en llano y siete en valle.
 - para cuchillas y otros repuestos, se tomaron valores correspondientes a precios del mercado internacional

- para el transporte de los chips de la planta al puerto y las operaciones portuarias (acopio y embarque), se tomó como valor el costo promedio indicado anteriormente (punto 13) para el caso del puerto de Montevideo (6 US\$/m³) Este costo tiene en cuenta la inversión en acondicionamiento del área de acopio y en equipamiento (cintas móviles en muelle) que sufragaría la empresa operadora en el puerto

Cuadro III.8 - Inversiones para un complejo de chips en Montevideo

CONCEPTO	COSTO TOTAL	VALOR RESIDUAL
	(US\$)	(US\$)
MAQUINARIA (ver Cuadro III.5)	1.827.400	182.740
INFRAESTRUCTURA	2.525.000	150.000
Terreno (6 ha; US\$ 25.000/ha)	150.000	150.000
Preparación terreno (US\$ 60.000/ha)	750.000	-
Instalación y montaje	360.000	-
Inversión en puerto (ver punto 1.3 en texto)	1 265.000	-
Subestación eléctrica	80.000	-
OTROS		
Ingeniería	120.000	-
IMPREVISTOS (10%)	447.240	-
TOTAL INVERSION	4.999.640	482.740

Cap. nominal: 250.000 m³/año/turno Vida útil planta: 12 años Valor residual: 10% para maquinaria: valor de adquisición para terreno

Fuente: PRAIF-II

Cuadro III.9 - Costos operativos de un complejo de chips en Montevideo

CONCEPTO	COSTOS OPERATIVOS ANUALES (US\$)			
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4 al 12
MATERIA PRIMA	8.446.000	17.947.750	20.059.250	2.115.000
MANO OBRA	441.425	694.859	694.859	694.859
Calificada	351.450	496.914	496.914	496.914
No o semi calificada	89.975	197.945	197.945	197.945
ENERGIA ELECTRICA	149.340	176.355	197.102	207.476
REPUESTOS	110.000	183.000	183.000	183.000
OTROS	1.273.000	2.698.000	2.998.000	3.148.000
Transporte, acopio en puerto y embarque	1.200.000	2.550.000	2.850.000	300.000
Lubricantes	15.000	30.000	30.000	30.000
Cuchillas	58.000	118.000	118.000	118.000

IMPREVISTOS	96.000	161.000	161.000	161.000
TOTAL COSTOS OPERATIVOS	10.515.765	21.860.964	24.293.211	25.509.335

Producción anual: variable (años 1 a 3) con estabilización en 500.000 m³/año (años 4a 12).

Especie: **E. globulus** (densidad básica: 0,570 BDMT/m³). Precio materia prima: US\$ 41/m³

Fuente: PRAIF-II.

El Cuadro III.8 no incluye los recursos financieros requeridos para cubrir las necesidades de **capital de trabajo**, el cual debe asegurar el adecuado funcionamiento de la planta. Por otra parte, se ha destacado como esencial para el éxito del proyecto poder mantener el flujo de producción debido a que se trata de un negocio de volumen. Los grandes volúmenes transportados por los buques chiperos requieren financiar el funcionamiento de la planta entre cada par de operaciones, lo que obliga a adelantar pagos de materia prima, servicios de corte y descortezado, transporte y procesamiento en planta. También hay que mantener un stock de chips ya producidos de modo de evitar los altos costos de espera de los buques (*demurrage*) que se derivarían de una eventual falla en el embarque al ritmo pactado. Estos factores deben tenerse en cuenta en la determinación del capital de trabajo del proyecto. Por la naturaleza del mismo, el capital de trabajo se determina como el valor del stock de materia prima requerido para asegurar la producción durante un cierto número de meses. Se consideraron dos hipótesis alternativas. La primera, de acuerdo a experiencias de otros países, contempla un valor equivalente al consumo de tres meses de materia prima, es decir una cuarta parte del consumo anual de materia rolliza a su valor puesto en planta. La segunda alternativa, en la que se reduce los tres meses a uno solo, podría reflejar algunas ventajas comparativas del presente proyecto, como las condiciones climáticas favorables para la explotación forestal en casi todo el año en Uruguay y, esencialmente, una organización de tipo asociativa entre productores forestales. Esta alternativa sería viable si la empresa que lleve adelante el proyecto fuera una asociación de productores o si estos últimos establecieran una asociación para abastecer una planta independiente. Naturalmente, en este último caso, el precio de la materia prima debería premiar a los abastecedores, de modo de asegurar un abastecimiento fluido y una distribución equitativa de los beneficios generados por tal tipo de acuerdo.

En cuanto a los ingresos del proyecto, el valor de la producción debe establecerse en dólares por BDMT dado que el precio de exportación de los chips se expresa con respecto a esta unidad de medida. Para definir la equivalencia entre metro cúbico y BDMT, se tomó como referencia las densidades básicas determinadas recientemente en ensayos de laboratorio con muestras de las principales especies pulpables de Uruguay (0,570 BDMT/m³ para el **E. globulus**). Las ventas anuales se ubican así en 285.000 BDMT/año a partir del cuarto año de operación de la planta, cuando el nivel de producción anual se establece en 500.000 m³ en dos turnos. En los años 1, 2 y 3, las ventas corresponden a un nivel de producción de 200.000, 425.000 y 475.000 m respectivamente.

Por otra parte, deben tenerse en cuenta las mermas posteriores al procesamiento industrial (en transporte y acopio), las cuales tienen el efecto de reducir el volumen físico de venta. Según la experiencia internacional estas mermas equivalen a un costo de 0,55 US\$ por BDMT producida reduciéndose en esta proporción los ingresos por venta (con respecto al volumen producido)

Para estimar el precio FOB Montevideo de los chips, se dedujo del precio CIF actual en Japón (200 US\$/BDMT para chips de **E. globulus**) el costo del flete y seguro entre puertos de origen y destino, el cual fue estimado en 90 US\$/BDMT. Se estableció así un precio FOB de referencia de 110 US\$/BDMT

para determinar los ingresos del proyecto en caso de destinarse los chips al mercado japonés

Se consideró también el precio FOB en caso de exportarse los chips hacia Europa, mercado que por razones geográficas resultaría mucho más atractivo que el del Lejano Oriente. Aún suponiendo un precio CIF algo inferior al que hoy paga Japón, el precio FOB sería superior debido al ahorro de fletes. Reflejando esta situación, se estimó que 125 US\$/BDMT sería un precio posible de exportación a Europa, aunque hipotético en tanto no se desarrollen los mercados potenciales de chips en esta región

Es probable que la exportación de astillas se beneficie de reintegros (devolución de impuestos) como es el caso actualmente para los rollizos (4,5% sobre el valor FOB). Sin embargo, al desconocerse la tasa que se podría aplicar, se ha preferido evaluar la rentabilidad del proyecto sin este factor a su favor.

Con el conjunto de estos datos y criterios, se calculó el flujo de fondos del proyecto (Ingresos menos inversión y costos operativos, para cada año), del cual debe deducirse el impuesto a la renta (IRIC, 30% sobre el beneficio fiscal) para obtener el flujo utilizado como base de la evaluación privada. La evaluación presentada no tiene en cuenta ninguna forma de financiamiento; se evalúa la **rentabilidad del proyecto**. Se supone que el inversionista desembolsa el total del valor de la inversión en el año cero y recupera el valor residual correspondiente al finalizar el año doce. Año a año el inversionista recibe los ingresos y hace frente a los costos operativos señalados. De acuerdo a las condiciones de distintas fuentes de financiamiento, puede evaluarse fácilmente la **rentabilidad del inversionista** para cada hipótesis de financiamiento.

Debe advertirse que, al tomar como costo de la materia prima el precio que pagan los exportadores de madera rolliza, la evaluación solamente permite concluir acerca de la conveniencia relativa de exportar chips (a Japón o Europa) versus la exportación de madera rolliza (a Europa), es decir que se comparan únicamente estas dos alternativas de uso de la madera pulperable. Cuando el destino de chips es Japón, se compara implícitamente el proyecto con la alternativa de exportar rollizos al mercado europeo, "castigando" así el proyecto de astillado por el diferencial de costo de transporte entre las dos alternativas.

Considerando la alternativa de exportación hacia Japón, la tasa interna de retorno (TIR) obtenida para el caso básico del proyecto alcanza a **46,5%** o **57,8%** según la magnitud del capital de trabajo considerada (Cuadro III.10). Se trata de tasas de retorno inusualmente altas para un estudio a nivel de prefactibilidad, en particular cuando no se asumieron hipótesis optimistas, excepto quizás con respecto a la densidad básica de la materia prima. En el mismo cuadro se observan las TIR obtenidas con variaciones en el precio de la materia prima del proyecto: el precio de US\$ 35/m³ representa la situación vigente a principios de 1995 para madera rolliza de **E. globulus** puesta en Montevideo, en tanto que el precio de US\$ 41/m³ correspondería a una situación de marcado incremento de la demanda interna de madera que podría derivarse de: la multiplicación de empresas exportadoras de madera rolliza, el desarrollo de proyectos de chips y de fabricación de celulosa, y/o la presión causada por el incremento de producción en la fase industrial de la cadena papelera nacional. Obviamente se trata sólo de un precio indicativo. Se observa del cuadro mencionado que la rentabilidad del proyecto es muy sensible a la variación de precios de la materia prima.

Cuadro III.10 - Ingresos anuales y tasas internas de retorno para la planta A con E. globulus

CONCEPTO	Destino Japón FOB MVD: 110 US\$/BDMT	Destino Europa FOB MVD: 125 US\$/BDMT
Ventas (US\$/año)*	31 195.250	35.468.250

Tasas internas de retorno (%)	KT 3 meses	KT 1 mes	KT 3 meses	KT 1 mes
Con materia prima 35 US\$/m ³	72,33	83,01	102,33	114,33
Con materia prima 41 US\$/ m ³	46,51	57,81	78,15	90,90
Con materia prima 45 US\$/ m ³	28,88	39,70	61,95	74,74

* Corresponde a los ingresos anuales cuando se establezca la producción (años 4 a 12. 285.000 BDMT/año) y una vez deducidas las mermas posteriores al proceso industrial (acopio y transporte) las cuales se cifran en 0,55 US\$ por BDMT producida.

Fuente: PRAIF-II

Para este mismo caso básico, se confirmó la alta sensibilidad de la rentabilidad a variaciones en la velocidad de aprendizaje, el precio FOB del producto y la densidad básica de la madera procesada⁶⁴ de acuerdo a lo cual se deducen las siguientes conclusiones

⁶⁴ Ver el documento del PRAIF-II: *Complejo de producción...*, op. cit, pp. 124-128

- En las situaciones extremas asumidas en el nivel de utilización de la capacidad, la variación en la TIR es quizás menor a la que pudiera esperarse *a priori*. Esto se deriva de una característica estructural de la inversión, que consiste en su escasa significación en el flujo de fondos total del proyecto. Sin embargo, la variación de la rentabilidad es suficientemente importante como para indicar la importancia de minimizar el período de aprendizaje invirtiendo recursos para ello (asesoramiento, incentivo a la productividad, etc.)
- La densidad básica de la materia prima es una variable muy relevante para la rentabilidad del proyecto. En la situación básica de la evaluación se adoptó la relación de 0,570 BDMT/m³ obtenida en los ensayos ya mencionados con trozas de **E. globulus** en edad de corta. Cuando se adopta un criterio más conservador, tomando una relación de 0,530 BDMT/m³ que corresponde al promedio de todos los valores obtenidos en las mediciones de **E. globulus** de diferentes edades, la rentabilidad se vuelve crítica (10,7%) en el caso de una materia prima que combina la menor densidad básica con el precio máximo junto con un capital de trabajo equivalente al consumo de tres meses de materia prima.

1.7.2 El procesamiento del *Eucalyptus grandis*

Desde el punto de vista técnico las unidades productivas propuestas permiten procesar tanto madera de **E. globulus** como de **E. grandis**, aunque sin mezclarlas. Las diferencias entre ambas especies son de carácter físico y también económico. El **E. grandis** tiene una menor densidad básica, es decir una menor relación BDMT/m³. De esta característica física se derivan importantes efectos económicos. En primer lugar, la planta debe procesar más madera rolliza para obtener una BDMT lo cual implica mayores costos operativos por unidad de producto final. En segundo término, los precios que se pagan por los chips de **E. grandis** son inferiores a los de los chips de **E. globulus**, por lo menos en la situación actual global del mercado internacional⁶⁵. Finalmente, el flete marítimo por BDMT es mayor para el **E. grandis** que para el **E. globulus** un buque completo cargará un mismo volumen de chips en los dos casos, por la misma suma alzada, pero este volumen representará menos BDMT de chips de **E. grandis** que de **E. globulus**.

⁶⁵ La valoración por especie de madera pulpable puede variar de un importador a otro, dependiendo del destino final de la pulpa (tipo de papel o cartón deseado) o de la semejanza de la especie a otra ya en uso en la planta de pulpa para la que se considera la importación. En Escandinavia, por ejemplo, se usa ampliamente el abedul, especie con características mas similares al **E. grandis** que al **E globulus** en el proceso productivo de la pulpa.

Estas diferencias van en detrimento del procesamiento de **E. grandis** aunque debe tenerse en cuenta que el costo de la madera rolliza de esta especie es menor y así también el costo del transporte interno por unidad de volumen

Para evaluar la rentabilidad de una planta que procesar únicamente madera de **E. grandis** se procedió a las siguientes modificaciones⁶⁶ Se asumió que a partir del cuarto año se llegaría a la producción máxima que permite la planta, con turnos alargados (más de 8 horas/turno), para llegar así a una producción anual de 380.000 BDMT Para establecer el costo de la materia prima se observó el mismo criterio que en el caso del **E. globulus**: se tomó el precio FOB (Montevideo) de la madera rolliza de **E. grandis** (42 US\$/m³), deduciéndole los costos de exportación y llegando así a un valor de 30 US\$/m³ Para el análisis de sensibilidad se consideró un precio alternativo de 31 US\$/m³ La inversión requerida no varía con respecto al caso básico analizado anteriormente

⁶⁶ Ver detalles en *op. cit.* pp. 128-130.

En cuanto al precio FOB de los chips de **E. grandis**, éste se estimó en 95 US\$/BDMT es decir alrededor de un 15% menos que el FOB de chips de **E. globulus** Ello refleja la diferencia en el rendimiento en pulpa por la menor densidad básica del **E. grandis** y el mayor costo de flete Como alternativa se consideró un precio de 97 US\$/BDMT cuya viabilidad dependerá del destino de estos chips (Europa versus Japón) y de la densidad básica que se obtenga a escala industrial En este aspecto se tomó como referencia el estudio de laboratorio ya mencionado asumiendo 0,443 BDMT/m³

Se puede apreciar de las tasas internas de retorno presentadas en el Cuadro III.11 que el proyecto es rentable, aunque mucho menos que en la alternativa del astillado de **E. globulus** Cuando se evalúa el proyecto con un criterio más conservador con respecto a la densidad básica de la materia prima (0,420 BDMT/m³), se obtienen TIR muy bajas o incluso negativas, excepto cuando se combina el precio FOB más alto (US\$ 97/BDMT) con el precio de la materia prima más bajo (US\$ 30/BDMT)

En conclusión, la rentabilidad de un proyecto de chipeado que procesara únicamente la especie grandis no es atractiva comparado con la alternativa de astillar madera de la especie globulus Sin embargo, es rentable y razonable considerar un cierto porcentaje de **E. grandis** en el abastecimiento de la planta. La operación puede realizarse formando dos pilas de chips, una para cada especie, y reservando ciertas bodegas del buque chipero para el grandis. La combinación de especies deberá estudiarse con más detalle en la etapa de factibilidad, en función de los precios que se pueden obtener para el grandis con clientes identificados

Cuadro III.11 - Ingresos anuales y tasas internas de retorno para la planta A con E. grandis

CONCEPTO	FOB MVD: 95 US\$/BDMT		FOB MVD: 97 US\$/BDMT	
Ventas (US\$/año)*	35.864.014		36.623.443	
Tasas internas de retorno (%)	KT 3 meses	KT 1 mes	KT 3 meses	KT 1 mes

Con mat. prima 30 US\$/m ³	19,00	29,17	24,93	36,40
Con mat. prima 31 US\$/m ³	11,83	20,03	17,69	27,77

* Corresponde a los ingresos anuales cuando se establezca la producción (años 4 a 12, 380.000 BDMT/año) y una vez deducidas las mermas posteriores al proceso industrial, las cuales se estiman en 0,55 US\$ por BDMT producida

Fuente: PRAIF-II.

1.7.3 Complejo de chips de *Eucalyptus globulus* en Nueva Palmira

La planta de tipo A ha sido evaluada en el caso de que se instalara en Nueva Palmira. Como se justificara anteriormente, este puerto constituye la salida más favorable para los chips que se generarían con madera proveniente del Litoral en caso de una producción anual que no supere la de una planta de tipo A con dos turnos (500 000 m³/año). Esta alternativa permite utilizar la instalación portuaria existente en Nueva Palmira, aunque supone que se drague efectivamente el Canal Martín García para disponer de un calado operacional de 32 pies para los buques chiperos.

Las diferencias que presenta esta localización en relación a Montevideo en materia de costos operativos son (i) la que corresponde a los costos de transporte marítimo de los chips que son mayores si el buque chipero debe llegar hasta Nueva Palmira y (ii) la diferencia de costos de flete terrestre de la materia prima, proveniente de pequeños y medianos productores del Litoral. El ahorro neto en los costos de transporte totales es de US\$ 6,3/m³⁽⁶⁷⁾. Se consideraron tres hipótesis alternativas para la distribución de estos ahorros: una primera en la que todo el ahorro es apropiado por la planta (que significa un costo de la materia prima de 34,7 US\$/m³), otra en la que el ahorro se apropia totalmente por los productores forestales (quedando el precio de la materia prima en 41 US\$/m³) y finalmente una en la que el ahorro se comparte por partes iguales entre los productores forestales y la planta de chips (que da un costo de materia prima para la planta de 37,85 US\$/m³).

⁶⁷ Para el cálculo de este valor, ver *op. cit.* p 131

En comparación con el caso de Montevideo se modifica también el monto de las obras a realizar en el puerto considerando tanto las que estarían a cargo de la planta de chips (US\$ 2 200 000) como las que realizaría la empresa portuaria. El hecho de que estas últimas serían menores que en Montevideo, dadas las instalaciones existentes, significa que el costo total de todas las operaciones desde la planta de chipeado hasta el buque (transporte, acopio en puerto y carga del buque) se reduce de 6 a 4,5 US\$/m³ como se indicara al analizar la situación portuaria en Nueva Palmira (punto I 3 de la presente sección).

Si se considera que el ahorro de fletes es apropiado en su totalidad por los productores forestales, la rentabilidad que se obtiene para el proyecto de chipeado de **E. globulus** en Nueva Palmira se expresa en una TIR de 44,3% para un capital de trabajo de tres meses de consumo de materia prima y de 53,6% si el capital de trabajo es de un mes de consumo de madera rolliza (Cuadro III 12). Estas cifras se comparan con las correspondientes a la situación básica: 46,5% y 57,8% respectivamente.

Debe destacarse de inmediato que este resultado depende fundamentalmente del supuesto realizado en el sentido de que el ahorro de costos de flete terrestre se traslada en su totalidad a los productores forestales. Si la totalidad o una parte de este ahorro se traslada a la planta de chips, la rentabilidad aumenta significativamente como puede observarse en el Cuadro III 12.

Cuadro III.12 - Tasas internas de retorno del proyecto de chips en Nueva Palmira

TASA INTERNA DE RETORNO	PRECIO FOB	
(%)	US\$ 108,6/BDMT	
Con materia prima 34,7 US\$/m ³ *	KT 3 meses	KT 1 mes
Con materia prima 37,85 US\$/m ³ **	6751	76,19
Con materia prima 41,00 US\$/m ³ ***	56,31	65,08
	44,28	53,57

* Supone que el ahorro de flete terrestre es apropiado por la planta de chips

* Ahorro de flete compartido por mitades entre el productor y la planta de chips

*** Ahorro de flete apropiado por los productores forestales

Fuente: PRAIF-II.

Se concluye entonces que

- el proyecto ubicado en Nueva Palmira es rentable y a igual precio de materia prima es apenas menos rentable que en Montevideo
- la rentabilidad mejora sustancialmente si los productores forestales son los abastecedores de su propia planta pudiendo entonces apropiarse de la totalidad de los ahorros en el flete terrestre de la materia prima
- las tasas internas de retorno obtenidas son sujetas a la concreción de las obras de dragado del Canal Martín García

Por otra parte, debe tenerse presente que de concretarse la instalación de una planta de pulpa en el Litoral las posibilidades de competir de una planta de chips se reducen. En efecto, en la estructura de costos de esta última la materia prima representa aproximadamente un 80% del total, en tanto que la incidencia de la materia prima en los costos de la planta de pulpa sería notoriamente inferior. Ello significa que la planta de pulpa tiene una mayor capacidad de competir por la materia prima que la de chips, en caso de que esta última no se instalara por los mismos productores forestales.

1.7.4 Complejo de chips de Eucalyptus globulus en La Paloma

Las inversiones y los costos operativos del caso básico fueron ajustados para poder evaluar la rentabilidad de una planta de chips de tipo A integrada al puerto de La Paloma. Se ha cargado al proyecto una inversión en puerto extraordinariamente elevada que se origina en la necesidad de realizar grandes obras en el puerto para crear las condiciones de operación de buques chiperos⁶⁸. En los costos operativos se realizaron los ajustes correspondientes a ahorros en flete terrestre y operaciones portuarias. El costo total de estos rubros desde la salida de la planta hasta el buque pasa de 6 US\$/m³ en el caso de la planta en Montevideo a 3,07 US\$/m³ en el caso de La Paloma reduciéndose el monto de este rubro en cerca de un millón y medio de dólares anuales, para los años "normales" de operación. Por otra parte, se consideró un costo de la materia prima de US\$ 41/m³ y US\$ 39,09/m³ (en lugar de los US\$ 41/m³ de Montevideo) dependiendo de si los ahorros son apropiados por los productores forestales o por la planta de chips, respectivamente.

⁶⁸ US\$ 6.860.000 para la instalaciones para el embarque de chips y US\$ 15.400.000 para la escollera de cierre y dragado interior, según datos presentados en el punto 1.3 arriba.

Teniendo en cuenta los ahorros de flete marítimo que significa el puerto de La Paloma con respecto a Montevideo, los precios FOB La Paloma son de US\$ 112/BDMT (destino Japón) y US\$ 129/BDMT (destino Europa).

El proyecto tiene un desempeño rentable (Cuadro III 13) aunque con valores para la TIR inferiores a las que se observaron en el caso de Montevideo, lo cual era de esperarse considerando el alto nivel de inversiones en puerto que se cargan al proyecto La cifra correspondiente a este concepto es una estimación preliminar, que podría resultar menor a nivel de factibilidad Al resultar viable el proyecto en esa hipótesis conservadora, pueden esperarse resultados más alentadores si la inversión puede reducirse. La rentabilidad atractiva que presenta esta alternativa de inversión debe considerarse en el contexto de las observaciones que se hicieran anteriormente la producción de chips en La Paloma es una alternativa a mediano plazo, cuando se dispongan de volúmenes suficientes de materia prima provenientes del Sureste, y el estudio de factibilidad deberá incluir una evaluación a profundidad de los impactos socio-ambientales positivos y negativos que tendría un complejo productivo en esa región

1.7.5 Proyecto complementario: planta satélite en Nueva Palmira

En base a la estrategia productiva propuesta en el punto 11 se ha analizado la rentabilidad de una planta de menor dimensión ubicada en Nueva Palmira En el negocio de chips, es recomendable que este tipo de planta funcione sobre la base de acuerdos con una o más plantas de mayor tamaño, debido tanto en consideraciones de eficiencia y calidad como en el hecho esencial de que una planta pequeña no llega a ser viable comercialmente en el mercado internacional de chips. La planta considerada (de tipo B) tiene una capacidad nominal de 75.000 m³/año por turno y opera a partir del cuarto año a un ritmo anual estable de 150.000 m³ en dos turnos. A partir del cuarto año procesa 285.000 BDMT/año de **E. globulus**.

Después de ajustar la inversión y los costos operativos, se obtuvieron las TIR presentadas en el Cuadro III.14. Comparando estos resultados con los que corresponden a la Planta A (46,5% y 57,8%) se concluye que la rentabilidad es notoriamente menor, excepto cuando la planta de chips se apropia la totalidad de los ahorros de transporte (con respecto a Montevideo). Esta alternativa es compatible con la creación de una empresa integrada por los productores forestales o con la constitución de una asociación de productores con vista al abastecimiento de la planta en condiciones ventajosas, tanto para ellos como para la empresa chipera.

En todo caso, el papel de este tipo de planta consiste en añadir volumen a una planta de tipo A, a cambio de la cual esta última podría absorber algunos de los costos: la inversión en puerto, controles de calidad, etc. En la medida en que se está analizando una planta B sin tener en cuenta ninguna economía externa generada por un acuerdo con una planta de mayor tamaño, se está colocando el proyecto en condiciones muy exigentes. En consecuencia, dependiendo del tipo de acuerdo que pudiera lograrse, una planta satélite podría ser rentable. Pero debe advertirse nuevamente que la instalación de una planta de celulosa en el Litoral puede colocar a la planta de chips analizada en una situación de desventaja con respecto a la obtención de la materia prima a precios competitivos.

Cuadro III.13 - Ingresos anuales y tasas internas de retorno para la planta A en La Paloma

CONCEPTO	DESTINO JAPON	DESTINO EUROPA
----------	---------------	----------------

	PRECIO FOB: US\$ 112/BDMT		PRECIO FOB: US\$ 129/BDMT	
Ventas (US\$/año)*	29.534.250		34.039.250	
Tasas internas de retorno (%)	KT 3 meses	KT 1 mes	KT 3 meses	KT 1 mes
Con mat. prima 39,09 US\$/m ³ **	18,47	20,05	28,04	
Con mat. prima 41,00 US\$/m ³ *	16,07	17,65	25,90	29,68 27,67

* Corresponde a los ingresos anuales cuando se estabilice la producción (años 4 a 12, 285.000 BDMT/año) y una vez deducidas las mermas posteriores al proceso industrial (0,55 US\$/BDMT)

** Supone que el ahorro de flete terrestre es apropiado por la planta de chips

*** Ahorro de flete terrestre apropiado por los productores forestales

Fuente: PRAIF-II.

Cuadro III.14 - Tasas internas de retorno para la planta B en Nueva Palmira

TASA INTERNA DE RETORNO (%)	PRECIO FOB	
	US\$ 108,6/BDMT	
	KT 3 meses	KT 1 mes
Con materia prima 34,7 US\$/m ³ *	48,46	53,60
Con materia prima 37,85 US\$/m ³ **	39,34	45,04
Con materia prima 41,00 US\$/m ³ ***	29,93	35,82

* Supone que el ahorro de flete terrestre es apropiado por la planta de chips.

** Ahorro de flete compartido por mitades entre el productor y la planta de chips.

*** Ahorro de flete apropiado por los productores forestales.

Fuente: PRAIF-II.

1.8 Evaluación económica del proyecto

Para analizar la rentabilidad o la conveniencia del proyecto desde el punto de vista del conjunto de la economía deben definirse exactamente las situaciones con y sin proyecto. Como ya fuera planteado, no se pretende comparar la rentabilidad económica del astillado con la de otras actividades de procesamiento de la madera de Eucalyptus sino evaluar la oportunidad que representa esta nueva actividad frente a la situación actual en que se exporta madera en bruto. Por lo tanto, **la situación sin proyecto** queda definida como la exportación de madera rolliza de Eucalyptus, en tanto que la **situación con proyecto** es la producción y exportación de chips de Eucalyptus.

Dada la forma en que se planteó la evaluación privada **todas las inversiones adicionales en relación a la exportación de madera rolliza** han sido ya incluidas, como las que deben hacerse en los puertos. Naturalmente, esto deja de lado la consideración de la inversión en infraestructura carretera o ferroviaria, la que de todos modos debería realizarse para exportar la madera en forma de rollizos. Sólo queda, por lo tanto, ajustar los precios de los insumos y productos para expresarlos en términos de precios de cuenta.

Para ello, se dispuso de precios y parámetros nacionales calculados recientemente por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (O.P.P)⁶⁹ La aplicación de las Razones de Precios de Cuenta a los diferentes rubros de costos e ingresos permitió calcular las tasas internas de retorno económicas. Los resultados obtenidos pueden resumirse como sigue:

⁶⁹ R. Fernández Gaeta et al., *Actualización de precios de cuenta para el Uruguay*. Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Montevideo, mayo de 1995. Para la aplicación de estos precios de cuenta al proyecto, ver el documento del PRAIF-II: *Complejo de producción...*, *op. cit.* pp. 138-140.

- La rentabilidad económica del proyecto de Planta A en Montevideo con **E. globulus**, es mayor que la correspondiente rentabilidad privada (con una densidad de 0,530 BDMT/m³): 35,6% contra 29,1% con el capital de trabajo igual a tres meses de consumo de materia prima, y es también mayor para todas las restantes situaciones de precios relativos analizadas.
- La rentabilidad económica de la Planta A de chipeado de **E. grandis** en Montevideo es mayor que la rentabilidad privada comparable: 30,4% contra 19%.
- La rentabilidad económica del proyecto de chipeado de globulus en Montevideo mediante una Planta B es mayor que la rentabilidad privada: 36,9% contra 29,8%.
- La rentabilidad económica del chipeado de globulus mediante una Planta B en Nueva Palmira (21,4%) es mayor que la correspondiente rentabilidad privada excepto en el caso en que la planta de chips se apropia de todo el ahorro de costos derivado de la localización en esa zona.
- La rentabilidad económica de la Planta A en La Paloma, con **E. globulus**, es menor que la privada pese a que la evaluación económica se realizó en condiciones más favorables que la financiera, respecto a la densidad (0,570 BDMT/m³ contra 0,530 BDMT/m³). No obstante, para la alternativa de exportación a Europa las TIR económicas indican una rentabilidad totalmente aceptable.

En términos generales, se concluye que la rentabilidad económica medida por la TIR arroja valores muy superiores a las tasas de descuento habitualmente utilizadas y, en la mayoría de las alternativas analizadas, la TIR económica es superior a la TIR financiera. Esto significa que la inversión en esta actividad es más conveniente aún desde el punto de vista del conjunto de la economía que desde la perspectiva del inversionista.

Esa conclusión se obtiene al margen de los mecanismos de promoción del sector forestal. En efecto, éstos no se tienen en cuenta en la evaluación económica de la actividad chipera al tomar como precio de la materia prima el costo de oportunidad de exportarla en la forma de rollizos, independientemente de sus costos de producción, lo cual excedería el alcance del presente estudio.

Desde el punto de vista de la orientación general del complejo forestal, se trata de un proyecto que incorpora un pequeño margen de valor agregado a la madera, mayor que el que corresponde a la exportación de rollizos; y, en el marco de la evaluación en términos de las situaciones con y sin proyecto, es recomendable su ejecución. No obstante, esto no significa que la exportación de chips sea el mejor uso

posible de la madera dado que no se han evaluado otras alternativas a nivel de prefactibilidad. Solamente en una perspectiva global, en la que se consideraran las distintas posibilidades de transformación de la madera, podría determinarse la conveniencia del proyecto de astillado en función de la maximización de los beneficios económicos, sociales y ambientales.

También se ha analizado la generación adicional de divisas del proyecto de chips en relación a la exportación de madera rolliza, para el caso básico de la planta en Montevideo. Para ello se partió del saldo neto anual del gasto en divisas (componentes importados del proyecto) y de los ingresos en divisas, calculando para este flujo el Valor Actual Neto (VAN) al 10% y la TIR. De los valores obtenidos para estos indicadores, surge lo siguiente:

- El proyecto muestra efectivamente una capacidad de generación adicional de divisas con respecto a la alternativa de exportar rollizos, aún con el supuesto implícito de que en el valor agregado a la madera para su exportación en forma de rollizos no hay ningún insumo importado.
- Los valores obtenidos para el VAN y la TIR son favorables con los dos precios FOB considerados, correspondientes a los dos posibles destinos geográficos de los chips, pero muestran claramente la amplia ventaja que significa la exportación de chips a Europa. En este caso, el VAN del flujo neto de divisas es superior a veinte millones de dólares y la TIR supera el 200%.

Estas últimas observaciones confirman los resultados que se obtienen en la evaluación tanto económica como financiera, en el sentido de que la conveniencia de exportar chips es muy distinta según el mercado de destino debido a la considerable variación en el costo de flete marítimo. Pero la diferencia es aún más marcada al analizar específicamente la contribución del proyecto de chips a la capacidad de generación de divisas del país, dado que la situación de referencia para la evaluación es la exportación de rollizos a Europa como sucede actualmente. Lógicamente, si el cambio de producto exportado (chips en lugar de madera rolliza) debe asociarse a un cambio de mercado de destino (Europa por Japón) la situación es menos conveniente que si se logra mantener Europa como destino, con el consiguiente ahorro relativo de fletes marítimos.





2. Complejo industrial integrado para la transformación con alto valor de la madera de Eucalyptus

[2.1 Requerimientos de materia prima y procesos de transformación](#)

[2.2 Localización del complejo y de las plantaciones](#)

[2.3 Costos de la materia prima](#)

[2.4 Costos de capital de las unidades productivas](#)

[2.5 Costos de producción del complejo](#)

[2.6 Costos de transporte de los productos](#)

[2.7 Precios de mercado asumidos](#)

[2.8 Beneficios brutos](#)

[2.9 Análisis financiero](#)

En el capítulo II, se desarrolló una propuesta de regímenes de manejo silvicultural para obtener madera de alta calidad de las plantaciones de Eucalyptus, que pudiera destinarse a otros fines que la cadena papelera. Es imperativo que las trozas producidas en rodales manejados bajo los regímenes intensivos propuestos se destinen a procesos de transformación que maximicen su valor. No tendría sentido efectuar los gastos considerables involucrados si el producto de estas plantaciones se utiliza en opciones que no pueden pagar un precio que refleje su tamaño, calidad y costos de producción. En consecuencia, se ha desarrollado un estudio de prefactibilidad para un complejo integrado de transformación de madera de **E. grandis**⁷⁰ de alta calidad, que permita (i) el máximo aprovechamiento de la materia prima según las características específicas de los diferentes elementos que la componen y (ii) la elaboración de productos cuya demanda a nivel internacional esté asegurada.

⁷⁰ A nivel mundial, existe experiencia comprobada sobre el uso del **E. grandis** para cada una de las opciones que se considera a continuación. Es probable que, con la aplicación de tecnología apropiada, el **E. globulus ssp. globulus** también sea una especie apropiada para estas diferentes opciones si se comprueba su disponibilidad sin el defecto del grano en espiral.

El complejo fue concebido a gran escala con el fin de: (i) minimizar los costos de producción y (ii) contar con una masa crítica de productos para facilitar la penetración de los mismos en los mercados de exportación. En cuanto al concepto de complejo, es decir de un conjunto de instalaciones en un mismo sitio que presenten una estructura industrial totalmente integrada, se considera que ofrece las siguientes ventajas frente a la alternativa de desarrollar unidades productivas geográficamente independientes:

- La operación de los servicios del complejo con economías de escalas. Al concentrarse en un mismo sitio las instalaciones previstas para diferentes procesos, se comparten los servicios de recepción de trozas, descortezado y acondicionamiento de la materia prima, suministro de

electricidad con líneas de alta tensión, generación de vapor, etc..

- La utilización de todos los tipos de trozas que se obtienen de las plantaciones manejadas en regímenes intensivos de manejo y en forma acorde con su calidad y dimensiones.
- El aprovechamiento del conjunto de residuos de la transformación primaria para la realización de actividades de transformación secundaria con costos de producción muy competitivos. Bajo la misma propiedad o mediante arreglos comerciales apropiados, los residuos de madera de diferentes actividades de transformación primaria del complejo pueden destinarse sin costo a una aplicación secundaria, siendo la actividad de transformación primaria la que absorbe los costos de suministro de trozas y transformación. En cambio, si las actividades de transformación primaria de la madera están separadas geográficamente, los residuos en exceso de los requerimientos de combustible se vuelven una carga y su disposición implica algún gasto adicional. Alternativamente, si estos residuos son comprados para un uso determinado por otra empresa, el precio obtenido es habitualmente muy bajo, reflejando la dificultad y costo implicados en su transporte, almacenamiento y manejo, así como la preferencia del comprador por materia prima rolliza sólida. Un problema frecuentemente asociado consiste en la intermitencia de la demanda, debido nuevamente a la preferencia del comprador por materia prima rolliza.

2.1 Requerimientos de materia prima y procesos de transformación

Para el complejo industrial integrado se seleccionaron procesos de transformación primaria que justifican la aplicación de un manejo silvicultural intensivo a las plantaciones porque requieren materia prima de calidad y pueden pagar precios acordes con el diámetro y calidad de las trozas obtenidas. El complejo comprende así instalaciones para la producción de: (i) láminas faqueadas a partir de las mejores trozas podadas, (ii) madera aserrada *clear*, es decir libre de nudos a partir de trozas podadas y (iii) madera laminada (L.V.L.) a partir de chapas obtenidas del debobinado de trozas de gran diámetro, podadas y no podadas. Complementariamente, se ha incluido un aserradero secundario destinado a la producción de madera para *pallets* a partir de las trozas sin podar y de pequeño diámetro que inevitablemente se obtienen de árboles podados. Un ejemplo de la forma en que las diferentes secciones de un árbol podado pueden ser asignadas a estos procesos fue presentado en el Capítulo II (Gráfica II.5).

Para aprovechar los residuos de estos procesos primarios, se incluyó en el complejo una planta para la fabricación de tableros de fibra de densidad media (M.D.F.). La selección de este proceso de transformación secundaria entre otras opciones posibles, como la producción de pulpa químico-mecánica blanqueada o la fabricación de tableros de partícula, se basó en los siguientes factores. En primer lugar, el M.D.F. ofrece varias posibilidades de transformación terciaria a partir de una combinación de diferentes productos del complejo. Como ejemplo, puede citarse el revestimiento de tableros de M.D.F. con láminas faqueadas y la elaboración de muebles y/o componentes combinando láminas, madera aserrada y M.D.F.. En segundo lugar, la escala para la producción económica de M.D.F. y el costo de capital involucrado son más modestos que en el caso de una planta de pulpa químico-mecánica blanqueada. Finalmente, la demanda de M.D.F. en los mercados internacionales está en una fase de crecimiento, mientras que la del tipo de pulpa mencionada ha seguido la tendencia histórica altamente cíclica observada para las diferentes clases de pulpa química. En cuanto a la opción de producción de tableros de partícula, ésta fue descartada porque es un producto que se encuentra en la fase madura de su ciclo de vida. En diferentes partes del mundo, los tableros de partículas

están siendo sustituidos por tableros de M.D.F. a pesar de que ese último tiene un precio superior en alrededor de 50%. Esta erosión del mercado de tableros de partículas se atribuye a las propiedades técnicas superiores del M.D.F.

Sobre la base de los rendimientos por hectárea obtenidos en los dos regímenes de manejo propuestos previamente y en función de las escalas de operación que la experiencia internacional indica como más apropiadas para lograr economías de escala en las diferentes unidades de producción se ha calculado que el complejo requeriría un suministro de madera rolliza de 554.500 m³ por año, equivalente al producto de 800 hectáreas netas efectivas de plantaciones manejadas según el Régimen 1 (Cuadro III.15). En el caso de un complejo procesando materia prima proveniente de plantaciones manejadas según el Régimen 2, los 557.700 m³ de madera rolliza requerida cada año provendrían de 1.100 hectáreas netas efectivas. Ello significa que cada año áreas de igual tamaño (800 ha en el Régimen 1, 1.100 ha en el Régimen 2) serían forestadas, raleadas, podadas y sometidas a la corta final. Dada la rotación de 20 años considerada para los regímenes propuestos, esta situación "constante" sólo puede alcanzarse 20 años después de la adopción del régimen; asimismo, el área total requerido para abastecer en forma continua el complejo es de 16.000 hectáreas netas efectivas en el caso del Régimen 1 (800 ha × 20) y 22.000 hectáreas para el Régimen 2.

Estas estimaciones, basadas en cálculos minuciosos, permiten asegurar el equilibrio entre la oferta de trozas de las plantaciones manejadas y la demanda de materia prima del complejo. Es decir que el potencial de oferta de cada régimen coincide con la estructura de la demanda del complejo, el cual fue definido en los siguientes términos (Diagrama III.1):

- La instalación para la producción de láminas faqueadas consumiría un volumen anual de 26.160 m³, conformado por las trozas podadas de mayor diámetro, para la operación de tres faqueadoras verticales modernas.
- La planta de debobinado utilizaría principalmente trozas sin podar de gran diámetro (con un complemento de 10% de grandes trozas podadas) en un volumen anual sin corteza de 142.480 m³ para la operación de una única línea de producción, moderna y de alta velocidad. Una vez secadas, las chapas aprovisionarían una línea de producción de madera de chapas laminada (L.V.L.) de 54.500 m³/año, que operaría con una prensa única de luz natural, calentada por radio frecuencia. De las trozas podadas se obtendrían láminas de 1,2 mm para las superficies expuestas de L.V.L. y de las trozas no podadas láminas de 2,5 mm para las capas centrales de L.V.L.
- El aserradero principal requeriría un volumen anual de alrededor de 250.000 m³, conformado principalmente por las trozas podadas remanentes.
- El aserradero secundario consumiría trozas que se caracterizan como madera pulpable, es decir de diámetro inferior a 15 cm y sin uso en otros procesos primarios, así como los corazones o rolletes descartados del debobinado. El volumen anual de abastecimiento variaría de acuerdo al régimen silvicultural que se adopte (54.500 m³ con el Régimen 1 y 130.060 m³ con el Régimen 2);
- En el único proceso de transformación secundaria incluido, se produciría 110.000 m³ de M.D.F. al año en una única prensa continua con luz natural. Esto implica un consumo anual de 90.000 BDMT de fibra; con una densidad básica de 0,43 kg/m³ (apropiada para el **E. grandis** en Uruguay), esto equivale a 210.000 m³ de rollizos sin corteza, que provendrían de los residuos de los diferentes procesos primarios (51.840 m³ en el Régimen 1, 188.100 m³ en el Régimen 2) y de los excedentes de madera pulpable (51.840 m³ en el Régimen 1, 29.000 m³ en el Régimen 2).

Con el esquema propuesto, el exceso de madera pulpable con el Régimen 1 se reduce a alrededor de 29.000 m³ y a 9.900 m³ con el Régimen 2, con lo que eventualmente se podría incrementar ligeramente la capacidad de producción de la planta de M.D.F.

2.2 Localización del complejo y de las plantaciones

En la localización del complejo industrial debe tenerse en cuenta, fundamentalmente, la ubicación de las plantaciones en suelos aptos para los regímenes de manejo propuestos y la considerable extensión de las mismas para poder abastecer el complejo. Claramente, existen pocas empresas nacionales que puedan aspirar a disponer de una propiedad forestal suficientemente grande para operar a la escala sugerida. Más importante aún, este estudio de prefactibilidad se dirige prioritariamente a medianos y pequeños productores. Por lo tanto, la realización del proyecto propuesto descansa en un grado de cooperación sin precedente entre productores forestales, asumiendo como punto de partida el establecimiento de un emprendimiento cooperativo con respecto al manejo silvicultural de plantaciones. Una forma de concretar este emprendimiento consistiría en que un grupo de productores en una determinada zona lograra comprometerse colectivamente a forestar con **E. grandis** un área anual mínima de 800 ha en suelos correspondientes al Régimen 1 y 1.100 ha en suelos aptos para el Régimen 2.

Cuadro III.15a - Rendimientos anuales de los regímenes de manejo por tipo y tamaño de troza

REGÍMEN 1: 800 HA NETAS EFECTIVAS DE BOSQUE "NORMAL"							
				RENDIMIENTO ANUALES miles de m³			
Cosecha	Edad	Cambio de Densidad	Rendimiento	Mad. Pulp.	Clase Diám	Trozas aserr. sin podar	Trozas aserr. Podadas
	años	tallos/ha	p/ha m³	m³	m³	m³	m³
R1	4,5	1 220 750	27	21,6			
R2	7,5	750 500	50	40,3			
R3	10	500 300	84	7,4	< 18	18,4	
					> 18		41 1
					< 24		
					> 24		
					< 30		
					> 30		
					< 36		
					> 36		
R4	15	300 150	159	9,1	< 18		
					> 18	25,2	
					< 24		
					> 24		38,8
					< 30		
					> 30		54,2

					< 36		
					> 36		
CF	20	150 - 0	373	.39,5	< 18		
					> 18	22,8	
					< 24		
					> 24	57,2	
					< 30		
					> 30	25,2	60,2
					< 36		
					> 36		93,5
TOTAL			693	117,9		148,8	287,8
							554,5

Cuadro III.15b - Rendimientos anuales de los regímenes de manejo por tipo y tamaño de troza

RÉGIMEN 2: 1.100 HA NETAS EFECTIVAS DE BOSQUE "NORMAL"							
				RENDIMIENTOS ANUALES miles de m³			
Cosecha	Edad	Cambio de Densidad	Rendimiento	Mad. Pulp.	Clase Diám.	Trozas aserr. sin podar	Trozas aserr. Podadas
	años	tallos/ha	m³	m³	m³	m³	m³
R1	5	1 220 - 600	31	34,2			
R2	10	600 - 300	89	32,3	< 18	38,9	26,4
					> 18		
					< 24		
					> 24		
					< 30		
					> 30		
					< 36		
					> 36		
R3	15	300 - 150	118	9,2	< 18	9,7	
					> 18	25,9	34,3
					< 24		
					> 24		50,5
					< 30		
					> 30		
					< 36		
					> 36		
CF	20	150-0	269	7,1	< 18	9,2	

					> 18	50,3	
					< 24		
					> 24	51,6	31,4
					< 30		
					> 30		80,0
					< 36		
					> 36		66,7
TOTAL			507	82,8		185,6	289,3
							557,7

Obs.: Los totales pueden no coincidir debido al redondeo a números enteros.

Fuente: PRAIF-II.

[Diagrama III.1 - Componentes del complejo de transformación integrado de trozas provenientes de plantaciones sometidas a un manejo silvicultural intensivo](#)

Fuente: PRAIF-II.

A título de ejemplo, se consideraron dos posibles zonas para el proyecto (Mapa 111.1). La primera se sitúa en el departamento de Tacuarembó y es representativa de suelos y otras condiciones medioambientales que podrían soportar el Régimen 1. En este sitio se instalaría el 'Complejo 1'. La segunda zona se ubica en el Litoral, en la unión de las Rutas 90 y 25, incluyendo así partes de los departamentos de Paysandú y Río Negro. Esta segunda región es representativa de los sitios en que se basa el Régimen 2 y en ella se ubicaría el 'Complejo 2'.

En cada caso, la extensión de la región fue definida por la circunferencia de un círculo de 33,3 km. de radio. Teniendo en cuenta las curvaturas de las carreteras, se tendría así una distancia máxima de 50 km. desde la circunferencia al centro del círculo. Se supuso que las propiedades forestales se distribuirían proporcionalmente en las áreas totales de tierra disponible en el círculo, con excepción de una zona central, al que se asignó un radio de 10 km. y en la cual se instalaría el complejo industrial. Esto permitió estimar una distancia promedio de 39 km. para el transporte de las trozas desde las plantaciones hasta las instalaciones del complejo.

El área comprendido entre la circunferencia del círculo central de 10 km. de radio y la del radio de 33,3 km. tiene una extensión de 317.580 ha. Por lo tanto, el área total de plantación requerida para el Régimen 1 representa sólo el 5% de esta extensión y, para el Régimen 2, sólo el 7%. Estas proporciones indican el potencial de las zonas definidas para soportar las escalas de plantación requeridas, a la vez que quedaría un amplio margen para otros usos de la tierra y enfrentar la distribución no uniforme de los tipos de suelos preferidos.

De acuerdo con la información existente sobre las plantaciones efectuadas específicamente en estas zonas, desde 1991 se han registrado tasas anuales de forestación que exceden los requerimientos de un complejo en la zona definida en Paysandú-Río Negro y esta situación también se observa desde 1992 en la zona definida en Tacuarembó. Más aún, desde 1992, la zona de Paysandú-Río Negro ha sido objeto de plantaciones anuales de **E. grandis** que exceden los mínimos sugeridos para la aplicación del Régimen 2 (1.100 ha). En la zona de Tacuarembó, se registraron plantaciones anuales que exceden las sugeridas para el Régimen 1 en los años 1992 y 1993; en 1994, se registró un área plantada más pequeña pero los datos para ese año podrían ser

todavía incompletos.

Mapa III.1 - Extensión y ubicación de posibles zonas para el abastecimiento de madera del complejo industrial

Tacuarembó, Régimen 1: 5% del área sombreada.

Paysandú-Río Negro, Régimen 2: 7% del área sombreada

Fuente: PRAIF-II

Frente a esta evidencia, se concluye que hay una fuerte probabilidad que una zona definida sobre la base de un radio de 33,33 km. (implicando una distancia promedio de transporte de la madera rolliza de sólo 39 km) sea factible y práctica para el suministro anual de madera a un complejo de transformación integrado. Esta conclusión es válida para los dos regímenes considerados.

2.3 Costos de la materia prima

Dos elementos de los costos del suministro de madera al complejo fueron definidos anteriormente: (i) los valores de la madera en pie, que fueron especificados para cada régimen en el Capítulo 11.1 y (ii) una distancia promedio de 39 km. desde el bosque hasta el complejo industrial. De acuerdo a las tarifas de transporte por carretera en el país se consideró un costo de US\$ 0.11/m³/km., lo cual significa un costo total de transporte de la materia prima de US\$ 4,29/m³.

Por otra parte, se consideró conveniente tener en cuenta la comprensible preocupación de algunos sectores del país de que el sector forestal tenga, en el futuro, un impacto desproporcionado en la demanda de mantenimiento del sistema de carreteras públicas. Una estrategia apropiada para los participantes del sector forestal consistiría en adoptar una posición pro-activa, mediante la cual sus estructuras de costos incluyeran una reserva para el pago de una tarifa o peaje que cubriera parcialmente los costos adicionales de mantenimiento de carreteras que conllevarían las operaciones del sector forestal. En conformidad con este criterio, se adoptó en este estudio un costo estimado arbitrariamente en US\$ 0,01/ton/km., correspondiente a una "tarifa por uso de carretera pública" (T.C.P.).

En cuanto a los costos de cosecha, existe actualmente una gran diversidad al respecto en el país sin que pudiera definirse con claridad los criterios sobre los cuales descansa la misma. Para los presentes fines, se adoptó conservadoramente un costo contractual **básico** de US\$ 8,82/m³ para la cosecha de madera con corteza puesta en carretera. Esta tasa básica se aplica a las operaciones de los segundo y tercer raleo para el Régimen 1 y a las del segundo raleo para el Régimen 2. Para el primer raleo de los dos regímenes, se tomó en cuenta que los bajos rendimientos por hectárea y los extremadamente bajos volúmenes comerciales promedio por árbol podrían impedir una cosecha costo-efectiva, aplicándose entonces un recargo de US\$ 2 sobre la tasa básica, lo cual significa un costo contractual de US\$ 10,82/m³. Para las cosechas del cuarto raleo y la corta final a los 20 años del Régimen 1, se aplicó también un recargo de US\$ 2 como aproximación a los costos por encima de las tasas diarias actuales que significarían operaciones completamente mecanizadas. Se considera que esta mecanización sería esencial y podría pagarse en esta etapa. El mismo recargo se aplica en las cosechas del tercer raleo y de la corta final del Régimen 2.

En el Cuadro III.16 se presentan los costos totales del suministro de madera al complejo industrial por categoría de troza y régimen de manejo silvicultural. Estos costos podrían reducirse significativamente mediante la aplicación de tecnología disponible en otras partes del mundo (como camiones de tipo B-Double para el transporte de la madera rolliza), el desarrollo de las operaciones con base en 24 horas por día y la adopción de sistemas de cosecha modernos, totalmente mecanizados.

2.4 Costos de capital de las unidades productivas

La inversión requerida para instalar el complejo industrial propuesto han sido estimados sobre la base de la experiencia internacional de los consultores del PRAIF-II, que tuvieron en cuenta: (i) datos de proveedores de sistemas de producción completos cuando correspondía (por ej., para L.V.L. y M.D.F), (ii) cotizaciones recientes para unidades de producción individuales (por ej., equipo para aserradero) y (iii) en algunos casos, costos de maquinaria de segunda mano reacondicionada, después de aplicarles una reserva para imprevistos (33%) por encima de las cotizaciones que fueron solicitadas en el curso del presente estudio. El criterio aplicado ha sido conservador y, por lo tanto, las estimaciones tenderán a ser superiores a los costos que, posiblemente, enfrentaría actualmente un inversionista prudente.

El Cuadro III.17 presenta los costos de capital del complejo, desglosados por tipo de proceso y concepto. La inversión total asciende a US\$ 127 millones, de los cuales alrededor del 60% corresponde a costos de plantas y equipos. Se destaca del costo de capital de la planta de M.D.F. con el 46% de la inversión global. Se ha aplicado una amortización lineal en un período de 10 años con un valor residual nulo, excepto en el caso del gran edificio diseñado específicamente para la producción de M.D.F., para el cual se adoptó un horizonte de 20 años.

Cuadro III.16a - Estimación de los costos de materia prima del complejo industrial integrado (US\$/m³)

Producto y tipo de cosecha		Madera en pie	Cosecha	Transporte	T.C.P.	TOTAL
MADERA PULPABLE						
	R 1	12,00	10,82	4,29	0,39	27,50
	R 2	12,00	8,82	4,29	0,39	23,50
	R3	12,00	8,82	4,29	0,39	23,50
	R4	12,00	10,82	4,29	0,39	27,50
	CF	12,00	10,82	4,29	0,39	27,50
PROMEDIO PONDERADO POR VOLUMEN ES ANUALES DE COSECHA PARA CADA FUENTE						26,69
TROZAS PARA ASERRIO SIN PODAR						
	R 3	14,00	8,82	4,29	0,39	27,50
	R4	14,00	10,82	4,29	0,39	29,50
	CF	14,00	10,82	4,29	0,39	29,50
PROMEDIO PONDERADO POR VOLUMENES ANUALES DE COSECHA PARA CADA FUENTE						29,25
TROZAS PARA ASERRIO PODADAS						
	R 3					
< 18 cm						
> 18 < 24		23,00	8,82	4,29	0,39	36,50
> 24 < 30						
> 30 < 36						

> 36 cm						
R4						
< 18 cm						
> 18 < 24						
> 24 < 30	43,00	10,82	4,29	0,39	58,50	
> 30 < 36	60,00	10,82	4,29	0,39	75,50	
> 36 cm						
CF						
< 18 cm						
> 18 < 24						
> 24 < 30						
> 30 < 36	60,00	10,82	4,29	0,39	75,50	
> 36 cm	98,00	10,82	4,29	0,39	113,50	
PROMEDIO PONDERADO POR VOLUMENES ANUALES DE COSECHA PARA CADA FUENTE						79,98

Fuente: PRAIF-II.

Cuadro III.16b - Estimación de los costos de materia prima del complejo industrial integrado (US\$/m³)

Producto y tipo de cosecha	Madera en pie	Cosecha	Transporte	T.C.P.	TOTAL
MADERA PULPABLE					
R 1	19,00	10,82	4,29	0,39	34,50
R 2	19,00	8,82	4,29	0,39	32,50
R3	19,00	10,82	4,29	0,39	34,50
CF	19,00	10,82	4,29	0,39	34,50
PROMEDIO PONDERADO POR VOLUMENES ANUALES DE COSECHA PARA CADA FUENTE					33,72
TROZAS PARA ASERRIO SIN PODAR					
R 2	21,00	8,82	4,29	0,39	34,50
R3	21,00	10,82	4,29	0,39	36,50
CF	21,00	10,82	4,29	0,39	36,50
PROMEDIO PONDERADO POR VOLUMENES ANUALES DE COSECHA PARA CADA FUENTE					36,08
TROZAS PARA ASERRIO PODADAS					
R 2					
< 18 cm	30,00	8,82	4,29	0,39	43,50
> 18 < 24					
> 24 < 30					

> 30 < 36						
> 36 cm						
R3						
< 18 cm						
> 18 < 24	30,00	10,82	4,29	0,39	45,50	
> 24 < 30	50,00	10,82	4,29	0,39	65,50	
> 30 < 36						
> 36 cm						
CF						
< 18 cm						
> 18 < 24						
> 24 < 30	50,00	10,82	4,29	0,39	65,50	
> 30 < 36	67,00	10,82	4,29	0,39	82,50	
> 36 cm	105,00	10,82	4,29	0,39	120,50	
PROMEDIO PONDERADO POR VOLUMENES ANUALES DE COSECHA PARA CADA FUENTE						78,50

Cuadro III.17 - Costos de capital del complejo industrial por proceso y rubro (millones de US\$)

Rubro	CENTRO DE PRODUCCION						
	Descortezado y acondicionamiento	Debobinado y LV.L.	Faqueado	Aserrad. principal	Aserrad. secundario	M.D.F.	Secado
1 Tierra	0,010	0,008	0,002	0,004	0,004	0,008	0,004
2 Ingeniería civil, obras in situ y servicios		0,750	0,750	0,950	0,500	1,000	0,750
3 Instalaciones para inmersión		0,562	0,250				
4 Construcciones		2.250	1,250	1,080	0,650	4,000	7,200
5 Plantas y equipo	1 870	13.875	9,000	7,100	2.438	38,000	3,500
6 Instalación y montaje	0,120	0,188	0,100	0,350	0,200	9,000	0,300
7 Instalaciones para servicios		0.300	0,150	1,000	0,600	2,000	0,600
8 Planta de vapor		1,875	*				
9 Manejo de residuos		0,338	0,100	0,338	0,250		

10 Imprevistos		1,854	0,398	4,178	0,358	5,000	0,246
TOTAL	2,000	22,000	12,000	15,000	5,000	59,000	12,000

* La modesta demanda de vapor para el proceso de faqueado proviene de las Instalaciones para LV.L o M.D.F.

Fuente: PRAIF-II.

2.5 Costos de producción del complejo

Para la estimación del costo de la **mano de obra** se partió de un costo básico promedio equivalente a US\$ 12.500 por año, incluyendo los aportes sociales. Considerando que las operaciones se basan en turnos múltiples por día y generalmente en siete días por semana, se aplicó una reserva de 20% por encima de este costo, obteniéndose así un costo laboral unitario equivalente a US\$ 15.000 por año. Este costo ha sido aplicado uniformemente en todos los cálculos. Los puestos de trabajo del complejo en su conjunto ascienden a 637 unidades para el Régimen 1 y 653 unidades para el Régimen 2.

Para la **organización del trabajo**, se adoptaron los siguientes supuestos para todas las instalaciones otras que las de aserrado:

- 47 semanas al año, previendo 2 semanas de licencia y 3 semanas de cierre por mantenimiento;
- 7 días por semana y tres turnos por día; y
- un tiempo de producción efectivo neto por turno (es decir, todas las unidades funcionando a la capacidad calculada, si no máxima) de 270 minutos por turno.

El aserradero principal funcionaría sólo 5 días a la semana debido a la insuficiente oferta de grandes trozas podadas. El aserradero secundario para el Régimen 1 operaría igualmente 5 días por semana pero sólo con dos turnos dada la restringida disponibilidad de materia prima residual. Para el Régimen 2, la disponibilidad de un volumen superior de trozas para el aserradero secundario permite extender la producción en tres turnos por día. Sin embargo, los tres turnos son apenas requeridos y una operación en dos turnos por día sería posible con sólo un leve incremento en la productividad por encima de los niveles adoptados.

Las estimaciones de **consumo energético** son una combinación de los datos proporcionados por los proveedores de sistemas con la experiencia de los consultores del PRAIF-II. Sobre la base de la tarifa aplicada por la empresa eléctrica estatal UTE a los grandes consumidores, se ha aplicado un costo promedio (producción continua) equivalente a US\$ 0.033 por kvh.

Aparecieron algunas dificultades para obtener costos confiables para las **resinas** (urea formaldehída, urea melanina formaldehída y fenólica formaldehída) y otros **químicos** (parafina, endurecedores, etc.) requeridos para la fabricación de M.D.F y L.V.L En las estimaciones, se anticipó que los costos locales serían significativamente más altos que los precios a los que se compran estos productos en países desarrollados, en particular en Estados Unidos. Por otra parte, un factor que merecería alguna investigación concierne a las limitaciones actuales de infraestructura en el Puerto de Montevideo, que aparentemente dificultarían la importación de los componentes químicos requeridos para la fabricación local de estas resinas. En la etapa de factibilidad del proyecto, debería considerarse la posibilidad de manufacturar *in situ* la mayor parte de los productos químicos requeridos con el fin de reducir los costos de producción del complejo.

En el cálculo de los **costos unitarios de producción**, se han tenido en cuenta las diferencias por calidad de la

producción Así, para las láminas faqueadas y la madera aserrada, los costos operativos fueron desagregados y expresados como costos unitarios por tipo de calidad del producto La participación porcentual de cada tipo de calidad en la producción total fue estimada sobre la base de la experiencia de los consultores con el Eucalyptus en general, obviamente sin poder referirse específicamente al tipo de madera que se obtendrá con los regímenes de manejo silvicultural sugeridos.

En cada caso, se ha asignado un nivel desproporcionado de los costos de producción a las mejores calidades, con la seguridad de que los precios de venta obtenidos (C. & F.) para este tipo de productos les permitirá soportar este costo. Este enfoque es esencial para que las calidades inferiores puedan venderse fácilmente a niveles de precios rentables. De acuerdo a la experiencia internacional de los consultores del PRAIF-II, la alternativa de un costeo sin diferenciación por calidad suele dar lugar a una acumulación de grandes stock de material de baja calidad, con los que se inunda periódicamente el mercado (*dumping*) con 'pérdidas' considerables. El prorrateo de los costos de producción en función de las distintas calidades ofrece a la gestión una mejor perspectiva de comercialización y rentabilidad.

El Cuadro III.18 presenta los costos totales de producción del complejo por proceso y rubro⁷¹, y el Cuadro III.19 los costos unitarios de producción por tipo de producto. En general, se estima que los costos de producción estimados son satisfactorios. No obstante, para el aserrado los costos son, quizás, un poco menos que satisfactorios. En gran parte, esto se debe a las limitaciones impuestas por la materia prima de Eucalyptus: (a) el largo restringido de las trozas, que crea enormes exigencias lineales y de conteo de piezas, las cuales aumentan a medida que la reducción de la troza progresa, (b) las otras técnicas de aserrío impuestas por las tensiones de crecimiento y (c) las relativamente altas tasas de contracción. Las limitaciones en volumen de los rollizos, tanto en el aserradero principal como en el secundario, también inciden negativamente. Para resolver esta dificultad, se consideró la posibilidad de incrementar las áreas anuales manejadas en cada régimen, extender el período de rotación de las plantaciones o, al contrario, reducir el período de rotación y extender las áreas manejadas. Sin embargo cada una de estas alternativas conllevan consecuencias perjudiciales para el rendimiento del complejo en su conjunto, frente a lo cual se decidió aceptar que los costos de producción de la madera aserrada resultaran superiores a los deseables.

⁷¹ Para el detalle de los cálculos de los costos de producción de cada proceso, se refiere al documento del PRAIF-II: E. Shield y R. Hansen, op. cit. pp. 63-70.

Los costos de producción de M.D.F. merecen también alguna advertencia. Debido a que, en el complejo propuesto, la materia prima para la producción de M.D.F. se compone en gran parte de residuos de los otros procesos, su costo es extremadamente reducido. Lógicamente, se obtuvieron entonces costos de producción de M.D.F. significativamente inferiores a los que aparecen en un modelo de costo de un reconocido proveedor de estos equipos a nivel internacional, el cual fue utilizado como referencia para el presente estudio. No obstante, según información muy reciente, en el sur y oeste de Estados Unidos se han alcanzado costos de producción de M.D.F tan bajos como los niveles estimados en el complejo, pese a que allí incluyen costos considerables de materia prima. Se debe concluir entonces que algunos productores en Estados Unidos tienen costos de producción particularmente bajos y que los costos del M.D.F presentados en el presente estudio deberían revisarse en una etapa de factibilidad a la luz de esta información.

Cuadro III.18 - Costos de producción del complejo industrial por proceso y rubro (US\$)

	Complejo	Trozas Descortez.	Chapas faqueadas	L.V.L.	Mad. aserr. SH/SC*	Mad. para pallets	M.D.F.
INSUMOS							

MAT PRIMAS (equiv rollizos)							
volumen m ³	1	436.600	26.160	142.480	268.800	54500	210.000
	2	474900	26.160	142.480	248800	130.000	210000
valor	1		3008.662	5.583.079	19.409.486	1.034719	1 445.818
	2		3 188642	6541542	16179.816	3884162	765097
MANO DE OBRA							
unidades	1	12	220	124	200	16	65
	2	12	220	124	200	32	65
costo	1	180.000	3.300.000	1.860.000	3.000.000	240000	975.000
	2	180000	3.300.000	1860.000	3000.000	480.000	975000
ENERGIA	1	16500	750.000	713.000	6.630846	34750	1089000
	2	16500	750.000	713000	5.996102	69500	1.089 000
SUMINISTROS DE OPERACION	1	79300	1 100.000	1530000	621.960	65.000	5 125.250
	2	79300	1 100.000	1.530000	623.020	130.000	5.125.250
REPUESTOS	1	132.200	1 100.000	555.000	690.000	90.000	1 100.000
	2	132200	1 100000	555.000	690.000	180000	1 100.000
GASTOS DE ADMINISTRACION	1	52.800	920.000	1.230.000	1.800.000	96.000	15.050.000
	2	52.800	920000	1 230.000	1.800.000	96.000	15050000
DESPERDICIOS	1				440.837		
	2				416.964		
COSTOS DE CAPITAL	1	2000.000	12.000.000	22.200.000	27000.000	5.000.000	59.000.000
	2	2.000.000	12.000.000	22.200.000	27000000	5.000.000	59.000.000
AMORTIZACION/año	1	200.000	1200.000		2.700.000	500.000	5650000
	2	200.000	1.200.000		2.700.000	500.000	5.650.000
COSTOS TOTALES	1	660.800	11.378.661	13.671.079	35.293.129	2.060.469	16.890.068
	2	660.800	11.558.642	14.629.542	33.405.902	5.339.662	16.209.347

SH/SC: secada en homo, sin cepillar

Cuadro III.19 - Producción anual en volumen o superficie y costos unitarios de producción (US\$)

	Complejo	Chapas faqueadas	L.V.L.	Mad. aserr. SH/SC	Mad. para pallets *	M.D.F.
1. PARA PROD. SIN DIFERENCIAC. POR CALIDAD						
- Volumen (m ³ /año)	1		54.500		64.100	110.000
	2		54.500		95.300	110.000
- Costos de Producción (US\$/m ³)	1		250,85		80,44	153,55
	2		268,44		88,14	147,36

2. PARA PROD. DIFERENC. POR CALIDAD**- Volumen (m²/año)**

- total	1	13.080.000				
	2	13.080.000				
- contracaras (30%)	1	3.924.000				
	2	3.924.000				
- caras angostas (40%)	1	5.232.000				
	2	5.232.000				
- caras anchas (30%)	1	3924.000				
	2	3.924.000				

- Costos de Producción (US\$/m²)

- contracaras	1	0,25				
	2	0,25				
- caras angostas	1	0,50				
	2	1.98				
- caras anchas	1	2.03				
	2					

- Volumen (m³/año)

- total	1			100.215		
	2			90.160		
- calidad superior	1			60.129		
	2			54.096		
- calidad para componentes	1			40.086		
	2			36.064		

- Costos de Producción (US\$/m³)

- calidad superior	1			328,14		
	2			343,66		
- calidad para componentes	1			299,99		
	2			314,40		

* La madera para *pallets* incluye madera aserrada de calidad equivalente del aserradero principal

Finalmente, los costos de producción estimados son los que se aplicarían para instalaciones productivas funcionando con altos niveles de eficiencia. Alcanzar estos niveles requiere experiencia y adquirir esta experiencia toma tiempo. Por lo tanto, durante algún período después de la puesta en servicio, los costos de producción podrían resultar más elevados y sería esencial acelerar el proceso de aprendizaje, eventualmente mediante la capacitación de operadores locales por técnicos de países con amplia experiencia en estos

procesos.

2.6 Costos de transporte de los productos

Como puertos de embarque para la exportación de la producción del complejo industrial se consideró Montevideo para el Complejo 1, localizado en Tacuarembó, y Fray Bentos para el Complejo 2, ubicado en Paysandú-Río Negro. La distancia del complejo al puerto sería así de 400 km. en el primer caso y 120 km. en el segundo.

En el caso del Complejo 1, sólo el 26% del tonelaje anual de producción puede estar expuesto a las condiciones ambientales, en tanto que para el Complejo 2 la proporción es de 35%. El resto debe quedar totalmente protegido. Por lo tanto, no hay prácticamente alternativa al uso de contenedores para el transporte y su cargamento en el lugar mismo del complejo aparece como la opción más segura. Se eligió el transporte por carretera para el tráfico de contenedores entre cada complejo y el puerto seleccionado. El uso del ferrocarril sería preferible, pero existe actualmente cierta incertidumbre con respecto a la capacidad del sistema ferroviario para transportar estos volúmenes sin una inversión sustancial en vías férreas.

Se utilizaron las siguientes densidades en la conversión de los volúmenes a peso:

Madera aserrada secada y láminas faqueadas	0,5 ton/m ³
L.V.L.	0,6 ton/m ³
Madera para pallets	0,9 ton/m ³
M.D.F	0,7 ton/m ³

Para los costos de transporte, se adoptaron los siguientes supuestos:

- transporte por carretera del complejo al puerto a US\$ 0,042/ton/km para una distancia de 400 km. y US\$ 0,11/ton/km. para una distancia de 120 km;
- transporte de vuelta de los contenedores vacíos a la mitad de estas tarifas;
- cargo por uso de carretera pública (T.C.P.) de US\$ 0,01/ton/km;
- tarifa portuaria de US\$ 4,50/ton y
- flete marítimo de US\$ 2.000 por contenedor de 40 pies.

El flete marítimo de US\$ 2.000 por contenedor de 40 pies fue adoptado después de solicitar información a cuatro agentes marítimos locales sobre las tarifas estándares para el envío de contenedores de 20 pies y 40 pies a seis lugares de destino representativos de eventuales mercados para Uruguay. La tarifa adoptada resultó de la revisión de estos datos junto con información adicional sobre el tipo de descuento corrientemente ejercido.

Sumando los costos de transporte interno obtenidos con los criterios mencionados a los costos de producción previamente especificados, se obtienen los precios F.O.B. por producto que se indican en el Cuadro III.20. En el mismo cuadro se presenta también los costos C & F., que incluyen el costo de flete marítimo

Cuadro III.20 - Costos unitarios y totales, F.O.B. y C. & F., de los productos del complejo industrial

Producto	Unidad	Costos F.O.B.		Costos C. & F.	
		Régimen 1	Régimen 2	Régimen 1	Régimen 2

MAD. ASERRADA SH/SC	US\$/m ³	334,00	345,00	380,00	391,00
	millones de US\$	33,44	31,08	38,11	35,27
L.V.L.	US\$/m ³	271,00	284,00	318,00	330,00
	millones de US\$	14,73	15,46	17,31	18,00
MADERA PARA PALLETS	US\$/m ³	103,00	105,00	148,00	150,00
	millones de US\$	6,62	10,02	9,46	14,26
M.D.F	US\$/m ³	177,00	165,00	230,00	218,00
	millones de US\$	19,48	18,17	25,27	23,96
LAMINAS FAQUEADAS	US\$/m ³	1.465,00	1 486,00	1 512,00	1 533,00
	millones de US\$	11,50	11,66	11,86	12,03
TOTAL	millones de US\$	85,78	86,40	102,02	103,52

Deben destacarse los siguientes puntos con relación al transporte:

- Se reconoce que el movimiento de estos importantes volúmenes de productos implicaría ciertos problemas de congestión tanto en el Puerto de Fray Bentos como en el Puerto de Montevideo. Sin embargo, el lapso de tiempo requerido antes de disponer de la producción de los complejos debería permitir la planificación y transformación de estos puertos en función del desarrollo del sector forestal.
- El volumen de tráfico es tal que seguramente se podrán negociar mejores tarifas unitarias y por servicios que los valores conservadores utilizados en este estudio. Esto se refiere tanto al transporte interno como al flete marítimo. Con respecto a este último, debería ser posible recurrir a operaciones regulares de fletamento con buques altamente adecuados.
- Existen muchos ejemplos a nivel mundial de operaciones de exportación de productos forestales a una escala aún mayor que la que se considera en este estudio. A menudo, involucran productos que requieren ser protegidos del medio ambiente, utilizándose para ello otro tipo de embalaje que los contenedores. La selección de contenedores como opción para la protección de los productos impone un nivel de costos mayor de lo que sería posible si un sistema alternativo fuera disponible y ofreciera un nivel equivalente de protección.

2.7 Precios de mercado asumidos

Para poder determinar los ingresos del complejo industrial, fue necesario adoptar una serie de supuestos con respecto a los lugares de destino y precios de venta de los diferentes productos. Para madera aserrada de calidad - secada en cámara, sin cepillar -, madera aserrada para *pallets* y M.D.F., se supuso que las ventas se realizarían en Europa y, como referencia básica, se consideraron los precios actualmente vigentes de US\$ 800 (Meranti secado, Francia), US\$ 184 (Italia) y US\$ 453 (Milan - Italia), respectivamente.

Para las láminas faqueadas, se seleccionó el mercado chino dada su disposición a adquirir grandes volúmenes de madera rosada/roja sin que su identidad específica sea relevante. Se adoptó un precio de US\$ 2,50/m² para las láminas de mejor calidad (es decir, las que se quedan a la vista en el producto final o 'caras'), de acuerdo a datos obtenidos de un operador comercial en ese mercado.

El mercado norteamericano fue seleccionado para la madera en chapas laminada (L.V.L.) debido a los niveles atractivos de demanda que se registran allí para este tipo de producto, además de una amplia experiencia en su uso. Se adoptó el precio en planta al por mayor, vigente actualmente, de US\$ 17/pie³.

Con la excepción del precio mencionado para las laminas faqueadas, los precios de mercado de referencia fueron sometidos a una serie de descuentos. En el caso de la madera aserrada secada, se aplicó: (i) un descuento de 15% por limitaciones de longitud y (ii) otro de 20% para facilitar la penetración de los mercados. Para la fracción de la producción de menor calidad (calidad de componente) se aplicó un último descuento de 20%. Para el L.V.L. y el M.D.F., se consideraron descuentos de 20% para la penetración de los mercados. Para la madera para pallets, el descuento se redujo a 10%. En el caso del L.V.L. un descuento adicional de 8% fue previsto para permitir al importador un gasto adicional en ingeniería.

Estos precios de mercado de referencia, niveles de descuentos y precios C. & F, netos están detallados en el Cuadro III.21. En este proceso de deducción de precios se ha adoptado un criterio conservador, es decir que los precios netos asumidos son bajos. Hubiera sido posible utilizar niveles de precios muy superiores asumiendo que los productos podían ser vendidos en el mercado japonés. En efecto, en ese país el precio al por mayor de tablas anchas de Lauan - que el **E. grandis** podría sustituir hasta cierto punto - es de casi US\$ 2.000/m³ Por otra parte, el precio al por mayor actual de madera aserrada para *pallets* en Japón se sitúa en el rango de US\$ 570/m³ a 620/m³

Cuadro III.21 - Precios de mercado asumidos y costos C. & F. para los productos del complejo industrial (US\$)

	Mad. asser. SH/SC*	Mad. p/pallets	Hojas faqueadas	L.V.L.	M.D.F.
MERCADO CONSIDERADO	Europa	Europa	China	USA	Europa
PRECIO DE MERCADO/m ³	800,00	184,00		600,00	453,00
HOJAS FAQUEADAS/m²					
contracaras			1,00		
caras angostas			1,75		
caras anchas			2,50		
DESCUENTOS					
por pequeños largos	15%				
por penetrac. mercados	20%	10%		20%	20%
por baja calidad	20%				
por ingeniería				8%	
PRECIO NETO/m³					
p/calidad sup.**	544,00				
p/menor calidad	435,00				
p/prod. sin clasific.		165,60		441,60	362,40
PRECIO NETO/m²					
contracaras			1,00		
caras angostas			1,75		
caras anchas			2,50		

* secada en horno, sin cepillar

** adecuada para usos "a la vista" ("full dimension appearance grade")

Fuente: PRAIF-II.

2.8 Beneficios brutos

El Cuadro III.22 presenta los beneficios brutos que se obtendrían con los Complejos 1 y 2, por tipo de producto y calidad. Se observa que los beneficios brutos anuales son sustanciales, alcanzando cerca de US\$ 45,5 millones (31% de la facturación y 35% de la inversión en capital) en el Complejo 1 y US\$ 44,1 millones (30% de facturación y 35% de inversión en capital) en el Complejo 2. Estos datos corresponden a una situación de "operación constante" de los complejos, es decir de producción a plena capacidad.

2.9 Análisis financiero

Cualquier análisis financiero de un proyecto industrial debe reconocer que es necesario adquirir experiencia operativa antes de poder alcanzar la capacidad de producción prevista para todas las instalaciones. La adquisición de esta experiencia se visualiza como una 'curva de aprendizaje' para los operadores y el personal de gestión: a mayor grado de complejidad de las operaciones en una instalación, mayor será el tiempo requerido para alcanzar el nivel de producción previsto. Una reconocida empresa sueca que provee plantas y equipos para la producción de M.D.F. sugiere que se requiere un período de por lo menos cuatro años para llevar una planta de M.D.F. totalmente nueva a su capacidad diseñada. El mismo tipo de ineficiencias iniciales debe anticiparse en las otras instalaciones. Para los presentes fines, se ha adoptado el siguiente programa de eficiencia operativa para los primeros años de operación del complejo:

Utilización capacidad (%)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4 +
Planta de M.D.F.	40	60	85	100
Aserradero principal	60	80	100	100
Aserradero secundario	60	100	100	100
Planta de faqueado	50	85	100	100
Planta de L.V.L.	50	85	100	100

Por otra parte, no sería apropiado considerar, en el análisis financiero del proyecto, que el descuento aplicado a los precios de venta por penetración en los mercados se mantenga indefinidamente. Aunque hay varios puntos de vista posibles acerca del tiempo durante el cual se debería aplicar este tipo de descuento, se estima importante para la correcta percepción en el mercado de destino de la condición de los proveedores en Uruguay que ese período no sea superior a dos años.

Con estos criterios se calculó el flujo de fondos del proyecto (Cuadro III.23), obteniéndose una tasa interna de retorno a la inversión de 31,3% para el Complejo 1 y 30,3% para el Complejo 2.

En síntesis, el análisis de los aspectos financieros del proyecto muestra que los beneficios brutos y la tasa interna de retorno son elevados y similares en el caso de los dos complejos considerados, a pesar de la actitud conservadora que se adoptara consistentemente en el estudio. Para los pequeños y medianos productores forestales, los resultados indican que existen excelentes perspectivas para la viabilidad de complejos integrados de transformación capaces de soportar niveles de precios para la madera en pie suficientemente altos como para justificar los gastos en raleo y poda en la forma intensiva propuesta en el capítulo anterior.

Para este sector de productores forestales la viabilidad de los emprendimientos propuestos, tanto para la fase de producción forestal como la de la transformación con alto valor de plantaciones manejadas, descansa en su capacidad de organización y agrupamiento en determinadas regiones o zonas del país.

Cuadro III.22 - Costos y beneficios brutos de los complejos industriales (US\$)

REGIMEN 1					
	Mad. asser. SH/SC*	Mad. p/ pallets	Hojas faqueadas	L.V.L.	M.D.F.
COSTOS C & F/m³					
p/calidad superior**	392,00				
p/menor calidad	363,00				
p/prod sin clasific		148,00		318,00	230,00
COSTOS C & F/m²					
contracaras			0,29		
caras angostas			0,54		
caras anchas			2,02		
MARGEN BRUTO US\$/m³					
p/calidad superior**	152,00				
p/menor calidad	72,00				
p/prod sin clasific		17.60		123,60	132,40
MARGEN BRUTO US\$/m²					
contracaras			0,71		
caras angostas			1,21		
caras anchas			0,48		
VOLUMEN m³					
p/calidad superior**	60 129				
p/menor calidad	40086				
p/prod sin clasific		64 100		54500	110000
VOLUMEN m²					
contracaras			3 924 000		
caras angostas			5 232 000		
caras anchas			3 924 000		
MARGEN BRUTO/millones US\$/año					
p/calidad superior**	9,140				
p/menor calidad	2,886				
contracaras			2,786		
caras angostas			6,331		
caras anchas			1,884		

TOTAL	12,026	1,128	11,001	6,737	14,564
GRAN TOTAL					45,456

Fuente: PRAIF-II.

REGIMEN 2					
	Mad. asser SH/SC*	Mad p/pallets	Hojas faqueadas	L.V.L.	M.D.F.
COSTOS C & F/m³					
p/calidad superior*	403,00				
p/menor calidad	374,00				
p/prod. sin clasific.		150,00		330,00	218,00
COSTOS C & F/m²					
contracaras			0,29		
caras angostas			0,54		
caras anchas			2,07		
MARGEN BRUTO US\$/m³					
p/calidad superior**	141,00				
p/menor calidad	61,00				
p/prod. sin clasific.		15,60		111,60	144,40
MARGEN BRUTO US\$/m²					
contracaras			0,71		
caras angostas			1,21		
caras anchas			0,43		
VOLUMEN m³					
p/calidad superior**	54.096				
p/menor calidad	36.064				
p/prod. sin clasific.		95.300		54.500	110.000
VOLUMEN m²					
contracaras			3.924.000		
caras angostas			5.232.000		
caras anchas			3.924.000		
MARGEN BRUTO/ millones US\$/ano					
p/calidad superior**	7,628				
p/menor calidad	2,200				
contracaras			2,786		
caras angostas			6,331		
caras anchas			1,687		

TOTAL	9,828	1,487	11,001	6,082	15,884
GRAN TOTAL					44,085

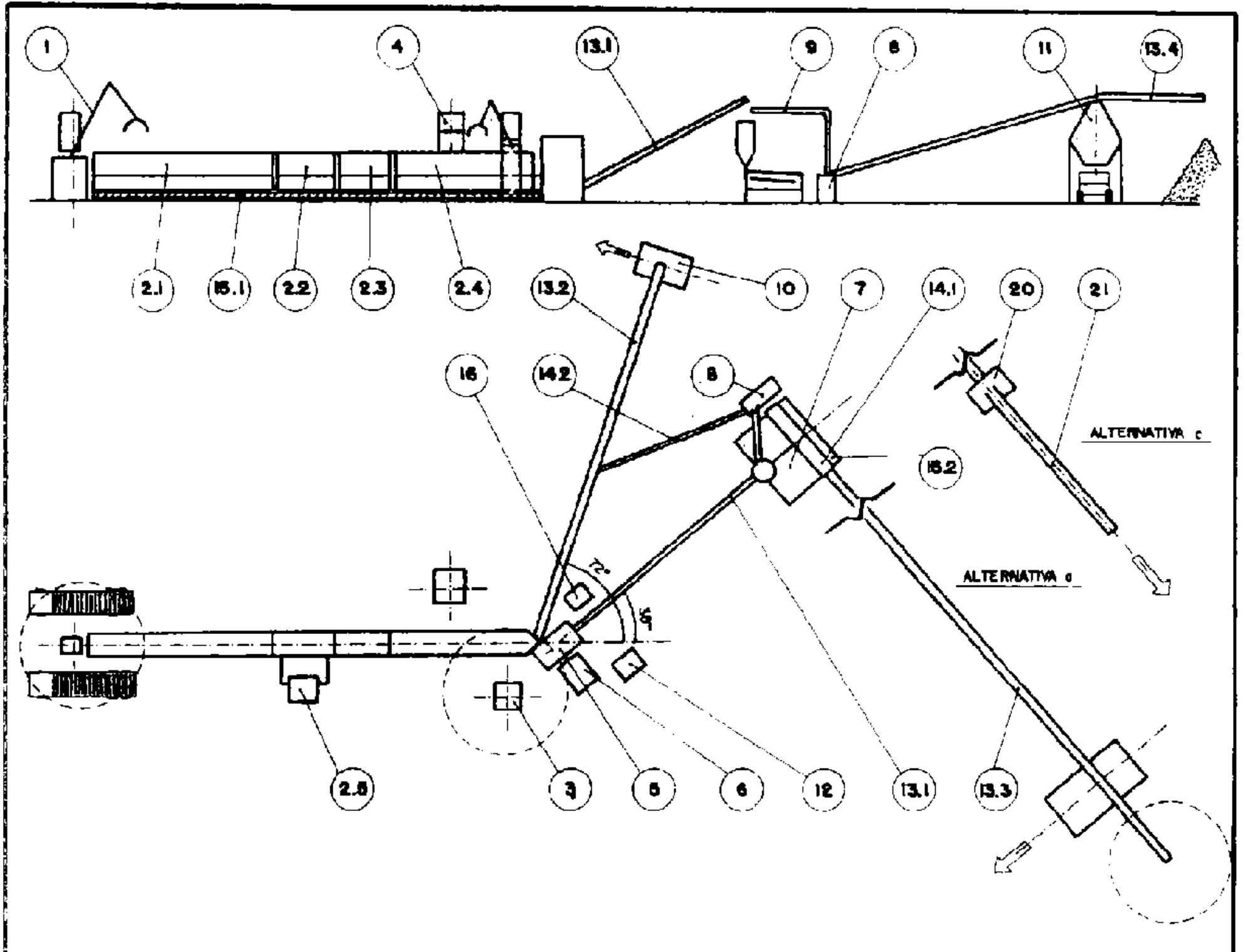
Fuente: PRAIF-II.

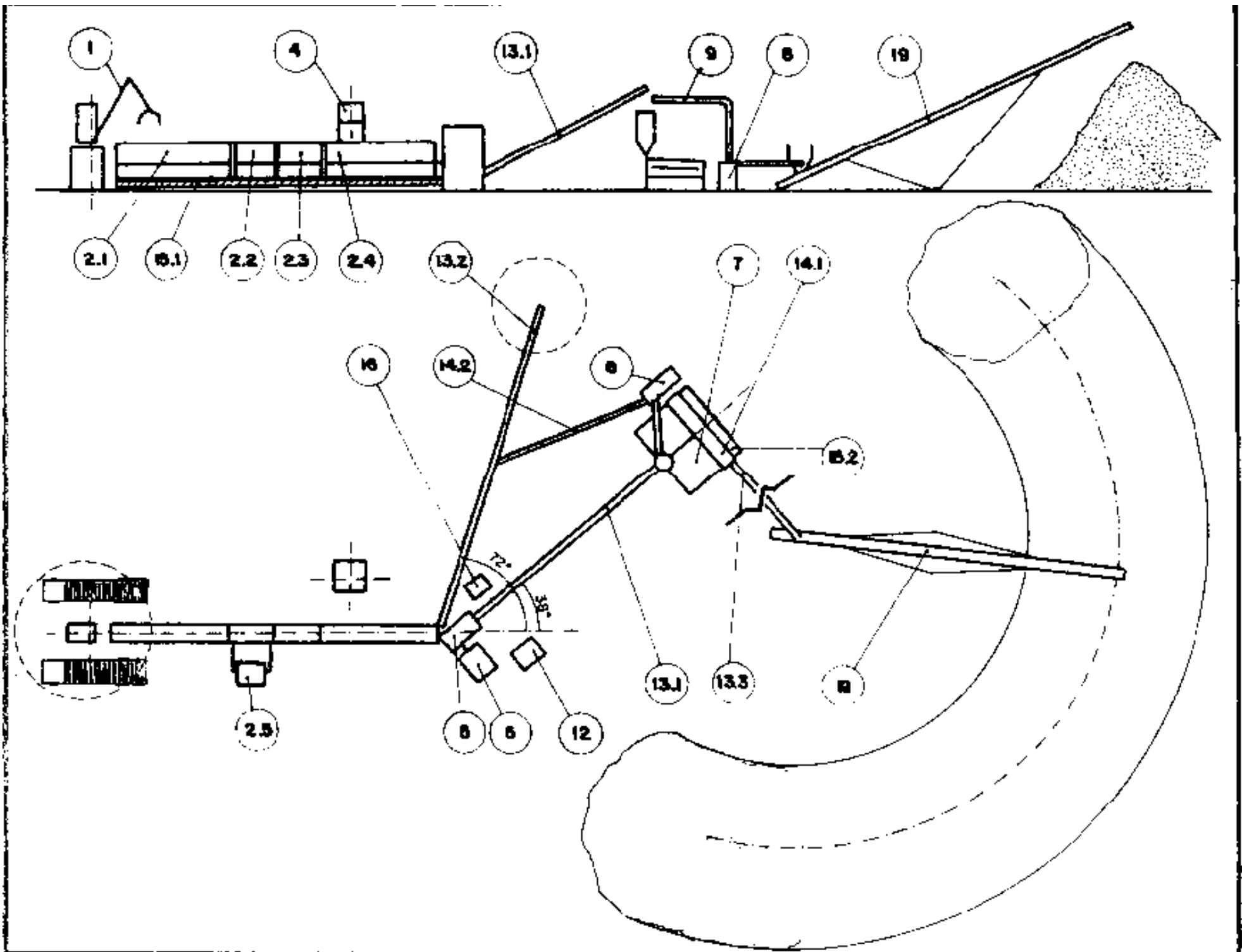
Cuadro III.23 - Resultados del análisis financiero de los Complejos industriales 1 y 2 (millones de US\$)

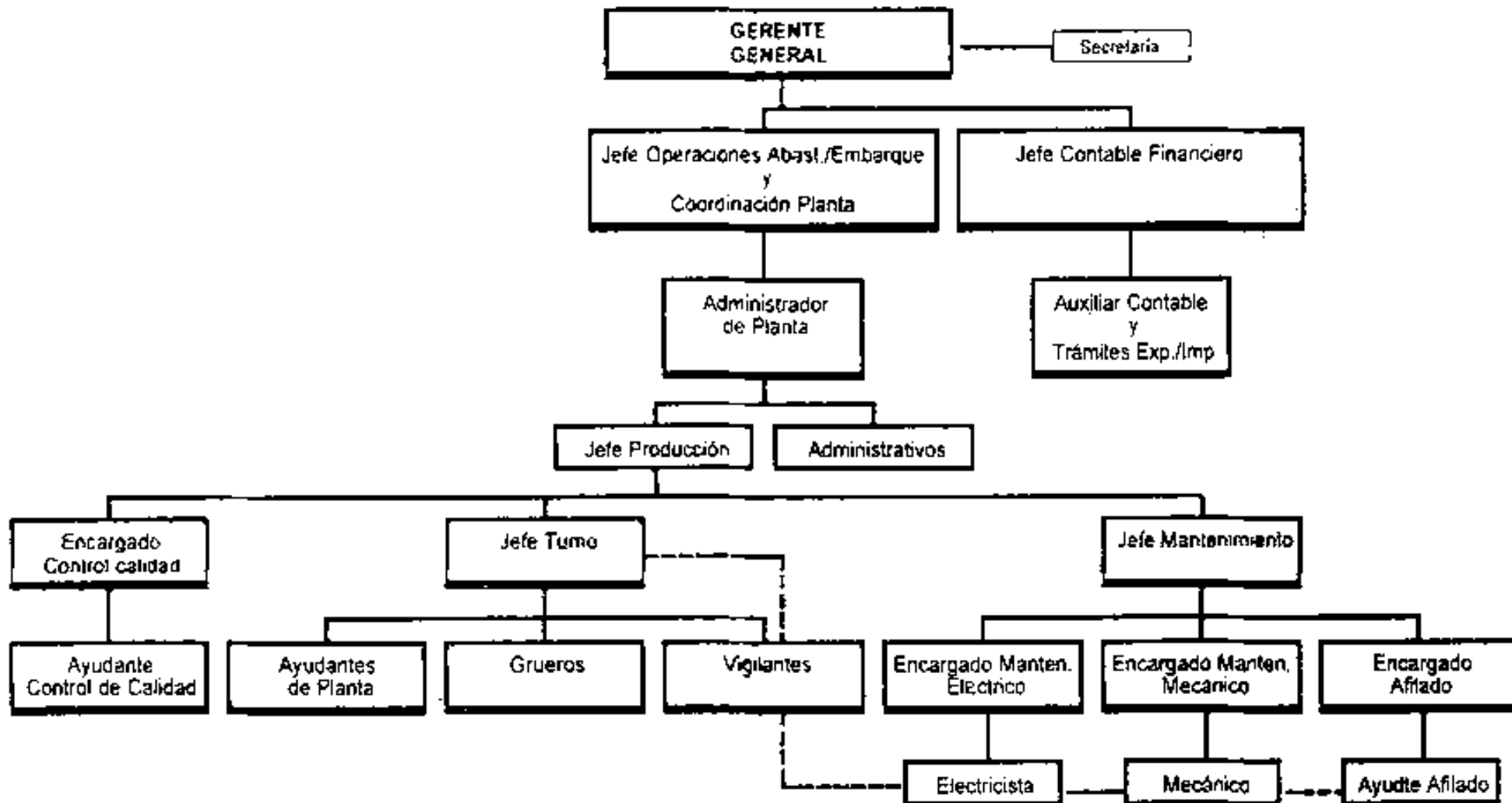
RUBROS/AÑOS		0	1	2	3	4 al 9	10
INVERSIÓN		127,0					-29,5
COSTOS OPERATIVOS	Complejo 1		47,9	60,7	66,9	67,5	67,50
	Complejo 2		49,7	62,8	68,8	69,4	69,36
COSTOS DE TRANSPORTE	Complejo 1		14,4	18,3	20,1	20,3	20,3
	Complejo 2		14,6	18,4	20,2	20,3	20,3
DEPRECIACIÓN	Complejo 1 y 2		12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
INGRESOS	Complejo 1 y 2		72,4	117,1	164,3	171,5	171,5
BENEFICIO FISCAL	Complejo 1	-127,0	-2,4	25,6	64,8	71,2	100,7
	Complejo 2		-4,3	23,4	62,9	69,3	98,8
IMPUESTO A LA RENTA	Complejo 1		0,0	7,7	19,4	21,4	30,2
	Complejo 2		0,0	7,0	18,9	20,8	29,6
SALDO DE CAJA	Complejo 1	-127,0	10,0	30,4	57,8	62,3	82,9
	Complejo 2	-127,0	8,1	28,8	56,5	61,0	81,6
	V.A.N. (10%)		V.A.N. (15%)		T.I.R.		
COMPLEJO 1	169,50		102,79		31,30%		
COMPLEJO 2	161,48		96,43		30,28%		

Fuente: PRAIF-II.











3. Producción y exportación de madera aserrada

[3.1 Proyecto de producción de madera aserrada de alta calidad de *E. grandis*](#)

[3.2 Proyecto de producción y exportación de madera aserrada para pallets](#)

En el subcapítulo anterior se analizó un proyecto de aprovechamiento integrado de la madera de *Eucalyptus*, incluyendo procesos de primera y segunda transformación. Ha sido argumentado que la instalación de complejos de este tipo representa una opción viable en Uruguay, ofreciendo una alta rentabilidad y un potencial elevado de impacto en la economía nacional. Si bien ese complejo incluye dos tipos de aserraderos, la rentabilidad de los mismos está estrechamente asociada al complejo en su conjunto. Como el PRAIF-II tenía entre sus cometidos iniciales la elaboración de un estudio de prefactibilidad específicamente para un aserradero, el mismo fue desarrollado paralelamente a la propuesta anterior. En el presente capítulo, se presentan dos propuestas: la primera se centra en la producción de tablas aserradas secadas, de alta calidad, con madera rolliza proveniente de plantaciones de ***E. grandis*** podadas y raleadas; la segunda contempla un aserradero para la producción de madera para *pallets* a partir de plantaciones de la misma especie pero que no se han beneficiado de un manejo silvicultural específicamente orientado hacia la producción de madera aserrada.

3.1 Proyecto de producción de madera aserrada de alta calidad de *E. grandis*

3.1.1 El aserradero

Consideraciones generales

Además de técnicas de aserrío de diferentes grados de sofisticación, existe un importante cúmulo de experiencias y *know-how* en este campo, que permiten sugerir que el aserrío no es sólo una técnica sino también un arte. Pocas veces existe una única solución para realizar un determinado programa de trabajo: distintas máquinas insertadas en distintos *lay-outs* pueden realizar tareas semejantes, eventualmente en condiciones igualmente rentables. Por lo tanto, generalmente no existe una instalación 'tipo' que pueda proponerse como una receta, debiéndose al contrario estudiar cada aplicación como un caso particular con sus variables específicas. En esta sección se desarrolla una alternativa de inversión basada en ciertos supuestos concernientes la materia prima, especificados más adelante, que implican una variabilidad de diámetros a la entrada y de dimensiones del producto final que, posiblemente, encarecen artificialmente la instalación; sin duda, este costo podrá minimizarse cuando, en el estudio de factibilidad, se determinen los procesos, *lay-out* y maquinaria en función de una materia prima y productos finales perfectamente

definidos.

El éxito de un aserradero radica, en gran parte, en lograr los mejores rendimientos posibles sin perjudicar al producto deseado, tanto en calidad como en dimensiones. La tecnología moderna se orienta así, por un lado, a perfeccionar el corte en cuanto a velocidad, delgadez y precisión para minimizar la producción de aserrín y, por otro, a analizar la materia prima, pieza por pieza, tanto a su entrada como en las diferentes etapas de su procesamiento con el fin de llegar al máximo aprovechamiento de la madera útil contenida en cada troza. En este sentido, es esencial respetar los siguientes principios:

- Armonizar la geometría de una troza con las dimensiones del producto final, es decir aplicar un correcto plan de corte buscando para cada troza el tipo y dimensión de producto que optimicen su rendimiento.
- Posicionar perfectamente las piezas con respecto a las líneas de corte, lo que implica la instalación de sofisticados dispositivos que combinen alta tecnología mecánica y electrónica.
- Aplicar tecnologías que permiten disminuir considerablemente el impacto de la curvatura y conicidad de los rollizos en el aprovechamiento de la materia prima. En realidad este punto es una extensión del primero, considerando que las trozas no son perfectamente rectas y cilíndricas. La primera de estas técnicas - las cuales hoy en día son absolutamente operacionales - es el "aserrado curvo", que permite que las líneas de corte sigan exactamente la forma del rollizo, sea éste recto o curvo; incluso, se han perfeccionado técnicas para enfrentar la doble curvatura. La segunda técnica de punto, el "aserrado cónico", permite minimizar las pérdidas por conicidad al trasladarlas a la zona de menor valor (centro) mediante el corte de las tablas de la periferia en línea paralela a la superficie. Esta técnica se practica desde hace tiempo, en particular con las sierras sinfín, pero actualmente también las chipeadoras-canteadoras pueden ser equipadas con cabezales móviles que permiten seguir la conicidad (hasta 1,5 cm/m).

Por otra parte, un aserradero debe ser una instalación cuidadosa y metódicamente dirigida, con intervenciones oportunas y mejoras introducidas en forma permanente. En este sentido, el factor humano es determinante: algunos puestos son claves para el rendimiento (posicionamiento, afilado, selección) y otros lo son para la calidad; en tanto que el gerente debe observar permanentemente el funcionamiento del aserradero y, en estrecha colaboración con el personal de la planta, afinar continuamente el proceso.

Tal como se analizara en un capítulo anterior, el proceso de transformación del Eucalyptus es considerablemente más complejo que el de la mayoría de las especies de uso común en los aserraderos. Las tensiones internas que se liberan al efectuarse los cortes con sus consecuentes deformaciones, rajaduras, grietas, etc. hacen necesario recomendar que un estudio de factibilidad para un aserradero de Eucalyptus incluya una serie de ensayos prácticos y sistemáticos para apreciar y comprobar el efecto del programa de corte propuesto sobre la materia prima. Esto redundará en un *lay-out* y la selección de tecnología y maquinaria totalmente adecuados al objetivo propuesto. En la presente etapa de prefactibilidad, se propone un aserradero con tecnología de primer nivel incluyendo, por una parte, sofisticados sistemas electrónicos de optimización y, por otra, maquinaria robusta, de alto rendimiento, gran precisión y máxima confiabilidad en su operación. Este marco conlleva, sin duda, un importante costo de capital pero este gasto se verá compensado por los niveles de producción, rendimiento y calidad obtenidos, siempre y cuando se disponga de la materia prima necesaria, en cantidad y calidad, para hacer viable esta propuesta.

Disponibilidad de materia prima y parámetros de producción

El aserradero ha sido diseñado para la producción de madera aserrada de calidad. Esto implica disponer de materia prima obtenida de plantaciones podadas y raleadas, tema que ha sido tratado en un capítulo anterior. En este caso, se ha determinado un volumen anual de consumo de materia prima de 300.000 m³ de **E. grandis** en función de los siguientes factores:

- la disponibilidad futura de madera de plantaciones de Eucalyptus, con base en los ritmos de forestación experimentados en los últimos años pero suponiendo que una parte de estas plantaciones esté sujeta a regímenes de manejo silvicultural con poda y raleo; y
- la conveniencia, si no la necesidad, de operar con volúmenes que permitan lograr economías de escata con el fin de asegurar la rentabilidad del aserradero según estándares internacionales.

A diferencia del caso del complejo integrado de transformación tratado en el Capítulo IV, el volumen seleccionado no ha sido relacionado en forma detallada con el tipo, diámetros y frecuencias de trozas que se obtendrían de los diferentes raleos y la corta final de un régimen de manejo silvicultural determinado. Por lo tanto, se ha considerado que el aserradero procesaría trozas (podadas) de una diámetro comprendida entre 20 y 45 cm y se definió arbitrariamente una distribución de frecuencia (Cuadro III.24). Esta distribución permite definir parámetros básicos de funcionamiento del aserradero, que se sitúen dentro de los rangos posibles de cosecha y que sean compatibles con el tipo de instalación que se propone. De esta forma, la troza media típica de 3,2 m de longitud tendría un diámetro de 32 cm y un volumen de 0,25 m³. Con un largo de 2,4 m, el volumen de la troza media típica sería de 0,19 m³. En función de ello, se definen los siguientes parámetros de producción:

Largo de la troza media típica	3,2 m	2,4 m
Consumo de materia prima	300.000 m ³	300.000 m ³
Turnos	2 de 8 horas	2 de 8 horas
Días al año	260	260
Eficiencia equipos	80%	80%
Volumen troza media típica	0,25 m ³	0,19 m ³
Trozas por año	1.200.000	1.578.947
Trozas por turno	2.308	3.036
Trozas por minuto	6,0	7,9

Considerando que las instalaciones propuestas soportan hasta 10 trozas por minuto a la entrada, se observa que las mismas podrían procesar tanto trozas de 3,2 m como de 2,4 m de largo. Arbitrariamente, se desarrolló el estudio con la troza típica de 3,2 m de largo, la cual es obviamente más favorable para el rendimiento global del aserradero. A partir de la cantidad total media de trozas a procesar y a título indicativo, se elaboró el Cuadro III.25 para asegurar que las hipótesis adoptadas respecto al flujo de piezas sean compatibles con las máquinas propuestas a continuación. Este punto es central en la definición de un aserradero dado que de su justa definición dependerá la adecuación de los medios de producción a las necesidades del mercado que se pretende satisfacer. Por lo tanto, en la etapa de factibilidad el estudio técnico deberá centrarse en este punto y cruzar los datos sobre frecuencias diamétricas reales con los de las escuadrías relevantes de los productos finales demandados por el mercado. De este ejercicio saldrán patrones y valores realistas sobre los cuales recién se construirá el *lay-out* definitivo y se determinarán o

revisarán las características básicas de las máquinas.

Localización del aserradero

Las consideraciones específicas a tomar en cuenta en la localización del aserradero incluyen: (I) la distancia ponderada (distancia/volumen) de las plantaciones al aserradero; (ii) la distancia a los lugares de embarque o de destino del producto principal y subproductos y (iii) la relación en la generación de productos y subproductos.

Cuadro III.24 - Distribución de frecuencia de las trozas conformando la materia prima del aserradero

DIAMETRO (cm)	LONGITUD TROZAS (m)									
	1m	2,4m	%	100v	3,2m	%	100v	3,6m	%	100v
16	0,02	0,05	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
18	0,03	0,06	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00
20	0,03	0,08	4,00	0,30	0,10	4,00	0,40	0,11	4,00	0,45
22	0,04	0,09	6,00	0,55	0,12	6,00	0,73	0,14	6,00	0,82
24	0,05	0,11	7,00	0,76	0,14	7,00	1,01	0,16	7,00	1,14
26	0,05	0,13	9,00	1,15	0,17	9,00	1,53	0,19	9,00	1,72
28	0,06	0,15	10,00	1,48	0,20	10,00	1,97	0,22	10,00	2,22
30	0,07	0,17	20,00	3,39	0,23	20,00	4,52	0,25	20,00	5,09
32	0,08	0,19	11,00	2,12	0,26	11,00	2,83	0,29	11,00	3,18
34	0,09	0,22	9,00	1,96	0,29	9,00	2,61	0,33	9,00	2,94
36	0,10	0,24	6,00	1,47	0,33	6,00	1,95	0,37	6,00	2,20
38	0,11	0,27	5,00	1,36	0,36	5,00	1,81	0,41	5,00	2,04
40	0,13	0,30	5,00	1,51	0,40	5,00	2,01	0,45	5,00	2,26
42	0,14	0,33	4,00	1,33	0,44	4,00	1,77	0,50	4,00	2,00
44	0,15	0,36	4,00	1,46	0,49	4,00	1,95	0,55	4,00	2,19
46	0,17	0,40	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00
48	0,18	0,43	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00
50	0,20	0,47	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00
Total			100	18,84		100	25,11		100	28,25
Volumen troza media			0,19			0,25			0,28	

Fuente: PRAIF-II

Cuadro III.25 - Conteo de piezas y velocidades teóricas para el aserradero de Eucalyptus

Diámetro (cm)	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	
Frecuencia (%)	4	6	7	9	10	20	11	9	6	5	5	4	4	100

Trozas/turno	92	138	161	207	230	460	253	207	138	115	115	92	92	2.302
Canter-Twin	32	138	161	207	230	460	253	207	138	230	230	184	184	2.716
Canteadora (4 s.)	92	138	161	207	230	460	253	207	138	115	115	92	92	2.302
Multisierra	92	138	161	207	230	460	253	207	138	115	115	92	92	2.302
(sal. Multisierra)	276	414	483	552	645	829	1.519	1.243	829	1.381	921	737	737	10.566
Canteadora	368	552	645	829	921	1842	1.013	829	552	921	921	737	737	10.865
Despuntadora	645	967	1.128	1.381	1.565	2.670	2.532	2.072	1.381	2.302	1.842	1.473	1.473	21.432
		Pieza/ min.*		Velocidad (m/min.)										
Canter-Twin		6,47		41,39										
Canteadora (4 s.)		5,48		35,08										
Multisierra		5,48		35,08										
Canteadora		25,87		165,57										
Despuntadora		51,03		25,00										
														* Turno = 420 min.

Fuente: PRAIF-II.

De estos tres factores, generalmente el predominante es la cercanía a las plantaciones por razones de volúmenes pero los demás factores pueden aportar importantes matices a la decisión como, por ejemplo, el lugar de destino de los subproductos (e.g. chips para planta de celulosa). Otros factores incluyen los habituales para las implantaciones industriales: disponibilidad al mejor costo de energía, agua, accesos, etc.

Unidades productivas

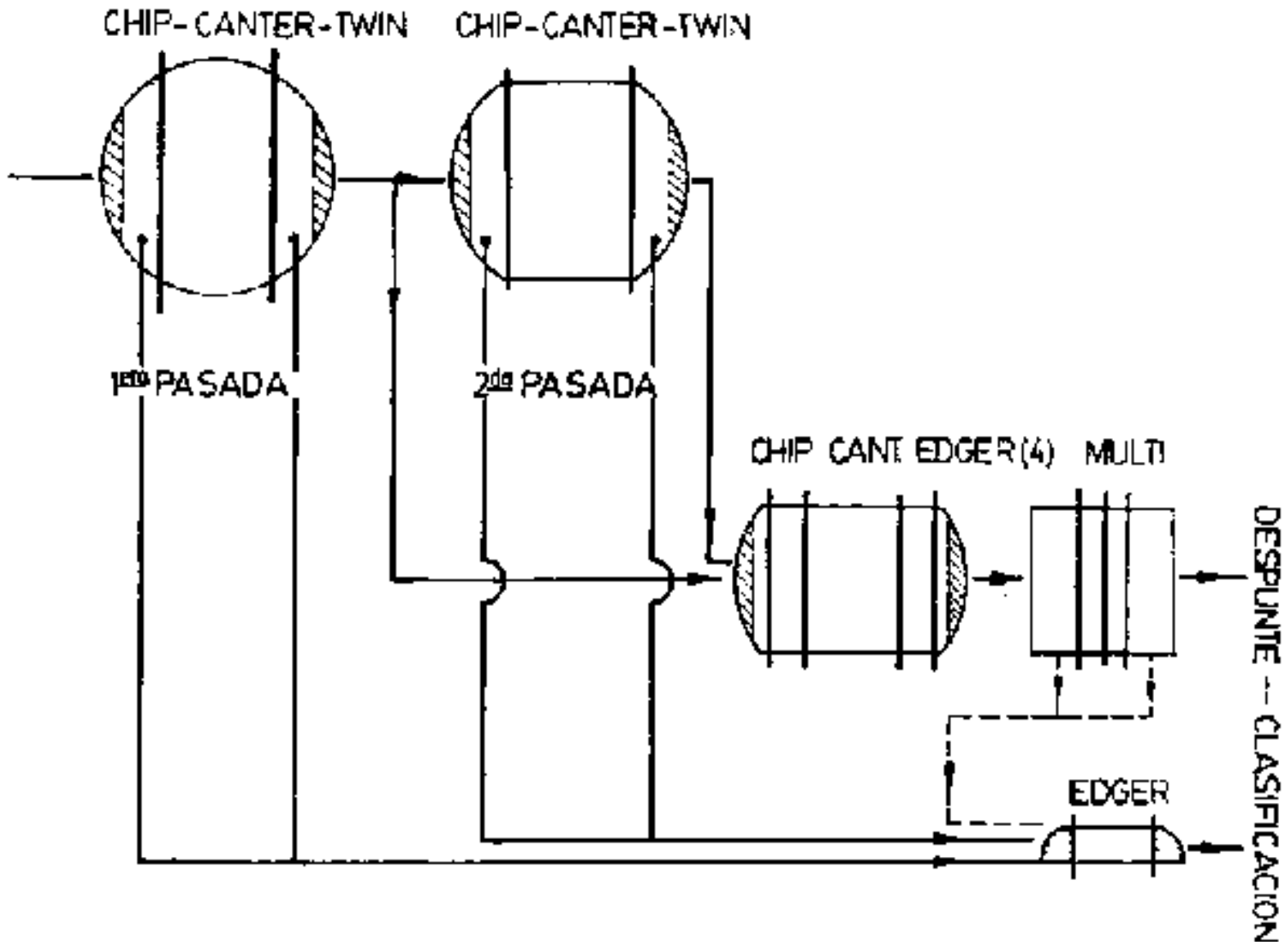
El Lay-out 111.3 1 presenta una versión simplificada de la planta, explicitándose la propuesta en los párrafos siguientes. Una secuencia detallada del parque de maquinaria se encuentra en el Lay-out III.4, donde los números corresponden a los equipos nombrados y agrupados por fase en el Cuadro III.26. En este mismo cuadro, se especifican los valores estimados de los equipos, su potencia y los operadores requeridos.

En este proyecto se ha supuesto que las trozas llegan descortezadas al aserradero⁷². En el proceso de almacenamiento de las mismas, se deben evitar los choques violentos y regular las operaciones de tal forma que el tiempo de permanencia de las trozas en el área de acopio sea el mínimo compatible con la seguridad de abastecimiento de la planta.

⁷² Ello se basa sobre la situación actual en Uruguay, en la que el descortezado suele efectuarse en los bosques. Es probable que esta tarea se mecanice en el futuro y que un aserradero de esta envergadura incluya instalaciones para el descortezado para proteger la materia prima hasta su procesamiento. Para los costos de inversión de un descortezador, se remite al Capítulo III.2. En términos de costos operativos, el descortezado en planta implicaría un incremento del costo de flete de la materia prima al movilizarse un peso mayor,

en tanto que el costo de esta última se reduciría al no entregarse descortezados los rollizos. También deberá preverse el uso de la corteza en la cercanía del aserradero (planta de secado) o incorporar los costos de su evacuación o incineración.

Lay-out 111.3 - Proceso de aserrado de madera de Eucalyptus



Fuente: PRAIF-II.

[Lay-out 111.4 - Proceso detallado del aserradero para Eucalyptus](#)

Fuente: PRAIF-II.

Cuadro III.26 - Maquinaria y equipos del aserradero para madera de Eucalyptus

SECCION	ITEM	EQUIPOS	VALOR	POT	OPER.
			(US\$)	(HP)	DIR.
Preparación mat. Prima	100	Cabina operador	25300		1
	101	Deck	49500	20	
	102	Unitizador	49500	20	

3. Producción y exportación de madera aserrada

	103	Conveyor	25300	10	
	107	Conveyor selección	154000	25	
	108	Scanner	132000		
		Estructuras soportantes	33000		
	120	Deck	52800	20	
	121	Unitizador	55000	25	
	122	Conveyor	60500	25	
	123	Scanner	30800		
	124	Transfer 1/2 circular	93500	10	
Total sección			761.200	155	1
Aserrío primario	125	Deck	52800	10	
	126	Unitizador	62700	20	
		Estructuras soportantes	49500		
	200	Cabina operador	35200		1
	201	Conveyor de cadena	44000	20	
	202	Scanner	192500		
	206	Sharp chain, log turn	242000	50	
	207	Chipeadora-canteadora	148500	260	
	208	Sierra sinfin doble	286000	300	
	209	Mesa de salida	88000	5	
	211	Hidráulica	71500	150	
		Estructuras soportantes	71 500		
	215	Sweep conveyor	22000	3	
	216	Transfer	11 000	8	
	217	Conveyor	50600	10	
	218	Transfer	31 900	3	
Total sección			1.469.700	839	1
Multiaserrio	220	Mesac/optim lineal, c/hidr	357500	15	
	221	Chipeador-canteadora c/as curvo	214500	260	
	222	Mesa entrada	52800	15	
	223	Canteadora de 4 s c/as curvo	258500	325	
	224	Mesa de salida	38500	10	
	225	Mesa entrada multí	53350	10	
	226	Multisierra c/aserrío curvo	324500	625	
		Hidráulica	76450	140	

3. Producción y exportación de madera aserrada

		Estructuras soportantes	38500		
	250	Transfer doble/lat	19250	5	
	251	Conveyor sinfin/canteadora	21 450	15	
Total sección			1.455.300	1.420	0
Canteadado	252	Deck de acumulación	30250	7	
	253	Ordenador	64350		1
	254	Alimentación de canteadora	247 500	10	
	255	Cantea dora	102850	150	
	256	Mesa de salida	15290	5	
	257	Sistema de optimización	159500		
		Hidráulica	26290	50	
		Estructuras soportantes	31 350		
Total sección			677.380	172	1
Despunte, Selección	300	Mesa de recepción (4 sec)	69850	20	
	301	Desenredador	20900	10	
	302	Unitizador	55000	10	1
	303	Despuntador optimizado	632 500	75	
	304	Transfer	35750		
		Estructuras soportantes	34650		
	306	Conveyor retorno cant	17500	10	
	307	Transfer retorno	38500	10	
	310	Clasif automát (30 bolsillos)	357 500	50	1
	311	Transfer salida	38500	10	
	312	Mesa inclinada	10500	10	
	313	Desenredador	22000	10	1
	314	Entrada apilador	50000	10	
	315	Apilador automático (Hid)	75300		
	316	Transportador/coloc /separador	50500	5	1
	317	Transp paquetes	22800	15	
	319	Contador	8500		
Total sección			1.540.260	245	4
Manejo desechos	500	Chipeadora 60"	49000	200	1
	501	Harnero 8'×16'	42500	10	
	502	Conveyor/harnero	22500	10	
	503	Conv. /sobredim	6500	5	

	504	Conv./pite	31 500	15	
	505	Conv./aserrín/pila	19500	10	
	506	Conv./aserrín	7250	5	
	507	Conv./chip	51 250	25	
	508	Conv vibr. c/detector metal	21 500	10	
	510	Conv./multi	26250	15	
	511	Conv./cant 4 sierras	15500	5	
	512	Conv./sierra sinfín doble	15500	5	
	513	Conv./mesa entrada	33500	5	
	514	Conv./vibr	43950	20	
		Controles	23500		
Total sección			409.700	340	1
Varios		Subestructuras	275000		
		Red cableado	55000		
		Red hidráulica	55000		
		M.C.C.	165000		
		Aire comprimido	82500	100	
		Afil sierra sinfín	192500	15	2
		Afil sierra circular			
		Rectif. guías sierra sinfín			
		Rectif. guías circ			
		Babbit			
Total sección			825000	118	2
TOTAL			7 128.630	3.336	10
Parque		Opción con <i>slasher</i>	423500	200	

Es común observar cierto descuido en el manejo de los rollizos en la etapa previa al aserrío. Sin embargo, el parque de preparación de la troza ofrece la posibilidad de ganar algunos puntos porcentuales en el rendimiento en materia del aserradero si el manejo se efectúa cuidadosamente. En este sentido, conviene respetar las siguientes consignas:

- traer a la planta rollizos largos (4, 6 y hasta 12 m de largo) para trozarlas en medidas acordes con la producción;
- tecnificar el trozado: la cancha ofrece una primera y decisiva posibilidad de mejorar la calidad del producto final mediante cortes que pueden, por una parte, disminuir el impacto de los defectos (curvatura, pudrición, nudos, etc.) y, por otra, limitar los efectos de pérdidas por conicidad;
- tener canchas regadas, limpias y ordenadas, lo que facilita los cálculos efectivos y los

controles para efectos de rendimiento y calidad;

- ordenar las trozas por rango de diámetro de acuerdo con la capacidad de ajuste de las máquinas dentro de la planta; y cuidar el diseño de los flujos de materia prima de tal forma que, al entrar a la planta, todos los rollizos tengan la misma orientación en cuanto a su conicidad⁷³

⁷³ Es cada vez más frecuente encontrar parques de preparación de los rollizos totalmente optimizados con sofisticados equipos electrónicos que determinan los cortes de acuerdo a patrones preestablecidos en diámetros, largos y calidad (curvatura, etc.) y que dirigen luego cada troza al bolsón que te corresponde, de donde será extraída posteriormente para efectuar un proceso por lotes homogéneos en el aserradero.

En el caso presente, la fase de **preparación de las trozas** incluye una línea de scanneo diamétrico y, eventualmente, de largo. Aunque conviene trabajar con el máximo largo posible, se ha indicado anteriormente que en el caso del Eucalyptus la longitud se limitará a un máximo de 3,2 m. Se disponen de doce bolsones correspondientes a clases diamétricas variando de 2 en 2 cm y/o diferentes largos. El scanner envía la información a un microprocesador que comanda los pateadores que destinan las trozas a sus bolsones correspondientes. Como la materia prima de Eucalyptus es sujeta a rajaduras, es importante diseñar los bolsones de tal forma que se eviten los choques, cuidando factores como altura, pendiente, materiales, etc.

De los bolsones, las trozas son depositadas a la entrada del aserradero, donde un dispositivo permite posicionarlas siempre con el menor diámetro hacia adelante. Un scanner lee los diámetros extremos y da instrucciones a una plataforma giratoria para que la troza o bien siga su curso o sea volteada. Al pasar por un *transfer* y un unitizador (de tipo '*stepfeeder*'), el rollizo es depositado sobre un transportador de cadena que constituye el punto de inicio de la **línea principal del aserradero**.

Un *scanner* comanda la posición automática de la troza sobre la cadena transportadora de manera de disminuir los efectos de la curvatura en el rendimiento. Un segundo *scanner* perfecciona el centrado de la pieza, dando eventualmente la orden de *off-set*, y comanda la apertura de los cabezales chipeadores y de la sierra sinfín doble. El único operador de esta sección tiene una importante función de control. Solamente interviene cuando estima que la decisión tomada por el microprocesador es errónea o si se produce algún incidente en la línea, aunque para estos casos están contemplados numerosos controles y sensores que detienen automáticamente la operación o, inclusive, la línea o la planta entera.

Una **chipeadora-canteadora** (*chipper-canter*) corta simultáneamente dos caras opuestas de la troza y reduce este volumen al estado de astillas (en vez de costaneros, de poco valor y complicado manejo dentro de la planta). Los dos cabezales se abren y se cierran en respuesta a las instrucciones del microprocesador, que actúa en función de las lecturas de la pieza por el *scanner* mencionado y de los patrones de corte preestablecidos. Aunque no ha sido considerado en el presente estudio, la maquinaria propuesta ofrece la posibilidad de añadir dispositivos para la técnica de avanzada del aserrío cónico con el fin de asegurar los mejores rendimientos en las capas externas de las trozas. Será de interés analizar esta posibilidad en el estudio de factibilidad en función de los volúmenes, diámetros y conicidad de las trozas a procesar.

Una **sierra sinfín doble** (*twin band saw*) o, eventualmente, una cuádruple corta simultáneamente las dos (o cuatro) tablas exteriores de mayor calidad. Si fuera necesario incrementar la producción y/o si las clases diamétricas de mayor dimensión aumentaran su participación, se podría considerar una segunda sierra

sinfín doble. A la salida de este proceso, se encuentra un típico carrusel o retorno, que permite retrotraer la semi-basa hacia la chipeadora-canteadora para repetir las operaciones anteriores en las dos otras caras de la troza. La recomendación de este retorno deberá, sin embargo, confirmarse a partir del estudio de un caso real.

La basa procede luego al proceso de **multiaserrío**, para el cual se propone trabajar en línea utilizando modernos sistemas de posicionamiento, que trabajan con gran precisión y altas velocidades. La línea incluye una segunda chipeadora-canteadora con dispositivos de aserrío curvo, una canteadora de cuatro sierras móviles para aprovechar más piezas externas (incluyendo también un dispositivo de aserrío curvo) y, finalmente, una sierra múltiple que corta la parte interna de la basa. Las piezas que salen de la multisierra llegan directamente a la mesa de salida.

Para el **cantado**, se tiene previsto una canteadora (*edger*) de sierras móviles (una segunda puede ser necesaria según el conteo de piezas que se dé en la aplicación real), con una sofisticada mesa de posicionamiento que permite optimizar la operación.

La **mesa de salida** es clásica en su primer tramo y consta de un solo piso. Dependiendo de la diámetro de las trozas en la aplicación real, se podría contemplar un segundo piso si llegara a aumentar considerablemente el número de piezas. El tramo siguiente incluye un despuntador (*trimmer*) multisierra optimizado dada la cantidad de piezas y su alto valor. La etapa de **selección y almacenamiento** se efectúa mediante un dispositivo electrónico que orienta las piezas a los bolsillos (30) de un clasificador vertical automático. A la salida, se encuentran un desenredador, un unitizador y un apilador automático para conformar los paquetes que se dirigirán al secadero.

Finalmente, para el **manejo de residuos** el modelo propuesto tiene una estructura de dos pisos. El manejo de los chips y de los desechos tiene lugar en el piso inferior a través de una red de transportadores (*conveyors*) de distintos tipos (de cadena, de correa y vibratorio, según el material a transportar y la distancia a recorrer). Los chips son llevados a una pila o a una clásica tolva, desde donde son evacuados por camión. El aserrín también es evacuado hacia una pila o tolva, en tanto que los otros desechos son enviados a un conjunto chipeador, cuya producción se une a la de las canteadoras-chipeadoras de línea. Los desechos son posteriormente utilizados en la planta de secado.

A continuación, se presentan las características de los equipos y máquinas más significativos para el funcionamiento global del aserradero. La numeración permite ubicar el equipo en el Diagrama 2. Todos los equipos seleccionados son de primera línea, de acuerdo con la meta fijada de producir madera de calidad para la exportación y la hipótesis respecto al valor de la materia prima, la cual provendría de plantaciones manejadas con todas las reglas del arte:

Item 207	Chipeadora-canteadora de dos cabezales de 8 cuchillos, equipado cada uno con 125 hp, de velocidad variable (300 a 1000 r./min.) para ajustarse al largo del chip (16 a 28 min.). Puede trabajar en línea hasta 150 m/min. Apertura de boca de 70 a 660 mm. Profundidad de corte de hasta 150 mm. por cabezal. Posicionamiento de los cabezales por cilindros hidráulicos comandados por temposonic y servo-válvulas. El dispositivo adaptable para aserrío cónico permite trabajar con una conicidad de hasta 1,5 cm/m.
-----------------	---

Item 208	Sierra sinfín doble, teniendo cada sierra volantes de 6 pies de diámetro y 150 hp. Se recomienda una máquina trabajando con muy alta tensión de hoja (12.000 a 16.000 kg.) y dispositivos muy sensibles, de reacción inmediata, para ajustar de manera permanente tensión y posición de las sierras (gage 16) en los volantes (servo-hidráulica en <i>loop</i> cerrado, sensores de posicionamiento para lecturas permanentes y de alta frecuencia, etc.). Es determinante para el rendimiento global del aserradero incluir un dispositivo que permita el offset de las sierras sinfín dobles, es decir que la máquina entera pueda volver a posicionarse respecto a la troza que avanza, cuando la lectura del <i>scanner</i> indica que sería una posición más rentable. Máquina pesada (aprox. 18 ton cada sierra sinfín).
Item 220	Mesa de posicionamiento optimizada con <i>Une bar</i> , scanneo en forma real con filmadoras (2), rodillos tomadores hidráulicos, etc.. Operación en línea.
Item 221	Chipeadora-canteadora, idéntica a ítem 207 pero con un dispositivo para seguir la curvatura de la pieza.
Item 223	Canteadora de cuatro sierras móviles, eje inferior, 300 hp (2 × 150), boca de 250 × 1.000 (<i>climb cut</i>) de espesor de 3,2 mm, sierras guiadas. Dispositivo para seguir la curvatura.
Item 226	Multisierra de 2 × 300 hp, eje inferior, puede incorporar hasta 10 sierras, corte (<i>climb cut</i>) de 3,2 mm de espesor. Incluye dispositivo para seguir la curvatura.
Item 255	Canteadora de dos sierras móviles, velocidad de hasta 200 m/min., comandada por la mesa de optimización (ítem 257).
Item 303	Despuntador múltiple (<i>trimmer</i>) optimizado. Conjunto de muy alta tecnología, cuyos elementos claves son: i) el despuntador mismo, de sierras múltiples (se proponen 12) con cilindros de aire comprimido, y ii) el optimizador (con lectores láser de lectura real completa) con sus controles, que permite obtener el máximo rendimiento de cada tabla y da las instrucciones de corte a las sierras del despuntador.

Los costos presentados en el mencionado Cuadro III.26 corresponden a valores actuales para equipos recomendables. Sin embargo, estos valores pueden tener variaciones significativas según las condiciones de adquisición (equipos individuales o 'paquetes' completos) y de pago y, obviamente, si se considerara la adquisición de equipos de segunda mano. Esta última alternativa debe ser objeto de una evaluación particularmente cuidadosa en este caso por tratarse de equipos de alta tecnología. No habría ninguna objeción a esta posibilidad cuando, dentro de un paquete cerrado, el fabricante ofrece una máquina reacondicionada bajo su responsabilidad y con garantía explícita.

Los costos de capital podrían reducirse mediante las siguientes premisas:

- Si se decidiera trabajar con una sola longitud de trozas (2,4 m) y si las trozas se cargaran con la misma orientación, sea en el monte o en la planta, el parque podría simplificarse. La disminución de los costos sería del orden de US\$ 0,4 millones.
- La adopción de un método de trabajo clásico y manual en la mesa de salida y en el proceso de selección (sin optimización ni clasificador automático) significaría una reducción de los costos del orden de US\$ 1 millón.
- Si se disminuye la variabilidad de diámetros es posible prescindir de uno de los centros de máquina en la línea principal y readecuar la línea, lo que puede conducir a costos inferiores

en US\$ 0,5 a 0,75 millones a los propuestos.

Estos tres puntos representan en su conjunto unos US\$ 2,15 millones, es decir cerca de un 30% de la inversión en maquinaria y equipos de la propuesta inicial, además de las repercusiones en la mayoría de los costos asociados (ingeniería, instalación, etc.).

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que, si las diámetros del proyecto definitivo no estuvieran convenientemente centradas y repartidas alrededor de un valor medio, será aconsejable instalar dos líneas de elaboración, una para pequeños diámetros y una segunda para diámetros mayores.

Las inversiones complementarias al equipamiento del aserradero merecen los siguientes comentarios. Se requiere un **terreno** plano, con adecuadas condiciones de drenaje, resistencia de suelo, suministro de energía eléctrica y agua, acceso expedito a carretera e, idealmente, a vías férreas. La superficie total a considerar es del orden de 3 a 4 ha, con construcciones que abarcan un área de 2.500 a 3.000 m². Los costos de **ingeniería** han sido estimados en US\$ 350.000 y comprenden, además de la ingeniería de factibilidad, la ingeniería de planta que normalmente no está incluida en las ofertas globales de los proveedores de equipos (estudio de suelo, instalaciones anexas, redes de electricidad, agua, etc.). Si se optara por una adquisición selectiva y diferenciada de la maquinaria, esta cifra debería incrementarse. Finalmente, los costos de **instalación y montaje** de la planta (US\$ 1.250.000) se basan en experiencias de instalación de aserraderos comparables en otros países y deberán afinarse en una etapa más avanzada del estudio. Incluyen una partida muy restringida para gastos de asesoría externa, dado que en la hipótesis asumida de adquisición 'en paquete' de la maquinaria el proveedor suele asesorar en la instalación y puesta en marcha de la planta.

Rendimientos

De acuerdo a la experiencia de los pocos países que procesan madera de Eucalyptus, se estima que el rendimiento del **E. grandis** en producto aserrado es del orden del 45%, aunque este guarismo varía obviamente con la calidad de la materia prima. En el aserradero principal del complejo de transformación integrado propuesto en el capítulo anterior, por ejemplo, se ha estimado un rendimiento de 45% para el aserradero secundario, que utiliza rollizos pulpables y corazones del debobinado, y de alrededor de 51% para el aserradero principal, que trabaja esencialmente con trozas podadas. En este último caso sólo un determinado tramo de los árboles podados se destina al aserradero, con lo que el porcentaje de aprovechamiento es mayor en la medida en que dicho tramo es de gran diámetro y presenta un índice de conicidad menor que el conjunto del fuste. Por esa razón, no parece razonable optar por un rendimiento superior al 45% en el aserradero propuesto en el presente capítulo. No obstante, el estudio financiero del proyecto incluye un análisis de sensibilidad de la rentabilidad con respecto al rendimiento asumido.

Los desechos se descomponen normalmente en un 60 a 65% de chips de calidad aceptable y 40 a 35% de aserrín y otros tipos de desechos.

Mano de obra

El personal del aserradero propuesto incluye un staff de 11 personas, además de 22 operarios por turno, lo cual da un total de 55 personas. El Cuadro III.27 indica el tipo de personal requerido junto con los costos involucrados. Estos últimos fueron estimados sobre la base i) del convenio colectivo que existe en Uruguay para los trabajadores de la industria del aserrado⁷⁴ y ii) de los aportes sociales establecidos por la legislación laboral.

⁷⁴ "Convenio Colectivo - Retribuciones mínimas con carácter nacional para todos los

trabajadores del grupo 16, subgrupo 1".

Esta propuesta es conservadora, siendo posible manejar la planta con un staff y equipos de turno reducidos después de un período de aprendizaje. Conviene por lo tanto otorgar particular atención a la formación del personal, la cual podría redundar a una reducción de los costos laborales del orden del 15%.

3.1.2 La planta de secado

El aserradero descrito en la sección anterior ha sido diseñado para la producción de madera de alta calidad. Se estima que alrededor del 75% de la producción puede considerarse como tal y debe ser secado artificialmente para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la madera aserrada y, por ende, su valor comercial.⁷⁵ En función de los rendimientos definidos para el aserradero, se requieren instalaciones para secar aproximadamente 100.000 m³/año de **E. grandis**. Se trata de un volumen considerable en términos de la capacidad actual de secado de madera de cualquier género en Uruguay (20 secadores con una capacidad física total de 750 m³/año) o, incluso, en Chile donde la capacidad instalada total alcanza 14.000 m³/año.⁷⁶

⁷⁵ Ver Capítulo II.3.

⁷⁶ Para el análisis de plantas de secado de pequeña y mediana dimensión, ver el documento del PRAIF-II: Misael Gutiérrez, Tecnología de secado de la madera, Dirección Forestal-OEA-FONADEP, Montevideo, febrero de 1996.

Cuadro III.27 - Personal requerido para el aserradero de Eucalyptus

PERSONAL DEL ASERRADERO	COSTO UNIT./MES	COSTO LABORAL MENSUAL					
	US\$	Staff		Turno 1		Turno 2	
		Unid.	US\$	Unid.	US\$	Unid.	US\$
Administrador de planta	5.019	1	5.019				
Administrativos	673	4	2.692				
Jefe de producción	5.019	1	5.019				
Jefe de turno	1 155			1	1.155	1	1.155
Encargado control de calidad	1.155	1	1.155				
Ayudante de control de calidad	1.006			1	1.006	1	1.006
Jefe de mantenimiento	3.012	1	3.012				
Encargado mantenim. electr	1.235						
Eléctrico	1.031			1	1.031	1	1.031
Electrónico	1.155			1	1.155	1	1.155
Encargado mantenim mecán	1.235	1	1.235				
Mecánico	1.074			2	2.148	2	2.148
Encargado de afilado	1.139	1	1.139				
Operarios especializados	1.235			8	9.880	8	7.401
Operarios no especializados	1.006			2	2.012	2	2.012

Ayudantes de planta	1.006			2	2.012	2	2.012
Vigilantes	872			2	1.744	2	1.744
Choferes/grueros				2	1.700	2	1.700
Total/mes	11	20.506		22	23.843	22	23.843
Total/mes con 1 turno y con 3 turnos				33	44.349	22	68.192
Total/año con 1 turno y con 2 turnos					532.188		818.304

Fuente: PRAIF-II.

Existen varias alternativas para las cámaras de secado, tales como secadores con ventiladores superiores o laterales, manipulación con carros o grúa horquilla, control manual o computarizado, y cámaras construidas como obras civiles o armadas con estructuras de aluminio y paneles. En el presente estudio, la alternativa propuesta tiene en cuenta la elevada capacidad de secado requerida.

Las cámaras de secado pueden importarse de diferentes países, principalmente de Alemania, Italia, Estados Unidos, Finlandia y Suecia. Los fabricantes ofrecen varios modelos y se encargan generalmente de su montaje. Al costo de adquisición (valor FOB) deben agregarse los costos correspondientes a su traslado, trámites de importación, personal para el montaje, estadía de un técnico de la empresa y obras civiles, como las fundaciones. Estos costos adicionales incrementan en forma importante el costo de capital de las cámaras.

Unidades productivas

Para secar 100.000 m³ al año conviene instalar cámaras de secado de una capacidad individual de 100 m³ la cual permite reducir los costos de inversión y operación con respecto a alternativas de menor capacidad. Aún así, se necesitan 100 cámaras de la capacidad mencionada para alcanzar a secar el volumen anual indicado. El **E. grandis** requiere de un secado particularmente lento, por lo que se ha establecido un tiempo de secado de 33 días para tablas de 25 mm de espesor. Se parte del supuesto que las cámaras operan durante un tiempo continuo real de 11 meses y tres turnos por día.

El secador propuesto, de tipo convencional, cumple con las condiciones requeridas para lograr: i) la uniformidad en el contenido de humedad y en las variables ambientales de temperatura y humedad relativa que rodean la madera, ii) una caída mínima de temperatura y iii) velocidades apropiadas de circulación del aire entre las tablas de madera.⁷⁷

⁷⁷ Las diferentes etapas del secado fueron tratadas en el Capítulo II.3.

Para el buen funcionamiento de la planta, deben tenerse presente los siguiente aspectos prácticos:

- división funcional de las cámaras en bloques⁷⁸;
- ubicación cómoda de las cámaras de reacondicionamiento;
- facilidad de movimiento de las grúas horquillas que cargan y descargan los carros;
- existencia de galpones de protección contra la lluvia; y
- ubicación apropiada de la planta térmica.

⁷⁸ El *lay-out* propuesto permite eventualmente iniciar la planta de secado con un

primer bloque de 25 cámaras y ampliarla con bloques adicionales de 25 cámaras.

El área total ocupada por la planta de secado, excluyendo la planta térmica generadora de vapor, es de 48.000 m² en la forma un rectángulo de 200 m de ancho por 240 m de largo. La planta térmica, ubicada en la parte central de un costado, ocupa un área de aproximadamente 750 m² (30m × 25 m).

El Lay-out III.5 muestra la disposición de los diferentes elementos que conforman la planta de secado propuesta, en tanto que el Cuadro III.28 detalla los costos de los diferentes ítems a considerar, incluyendo los costos de transporte y montaje cuando corresponde. A continuación se describen las funciones y características de los principales elementos que conforman la planta.

Las **cámaras de secado** pueden ser construidas como obras civiles (fundaciones, pilares, cadena y losa, ladrillos) o en base a una estructura metálica de aluminio, cubierta con paneles de aluminio y aislante térmico (lana mineral o poliuretano expandido). Esta segunda alternativa, propuesta en este caso por la gran envergadura de la planta de secado, presenta como ventajas una larga vida útil y la no corrosión de su estructura por la humedad y agentes corrosivos presentes en la madera, además de su montaje rápido con posibilidad de desarmado y traslado. Las dimensiones interiores de cada secador son: 17,50 m de largo, 7,60 m de ancho y 4,80 m de alto. Las cámaras deben ser de doble vía con rieles y carros para cargar la madera al interior del secador. Deben preverse calefactores centrales entre las vías con el objeto de reducir la caída natural de temperatura al pasar el aire de una vía a otra (Diagrama III.2). La madera debe encontrarse perfectamente ordenada para permitir la libre circulación del aire entre las hileras de madera, sin obstáculos que atenten contra la uniformidad de la velocidad. Es importante destacar que en el caso de una especie de difícil secado como el **E. grandis** no puede prescindirse de las vías (como cuando se carga directamente la madera en el interior de la cámara con una grúa horquilla) ni de los calefactores ubicados entre las dos vías, si no se quiere poner en peligro la uniformidad en el contenido de humedad final de la madera.

Es indispensable usar pesos sobre los castillos de madera, los cuales deberían ser de 500 a 600 kg por metro cuadrado de superficie de castillo. Para ello, se construyen bloques de cemento de una altura de 25 a 30 cm y un área de 1,20 m (40 unidades por cámara).

Los ventiladores se colocan en la zona superior de la cámara, con un único motor ubicado fuera del secador⁷⁹ o, alternativamente, con motores individuales (blindados) en el interior de la cámara.

⁷⁹ Los ventiladores están insertos en un eje longitudinal y el conjunto se mueve con un solo motor, en tanto que paneles dispuestos en el interior desvían el aire lateralmente. Este sistema ofrece excelentes resultados y es recomendable para el **E. grandis**, en cuyo caso el eje debe girar a baja velocidad. La temperatura en la zona superior se uniforma muy bien por la turbulencia creada, bajando posteriormente y pasando a través de la madera como flujo laminar.

[Lay-out 111.5 - Planta de secado de 100.000 m³ de capacidad](#)

Cuadro III.28 - Maquinaria, equipos y construcciones para la planta de secado

ÍTEM	CANTIDAD	COSTÓ (miles de US\$)	
		Unitario	Total
Cámaras de secado	100	120	12.000

Cámaras de reacondicionamiento	4	50	200
Plantas generadoras de vapor	2	900	1.800
Galpones industriales	6	175	175
Radiers	58.000 m ²	700	700
Oficinas administrativas	200 m ²	25	25
Taller de mantenimiento	-	75	75
Sala de control	-	60	60
Equipos varios de control	-	35	35
Secador experimental piloto	1	50	50
Sistema de extracción de aserrín y aliment. Caldera	-	300	300
Servicios sanitarios y otros menores	-	35	35
Red de alimentación eléct. y transformad.	-	250	250
Red de alimentación agua y sanitarios	-	60	60
Patio de almacenamiento y secado al aire	-	70	70
Grúa horquilla p/ manipul. y traslado madera	5	150	150
Red de seguridad contra incendio	-	30	30
Red de alumbrado planta	-	25	25
Vehículo movilización interior	2	55	55
Fabricación pesos cemento para madera	4.100	0,00624	256
Fabricación carros p/ carga y desc. secador	6.000	0,100	600
TOTAL			16.951

Obs.- Los valores indicados incluyen costos de transporte y montaje.

Fuente: PRAIF-II.

[Diagrama 111.2 - Corte transversal de un secador convencional de 100 m³ de capacidad](#)

Las variables más importantes de los ventiladores son el flujo de aire y la presión estática. De esta última depende que el aire tenga la capacidad de vencer los diferentes obstáculos a su paso. Su valor debe igualar la suma de las pérdidas por roce, cambio de dirección, etc. En el caso del Eucalyptus, el flujo de aire y la presión se calculan de tal modo que la velocidad del aire entre las tablas de madera tenga un valor comprendido entre 1,5 y 2,5 m/seg. El sistema de calefacción está conformado por calefactores que transfieren el calor a la madera por medio de la convección forzada, utilizándose el aire como medio de transporte. La eficiencia en la entrega de calor a la madera es de gran importancia porque incide directamente en la velocidad del secado. El aire cumple así varios roles en el secado: conduce el calor, elimina la capa de vapor que tiende a permanecer en la superficie de la madera y elimina el vapor entre las tablas de madera expulsando parte del mismo por las ventilas.

En el presente caso, se ha previsto un sistema compuesto de calefactores laterales, dispuestos en la zona superior a altura del cielo falso, y el calefactor central mencionado anteriormente. Se propone su alimentación con vapor saturado a una presión de 5,5 kg./cm² Los calefactores deben ser construidos con

materiales de calidad. No conviene utilizar cañerías de acero cubiertas con aletas de acero, por deteriorarse rápidamente este material al estar expuesto a vaporizados continuos y alta humedad. Se recomienda usar calefactores bi-metales (acero con aluminio) o, mejor aún, construidos completamente de cobre.

El elevado número de cámaras de secado de la planta propuesta obliga a prever un control computarizado (microprocesador, pantalla, teclado de mando e impresora) para cada grupo de 25 cámaras y se sugiere el uso de sensores basados en la temperatura del bulbo seco y húmedo por su buena precisión y confiabilidad. Si bien un sistema de control computarizado no detecta defectos en la madera, ofrece las siguientes ventajas:

- programación del proceso de secado global y de sus diferentes etapas;
- manejo simultáneo de un gran número de secadores (hasta 30);
- control más riguroso de las variables. El sistema permite conocer en cualquier momento y para una cámara determinada el contenido de humedad de la madera de cualquier estación, o el promedio de ellas, entregando las correspondientes curvas de velocidad de secado. También muestra la imagen simulada del secador y las temperaturas en diferentes puntos de la cámara, la humedad relativa y el contenido de humedad de equilibrio;
- detección de defectos mecánicos en cada cámara, con dispositivo de alarma.

El sistema de vaporización debe ser doble, es decir con cañerías de vaporizado a ambos lados. El mismo es alimentado con vapor de agua desde la caldera pero a una presión de 1 kg./cm², para lo cual debe preverse un reductor de presión. Finalmente, el secador cuenta con puertas de carga y descarga en ambos extremos de la cámara, que se manipulan mediante un sencillo mecanismo manual.

El consumo de energía eléctrica de cada cámara de secado es de 45 kw/hora, lo que equivale a 32.400 kw por mes. El consumo mensual total de las 100 cámaras alcanza así a 3.240.000 kw.

Para la selección de la **planta térmica**, destinada a producir vapor para alimentar los secadores, deben considerarse varios factores relacionados con la capacidad de secado de la planta, especie a secar, combustible a emplear, tipo de caldera, mantenimiento y otros. Cuando se trata de plantas de secado de elevada capacidad, como en el caso presente en que se necesita alimentar 100 cámaras de 100 m³ cada una, es aconsejable instalar una caldera acuotubular, de costo más elevado que las calderas pirotubulares.⁸⁰ A este nivel de producción de vapor es fundamental contar con sistemas de control altamente tecnificados. Este tipo de caldera presenta la ventaja de poder acomodar sin problemas un hogar con parrillas de gran superficie.

⁸⁰ En una caldera pirotubular el producto de la combustión circula dentro de los tubos de humo, mientras que el agua los rodea. Este tipo de caldera es común en plantas de capacidad reducida, debido a su fácil operación, menor costo de adquisición, presiones relativamente bajas de trabajo, etc.

La capacidad de producción de vapor que se requiere en este caso ha sido estimada en 80.000 kg. por hora. Dado el tiempo de paralización de una planta térmica por mantenimiento y el grave inconveniente que significaría la interrupción del secado, parece razonable considerar la operación de dos plantas de 40.000 kg de vapor por hora a 5,5 kg/cm de presión. Ello incluye un margen razonable para evitar la operación forzada de las plantas. De esta forma se realizaría un mantenimiento alternado, cada 2 a 3 meses por un período de 10 días.

Cada planta se alimenta con desechos del aserradero (aserrín, viruta, corteza) y, si fuera necesario, con combustibles sólidos. La alimentación es automática a través de tolvas que conducen los combustibles finos al hogar de ladrillo refractario. Se estima el consumo de energía eléctrica de cada planta es de 100 kw/hora, lo que da un consumo mensual total para las dos plantas de 144.000 kw.

Las **cámaras de reacondicionamiento**, destinadas a la recuperación del colapso que se produce en el secado, consisten en una obra civil sencilla sin elementos mecánicos en su interior. Sólo están provistas de cañerías que llevan directamente el vapor saturado a baja presión al interior de cada cámara. Sus dimensiones interiores son: 17,5 m de largo, 3,0 m de ancho y 3,0 m de alto. Se ha prevista una cámara de reacondicionamiento por cada grupo de 25 cámaras de secado.

El resto de la planta de secado está conformado por:

- cinco galpones para los secadores y un galpón para la planta térmica;
- infraestructura de radiers en las zonas de carga y descarga de madera y adentro de los secadores (58.000 m²);
- oficinas administrativas y para el jefe de planta y los supervisores (200 m²);
- un taller mecánico de mantenimiento, con herramientas y equipos;
- equipos varios de control (instrumentos para medición directa de la humedad, hornos de laboratorio, balanzas varias y sierras de cinta pequeñas para cortar probetas);
- un secador piloto de 10 m³ de capacidad para realizar ensayos de secado de **E. grandis** con vista a mejorar la calidad y tiempo del secado;
- un sistema de extracción de desechos para la alimentación de la caldera, consistiendo en una red de distribución que conduce los combustibles finos del aserradero a un silo en elevación, con su correspondiente ciclón y extractor, de donde son llevados por una cinta transportadora a la tolva de la caldera;
- servicios sanitarios y otros, de acuerdo a la legislación establecida al respecto;
- una red de alimentación eléctrica con sus transformadores; el costo de este ítem contempla el montaje de la red a los tableros de fuerza de los secadores y planta de generación de vapor, el montaje del transformador y la postación de la red. Se requiere aproximadamente 4.500 a 5.000 kw de capacidad eléctrica instalada;
- una red de alimentación de agua;
- un patio de almacenamiento y secado al aire (preparación del patio, construcción de bases de apoyo, calles de circulación, etc.);
- cinco grúas horquilla para la manipulación y el traslado de la madera y los pesos, con una capacidad individual de 2.000 kg de carga y una altura de operación de 3 m;
- equipamiento contra incendios (mangueras, pitones, conectores varios, etc.), tanto para la zona de los secadores, como para la planta térmica y el patio de secado al aire;

- una red de alumbrado de la planta para el trabajo nocturno y como medida de seguridad;
- dos camionetas para la movilización interior;
- carros para carga y descarga del secador. Teniendo en cuenta los carros ocupados en el proceso de secado y los que se requieren para la preparación de la siguiente carga, es necesario disponer de 6.000 carros metálicos.

Mano de obra

Una planta de secado de esta envergadura requiere una cuidadosa organización de las actividades, que consisten básicamente en la operación de los secadores y calderas, la manipulación de la madera, la supervisión de las operaciones y la administración de la planta. Se calcula que se necesita un total de 62 personas para operar la planta con tres turnos, con las calificaciones especificadas en el Cuadro III.29. De la misma forma que para el aserradero, los costos laborales fueron determinados sobre la base del Convenio Colectivo existiendo en la industria de la madera y de los aportes previstos por la legislación social

Cuadro III.29 - Personal requerido para la planta de secado

PERSONAL DEL SECADERO	PERSONAS (No.)	COSTO UNIT./MES (US\$)	COSTO LABORAL TOTAL/MES (US\$)
Jefe de planta (ing. mecán. o similar)	1	5.020	5.020
Supervisores de cámaras de secado (6 por turno)	18	1.155	20.790
Jefes de caldera (1 por turno)	3	1.300	3.900
Caldereros (1/turno/cald. +1)	7	1.058	7.406
Ayudantes de caldereros (1/turno/cald.)	6	1.006	6.036
Mecán. p/ mantenimiento cámara sec.	4	1.074	4.296
Administrativos	3	673	2.019
Operadores de grúas horquillas	8	1.105	8.840
Operarios (manipul. de materiales y otr.)	12	1.006	12.072
TOTAL	62	13.397	70.379

Fuente; PRAIF-II.

3.1.3 Análisis financiero

La evaluación del proyecto de aserradero con su planta de secado se realiza desde la perspectiva del inversionista privado, es decir en términos financieros. No se analizó el proyecto desde el punto de vista de la economía nacional (evaluación económica) debido a que su realización no puede tener lugar en el

corto plazo. En efecto, se requiere de materia prima proveniente de plantaciones adecuadamente manejadas para este efecto, la cual no existe en cantidades suficientes en este momento. No corresponde aplicar el cálculo de precios de cuenta a bienes cuya producción se completará recién dentro de varios años, puesto que las disparidades entre precios de mercado y de cuenta sufrirán modificaciones importantes. Ello es particularmente relevante en un período en que la economía uruguaya está experimentando cambios, especialmente en sus relaciones con el resto del mundo.

Sin embargo, conviene aclarar que los precios aplicados a los productos finales corresponden a precios internacionales en los mercados seleccionados como destino para cada producto. Dado que se trata de bienes comerciables, esto significa que el valor económico de los mismos (precios de cuenta) sería igual a los precios utilizados en la evaluación financiera. En consecuencia, no existe una mejor versión de dichos valores que los precios utilizados. La situación es diferente en relación a los insumos y factores nacionales: la enorme mayoría de los precios de cuenta de estos insumos y factores es menor a la unidad⁸¹, con lo que los costos a precios de cuenta serían inferiores a los calculados a precios de mercado. En consecuencia, se puede afirmar que si la evaluación privada que se realiza a continuación arroja una rentabilidad aceptable, la evaluación económica sería aún más satisfactoria, aunque carece de sentido estimar en este momento el valor exacto de sus indicadores.

⁸¹ Ver al respecto R. Fernández Gaeta *et al.*, Actualización de precios de cuenta para el Uruguay, Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Montevideo, mayo de 1995.

Los ingresos del proyecto

El producto del proyecto consiste en madera aserrada de **E. grandis**, con niveles de calidad superiores a los habituales actualmente en Uruguay. El rendimiento del aserradero ya fue definido en 45% del volumen de materia prima, en la sección correspondiente. Las tablas aserradas de mayor calidad, que corresponden a alrededor del 75% de la producción del aserradero, son secadas y vendidas como 'madera aserrada secada sin cepillar'. Se ha considerado que se pierde un 5% del volumen que entra a la planta de secado por defectos de la madera que se manifiestan en el secado y que hacen inviable su venta como madera de alta calidad. El 25% restante de la producción del aserradero es comercializado como 'madera para *pallets* sin secar'.

Esta estructura de eficiencias de conversión se aplica a todos los años de vida útil del proyecto. No obstante, debe aclararse que en el primer año de operación del aserradero se considera un solo turno, en vez de dos, lo cual expresa el proceso de aprendizaje en el manejo de la planta. En el caso del secadero, se asume que la planta opera con tres turnos desde el inicio de sus operaciones. Esto implica una penalización desde el punto de vista de los costos de secado en el primer año, dado que el rendimiento sería del orden del 60% del que corresponde en los años siguientes. Este supuesto conservador intenta reflejar las dificultades de aprendizaje en el manejo de una instalación grande, con un proceso de secado masivo de **E. grandis**, especie que presenta dificultades técnicas específicas y en la que se tiene escasa experiencia tanto en Uruguay como en la región.

Aunque se podría considerar que una parte de la producción se comercialice localmente, en condiciones de generalización de estos procesos de aserrado el mercado interno sería insuficiente y, probablemente, no estaría dispuesto a pagar los precios de exportación que pueden razonablemente esperarse para madera de calidad. Por esta razón se supuso la exportación del cien por ciento de la producción.

Con respecto a los precios de venta de los productos (FOB-Montevideo), se han considerado valores de US\$ 400 para la madera aserrada secada y US\$ 150 para la madera para *pallets* sin secar. Estos precios se

basan en la experiencia internacional en materia de comercialización de madera aserrada de especies similares al **E. grandis** y han sido objeto de descuentos apropiados para reflejar diferencias de calidad y limitaciones en las dimensiones del producto final, tanto en longitud como en espesor⁸² Adicionalmente, el primer año se supone que se sacrifica un 20% de los precios de la madera secada para facilitar el acceso a los mercados de una especie poco conocida. Se han asumido precios inferiores a los que se utilizaron en la evaluación del complejo de transformación integrado por considerar que i) habría una menor posibilidad de elección de la materia prima en este caso, lo que afectaría la calidad del producto final y ii) la escala y oferta global muy amplias de la empresa que manejaría el complejo significaría posiblemente una mayor capacidad de incidencia en el precio de exportación corresponde aplicar depreciación al terreno, aunque las mejoras al mismo (preparación del terreno) son consideradas como obras civiles.

⁸² Ver al respecto los comentarios sobre los precios de madera aserrada de **E. Grandis** en la sección 2 del presente capítulo.

Este conjunto de elementos, que determinan los ingresos del proyecto, tiene la siguiente expresión cuantitativa:

	Año 2 en adelante	Año 1
Materia prima del aserradero:	300.000 m ³	150.000 m ³
Rendimiento aserradero	45%	45%
Producción aserradero	135.000 m ³	67.500 m ³
Destino:		
- secadero (75%)	100.000 m ³	67.500 m ³
- exportación (25%, sin secar)	35.000 m ³	-
Rendimiento secadero	95%	89%
Producción secadero	95.000 m ³	60.000 m ³
Volumen ventas		
- mad. aserrada secada	95.000 m ³	60.000 m ³
- mad. p/pallets, sin secar	35.000 m ³	
Precio de venta (FOB)		
- mad. aserrada secada	400 US\$	320 US\$
- mad. p/pallets, sin secar	150 US\$	
Ingresos anuales (US\$ miles)		
- mad. aserrada secada	38.000 US\$	19,200 US\$
- mad. p/pallets, sin secar	5.250 US\$	-
Total	43.250 US\$	19.200 US\$

Las inversiones del proyecto

Las inversiones del proyecto, desglosadas en el Cuadro III.30, totalizan US\$ 30,3 millones. Se observa que el 62% de la inversión global corresponde a la planta de secado.

Para el rubro de maquinaria y equipos del aserradero, se adoptaron los valores especificados previamente en el Cuadro III.27.

En el caso de la planta de secado, los costos de inversión corresponden a los valores del Cuadro III.28, distinguiéndose los costos de maquinaria y equipos de los costos de construcción (galpones, oficinas, taller, patio de almacenamiento y secado al aire, etc.). En este caso, los costos de ingeniería, instalación y montaje ya están incluidos en los valores proporcionados por ítem en el mencionado Cuadro III.28.

Se considera un terreno de 6 hectáreas para el proyecto en su conjunto, asumiendo un costo de US\$ 25.000 por hectárea. El costo de preparación del terreno ha sido estimado en US\$ 60.000 por hectárea.

La vida útil de la maquinaria es de 12 años con un valor residual nulo (Cuadro III.31). Para las construcciones civiles se asume una vida útil de 25 años y una amortización lineal. No

Cuadro III.30 - Inversiones del proyecto de aserrado y secado de madera de Eucalyptus

CONCEPTO	ASERRADERO		SECADERO		TOTAL
	(US\$)	%	(US\$)	%	(US\$)
Maquinaria	7.552.030*		15.846.000		23.398.030
Terreno (con preparación)	350.000		200.000		550.000
Construcciones	850.000		1.105.000		1.955.000
Ingeniería	350.000		* *		350.000
Instalación y montaje	1.250.000		* *		1.250.000
Imprevistos (10%)	1.035.203		1.715.100		2.750.303
TOTAL	11.387.233	37,6	18.866.100	62,4	30.253.333

* Opción con *slasher* (ver Cuadro III.26).

** Incluido en rubros anteriores (ver Cuadro III.28).

Fuente: PRAIF-II.

Cuadro III.31 - Amortización fiscal anual y valores residuales

RUBRO	COSTO	TASA AMORTIZACION	AMORTIZ. ANUAL
	(US\$)	(%)	(US\$)
Obras civiles	1.955.000	0,040	78.200
Maquinaria	27.748.333	0,083	2.312.360
Terreno	160.000	-	-
Mejoras terreno	390.000	0,040	15.600
TOTAL	30.253.333		2.406.160
VALOR RESIDUAL	1.379.400		
Obras civiles	1.016.600		
Maquinaria	-		
Terreno	160.000		
Mejoras terreno	202.800		

Fuente: PRAIF-II.

Los costos operativos del proyecto

Ya se ha especificado que el aserradero procesaría un volumen anual de 150.000 m³ de **E. grandis** el primer año y 300.000 m³ a partir del segundo año. Como precio para la materia prima se adaptó el valor de US\$ 72,7 por metro cúbico de madera rolliza en planta. Este precio se basa en los cálculos que se efectuaran en el subcapítulo anterior para determinar el costo de la materia prima del aserradero principal del complejo integrado de transformación de madera de Eucalyptus. La base de estos cálculos fue el precio actual de madera en pie pulvable para exportación, al que se aplicaron incrementos que reflejan la mejor calidad de las trozas podadas así como algún componente de los precios de intercambio de madera rolliza a nivel internacional. Debe recordarse que en Uruguay no se comercializa en la actualidad el tipo de madera que procesaría el aserradero, por lo que no existen precios nacionales que pudieran utilizarse como referencia. El valor adoptado tiene en cuenta los precios habitualmente pagados en el resto del mundo por maderas de calidad similar.

Para los costos de energía eléctrica, se consideraron los datos físicos indicados en las secciones correspondientes al estudio de las unidades productivas del aserradero y la planta de secado, aplicándoles las tarifas de UTE. En el caso del aserradero, la tarifa promedio es de US\$ 0,031/kw (incluyendo cargo fijo y por potencia) cuando se opera con dos turnos, suponiendo el funcionamiento nocturno del segundo turno. Con un solo turno (primer año), la tarifa es de US\$ 0,045/kw. Para la planta de secado, teniendo en cuenta el funcionamiento continuo (24 horas al día) desde el primer año, el costo medio se eleva a US\$ 0,043/kw.

Los costos de personal fueron detallados previamente en los Cuadros III.27 y III.29, y reflejan costos reales en el país. Para los costos de mantenimiento y repuestos, se adoptaron los valores que indica la experiencia internacional al respecto. Estos costos suelen ser mayores al iniciarse la actividad, hasta que el personal de producción y de mantenimiento adquiere la pericia necesaria. El mantenimiento de las sierras (en particular de las sierras sinfín y circulares) y el ajuste de guías de las sierras múltiples son algunos de los aspectos claves, que podrían eventualmente representar gastos que no guarden ninguna proporción con los valores que pueden razonablemente señalarse.

Finalmente, se incluyen los costos de transporte de los productos finales hasta el puerto de embarque, para los que se asumió una distancia promedio de 120 km. con un costo promedio de US\$ 3,30/m³ para la madera secada y US\$ 4,62/m³ para la madera sin secar. Los costos de exportación fueron estimados en US\$ 12/m³

A partir del conjunto de estos parámetros, se han estimado los costos operativos del proyecto, que se presentan en los Cuadros III.32 y III.33.

Cuadro III.32 - Desglose de los costos anuales de producción de las plantas de aserrado y secado

RUBRO	ASERRADERO		SECADERO
	1 turno	2 turnos	3 turnos
	(US\$)	(US\$)	(US\$)
Personal	532.190	818.306	844.540
Energía	273.050	376,203	1.600.632
Mantenimiento y repuestos	356.427	498.997	420.000

Imprevistos (10%) y repuestos	109.446	172.806	430.517
TOTAL ANUAL	1.271.113	1.866.312	3.295.689

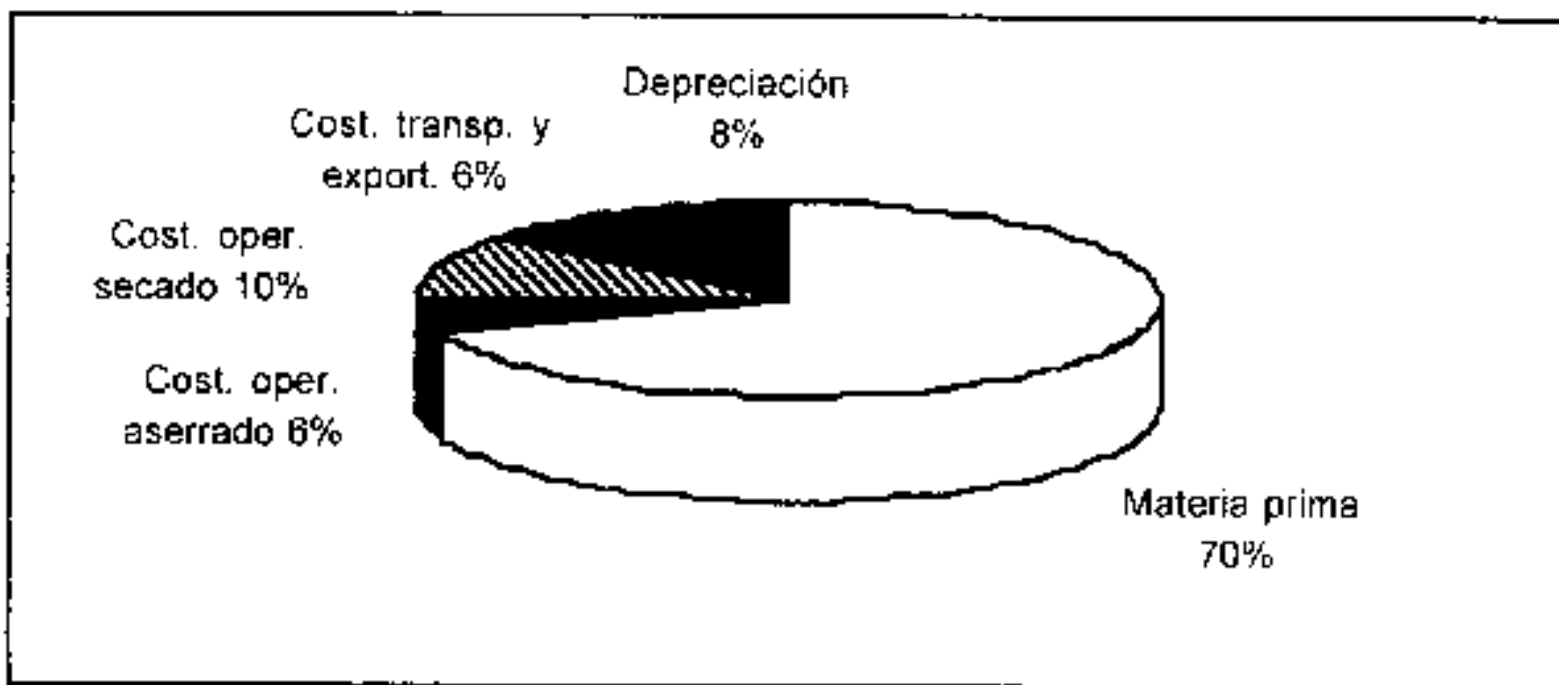
Fuente: PRAIF-II.

Cuadro III.33 - Costos operativos anuales totales del proyecto de aserrado y secado de Eucalyptus

AÑO	MATERIA PRIMA (US\$)	COSTOS OPERATIVOS		TRANSPORTE (US\$)	COSTO EXPORT. (US\$)	COSTOS ANUALES (US\$)
		ASERRADERO (US\$)	SECADERO (US\$)			
1	10.905.000	1.271,113	3.295.689	198.000	720.000	16.389.802
2 al 11	21.810.000	1.866.312	3.295.689	475.200	1.560.000	29.007.201
12	21.810.000	1.866.312	3.295.689	475.200	1.560.000	29.007.201

Fuente: PRAIF-II.

Teniendo en cuenta la depreciación de los bienes de capital y el costo de la materia prima, se obtiene la estructura de costos anuales del proyecto expresada en la Gráfica III.1

Gráfica III.1 - Distribución porcentual de los costos operativos anuales del proyecto de aserrado y secado de E. grandis

Fuente: PRAIF-II

Se destaca la enorme importancia de la materia prima, que representa el 70% del costo total anual del proyecto. Esto se debe al alto valor que se asignó a la materia prima que ingresa al aserradero: en tanto que en este caso se asumió un precio de US\$ 72,7/m³, en el proyecto de producción de chips para pulpa se consideró para la materia prima de **E. grandis** un precio de US\$ 30/m³, correspondiente al que se paga por la madera pulpable de esta especie puesta en playa de acopio en Montevideo y destinada a la exportación⁸³ Como ya se indicara, el elevado precio adoptado en el proyecto de aserrado refleja el valor

que adquiere la madera al provenir de plantaciones podadas y raleadas, y pretende asegurar que estas operaciones silviculturales sean rentables desde el punto de vista del productor forestal.⁸⁴ Si en estas condiciones el proyecto de aserrado prueba ser rentable, será evidente que i) el proyecto permite ofrecer al productor forestal precios mucho mayores que el chipeado y ii) globalmente considerado, el proyecto puede aportar beneficios en términos de incorporación de valor a la materia prima básica, junto al mayor valor de la madera.

⁸³ Ver al respecto el documento del PRAIF-II: Complejo de producción y exportación de astillas para pulpa en Uruguay, Dirección Forestal-OEA-FONADEP, 1995, p. 128.

⁸⁴ Al respecto, ver el documento del PRAIF-II: Evan Shield y Roderik Hansen, *op. cit.*, pp. 27-38.

Resultados de la evaluación financiera

Con los datos de inversiones, costos e ingresos ya comentados, se elaboró el cuadro de flujo de fondos, que expresa todos los ingresos y egresos de caja del proyecto en las hipótesis consideradas (Cuadro III.34).

No se asumieron ingresos por los residuos del aserradero, que representan un volumen importante (180.000 m³/año). Una parte de los mismos (aserrín, viruta) se usa como combustible para las plantas térmicas del proceso de secado, pero en ausencia de datos confiables sobre los volúmenes consumidos y el destino de los desechos de mayor calidad (e.g., chips para pulpa) se estimó preferible, en esta etapa de prefactibilidad, no asignar un valor a los residuos y realizar la evaluación del proyecto en esta condición exigente.

Cuadro III.34 - Flujo de fondos y tasa interna de retorno del proyecto de aserrado y secado de Eucalyptus (US\$)

AÑO	INVERSION*	INGRESOS ANUALES	COSTOS ANUALES	SALDOS ANTES DE IMPUESTOS	IRIC***	SALDOS DESPUES DE IMPUESTOS
0	32.070.833			-32.070.833		-32.070.833
1		19.200.000	16.389.802	2.810.198	121.211	2.688.987
2 al 11		43.250.000	29.007.201	14.242.799	3.550.992	10.691.807
12		46.446.908"	29.007.201	17,439.707	4.510.064	12.929.643
	Tasa interna de retorno					26,2%
	Valor Actual Neto al 10%					34.217.630
	Valor Actual Neto al 15%					19.344.698
	Valor Actual Neto al 20%					8.974.407

* Incluye el capital de trabajo, equivalente al costo de un mes de materia prima del aserradero.

** Incluye el ingreso por venta de maquinaria, terreno y obras civiles a su valor contable, así como la recuperación del capital de trabajo.

*** Impuesto a la renta; corresponde al 30% del beneficio anual una vez deducida la amortización fiscal.

Fuente: PRAIF-II

Los resultados de la evaluación financiera en las condiciones mencionadas se sintetizan en una tasa interna de retorno (TIR) del 26,2% después de impuestos. Se trata de una tasa de rentabilidad muy atractiva, dado que habitualmente se considera aceptable una rentabilidad que supere el 12 a 15%.

La rentabilidad del proyecto es, como siempre, función de un conjunto de variables físicas y de los precios relativos de los insumos y productos del proyecto. En este caso se identificaron tres variables claves o críticas: i) el coeficiente de transformación de madera rolliza a madera aserrada, ii) el precio de la materia prima y iii) el precio del producto final. La Gráfica III.2 muestra qué tan sensible es la rentabilidad del proyecto frente a variaciones en el valor de las dos primeras variables.

Considerando un precio de la materia prima de US\$ 71/m³ (en lugar de los US\$ 72,7 asumidos), la tasa interna de retorno pasa de 18,3% si el coeficiente de transformación de materia prima en producto es del 40%, a 30,5% si dicho coeficiente se ubica en 47%. Con un precio de US\$ 74/m³ y la misma variación en el coeficiente de eficiencia, la TIR pasa de 16,4% a 28,8%. Las variaciones en la tasa interna de retorno son notorias e indican que, al profundizar en el estudio de un proyecto de este tipo, el coeficiente de eficiencia del aserradero será una variable clave. En efecto, si no se pudiera mantener en la aplicación real el coeficiente asumido, el volumen de madera aserrada que se destina al secado disminuiría con el consecuente posible sobredimensionamiento de la planta de secada con respecto a los requerimientos reales. Se ha mostrado previamente que esta planta tiene una participación muy importante en las inversiones de este proyecto, con un 62% de la inversión total.

Si se analiza la rentabilidad del proyecto para un nivel dado de eficiencia en la transformación de materia prima en producto, se observa que la tasa interna de retorno aumenta aproximadamente dos puntos por cada variación de tres dólares en el precio unitario de la materia prima. En efecto, cuando el precio de la materia prima disminuye de 74 a 71 dólares, la rentabilidad se incrementa en alrededor de dos puntos.

Gráfica III.2 - Sensibilidad de la tasa interna de retorno (TIR) a la eficiencia de conversión del aserradero y al precio de la materia prima

Fuente: PRAIF-II.

La sensibilidad al precio del producto es también significativa. Si el precio de venta aumenta un 5% la TIR alcanza 29,5% en lugar del 26,2% obtenido en el caso básico, es decir que se incrementa en un 12,6%. En el caso de una reducción del precio de venta de 5%, la TIR baja a 22,6%, o sea que disminuye cerca de un 13,7%, con lo que la sensibilidad a la baja es algo mayor que la correspondiente a la suba del precio del producto.

En términos generales, el análisis de sensibilidad muestra una rentabilidad favorable del proyecto aun cuando se consideran condiciones más exigentes que las asumidas en el caso básico. Además, implícitamente, a través de los precios asumidos para la materia prima, la rentabilidad del proyecto expresa también beneficios para el forestador en relación con la alternativa de producción de chips o exportación de madera rolliza.

3.2 Proyecto de producción y exportación de madera aserrada para pallets

Si bien se observa un interés creciente en el país por mejorar el manejo silvicultural de las plantaciones que se destinan al aserrío, la aplicación de regímenes de raleos y podas a plantaciones de **E. grandis** es todavía incipiente a nivel nacional. En estas circunstancias, muchos productores forestales pueden estar interesados en conocer las posibilidades de destinar su producción, o parte de ella, a procesos de aserrío, aun sin haber aplicado a las plantaciones el tratamiento más recomendable para este fin.

Se ha sugerido en el capítulo dedicado al análisis de los mercados internacionales la conveniencia de orientar los procesos productivos que insumen este tipo de materia prima hacia la elaboración de madera para embalajes. Para este tipo de productos es posible utilizar rollizos cortos, tal como conviene con la madera de **E. grandis**.

En este marco, se ha elaborado un anteproyecto de producción de madera para pallets. Esta actividad, que ya se desarrolla en el país con destino a la exportación, constituye un primer proceso de incorporación de valor a la materia prima nacional dentro de las posibilidades que ofrece el aserrío. Aunque se suele considerar la madera para pallet como un producto "de segunda" (excepto los productos muy delgados, difíciles de elaborar y con un bajo rendimiento de la materia prima), los mercados se están volviendo crecientemente exigentes en cuanto a la calidad relativa del producto, en particular con respecto a la precisión de cortes, tolerancia de escuadría, sistemas de embalaje y presencia de mancha azul.

Idealmente, un aserradero produciendo madera para pallets debería permitir la separación de las tablas de mejor calidad para su posterior secado y eventual remanufactura. La dificultad práctica que surge de la aplicación de este concepto consiste en el desconocimiento, a priori, del porcentaje de "recuperación" de tablas de calidad que puede razonablemente esperarse. Esta variable sólo podría precisarse al analizar un caso concreto y, aún así, tendría que definirse a partir de ensayos prácticos.⁸⁵ Mientras no queden determinados los volúmenes anuales de tablas de calidad superior a los pallets, no puede analizarse, por ejemplo, la viabilidad económica de instalar un secadero.

⁸⁵ Ver *ibid.*, pp. 96-99 y Anexos 10 y 11.

Las observaciones anteriores muestran las dificultades inherentes a la propuesta y análisis de un proyecto de inversión que, al no tener un inversionista definido, presenta pocos datos específicos como punto de partida. Ello constituye especialmente una limitación en el caso presente, dado que a menor calidad de la materia prima disponible mayor necesidad de estudiar cada caso en forma particular, buscando nichos específicos de mercado a los que se pueden adaptar determinados procesos productivos.

El proyecto analizado propone una planta que permite una salida para tablas de calidad (*side-cut*) todas las veces que una partida de materia prima así lo justifique. Técnicamente esta solución es factible, pero las limitaciones antes mencionadas en cuanto al porcentaje de recuperación de madera de calidad no permiten evaluar con exactitud la rentabilidad del proyecto. Es decir que el análisis financiero se ha realizado en condiciones exigentes al considerarse un precio uniforme para la totalidad de la producción, el cual corresponde al valor que se estima poder alcanzar en los mercados internacionales con tablas aserradas para pallets.

3.2.1 El aserradero de madera para pallets

En función de las características ya mencionadas de la materia prima, el aserradero ha sido previsto para procesar, en dos turnos, un volumen total de 250.000 m³/año de rollizos de pequeñas y medianas diámetros (aproximadamente de 15 a 30 cm). La velocidad de procesamiento es alta, del orden de 15 trozas de 2,4 m/min., lo cual significa una velocidad de entrada superior a 80 m/min.

Como se observa del *lay-out* de la planta (Lay-out III.6), las trozas se dirigen a una chipeadora-canteadora, a la salida de la cual un dispositivo coloca la pieza sobre el canto limpio y la presenta a una segunda chipeadora-canteadora. A esta última está acoplada una multisierra con un dispositivo para seleccionar las dos tablas externas, las cuales son dirigidas a una canteadora con optimización total.

El conjunto de la línea está bajo control electrónico y optimización: un primer scanner 'lee' la troza cuando es depositada sobre la línea por un unitizador con el objeto de orientarla con la curvatura hacia arriba, sin que tenga que intervenir un operario. Entre las dos chipeadoras-canteadoras se encuentra una mesa de posicionamiento lineal que centra la semi-basa para el mejor aprovechamiento de la materia prima.

La instalación, que presumiblemente producirá muchas tablas delgadas y estrechas, comprende también dos multisieras secundarias que permiten retomar en sentido perpendicular las piezas que salen de la primera multisierra y subdividir las en elementos de 11, 12 y 15 mm de espesor. Cada una de estas máquinas está equipada con dos bolsillos (*clusters*) y una mesa de alimentación acorde con un alineamiento a la derecha o izquierda, lo cual permite una gran variedad de cortes en forma simultánea.

La línea de salida cuenta con un desenredador, un unitizador, un *trimmer* optimizado, un clasificador (automático) y, al final de la línea, los equipos para armar los paquetes.

Lay-out 111.6 - El proceso de aserrado de madera para pallets

Cuadro III.35 - Costos de inversión del aserradero para la producción de tablas para pallets

RUBRO	COSTO (US\$)
Maquinaria	6.049.830
Línea primaria	1.803.700
Multisecundaria	700.000
Canteado	601.380
Trimeo, selección	1.653.250
Manejo desechos	466.500
Afilado	192.500
Varios (subestruct., red cableado, red hidrául., etc.)	632.500
Terreno y preparación terreno	350.000
Construcciones	850.000
Ingeniería	350.000
Instalación y montaje	950.000
Imprevistos (10%)	854.983
Total	9.404.813

Fuente: PRAIF-II.

Una instalación de este tipo tiene un costo en maquinaria y equipos del orden de los US\$ 6 millones (Cuadro III.35). Puede procesar cerca de 200.000 m³/año, en dos turnos, considerando una eficiencia de la maquinaria del 80%. En resinosos, esta planta tendría un rendimiento del 45%, lo cual es un coeficiente elevado considerando que la planta trabaja con espesores delgados; con **E. grandis**, se estima que el rendimiento podría bajar a 35-40%.

Los requerimientos de personal para este proyecto son similares al caso del aserradero para madera de calidad (ver Cuadro III.27), con dos puestos de trabajo menos por turno. Se requiere entonces un total de 51 personas (11 de staff y 20 operarios por turno), lo cual significa un costo anual total de US\$ 762.218 a partir del segundo año, cuando la planta empieza a funcionar en dos turnos.

Cuando se aborde el estudio de factibilidad de un proyecto específico, se podría considerar alternativas a la presente propuesta en función de las condiciones concretas que se definan. A título indicativo:

- Si se sacrifica en automatización y optimización, el costo de capital de la línea principal puede disminuir de US\$ 1,8 millones a US\$ 1,2 millones, y el de la canteadora y sus equipos conexos de US\$ 0,6 millones a US\$ 0,35 millones.
- La colocación de una, dos o ninguna multi-secundaria depende enteramente del programa de producción a emprender y, por lo tanto, puede reducirse de US\$ 0,7 millones a US\$ 0,35 millones o nada, respectivamente. En efecto, la multi-primaria puede 'bajar' hasta 18 mm y se pueden producir espesores menores en base a una simple sierra sinfín partidora si las cantidades de piezas a procesar no son demasiado elevadas.
- Existen varias alternativas para la línea de salida de la planta. En función de la cantidad de piezas y de sus dimensiones, se deberá trabajar con una o dos despuntadoras manuales (máx. 50 a 60 piezas/min.) o con una despuntadora automática optimizada. En la clasificación, las posibilidades abarcan desde los apiladores automáticos hasta un sistema manual operando con 20 personas o más, dependiendo de la variedad de cortes. En tanto que la alternativa automatizada y optimizada fue valorada en US\$ 1,8 millones, un sistema tradicional manual con dos líneas de despunte (hasta 50 piezas/min.) y una mesa de selección y empaque manual (20 personas) representa una inversión de US\$ 0,55 millones.

En síntesis, si se considerara el conjunto de alternativas que implican los menores gastos en capital, la inversión en maquinaria y equipos disminuiría de los US\$ 6 millones de la propuesta inicial a un poco menos de US\$ 3 millones.

3.2.2 Evaluación financiera

Los costos operativos y los ingresos fueron calculados con criterios similares a los que se definieron en el aserradero para madera de calidad (sección 3.1.3). El tema central en este proyecto es el precio de la materia prima, la cual provendría de plantaciones sin podar y, en este sentido, el aserradero competiría por su materia prima con la exportación de rollizos pulpables y la posible demanda de madera rolliza para la producción de chips o pulpa. Para estas dos últimas actividades el costo de la materia prima corresponde a cerca de US\$ 31 /m³, como puede observarse de los siguientes datos, vigentes a fines de 1995:

Región norte Región sur y litoral

(US\$/m³)

(US\$/m³)

Precio exportación (FOB Mvd.)	43,00	43,00
Costos y margen	14,08	14,08
Reintegros a la exportación	(1,94)	(1,94)
Costo en playa de acopio	30,86	30,87
Transporte interno	11,76*	4,62**
Costos de cosecha	8,00	8,00
Precio madera en pie (residual)	11,10	18,25

* Distancia promedio de 400 km.

** Distancia promedio de 120 km.

Se observa claramente que el valor de la madera en pie varía en función de los costos de transporte asociados a la entrega de la materia prima en planta o playa de acopio. Desde este punto de vista, como se supone que el aserradero se abastecería de plantaciones ubicadas a una distancia nunca mayor a 120 km, un precio de US\$ 30/m³ para la materia prima puesta en planta sería un mínimo razonable a considerar en las regiones del sur y litoral del país, en tanto que el mismo sería favorablemente competitivo en la región norte, con respecto a la alternativa de su venta para fines pulpables. Sin embargo, debe considerarse un incremento adicional en el precio de la materia prima del aserradero dado que i) el diámetro mínimo requerido para las trozas aserrables es de 15 cm comparado con 8 cm para fines pulpables y ii) el rango diamétrico considerado para la materia prima del aserradero se extiende de 15 a 30 cm, lo que implica una rotación más larga de las plantaciones que cuando se destina a un uso pulpable. En consecuencia, para este proyecto se ha considerado que el precio podría variar dentro de un rango de US\$ 30/m³ a US\$ 42/m³. En una primera instancia se calculó la rentabilidad del proyecto con un precio promedio de US\$ 36/m³, obteniéndose una tasa interna de retorno de 23,8% ⁸⁶ (Cuadro III.36). Luego, se analizó su sensibilidad a la variación del precio dentro del rango mencionado, la que queda ilustrada en la Gráfica III.3.

⁸⁶ Este precio es consistente con el costo promedio de trozas aserrables sin podar que se considerara para el aserradero secundario del complejo integrado de transformación de **E. grandis**, presentado en el subcapítulo anterior.

Cuadro III.36 - Flujo de fondos del proyecto de madera para pallets (US\$)

AÑO	INVERSIÓN	INGRESOS ANUALES*	COSTOS ANUALES**	SALDOS ANTES DE IMPUESTOS	IRIC	SALDOS ANUALES DESPUES IMPUESTOS
0	9.404.813			-9.404.813		-9.404.813
1		6.452.100	5.596.747	855.353	41.285	814.067
2 al 11		14.338.000	10.592.976	3.745.024	908.187	2.836.837
12		15.130.000	10.592.976	4.537.024	1.145.787	3.391.237
TIR						23,8%
VAN	(10%)					8.262.290

VAN	(15%)		4.317.292
VAN	(20%)		1.565.061

* Volumen de ventas: 50.000 m el primer año y 100.000 m los años siguientes (rendimiento aserradero: 40%). Precio de venta: US\$ 150/m³ Se dedujeron de los ingresos anuales los costos de exportación (US\$ 12/m³) y de flete (US\$ 4,62/ m³ suponiendo una distancia al puerto de exportación de 120 km).

** Volumen materia prima: 125.000 m³ el primer año y 250.000 m³ los años siguientes. Costo materia prima: US\$ 36/m³.

Fuente: PRAIF-II

Como se observa de la gráfica, la tasa interna de retorno del proyecto varía de 12,9% a 33% según el precio considerado para la materia prima, lo que merece los siguientes comentarios. En primer lugar, ante cambios del precio de la materia prima de dos dólares, la tasa interna de retorno se altera entre tres a cuatro puntos, lo que muestra una elevada sensibilidad respecto del precio de la materia prima puesta en planta. Por otra parte, en igualdad de costos de transporte, si la materia prima del aserradero tuviera un costo superior a US\$ 38/m³ el proyecto tendría una tasa de retorno inferior a 20% y entraría entonces en competencia con la producción de chips. En efecto, la tasa interna de retorno obtenida para un proyecto de astillado de **E. grandis** fue de 19%⁸⁷. Finalmente, en la medida en que el precio de la materia prima tiene como componentes el precio de la madera en pie, el costo de cosecha y el costo de flete, éstas serán variables fundamentales a profundizar en el estudio de factibilidad de una planta de madera para pallets, en particular para determinar su localización.

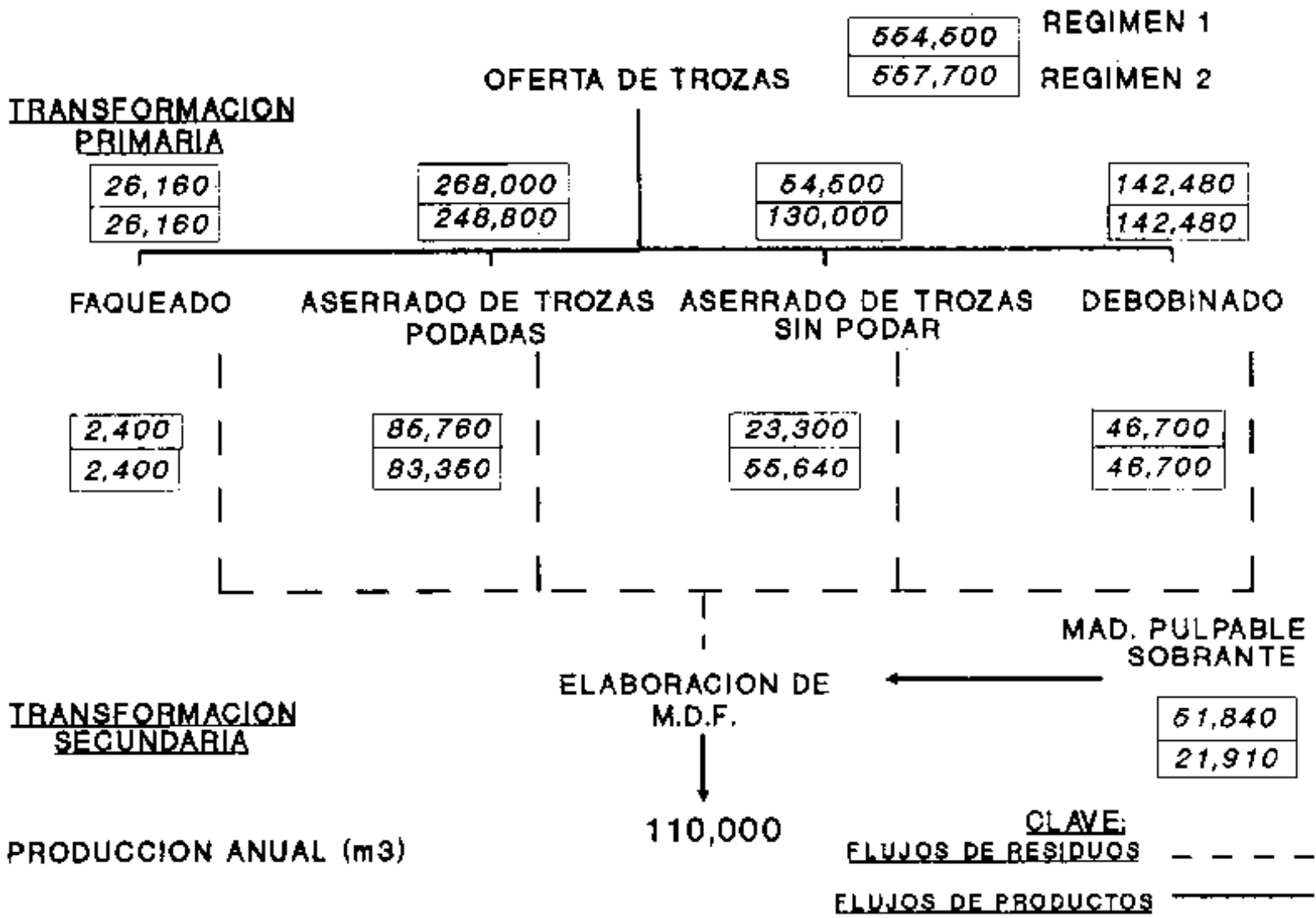
⁸⁷ Si bien existen serias reservas con respecto a la viabilidad de desarrollar la exportación de chips de **E. grandis**, la TIR obtenida indicaba que era razonable considerar cierto porcentaje de madera de esta especie en el abastecimiento de una planta de chips que, fundamentalmente, procesaría **E. globulus**. Ver el documento del PRAIF-II: Complejo de producción y exportación de astillas para pulpa *op. cit.*, pp. 128-130.

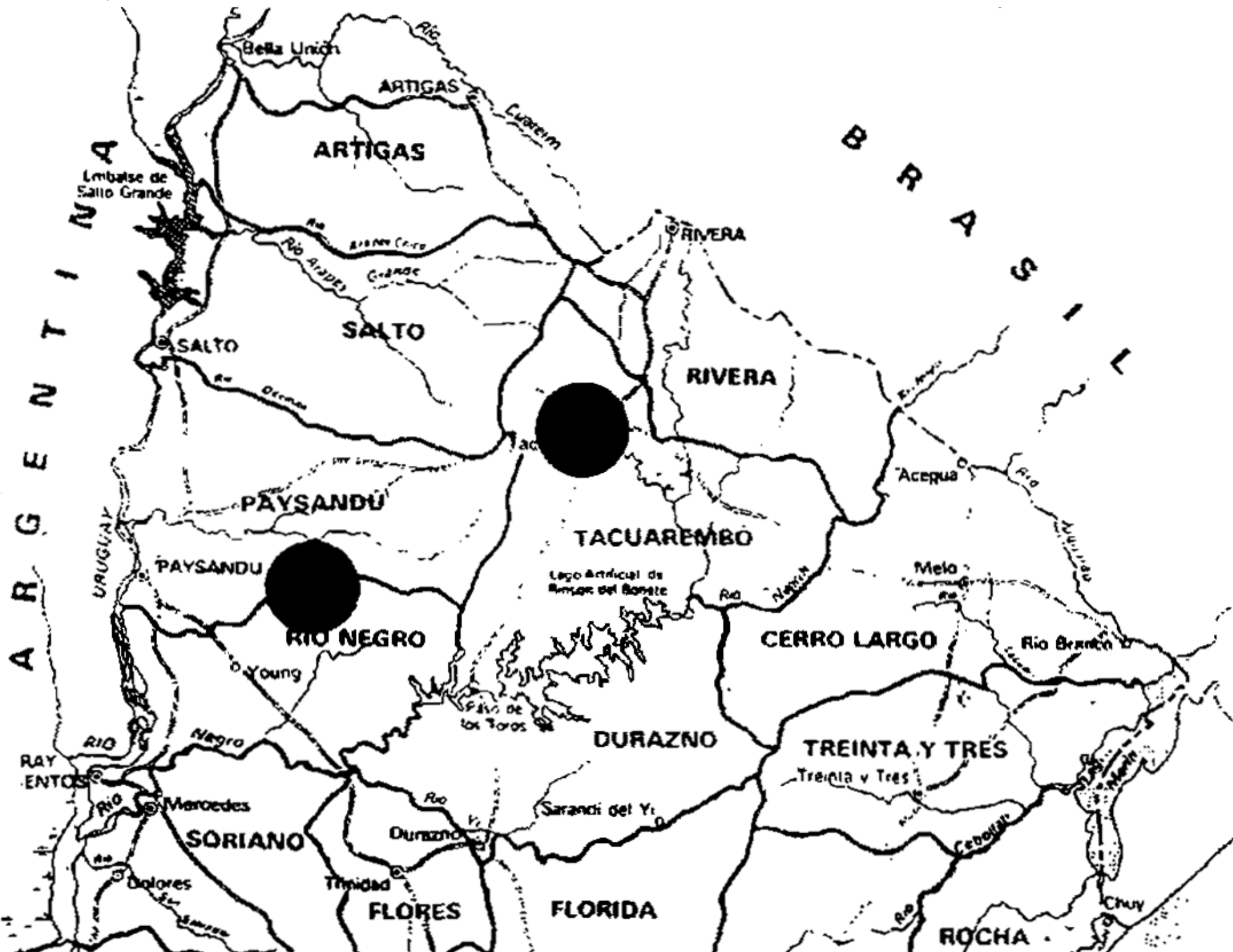
En conclusión, este proyecto es rentable pero menos atractivo que el de producción de madera aserrada de calidad, aunque debe tenerse en cuenta que este último requiere como condición ineludible un proceso de manejo silvicultural mucho más largo y exigente.

[Gráfica III.3 - Sensibilidad del proyecto de madera aserrada para *pallets* al precio de la materia prima](#)

Fuente: PRAIF-II.











Conclusiones y recomendaciones

1. Generales

Uruguay posee ventajas naturales importantes para el desarrollo del sector forestal. La velocidad de crecimiento de los cultivos forestales, la disponibilidad de tierras (fuera del área de competencia de otros cultivos), la topografía plana y las condiciones climáticas poco severas constituyen elementos básicos para poder generar y cosechar madera en forma económica. A ello se añade un marco legal e institucional que incentiva la forestación y protege el bosque nativo. La rápida extensión de las áreas implantadas, si bien conforma una tendencia relativamente reciente, abre una nueva alternativa para el uso productivo de los recursos naturales del país, en el marco de un desarrollo aparentemente sostenible a nivel interno y de cambios estructurales en el mercado mundial que lo hacen receptivo a la aparición de nuevos proveedores.

Si lo anterior se ubica en el contexto de una industria nacional que experimentó un notorio declive en los últimos años, con la pérdida de competitividad de varios de sus sectores por una conjunción de factores micro y macroeconómicos, debería haber amplia conciencia en el país de que la forestación constituye una oportunidad - como pocas veces ocurre - para desarrollar un nuevo sector industrial con alcance internacional y cuyo impacto en la economía nacional puede ser considerable.

No obstante, como es obvio, la ventaja competitiva que puede derivar el país de la disponibilidad de recursos naturales depende de qué tan eficientemente o productivamente éstos sean aprovechados. Hoy en día la globalización de las economías y los mercados ya no permite desarrollar un sector y sostener su crecimiento sobre la base de sus solas ventajas naturales o estáticas. Se requiere, en cambio, que las empresas que conforman este sector construyan ventajas dinámicas que les permitan mantener su competitividad en el tiempo a nivel internacional y no verse desplazadas con la aparición de países competidores con su propio conjunto de ventajas específicas. En este sentido, debe tenerse presente la experiencia de otros sectores productivos de la economía nacional, cuyo crecimiento se derivó de ventajas comparativas asociadas a la explotación de recursos naturales, ventajas que sin embargo no pudieron conservar. Sin perjuicio del impacto de factores macroeconómicos, se reconoce habitualmente que ello ocurre cuando un sector no percibe los cambios requeridos para corresponder a la evolución mundial de la estructura de la industria y no invierte lo suficiente para progresar y desarrollar aptitudes especializadas y productos diferenciados, dando lugar a que recién llegados en el sector respondan en forma más rentable a las condiciones cambiantes de los mercados.

La construcción de ventajas competitivas es, por lo tanto, un proceso que no tiene fin y en el que no sólo la *inversión* (en I&D, tecnología, unidades productivas modernas; aprendizaje, capacitación, etc.) sino también la *innovación* en las áreas de producción, comercialización y organización son factores determinantes. La relevancia de estas observaciones se deriva del hecho que, con respecto a estos factores, el país no suele demostrar ventajas "naturales" y el entorno tecnológico-industrial general es bastante modesto. Hacer frente a estas exigencias requiere necesariamente la participación e interacción de los diferentes actores, tanto públicos como privados⁷⁸ Para integrar en condiciones ventajosas el

sector de pequeñas y medianas empresas o productores al desarrollo de la economía forestal, es recomendable reforzar el entorno sectorial buscando formas de estructurar instrumentos de apoyo - que descansen en una colaboración entre el gobierno, las empresas y asociaciones sectoriales - especialmente en las siguientes áreas:

- **Capacitación:** el nivel de formación de los trabajadores en los cerca de 300 aserraderos existentes en el país es generalmente muy bajo, a excepción quizás de las unidades más grandes y modernas. El conocimiento de las técnicas de aserrío, preparación de las herramientas de corte y secado es escaso. Parecería urgente estructurar un sistema de capacitación eficiente para impulsar la modernización tecnológico-organizativa del sector y preparar recursos humanos para nuevas empresas procesadoras de la madera.
- **Tecnología:** los pequeños y medianos productores carecen de servicios relacionados con los procesos productivos, la instalación de equipos, el mantenimiento, etc. La creación de servicios de extensión industrial con ingenieros especializados ha probado ser una herramienta muy eficiente en la modernización competitiva de pequeñas y medianas empresas de sectores industriales en países industrializados. En este tipo de empresas, es común que la ineficiencia se derive del desconocimiento de posibilidades de mejoras tecnológicas que no siempre implican fuertes gastos de capital. Idealmente, un servicio de extensión industrial no tendría que restringirse al plano productivo sino incorporar también la variable organizacional.
- **Redes de información:** un punto de partida para la orientación de pequeñas y medianas empresas hacia el desarrollo de nuevos productos de la madera y su inserción en los mercados es el conocimiento de la evolución de los mercados internacionales, los precios, las nuevas normas (p. ej. ambientales), etc. Los medios electrónicos facilitan el acceso a fuentes de información internacional y también el procesamiento de esta información.

⁷⁸ En la concepción sistémica o estructural de la competitividad, se reconoce habitualmente que: "La competitividad surge y adquiere dinamismo en las empresas que están sometidas a la presión de la competencia y que desarrollan, al mismo tiempo, formas de división del trabajo y de cooperación interempresariales que cobran una importancia cada vez mayor. La creación de una competitividad sostenible y de *estructuras* competitivas depende de la existencia de políticas o acciones sectoriales específicas de instituciones públicas o privadas para: optimizar las economías externas (p.ej. políticas de infraestructura, desarrollo tecnológico y formación profesional), asegurar la sostenibilidad del desarrollo industrial (política medioambiental) y garantizar la estabilidad y la creatividad del personal (políticas sociales)." D. Messner, Búsqueda de competitividad en la industria maderera chilena, en *Revista de la CEPAL*, Santiago, abril de 1993 (separata), p. 118.

El proceso experimentado en Chile a partir de mediados de los años ochenta, con la reorientación de las pequeñas y medianas empresas madereras hacia la exportación, es relevante para Uruguay. Se observa, por ejemplo, que "el mayor problema que encararon estas empresas al principio fue reconocer las exigencias del mercado mundial, totalmente distintas a las del mercado interno, y traducirlas en estrategias empresariales adecuadas. De particular importancia fue el mejoramiento de los factores competitivos distintos de los precios, como la organización del trabajo, el nivel tecnológico de la

producción, la calidad del producto, el diseño y la imagen, la puntualidad de entrega y la comercialización. (...) La superación de las [antiguas] estructuras y estrategias empresariales constituía un problema no sólo de capital, conocimientos técnicos y tecnología, sino también de mentalidad. (...) Las nuevas inversiones que están realizando algunas de [las grandes empresas del sector] y sus planes de proyectos industriales indican que en el futuro serán posiblemente esas empresas las que aporten el grueso - de las inversiones en la elaboración de la madera. Los nuevos exportadores pequeños y medianos son de importancia secundaria vistos en términos meramente cuantitativos, pero han demostrado que también son capaces de integrarse en la economía mundial y lo han logrado con la exportación de productos manufacturados, lo que hasta entonces no habían conseguido ni siquiera las grandes empresas... Junto a las grandes empresas está surgiendo entonces una subestructura de pequeñas y medianas empresas en rápido proceso de modernización."⁷⁹

⁷⁹ Ibid, pp., 122-123.

Si bien las modalidades de desarrollo de otros países forestales emergentes tienen un innegable valor referencial, no existen "recetas" para desarrollar la economía forestal de Uruguay. El país debe construir su propio patrón de crecimiento, aprovechando la experiencia ajena acumulada para progresar más rápidamente, obviando factores negativos ya conocidos, antes que para reproducir las diferentes etapas por las que transitaban otras naciones.

La política forestal nacional ofrece actualmente generosos incentivos a los agentes privados y, si bien como cualquier herramienta deberá ir adaptándose a la evolución del sector, tiene el efecto de generar una masa boscosa con la continuidad necesaria para ir conformando la base de una industria. El PRAIF-II ha tomado en cuenta explícitamente la política forestal, como un marco dentro del cual se desenvuelve el sector. Aunque el análisis de dicha política estaba fuera del alcance del estudio, no puede obviarse el hecho que, en algunos círculos, esta política ha sido cuestionada, atribuyéndole una orientación sesgada hacia la exportación de materia prima para la industria de la pulpa y papel de países industrializados. El presente estudio, originado precisamente por la preocupación del gobierno uruguayo por maximizar los beneficios económicos y sociales de la forestación, ha demostrado sobre la base de análisis detallados que la exportación de materia prima no es más que una entre varias opciones reales y viables en el país a partir del proceso de forestación en curso. Quizás la más sencilla de ejecutar, pero en todo caso no la más rentable ni la más segura a mediano plazo para el productor o inversionista (exceptuando posibles acuerdos interempresariales a largo plazo de suministro de materia prima).

El desarrollo de una industria maderera diversificada en sus mercados y productos es una tarea compleja, de largo aliento y que, por parte de los pequeños y medianos productores o industriales, implica un grado de cooperación interempresarial e iniciativa sin precedente en el país. Para el segmento "pequeños y medianos", que conforma la población objetivo del PRAIF-II, un enfoque asociativo es un requisito no sólo para defender sus propios intereses sino también para constituirse en interlocutores de peso frente a las oportunidades de alianzas con empresas extranjeras para conseguir el capital, la tecnología y/o los canales de comercialización requeridos⁸⁰.

⁸⁰ En el marco de las estructuras jurídicas existentes en el país, un grupo de medianos y pequeños propietarios forestales ya ha logrado conformar una asociación para la exportación en conjunto de madera pulpable rolliza y su probada viabilidad lo lleva a interesarse crecientemente en otros emprendimientos orientados al aprovechamiento de su materia prima pulpable. En estas circunstancias, la formación de asociaciones de productores forestales parece posible y depende de la capacidad de iniciativa de los productores y de la

búsqueda de medios financieros para emprender proyectos en común.

En efecto, en un entorno en el cual las operaciones transnacionales se han vuelto crecientemente comunes en el sector forestal mundial, la cada vez mayor conciencia internacional del déficit creciente en una oferta mundial que debe satisfacer una demanda siempre más exigente ha estimulado un interés excepcional del capital extranjero en *joint ventures* con propietarios forestales del hemisferio sur⁸¹ Si los bosques son artificiales y si los recursos generados son de alta calidad, el interés es crecientemente mayor. Aprovechar esta coyuntura en función de los intereses de productores y empresas nacionales implica desarrollar una estrategia agresiva antes que pasiva. En una primera aproximación, una estrategia adecuada incluiría las siguientes etapas:

⁸¹ La inversión muy reciente de la empresa neozelandesa Fletcher Challenge, que ya operaba a nivel global, en un *joint venture* con la empresa Forestal Tapebicua en Argentina es una muestra de esta tendencia, particularmente relevante para Uruguay al poseer la empresa argentina unas 5.500 ha de **E. grandis**, parcialmente podadas hasta una altura de 12 m. Otra es la creación de la empresa Weyerhaeuser Forestry International, con un presupuesto considerable para invertir en el sector forestal internacional. Finalmente, es probablemente de dominio público pero vale la pena recordarlo, en Chile el sector de bosques implantados presenta un considerable número de *joint-ventures* entre empresas locales y corporaciones transnacionales de Nueva Zelanda, Japón y Estados Unidos.

- establecer emprendimientos cooperativos orientados a garantizar una oferta futura de determinados volúmenes de materia prima, es decir de trozas provenientes de plantaciones manejadas con podas y raleos;
- constituir una estructura corporativa formal, por parte de las empresas que cooperan, y reclutar personal profesional independiente para la gestión de esta entidad;
- preparar un plan de negocio detallado, incluyendo un folleto informativo, que se base en los emprendimientos cooperativos para delinear una estrategia clara y precisa con respecto a la utilización futura de los recursos de las plantaciones;
- con este plan de negocio, buscar la cooperación o el apoyo de un grupo bancario local;
- con el plan de negocio y el apoyo del grupo bancario local, iniciar un diálogo con la Corporación Financiera Internacional (C.F.I), una subsidiaria del Banco Mundial en Washington, D.C., con estatutos especiales para otorgar préstamos a empresas privadas de los países en desarrollo;
- con el plan de negocio y tanta evidencia como fuera posible del apoyo del grupo bancario local y de la C.F.I., identificar socios potenciales internacionales interesados en un *joint venture*. Será necesario ser selectivo para asegurar que los candidatos puedan aportar capital, competencia técnica y mercados, por lo que los socios potenciales serán preferentemente grandes empresas ya activas en la industria forestal-maderera.
- iniciar las negociaciones con la o las corporaciones seleccionadas.

Las limitaciones presupuestales del PRAIF-II no permitieron que la cooperación técnica emprendiera acciones dirigidas a la formación de estructuras cooperativas regionales. Se recomienda dedicar atención a este tema, que podría resultar de trascendental importancia para un desarrollo forestal equilibrado en el que los pequeños productores encuentren un espacio adecuado. De decidirse emprender alguna acción al respecto, parecería indicado recurrir a la experiencia de un país, como Noruega, con larga tradición en la formación de este tipo de estructuras en el área forestal.

Un factor importante para la posición de Uruguay en los mercados mundiales de la madera será su imagen como país que ofrezca garantías de sostenibilidad en el desarrollo de sus recursos forestales. Al desarrollarse la industria de la madera en base a plantaciones, con un marco legal que tiende a proteger los bosques nativos, el país tendrá automáticamente el "sello verde" en un mercado mundial crecientemente dispuesto a comprar madera procedente sólo o especialmente de bosques artificiales.

No obstante, la sostenibilidad del recurso en el tiempo requiere también asegurar que las plantaciones no afecten en forma negativa el medio ambiente de las regiones en que se establecen, en particular con respecto a las especies de rápido crecimiento. Al igual que para la actividad agrícola en general, las actividades de monitoreo, evaluación analítica y cuantificación de los efectos ambientales son extremadamente escasas en el país. Esta carencia forma parte de las preocupaciones de las autoridades del sector público forestal, que tienen previsto desarrollar acciones al respecto.

Para una mayor claridad de las conclusiones y recomendaciones a las que llevan los estudios efectuados por el PRAIF-II, conviene distinguir tres niveles en ellas. El primero concierne a las posibilidades de transformación industrial que ofrece la madera de Eucalyptus generada en las condiciones actuales, en que la gran mayoría de las plantaciones no es objeto de un manejo silvicultural intensivo con fines aserrables. En estas circunstancias, ¿cuáles son las posibilidades de diversificación de la industria maderera nacional y de mayor inserción en los mercados internacionales?

En otro nivel, se tiene abor­da la posibilidad y las formas de mejorar la calidad de la materia prima obtenida de las mismas especies predominantes con el objeto de producir productos de alto valor y profundizar el proceso de industrialización.

Finalmente, se encuentran las conclusiones del análisis de los proyectos de inversión específicos, algunos con la materia prima disponible en el corto plazo y otros representativos de las oportunidades de inversión que ofrecen las plantaciones" de Eucalyptus manejadas con el fin de generar materia prima de alta calidad.

2. Sobre las alternativas de diversificación de la economía forestal a corto plazo

En el proceso de forestación en curso en Uruguay se observa una marcada tendencia hacia la plantación de especies de Eucalyptus, con altas densidades de población y rotaciones cortas (8 a 10 años) orientadas hacia la producción de madera pul­pable. Cerca del 90% de la superficie implantada con fines industriales corresponde a especies del género Eucalyptus, principalmente **E. globulus** y **E. grandis**. Al margen de la tendencia mayoritaria se encuentran las plantaciones de pino, manejadas con rotaciones más largas e intervenciones intermedias como la poda y el raleo, así como un número limitado pero creciente de proyectos de Eucalyptus que empiezan a manejarse también con fines aserrables.

Sobre la base de las prácticas actuales de manejo de las plantaciones, se ha estimado que la disponibilidad de madera se incrementará de menos de los 1.000 m³ cosechados actualmente a alrededor

de 2.000 m³ en el año 2000, para luego aumentar en forma exponencial a 8,1 millones de m³ en 2004. El Eucalyptus conformaría el 91% de este volumen, con una muy ligera ventaja de la especie **E. globulus** con respecto al **E. grandis**, y el Pinus el 9% restante. El mercado interno podría absorber una parte de los incrementos mediante la sustitución de importaciones de productos de la madera, el crecimiento del consumo interno asociado a un mayor uso de madera estructural en la construcción o, eventualmente, un mayor nivel de vida de la población y, fundamentalmente, la instalación de una o varias plantas de celulosa. Aun así, los mercados internacionales serán el destino final de una gran parte del producto de las plantaciones y, de hecho, esto siempre ha sido el concepto subyacente en el desarrollo de la forestación.

El destino más obvio de las plantaciones de Eucalyptus es la industria de la pulpa y papel. Actualmente, existen tres empresas productoras de celulosa en el país y algunos proyectos en vía de desarrollo. Por lo tanto, el estudio de este tipo de proyectos, generalmente de muy gran envergadura, no ha sido incluido entre las actividades del PRAIF-II. En cambio se analizó la viabilidad de establecer en el país uno o varios complejos para la producción y exportación de chips, como etapa intermedia entre la exportación de madera pulpable rolliza y la fabricación de celulosa, previsiblemente más al alcance de pequeños y medianos productores bajo alguna forma asociativa. Las conclusiones del estudio se presentan más adelante.

Por otra parte, el análisis de los mercados internacionales indicó un consumo mundial en franca expansión de tableros de partículas y fibras, especialmente los O.S.B. y M.D.F., y la madera rolliza pulpable de Eucalyptus constituye una buena materia prima para la elaboración de estos productos. Actualmente no se producen tableros de este tipo en Uruguay, aunque sí en países vecinos. Se recomienda el estudio de proyectos de esta naturaleza, a partir de la información básica proporcionada por el PRAIF-II, empezando con un análisis de las perspectivas concretas de mercado dado que se avecinan fuertes ampliaciones de la capacidad instalada a nivel internacional en estos rubros. Ante la escasa experiencia de Uruguay en este área, es también aconsejable que los productores o empresarios interesados en este tipo de proyectos busquen un socio tanto para la parte comercial como tecnológica y financiera.

En cuanto al destino aserrable de la madera de Eucalyptus, que conforma una línea de producción ya existente en el país, la experiencia internacional ha confirmado que:

- el tratamiento de la madera de este género es difícil debido a sus imperfecciones inherentes y otras inducidas en su procesamiento;
- a pesar de estas desventajas, las plantaciones de Eucalyptus tienen potencial para la transformación de su producto en madera aserrada y debobinada, aun cuando no han sido manejadas claramente con este fin. En términos generales los productos que se puede esperar obtener son considerados como *commodities* a nivel internacional, aunque bajo ciertas condiciones es posible orientar una parte muy pequeña de la producción hacia la elaboración de productos de mayor valor;
- para desarrollar este potencial es esencial que, a nivel del aserradero, se defina una política de productos realista y se diseñen y se cumplan reglas para la transformación que tengan en cuenta los defectos específicos de esta materia prima;
- el uso de tecnología moderna - actualmente disponible en el mundo - en los procesos de

transformación primaria es probablemente fundamental para lograr la producción económica de madera aserrada y/o chapas. Ello implica un costo de capital elevado y una rentabilidad muy sensible a la escala de producción, la cual a su vez requiere seguridad en el abastecimiento oportuno de elevados volúmenes de materia prima. Pero el uso de tecnología moderna para la producción a gran escala maximiza los rendimientos, mejora la calidad del producto y garantiza la competitividad. La escala y la tecnología son factores determinantes para lograr bajos costos de producción a nivel mundial y los mismos son un imperativo para poder sostenerse en los mercados de *commodities*⁸². No habría que perder de vista, sin embargo, que la aplicación de tecnología moderna debe complementarse con cambios en la organización del trabajo y medidas para la capacitación permanente, si se quiere aprovechar el potencial de productividad de los equipos industriales modernos.

- si la capacidad de procesamiento de la materia prima se desarrolla respetando criterios de competitividad, existen oportunidades de penetración en un mercado internacional cuya dinámica indica un creciente déficit pero también exigencias cada vez más estrictas con respecto a la calidad.

⁸² La producción y comercialización externa de *commodities* en condiciones ventajosas requiere de una estructura de costos C.I.F. en destino que se ubique por lo menos en el cuartil más bajo en la distribución de costos de todos los suministros al mercado considerado. Sólo así el productor puede asegurar la rentabilidad de sus operaciones cuando el mercado se encuentre en sus niveles de precios más bajos. Obviamente, con precios promedio sus ganancias serán considerables y con precios altos mayores aún. En general, esta estructura de costos implica instalaciones productivas de gran escala.

Con respecto a las opciones de políticas de productos de los aserraderos, debe reconocerse que con las trozas de pequeños diámetros de plantaciones sin podar ni ralear no puede esperarse mucho más que la producción de tablas cortas, relativamente angostas y delgadas, que habitualmente muestran: (i) nudos frecuentes, tanto verdes como secos o caídos, a menudo asociados con venas de quino y (ii) las típicas rajaduras y el defecto de "corazón quebradizo" cerca de la médula aunque no necesariamente limitado a este área. De las trozas más gruesas, especialmente aquellas de la parte inferior del árbol, las tablas serán de dimensiones similares pero con menos defectos en términos de frecuencia y dimensión, llegando incluso a obtenerse una pequeña proporción de tablas libres de nudo.

En estas condiciones, la venta de la mayor parte de la producción como madera para *pallets* o para otros usos de la industria del embalaje es inevitable. Sin embargo, los mercados de exportación no tienen por qué restringirse a Italia y Argentina como sucede actualmente. Convendría investigar otros mercados europeos y el mercado japonés con el fin de poder exportar volúmenes crecientes, lograr eventualmente mejores precios unitarios y, en general, reducir los riesgos asociados a la dependencia de un sólo mercado. Si bien la ubicación geográfica de Japón no es favorable para los exportadores uruguayos, parecería existir una posibilidad de recurrir a los viajes de vuelta de los buques japoneses con tarifas preferenciales. Los mercados japoneses para madera aserrada de baja calidad son muy amplios y acusan una dependencia creciente hacia la importación debido a: (i) una menor accesibilidad de Japón a madera rolliza, asociada a costos en alza; (ii) altos costos de la mano de obra local; y (iii) dificultades crecientes para conseguir obreros para los aserraderos. Los precios que paga actualmente Japón por la madera aserrada destinada a la industria del embalaje son considerablemente más altos que los obtenidos por los

exportadores uruguayos.

También se sabe que en algunas partes del mundo se comercializa madera con nudos aun para usos vistosos, como paneles murales y muebles. El comercio maderero parece haber aprovechado la tendencia actual de cierto segmento de los consumidores hacia lo "natural". Si bien entonces puede haber un nicho de mercado para madera nudosa seca de Eucalyptus, debería actuarse con prudencia al desarrollar este mercado, aplicando estándares muy estrictos de control de calidad para asegurar la consistencia en la frecuencia, tamaño y firmeza de los nudos. Es altamente improbable que se pueda sostener una posición en el mercado internacional si los patrones de nudos fueran impredecibles o si los nudos manifestaran una tendencia a caer después de cierto período de uso debido al movimiento de la madera causado por cambios de humedad. En general, este mercado está alimentado con determinadas especies cuyo comportamiento con respecto a los nudos es predecible y conocido.

Para los aserraderos que tienen la capacidad de adquirir trozas de mayor diámetro - siempre dentro del espectro de plantaciones sin manejo silvicultural intensivo-, una opción de política de producto potencialmente redituable consiste en segregar y añadir valor a las tablas de mejor calidad que, como se indicara, representarían una pequeña proporción del volumen total de producción. En este caso, es de importancia crítica tener en cuenta los siguientes factores:

- debe evaluarse correctamente esta proporción y determinar su valor para el procesamiento con mayor valor agregado. Es muy probable que la proporción varíe significativamente en función de la edad, diámetro de la troza y posición de la troza en el árbol.
- debe asegurarse que el procesamiento adicional de esta madera pueda realizarse en forma económica. Existen abundantes ejemplos en el mundo de casos en que se ha buscado agregar valor a madera aserrada de tan baja calidad que los costos del proceso excedieron el valor del pequeño volumen de productos vendibles obtenido⁸³ En el caso del Eucalyptus debe tenerse en cuenta que: (i) el secado artificial - costoso pero imprescindible para cualquier proceso de elaboración de la madera - tiende a inducir defectos en la madera de este género y (ii) la remoción de defectos por el aserrado al hilo y aserrado transversal es una operación costosa, que ocasiona pérdidas substanciales. Salvo si el contenido de defectos de la tabla es bajo y la operación es realizada con alta eficiencia, existe la posibilidad de que los costos de producción excedan el valor del volumen muy reducido del producto obtenido.

⁸³ En particular, la experiencia chilena indica que la elaboración de productos con mayor valor agregado, cuando no existe una tradición de manejo silvicultural desde el inicio de los cultivos, no es fácil y el desarrollo de esta capacidad ha requerido de un largo periodo de aprendizaje. Las exportaciones chilenas de productos con valor agregado se han incrementado en forma exponencial en los últimos años, pero aun así representan actualmente menos del 8% de las exportaciones forestales totales de ese país. No obstante, es de destacar que estas últimas se iniciaron a mediados de los años setenta y se volvieron un rubro de creciente importancia en la economía del país pese a basarse principalmente en madera proveniente de bosques no manejados. Recién a partir del año 2000 Chile comenzará a producir masivamente madera libre de nudos, proceso que fue favorecido por una política forestal que extendió los subsidios al manejo silvicultural con podas y raleos.

Con respecto al primero de estos factores, no existe una base de datos en el país de la cual estimar en forma confiable la proporción de tablas de mejor calidad que podría utilizarse para la elaboración de productos de mayor valor. El pequeño ensayo realizado en el marco del PRAIF-II indica, en una aproximación muy preliminar al tema, que es posible que se logren rendimientos aceptables en madera de tipo laminable e incluso de calidad superior, pero que la obtención de una masa crítica de madera para componentes, otras calidades superiores y madera libre de nudos es progresivamente menos probable.

Resulta de la mayor importancia destacar que los resultados obtenidos de este ensayo preliminar, así como la experiencia de algunas empresas de aserrío, sugieren la conveniencia de realizar ensayos adicionales en aserraderos, orientados a determinar el grado potencial de rendimiento en madera de calidad con trozas provenientes de plantaciones sin podar ni ralear. Ello en virtud de que se dispondrán de crecientes volúmenes de este tipo de madera a corto plazo y durante varios años.

Idealmente, tal como ya se sugiriera durante la primera fase del PRAIF, debería llevarse a cabo un estudio nacional o para ciertas regiones o tipos de suelos para determinar:

- el rendimiento en trozas aserrables que puede esperarse de plantaciones sin manejo intensivo;
- las reglas a aplicar para la clasificación de las trozas obtenidas de este tipo de plantaciones, por clase diamétrica y por calidad; y
- los niveles de rendimiento en tablas aserradas por clase de calidad que pueden esperarse de cada clase de trozas.

Actualmente no se dispone de un patrón indicativo con respecto al rendimiento en madera libre de nudos o con muy pocos defectos que puede esperarse de trozas de plantaciones no podadas. El desconocimiento, por parte de los aserraderos, del porcentaje de su producción que podrían segregar para destinarla a usos de mayor valor que los *pallets* hace difícil evaluar la rentabilidad económica de instalar secaderos y procesos de transformación secundaria o terciaria. A nivel nacional esto significa que se pierde una oportunidad importante de progresar en el aprendizaje de estos procesos mientras lleguen a maduración montes manejados con fines aserrables. En otras palabras, se ve enlentecido el desarrollo de una "cultura forestal-maderera" que, en última instancia, es la que permite a un país imponerse con altos grados de especialización y competitividad en los mercados internacionales.

En relación con el segundo factor, el costo de procesamiento de la madera de mayor calidad, uno de los problemas concierne al relativamente elevado costo de capital de las instalaciones convencionales de secado. Para rentabilizar esta inversión se requiere un alto índice de aprovechamiento de la capacidad instalada, lo que resulta difícil asegurar frente a la inseguridad con respecto a los volúmenes de madera de calidad "secable" que podrán obtenerse. Una alternativa, dependiente una vez más de la capacidad asociativa y organizativa a nivel empresarial, consistiría en acordar entre dos o más aserraderos el uso en común de una planta de secado. También existe la opción de recurrir a instalaciones de menor costo, autocontenidas y modulares, que pueden ser añadidas progresivamente a medida que crecen los requerimientos de capacidad, como en el caso de las unidades de secado por deshumidificación.

Sería conveniente desarrollar el conocimiento de las técnicas del secado artificial apropiadas para la madera de *Eucalyptus*. El secado de especies de este género es un tema mucho menos dominado a nivel internacional que el de especies de otros géneros, como el pino. Sin embargo, el secado de la madera de

Eucalyptus se lleva a cabo en algunos países de la región y fuera de ella, ya sea a nivel experimental o industrial. Convendría recoger los resultados de estas experiencias y, a partir de su análisis, diseñar y ejecutar un proyecto de investigación experimental orientado a la definición de lineamientos y programas de secado para las especies dominantes en Uruguay, adaptados a las condiciones específicas del país. El desarrollo de la industria de la madera implica ineludiblemente el dominio de las técnicas de secado y las carencias del país en este tema son enormes.

De confirmarse la viabilidad técnico-económica de procesos que agreguen valor a la madera disponible en las circunstancias actuales, desde la óptica del mercado hay una gama de opciones de productos aun dentro de las limitaciones de largo y de secciones, inherentes al aserrío del Eucalyptus joven. Como ejemplos se pueden citar:

- diferentes tipos de molduras (por ej. para marcos de cuadros), lambrices y ciertos componentes de muebles (por ej. puertas para gabinete de cocinas). Estos productos proporcionarían ingresos unitarios elevados para el limitado volumen de madera aserrada de calidad que se puede obtener y permitirían la introducción en los mercados extranjeros de la madera de **E. grandis** en una forma en que el desconocimiento de este género a nivel mundial difícilmente podría provocar resistencia;
- parquet laminado pre-terminado, a partir de pequeñas secciones de madera libre de nudos para la capa externa y material de menor calidad para el alma del producto. La mayor dureza del **E. globulus** comparado con el **E. grandis parecería** indicar la viabilidad de utilizar esta primera especie para la capa externa, o incluso madera de eucalipto colorado. Las perspectivas de comercialización de este tipo de producto pre-terminado son favorables en varios países desarrollados en la medida en que crece la conscientización de las mejores condiciones de higiene que ofrece el parquet comparado al alfombrado integral de los ambientes;
- productos para usos estructurales, como tableros en base a láminas machihembradas y encoladas, especialmente cuando la apariencia externa del producto es de menor importancia. Es un proceso oneroso debido a los costos del machihembrado y de los pegamentos fenólicos requeridos y cuya rentabilidad depende fuertemente del grado de diferenciación que reconoce el mercado entre las distintas calidades del producto.
- madera terciada estructural y madera en chapas laminada (L.V.L.), por su tolerancia a defectos como nudos secos, rajaduras y bolsas de resina.

Para concluir este apartado, conviene insistir en que deberla prevalecer una estrategia activa antes que pasiva en el desarrollo de la industria maderera nacional. Si el país dedica cuantiosos recursos financieros a la forestación, parecería razonable otorgar también cierta prioridad al entorno tecnológico e industrial en el que los recursos forestales del país se aprovecharán. El país no tiene por qué rezagarse en el desarrollo de su capacidad de respuesta frente a los cambios estructurales en los mercados internacionales de la madera. Varios países en la región, como Brasil y otros, también plantan especies de rápido crecimiento y también exploran vías para no restringir su destino a la cadena de la pulpa y el papel. En el futuro, la oferta de madera de América Latina será significativa y, por ende, así también será la competencia.

3. Sobre las posibilidades de generar madera aserrable de alta calidad en plantaciones de

Eucalyptus y valorar este recurso

De las observaciones anteriores debe quedar claro que el destino de las plantaciones actuales de Eucalyptus no tiene porque restringirse a la cadena de la pulpa y papel. En aras del desarrollo de una sólida cultura forestal-maderera en el país y de una economía forestal orientada a la diversificación en mercados y productos para luego llegar a una especialización competitiva a nivel internacional, conviene desde ya consolidar y explorar usos distintos.

Sin embargo, se han visto también los límites, riesgos y dificultades técnico-económicas que conlleva una estrategia productiva basada en cosechas de madera de calidad deficiente para fines no pulpables. Es de fundamental importancia destacar que, al seguir en la dirección productiva actual, la alta dependencia de mercados de productos básicos de bajo valor no puede evitarse. Los riesgos que conlleva esta dependencia aumentan significativamente con el potencial creciente de cosechas.

Para superar estas limitaciones debe buscarse producir una materia prima de mayor calidad en aquellos sitios que lo permiten⁸⁴. Hasta ahora, excluyendo algunos casos particulares, las mejoras en las técnicas de plantación se han concentrado en el laboreo de suelos, fertilización y control de malezas. Aun a este nivel, no existe una consolidación de los resultados a nivel nacional orientada a la difusión y generalización de las mejoras obtenidas. Esta observación apunta a una recomendación de carácter más general, que concierne a la conveniencia para el país de recojer y centralizar la información que se va generando sobre las experiencias locales en diferentes áreas a medida que se extiende y profundice el proceso de forestación. Ello tendría un enorme valor referencial cuando se opte por intensificar las tareas de investigación en el sector forestal-maderero.

⁸⁴ Por si quedara alguna duda respecto a la importancia de la calidad de la materia prima, viene al caso citar el caso de Taiwán, el más importante exportador de muebles entre los países en desarrollo. Sus 2.500 empresas de muebles importan la madera de Estados Unidos y exportan muebles, del tipo listos para armar, por un valor de más de US\$ 700 millones/año. La competitividad de esa industria no se basa en un recurso natural barato sino en empresas modernas, la adaptación de tecnología de punta, una infraestructura sólida (instituciones de formación y perfeccionamiento de trabajadores, centros de diseño, programas de investigación y desarrollo, etc.) y relaciones estrechas entre las empresas, para mejorar el entorno empresarial del sector. ONUDI, Industry and development, Viena, 1986, p. 53.

Aunque no formó parte de los términos de referencia del PRAIF-II, no puede dejar de mencionarse los beneficios que se obtendrían del mejoramiento genético del stock de semillas. El rápido desarrollo tecnológico a nivel mundial en los campos de la reproducción vegetativa, la forestación clonal y la biología molecular ofrecen amplias perspectivas para lograr mayor uniformidad en las plantaciones y mejorar los rasgos de los individuos. En tanto que la aplicación de estas nuevas tecnologías en el país implica el desarrollo de proyectos de cierta envergadura, en el interim la calidad del stock de semillas puede mejorarse mediante la selección. Con el uso de semillas de origen extranjero, aun genéticamente mejoradas, los genotipos quizás no expresen su fenotipo óptimo en su nuevo medio ambiente. Se recomienda por lo tanto, sin perjuicio de las actividades que ya se desarrollan al respecto, intensificar la selección a partir de rodales existentes y maduros para encontrar genotipos superiores y más relevantes para el país.

Finalmente, un área al que si dedicó mayor' atención el PRAIF-II es el del manejo silvicultural intensivo

de las plantaciones. La aplicación de regímenes adaptados a las condiciones de los sitios específicos, permite, mediante la oportuna práctica de podas y raleos, producir elevados volúmenes de trozas de mayor diámetro y sustancialmente libres de nudos. Con esta materia prima es factible producir una amplia gama de productos de madera aserrada o debobinada, de alto valor. Los análisis del PRAIF-II han demostrado que esta alternativa ofrece no solamente un mayor rédito a la inversión del productor forestal, sino también una rentabilidad mayor y más segura en el aserrado y otros procesos de transformación de la madera.

En el marco del PRAIF-II fueron propuestos dos "regímenes, para distintos tipos de suelos nacionales de prioridad forestal, desarrollados a partir de una base de datos proveniente de la amplia experiencia de Sudáfrica con respecto al manejo silvicultural del **E. grandis** y de los datos disponibles a nivel local. Estos últimos son aún limitados, siendo extremadamente escasa la investigación que se realiza sobre la respuesta del **E. grandis** al manejo silvicultural y muy recientes las experiencias de productores locales al respecto. Por lo tanto, es altamente recomendable ir generando y acumulando información en el país sobre la respuesta del Eucalyptus a las prácticas de manejo con el fin de progresar en la definición de modelos de regímenes con alta especificidad local con respecto al tipo de sitios, especies, turnos de corta, etc. En particular, convendría realizar experimentos locales para:

- determinar las densidades de población, para una variedad de edades y diferentes tipos de suelos, que resulten óptima para la obtención de máximos diámetros en rotaciones de duración razonable. El PRAIF-II proporcionó información para el diseño de una metodología de investigación al respecto;
- entender el impacto que puede tener la poda de ramas verdes en la fracción dominante del rodal, dado que: (i) esta práctica siempre conlleva algún riesgo de introducción de hongos patógenos en el duramen del árbol y (ii) la remoción excesiva de la copa verde puede impedir la continua expresión de dominancia de los árboles podados. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (I.N.T.A.) en Concordia, Argentina, ha realizado una investigación al respecto y se recomienda a los productores forestales en Uruguay que se familiaricen con la metodología y los resultados obtenidos;
- determinar el impacto que tiene el raleo sobre la regeneración vegetativa en los rodales, cuya remoción puede implicar un costo significativo.

Es evidente que existe un amplio campo para la investigación en el tema del manejo intensivo de las plantaciones. Pero aun cuando la capacidad de ejecución o financiación de proyectos de investigación de este tipo fuera escasa, debería preverse un marco institucional para la recopilación de las experiencias de los productores locales al respecto. En efecto, el interés creciente en la introducción de regímenes de raleo y poda se ha concretado en el desarrollo de varios proyectos locales de plantación manejados con fines aserrables, especialmente en las áreas geográficas más alejadas de los puertos de salida para la madera rolliza pulpable.

Con respecto a la determinación de las especies aptas para un manejo intensivo, debe tenerse en cuenta no solamente la capacidad de respuesta al tratamiento silvicultural sino también las propiedades de la madera de cada especie para la elaboración de productos, es decir sus defectos inherentes o inducidos, su apariencia externa, etc.

Finalmente, debe quedar claro que el incentivo que tiene el propietario forestal para aplicar regímenes de

manejo intensivo dependerá en gran parte de la existencia de mercados apropiados para la comercialización de su producción. Estos mercados deberán poder capitalizar la calidad de la madera y agregar valor a la misma. Solamente de esta manera puede llegarse a pagar precios superiores por la madera de alta calidad. De ahí se deriva la necesidad de desarrollar, a la par del manejo de las plantaciones, una industria maderera local que pueda insumir materia prima de mejor calidad.

Como el desarrollo de este tipo de industria se ve frenado por el horizonte lejano en que se podría disponer de una masa crítica de madera de Eucalyptus de alta calidad, dadas las rotaciones de alrededor de 20 años que implica el manejo intensivo de las plantaciones, puede ser conveniente considerar la viabilidad de incorporar la poda y el raleo al esquema actual de subsidio a la forestación, o condicionar parcialmente el otorgamiento de subsidios al ejercicio de estas prácticas. La experiencia de Chile, donde el subsidio cubre también este tipo de intervenciones en las plantaciones, parecería relevante para el análisis de las implicaciones y alcances de una política forestal con este carácter.

En el interim, los pequeños y medianos productores forestales interesados en valorar sus plantaciones tienen el recurso de una estrategia colectiva y de alianzas con socios que busquen invertir en un campo que, a nivel internacional, se percibe como crecientemente redituable a largo plazo. Iniciativas a favor del manejo silvicultural intensivo de las plantaciones surgirán probablemente primero en el norte del país y en otras áreas que se encuentran también alejadas de los puertos de embarque de madera rolliza pulpable, a la vez que muchas veces son las de mayor potencial para el crecimiento de las plantaciones. Actualmente, los precios que pueden obtener algunos de estos productores por su madera rolliza son extremadamente bajos debido a los altos costos de transporte interno que deben absorber para poder competir con proveedores mejor localizados. La tendencia cíclica de la demanda internacional de madera pulpable tenderá a reforzar el interés en el manejo con otros fines. Al respecto es ilustrativo observar que, después de una fuerte alza de los precios internos de la madera rolliza en 1995, favorecida por precios internacionales crecientes de la celulosa y una disponibilidad todavía limitada de plantaciones maduras en el país, a principios de 1996 ya se observó una contracción de la demanda externa de rollizos pulpables a las empresas exportadoras del país como consecuencia de la evolución de la industria mundial de pulpa y papel.

En cuanto a la transformación industrial con alto valor de la madera de Eucalyptus de alta calidad, ciertos defectos inherentes a este género imponen también la estructuración de un marco apropiado de políticas y prácticas. Al igual que en el caso de la madera proveniente de plantaciones sin manejo intensivo, existe un conjunto de prácticas básicas a respetar, las cuales deberán ir afinándose a medida que se amplíe la experiencia local e internacional.

Lógicamente, las posibilidades de comercialización de la madera aserrada de Eucalyptus son mucho más favorables y amplias si el producto es de alta calidad y secado en cámara. Sin embargo, no deben subestimarse los esfuerzos que implica el mercadeo de un producto para el que no existe actualmente un mercado internacional establecido. La estrategia deberá basarse en las posibilidades de sustitución que ofrecen las especies de Eucalyptus frente a especies conocidas pero cuya oferta no es sostenible en el tiempo.

Se anticipa que en 2010, es decir cuando Uruguay podría empezar a disponer de madera de Eucalyptus de calidad, las naciones miembros de la Organización Internacional de la Madera Tropical (O.I.M.T.) habrán cumplido con su compromiso de ajustar la cosecha de bosques nativos a niveles de rendimientos sostenibles. Para los mercados internacionales esto significará una fuerte conmoción, que reflejará hasta

qué punto habían desarrollado una dependencia hacia las cosechas de los bosques naturales del Sudeste Asiático. En estas circunstancias, Uruguay tendrá dos ventajas de considerable importancia: (i) su comercio maderero descansará en recursos provenientes de plantaciones y, por lo tanto, sólo podría verse afectado positivamente por la aplicación de normas internacionales en favor de una mayor protección de los recursos forestales naturales y (ii) el **Eucalyptus grandis** tiene propiedades físicas y mecánicas muy similares a las muy apreciadas especies de Meranti/Lauan (excepto con respecto a la permeabilidad del duramen) del Sudeste Asiático, lo que facilita un proceso de sustitución.

Por otra parte, debe tenerse presente la existencia de una demanda considerable por productos de madera cuya identidad específica es irrelevante para el comprador. El mercado chino, por ejemplo, es muy receptivo a las chapas de color rosadas y rojas (típicas tonalidades de varias especies de Eucalyptus) con escasa preocupación por la especie de las que provienen. Ciertamente, la transformación terciaria que se vuelve posible con una materia prima de alta calidad permitiría la comercialización de productos que no tendrían por qué encontrar ningún tipo de resistencia en los mercados. Los productos de carpintería de obra (marcos para ventanas, puertas, marcos para puertas, etc.), que experimentaron el mayor crecimiento en el comercio mundial de productos forestales en los últimos años, son aceptados por su funcionalidad antes que por haber sido manufacturados con una u otra especie determinada. En muchos mercados se acepta el machihembrado y el multilaminado en componentes de estos productos.

En el largo plazo, de mejorarse efectivamente la calidad de la producción maderera mediante el desarrollo mutuamente dependiente del manejo silvicultural de las plantaciones y de la industria de transformación, se harán crecientemente viables las amplias posibilidades de transformación terciaria que ofrece la industria maderera. Es esta etapa avanzada de elaboración de productos la que, en última instancia, asegura los mayores beneficios de la forestación para la economía y la sociedad: ofrece mayores perspectivas de empleo; propicia la especialización de la mano de obra; presenta mayor flexibilidad con respecto al tamaño de los emprendimientos y, por ende, es más fácilmente accesible a pequeñas y medianas empresas; reduce las exigencias en términos de infraestructura física, en particular disminuye la carga maderera que transita por el país; proporciona mayor valor por unidad de producto y significa una mayor generación neta de divisas; etc.

4. Sobre el estudio de prefactibilidad de un complejo de producción y exportación de chips

En términos generales, los resultados obtenidos del estudio de prefactibilidad son ampliamente favorables al desarrollo de un proyecto de chips en las diversas localizaciones consideradas, frente a la alternativa de exportar madera rolliza, aun teniendo en cuenta la inversión requerida para adaptar la infraestructura portuaria a la exportación de chips. Desde el punto de vista de la orientación general del sector forestal, se trata de un proyecto que incorpora un pequeño margen de valor agregado a la materia prima, mayor que el que corresponde a la exportación de madera rolliza.

No obstante, debe quedar claro que en algunos puertos del país la salida de los chips está condicionada a acciones que quedan fuera de la órbita de una empresa privada, como el dragado de tramos del Río Uruguay, lo cual hace difícil asegurar la viabilidad de algunas variantes del proyecto. Asimismo, los potenciales inversionistas deberán otorgar atención a las dificultades de distinta naturaleza que podrían presentarse en cada localización considerada. En Nueva Palmira una planta de chips podría enfrentar dificultades de abastecimiento si debe competir por la materia prima con una planta de celulosa, iniciativa que está siendo estudiada por más de un inversor. La localización de una planta en La Paloma podría causar cierta resistencia por tener esta zona un alto valor turístico y ecológico. La exportación de

chips por el puerto de Montevideo, con una planta ubicada en la zona suburbana, podría presentar un problema paisajístico en tanto que implica la formación de altas pilas de chips en la zona portuaria (urbana) y producir la congestión del tránsito en esta zona.

En cuanto a las inquietudes que levantara la primera fase del PRAIF respecto a la infraestructura para el transporte interno de la creciente carga forestal, conviene aclarar que un grupo de trabajo *ad hoc* creado por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto del gobierno ha desarrollado un Programa de Infraestructura de Transporte de Productos Forestales, en el que se considera la utilización de un sistema de transporte multimodal que prioriza la salida fluvio-marítima, luego la vía férrea y por último la carretera. Estudios más detallados están siendo elaborados con el fin de obtener un financiamiento externo para el ajuste de la infraestructura.

Tanto en términos financieros como económicos, la tasa interna de retorno obtenida arroja valores muy superiores a las tasas de descuento que se utilizan normalmente. Para la evaluación del proyecto de astillado se dispuso de un cuidadoso estudio del conjunto de factores relevantes y de una estimación de los costos que implica la instalación de un complejo orientado hacia la exportación. Aun así, la precisión de los costos en esta etapa de prefactibilidad tiene límites que provienen, entre otros, de las indefiniciones que subsisten al pretenderse analizar las perspectivas del astillado en el país sin conocer ni el inversor ni el cliente. Por lo tanto, las tasas internas de retorno obtenidas, si bien constituyen indicadores válidos de la rentabilidad del proyecto, deben considerarse con prudencia.

La rentabilidad del proyecto de chips en los niveles indicados en el estudio deberá confirmarse en la etapa del estudio de factibilidad, otorgando particular atención a los aspectos sensibles del proyecto. Entre otros, quien quiera llevar adelante el emprendimiento deberá:

- obtener valores seguros para la densidad básica de las especies en la zona de abastecimiento de la futura planta mediante pruebas a escala industrial;
- reconsiderar el precio interno de la materia prima una vez que quede más claro si su tendencia al alza ha sido coyuntural ante la actual escasez de plantaciones maduras y la reciente fase creciente de la industria de la pulpa;
- analizar la vulnerabilidad del proyecto si se confirma la instalación de una o varias plantas de celulosa en el país, las cuales tendrían una mayor capacidad de competir por la materia prima (vía precios) debido a la menor incidencia de la misma en su estructura de costos;
- precisar el precio FOB exacto al que Uruguay puede aspirar, mediante el establecimiento de contactos directos con importadores japoneses u otros.

Existe un aspecto particularmente sensible del proyecto, que no se refleja en los indicadores de rentabilidad habitualmente calculados: la capacidad de gestión requerida para la ejecución del proyecto: La imperiosa necesidad de cargar los buques en las fechas y tiempos previstos determina una serie de requerimientos en cadena que deben cumplirse estrictamente para que el negocio resulte efectivamente rentable. Se trata de un negocio de volumen, en el que es esencial mantener el flujo de producción, lo cual implica movilizar diariamente grandes volúmenes de materia prima y de producto. Sería ciertamente un error no definir con claridad quienes tendrían a su cargo las funciones de gerencia general del proyecto y de dirección de las operaciones de abastecimiento de materia prima y de embarque, aparte de las tareas de producción.

Si la empresa que lleva adelante el proyecto fuera una asociación de productores forestales o estos últimos establecieran una asociación para abastecer una planta independiente, podría reducirse significativamente la magnitud del capital de trabajo requerido para un proyecto de esta naturaleza, con el consiguiente aumento de la rentabilidad. Otra ventaja derivada de este tipo de estructura empresarial concierne a la notoria mejora de la rentabilidad cuando la planta de chips puede apropiarse de los ahorros de flete terrestre que resultan de su instalación a una menor distancia de las plantaciones que Montevideo, como es el caso de Nueva Palmira.

La evaluación económica del proyecto permite afirmar que el proyecto de astillado es también conveniente desde la óptica de la economía en su conjunto, en comparación con la situación actual de exportación de madera en bruto, llegándose a las siguientes conclusiones:

- La rentabilidad económica, medida por la TIR del proyecto con costos e ingresos a precios de cuenta, arroja valores muy superiores a las tasas de descuento habitualmente utilizadas y, en la mayoría de las alternativas analizadas, la TIR económica es superior a la TIR financiera.
- Cuando se analiza la generación adicional de divisas por el proyecto de chips en relación con la exportación de madera rolliza, se obtienen resultados favorables, aunque muy superiores cuando se exporta a Europa que cuando el destino es Japón. Esto es lógico si se tiene en cuenta que en el caso de Japón el cambio del producto de exportación (rollizos por chips) se asocia a un cambio de mercado (Europa por Japón), con el consiguiente costo adicional de flete marítimo.
- En lo que concierne al costo de los recursos internos (CRI) utilizados por el proyecto en relación con el beneficio neto en divisas, también se observa una diferencia relativa importante entre los dos destinos. En el caso de la exportación a Japón, el proyecto es "ineficiente" en la generación de divisas: se requiere 2,2 unidades de recursos internos a precios de cuenta para generar una unidad adicional de divisas. En cambio, si se exporta a Europa, se necesita menos de una unidad de recursos internos por unidad de divisa generada.

5. Sobre el estudio de prefactibilidad de un complejo industrial integrado para la exportación de productos de Eucalyptus de alta valor

El propósito de este estudio fue indicar el potencial existente para un aprovechamiento con alto valor de plantaciones de Eucalyptus sometidas a regímenes de manejo silvicultural intensivo. No sería apropiado sugerir la intensificación del manejo silvicultural de estas plantaciones sin demostrar que los gastos adicionales requeridos provocarán un aumento compensatorio en los ingresos. El mayor nivel de ingresos será accesible sólo si existen compradores de madera rolliza dispuestos a pagar márgenes diferenciales, por encima de la madera pulpable, para las trozas de mayor tamaño y mejor calidad. Indudablemente, estos compradores deben utilizar estas trozas de mayor precio para la elaboración de productos de mayor valor que la madera rolliza pulpable y la madera aserrada de baja calidad.

Como en Uruguay no existen instalaciones para llevar a cabo este tipo de transformación, se ofreció información detallada sobre el tipo de unidades productivas que parecen más apropiadas para el país. También se introdujo el tema de la comercialización de los productos de Eucalyptus que estas instalaciones permitirían producir, en circunstancias en que no existe actualmente un mercado

internacional establecido para la madera aserrada de este género.

Si los productores forestales adoptan regímenes de manejo silvicultural intensivos como los que han sido propuestos en este estudio, debe quedar claro que existen pocas opciones viables con respecto a la escala de las instalaciones de procesamiento que se requieren. Ello se ve impuesto por la necesidad de garantizar una rentabilidad sostenible en la comercialización internacional de los productos. Una desviación radical de las escalas de producción recomendadas - bajo el pretexto, por ejemplo, de la inadecuación del capital - podría resultar en una instalación con perspectivas favorables en un mercado de exportación en auge. Pero es poco probable que las ganancias sean sostenibles frente a una depresión de la demanda. Adicionalmente, se considera que la introducción de productos de Eucalyptus de mayor valor en los mercados globales se verá sustancialmente facilitada si los costos totales (C.I.F.) son altamente competitivos y la comercialización externa de la producción se basa en una masa crítica que respalde su eficacia. En resumen, no existen sustitutos a las economías que confieren la escala y la aplicación de alta tecnología, aunque apropiada a las condiciones locales de desarrollo. También de gran relevancia para la minimización de los costos de producción es el concepto de complejo integrado, al aprovecharse integralmente la materia prima adquirida y lograrse economías de escala en los servicios.

El análisis de los aspectos financieros del proyecto muestra que los beneficios brutos y la tasa interna de retorno a la inversión son elevados, a pesar de la actitud conservadora que se adoptara consistentemente en el estudio. Para los pequeños y medianos productores forestales, los resultados indican que existen excelentes perspectivas para la viabilidad de complejos integrados de transformación, capaces de soportar niveles de precios para la madera en pie suficientemente altos como para justificar los gastos en raleo y poda de las plantaciones. Para este sector de productores forestales la viabilidad de los emprendimientos propuestos, tanto para la fase de producción forestal como la de la transformación con alto valor de la materia prima obtenida, descansa en su capacidad de organización y agrupamiento en determinadas regiones o zonas del país. Si no se logra un grado sin precedente de cooperación interempresarial, los emprendimientos propuestos sólo estarán al alcance de unas pocas empresas en el país. En este sentido, se destaca una vez más la importancia de la formación de estructuras cooperativas regionales o zonales y la búsqueda de alianzas, la que se ve favorecida hoy en día por la creciente transnacionalización de las operaciones forestales.

El estudio de este proyecto se inscribe dentro del marco de una planificación estratégica del sector forestal de Uruguay. En efecto, podría argumentarse que la instalación de un proyecto de esta naturaleza no es viable actualmente sino en un horizonte lejano (2010). Pero la demostración de la rentabilidad de este emprendimiento, a partir del análisis detallado de las condiciones locales y la determinación cuidadosa de los costos e ingresos que implica, es una poderosa herramienta para orientar los participantes del sector forestal hacia las decisiones y acciones requeridas para una alta valorización de las plantaciones de Eucalyptus.

Quizás la forma más sencilla de visualizar el impacto que podría tener este tipo de proyecto en la economía uruguaya es imaginar una situación extrema en que se instalaran 10 de estos complejos industriales: en su conjunto generarían, cuando estén plenamente operativos, ingresos anuales en divisas por un monto de US\$ 1.700 millones, es decir del orden del valor de las exportaciones totales de Uruguay en este momento. Con esta observación no se pretende sugerir que estos complejos sean una panacea para el desarrollo de la economía forestal del país; para empezar implicarían una inversión global de US\$ 1.270 millones de dólares y la implantación de una superficie equivalente a alrededor de 190.000 hectáreas con regímenes de manejo silvicultural intensivos. Simplemente, el cálculo apunta a

destacar el potencial de un sector forestal adecuadamente manejado, en el que el valor antes que el volumen y la calidad antes que la cantidad constituyan los principios rectores.

El concepto desarrollado para el aprovechamiento de las plantaciones de Eucalyptus constituye una innovación a nivel internacional. En efecto, sería un error creer que existe un modelo de complejo de transformación de madera de Eucalyptus disponible en alguna parte del mundo, que el sector forestal uruguayo podría emular. La aplicación de los regímenes de manejo silvicultural intensivos propuestos sólo encuentra un paralelo en Sudáfrica y, aún allí, éstos se llevan a cabo a una escala relativamente modesta y sin el rigor que se recomienda para el caso de Uruguay. Aún no puede verse en ningún lugar del mundo un aserradero utilizando **E. grandis** o cualquier otra especie de Eucalyptus en la escala o la forma que ha sido propuesta. Tampoco pueden verse ejemplos de los otros procesos de conversión de **E. grandis** y otras especies de Eucalyptus en la forma propuesta. En cambio, están a la vista complejos integrados de gran escala que cortan y procesan madera de pino de plantaciones y utilizan tecnología de punta. También existen amplias oportunidades de examinar instalaciones de pequeña escala donde se aplican procesos de aserrío, debobinado y otros tipos de conversión del Eucalyptus básicamente sobre la base de los mismos principios y tecnologías que los que han sido recomendados. El complejo propuesto plantea una escala que es única para la conversión y el procesamiento de Eucalyptus de plantaciones, la que fue motivada por el imperativo de una estructura de costos muy bajos.

Sería otro error interpretar el estudio como una receta cuyos pasos deben seguirse sin excepción para obtener resultados asegurados. Si bien el análisis descansa en la amplia experiencia de especialistas internacionales, debe reconocerse que fue elaborado a partir de una base de datos local mucho menos completa de lo que sería deseable. Debe recomendarse con insistencia la realización de investigación aplicada en temas que no sólo son importantes sino que no tienen precedentes seguros en otras partes del mundo. El análisis debe considerarse entonces como una indicación global de la estrategia a seguir para un futuro alternativo deseable para el sector forestal de Uruguay. Se deberá integrar la experiencia local, basada en investigaciones sólidas, para encontrar el camino estratégico exacto que resulte más adecuado en el contexto local.

Es probable que el concepto desarrollado con respecto al aprovechamiento con alto valor de las plantaciones de Eucalyptus enfrente cierto nivel de escepticismo entre los participantes del sector forestal-maderero nacional. También es probable que, de no aprovecharse, Uruguay se quedará a la zaga de otros países, incluso de la región, que tarde o temprano transformarán este concepto en una realidad.

6. Sobre el estudio de prefactibilidad de un aserradero para la producción y exportación de madera de Eucalyptus de calidad

Este proyecto ha sido analizado como alternativa a un complejo industrial integrado para el aprovechamiento de plantaciones de Eucalyptus manejadas con fines aserrables. Las instalaciones ya no están dirigidas a producir varios tipos de productos de la primera y segunda transformación, sino exclusivamente madera aserrada de **E. grandis**. La mayor parte de la producción tiene un nivel de calidad muy superior al habitual actualmente en Uruguay y, por lo tanto, es secada artificialmente para poder valorizarla en los mercados internacionales.

Se ha propuesto un aserradero con tecnología de primer nivel incluyendo, por una parte, sofisticados sistemas electrónicos de optimización y, por otra, maquinaria robusta, de alto rendimiento y gran precisión y confiabilidad en su operación. Ello implica un importante costo de capital pero redunda en altos niveles de producción, rendimiento y calidad. El nivel de producción ha sido fijado en 135.000

m³/año para asegurar economías de escala. La planta de secado es de tipo convencional y cumple con los requerimientos técnicos para secar grandes volúmenes de madera de una especie de muy lento secado como el **E. grandis**. El impacto de una planta de secado en un proyecto de aserrado es considerable: esta planta absorbe un poco más del 60% de la inversión global del proyecto.

Aun procedente de plantaciones manejadas con fines aserrables, la madera de Eucalyptus es más difícil de aserrar que la mayoría de las especies de uso común. Las tensiones internas que se liberan al efectuarse los cortes con sus consecuentes deformaciones, rajaduras, grietas, etc. hacen recomendable que en la etapa de factibilidad se efectúe una serie de ensayos prácticos y sistemáticos para evaluar rigurosamente el efecto del programa de corte propuesto sobre la materia prima disponible. Esto redundará en el *lay-out* y selección de tecnología y maquinaria más apropiados.

En la estructura de los costos de producción destaca la enorme importancia de la materia prima, que absorbe el 75% de los costos anuales. Ello se debe a que se asumió que el proyecto debía poder pagar precios por la materia prima que reflejen la calidad de las trozas podadas, de tal forma que la inversión del productor forestal en un manejo intensivo de sus plantaciones se vea redituada con el desarrollo de este proceso industrial.

Se obtuvo un nivel de rentabilidad atractivo para este proyecto, aunque menor que el del complejo industrial integrado. La evaluación financiera se realizó en condiciones exigentes. En efecto, no se asumieron ingresos ni usos productivos para los residuos del aserradero dado que no se dispone, en esta etapa de prefactibilidad, de datos confiables sobre sus posibilidades de generación de ingresos. En una etapa de factibilidad, deberá evaluarse la posibilidad de utilizar los residuos para la generación de electricidad en la planta de secado o como materia prima complementaria en plantas de chips en caso de que éstas se establecieran en el país.

El proyecto fue evaluado desde la perspectiva del inversor privado, es decir en términos financieros. No se realizó la evaluación desde el punto de vista de la economía nacional debido a que el proyecto sólo podría implantarse dentro de varios años. En efecto, este proyecto requiere de materia prima de calidad, en un volumen cuya disponibilidad requiere más años y un adecuado manejo de los bosques. En un período de cambios en la economía uruguaya, especialmente en sus relaciones con el resto del mundo, las diferencias entre precios de mercado y precios de cuenta sufrirán probablemente modificaciones importantes. En todo caso, se ha mostrado en el estudio que la evaluación económica en las condiciones actuales arrojaría valores para los indicadores de rentabilidad superiores a los de la evaluación financiera.

7. Sobre el estudio de prefactibilidad de un aserradero para la producción y exportación de madera para pallets

Muchos productores forestales, en particular los pequeños y medianos, están interesados en conocer las posibilidades de destinar su producción a procesos de aserrío, aun sin haber aplicado a las plantaciones el tratamiento más recomendable para este fin. Ya se ha destacado cierto potencial de la madera de Eucalyptus en estas condiciones, en particular como madera aserrada para la industria del embalaje.

El anteproyecto desarrollado se centró en la elaboración de madera para pallets, es decir un producto primario cuya rentabilidad y competitividad en los mercados externos es muy sensible a la escala. Por lo tanto, en la medida en que el proyecto se dirige a pequeños y medianos productores, requeriría una vez más del establecimiento de estructuras asociativas.

La planta propuesta prevé una salida especial para las tablas de mejor calidad. No obstante, ante el ya referido desconocimiento de la proporción de la producción que sería de una calidad superior, el proyecto ha sido evaluado considerando un precio uniforme para la totalidad de la producción. No podría aplicarse simplemente un precio superior para un porcentaje arbitrario de la producción, dado que ésta tendría que secarse o someterse a procesos adicionales de elaboración que implicarían entonces otros niveles de inversión.

Los indicadores de rentabilidad muestran que el proyecto es rentable, aunque en un nivel muy inferior a los que se alcanzaron para todos los otros proyectos analizados a nivel de prefactibilidad. Por lo tanto, constituye una alternativa menos atractiva que la producción de madera aserrada de calidad pero también menos exigente en cuanto a la calidad de la materia prima.

Este libro se terminó de imprimir

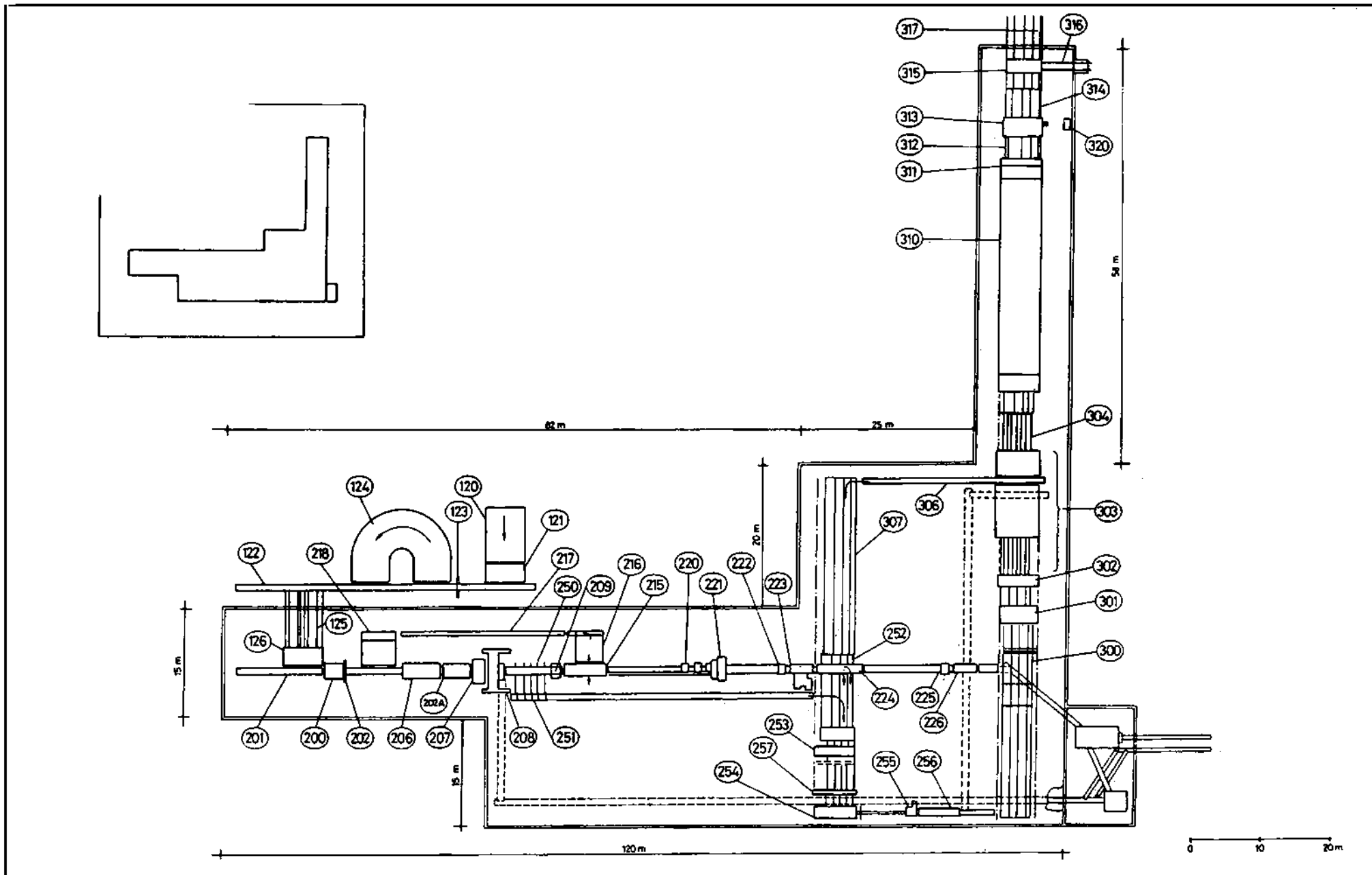
en Enero de 1997

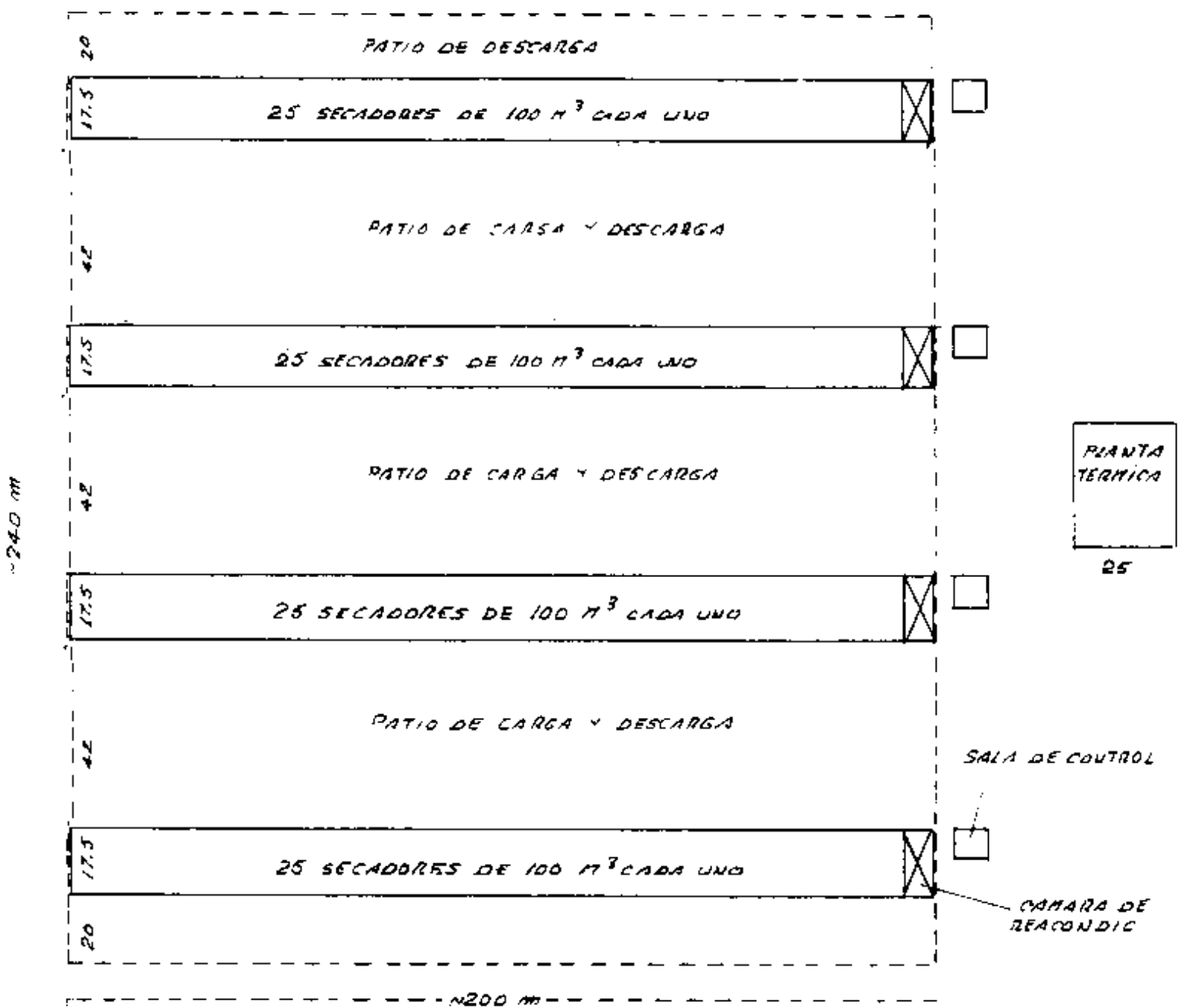
en *impresa* ANIA S.A.

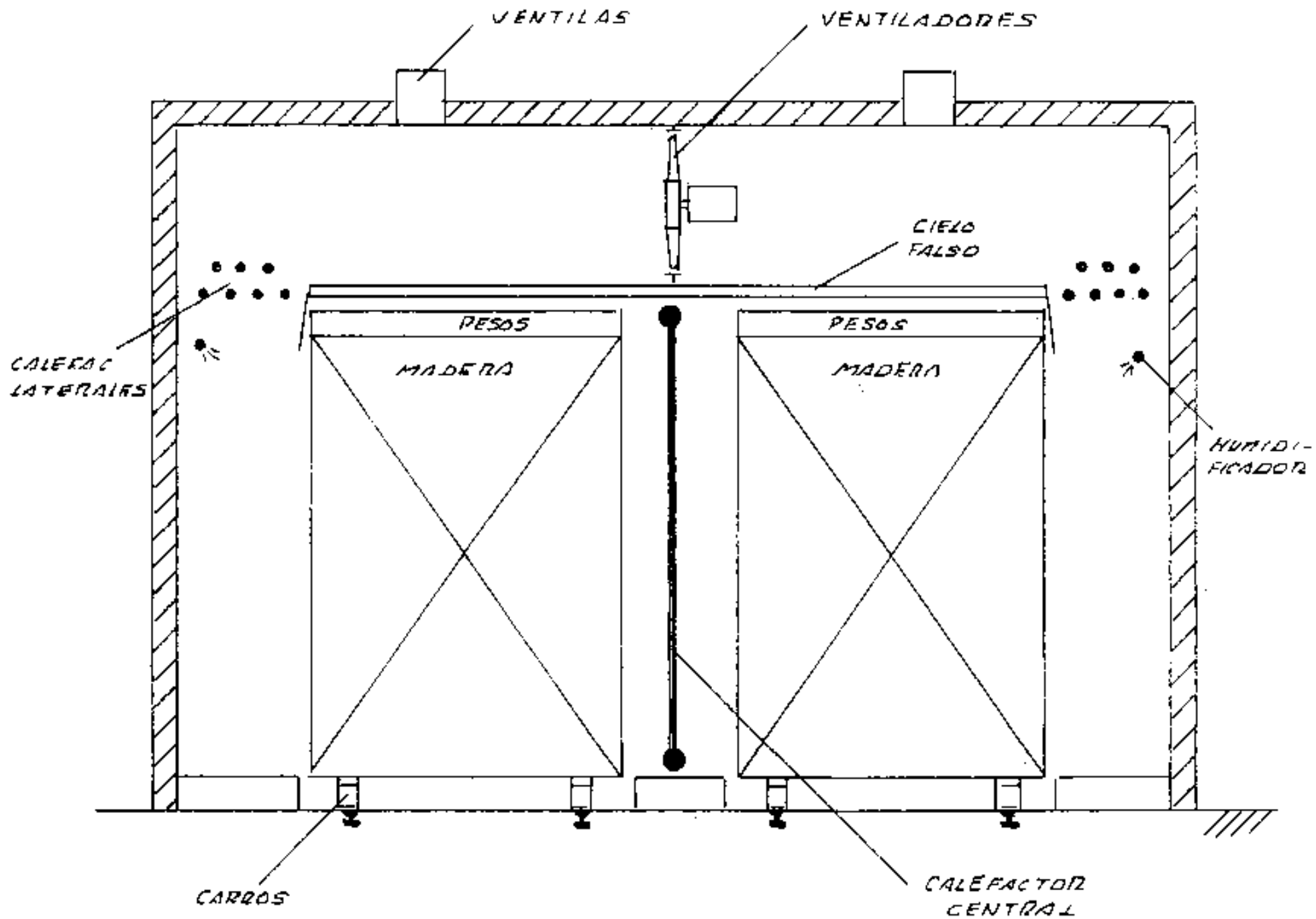
Arismendi 14 35 - Montevideo - Uruguay

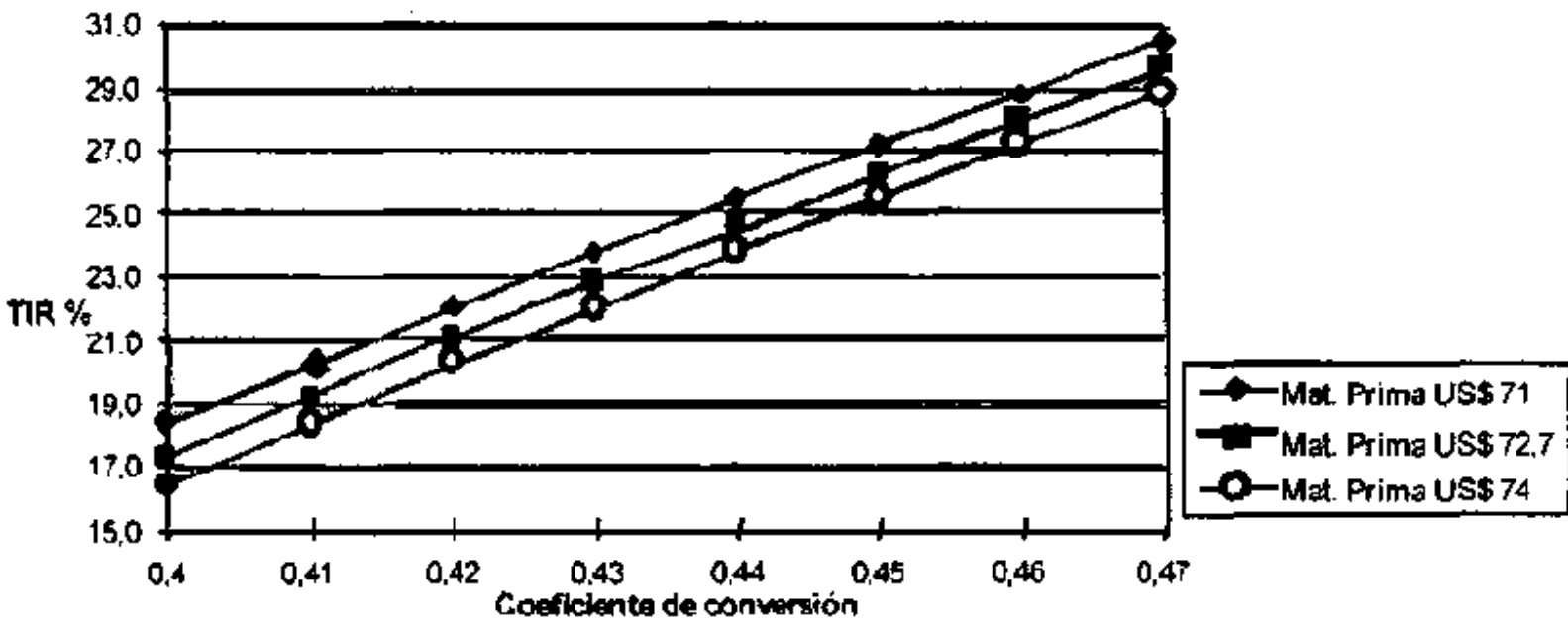
Depósito Legal N° 305.637 -1997







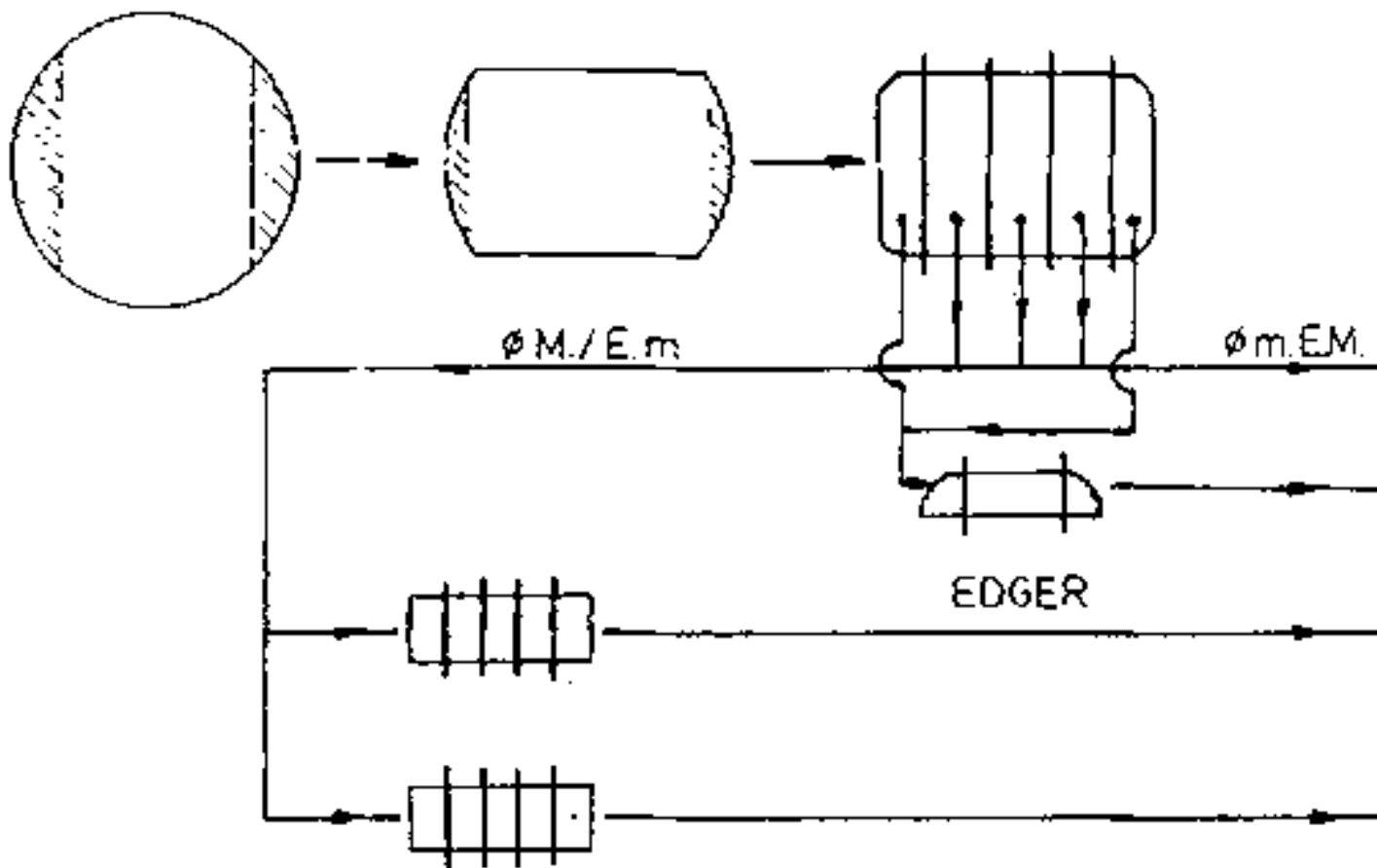




CHIP - CANT. 1

CHIP - CANT. 2

MULTI - EDGER



DESPUNTE - CLASIFICACION

