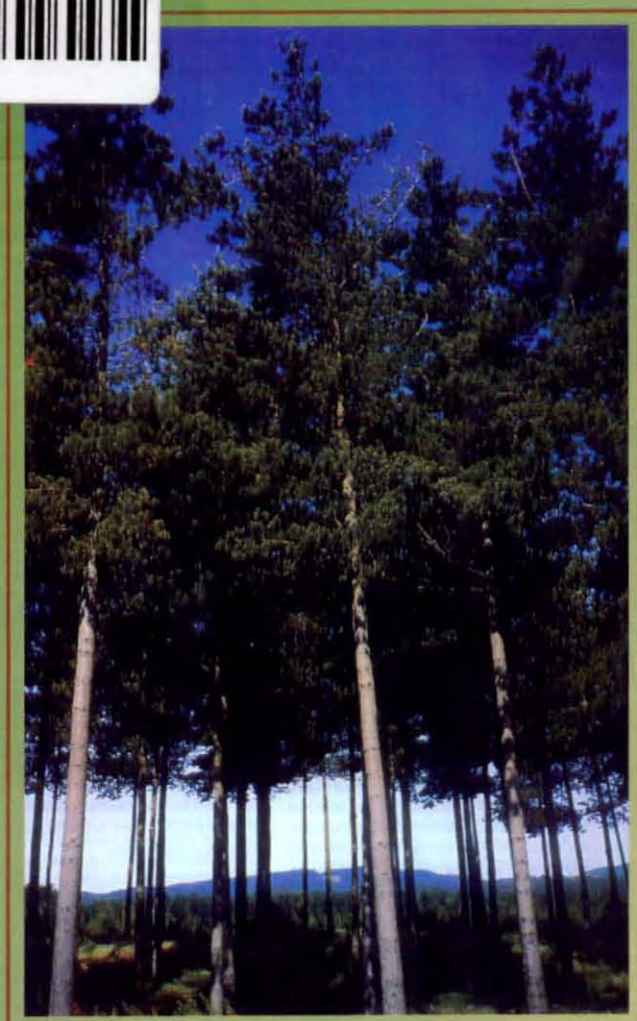


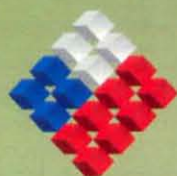
Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata en Chile 2003-2032



0006744



Informe Técnico N° 170



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA



INFOR
Instituto Forestal





GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Informe Técnico N° 170

**DISPONIBILIDAD DE MADERA DE PLANTACIONES DE
PINO RADIATA
EN CHILE: 2003-2032**

**CONCEPCIÓN, CHILE,
Julio de 2005**



PARTICIPANTES

INFOR

Alberto Ávila	Generación Base de Datos
Juan Carlos Muñoz	Recopilación de información y digitalización
Dante Corti	Análisis imágenes satélite
Carlos Bahamóndez	Diseño de inventarios de terreno
Jorge Cabrera	Secretario Técnico, elaboración informe
Francisco Pérez	Coordinación general
Oscar Peña	Verificaciones en terreno
Mario Uribe	Verificaciones en terreno

CONAF

Rolando Rodríguez	Información de Plantaciones pequeños propietarios y pérdidas por incendios forestales
Personal de Regiones V a X	Apoyo en facilitar recopilación de información

CORMA

María Teresa Arana	Coordinación con Empresas Forestales
--------------------	--------------------------------------

UACH

Gonzalo Paredes	Procesamiento, validación y análisis de la información. Elaboración de informe
Mauricio Ruiz-Tagle	Procesamiento, validación y análisis de la información

COMITÉ TÉCNICO

Mariana Lobel	Representante de Forestal Bío Bío
Roberto Pera	Representante de Bosques de Chile
Alfred Kroeger	Representante de Forestal Arauco
Julio Tobar	Representante de Forestal Mininco
Rodrigo del Pin	Representante de Forestal Tornagaloenes y Forestal Millalemu
Juan Carlos Muñoz	Representante de Forestal Cementos Bío Bío

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL
Sede Concepción

PROPIEDAD INTELECTUAL : Registro 148.250
ISBN: 956-8274-51-0



PRÓLOGO

En Chile, el desarrollo de la industria forestal es el resultado de una cuidadosa secuencia de decisiones que el sector público y el sector privado han tomado en las últimas décadas, asignando cuantiosos recursos en forma eficiente y oportuna. A este exitoso desarrollo también ha contribuido el que siempre haya estado disponible la información necesaria para la toma de decisiones. Este estudio de disponibilidad de madera de plantaciones de Pino radiata, para el período 2003 -2032, es una tradición del sector forestal que inició el Instituto de Investigación Forestal (INFOR) a comienzos de los años 70.

Este trabajo ha sido posible gracias a un esfuerzo colaborativo en el que han participado profesionales de, la Corporación Chilena de la Madera (CORMA), de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y de la Universidad Austral (UACH), y de las empresas Forestal Arauco, Forestal Bío-Bío, Forestal Cementos Bío-Bío, Bosques de Chile, Forestal Millalemu, Forestal Mininco y Forestal Tornagaleones, bajo la coordinación del Instituto Forestal.

Las empresas han aportado la mejor información respecto de su patrimonio en cuanto a localización, superficies, estado de manejo y rendimientos; CONAF ha aportado la información en los registros de plantaciones acogidas al DL 701, así como los registros de forestación y de incendios forestales; INFOR, en tanto, ha contribuido con sus capacidades para consolidar la base de información de las empresas y para complementar el inventario nacional de superficies con información de las plantaciones de terceros en base a imágenes satelitales, fotografías aéreas y campañas de terreno.

En la sección 1 de este documento, se describe el papel de la especie Pino radiata en el desarrollo de la industria forestal y el desempeño de la forestación con esta especie así como las probables causas de su reciente disminución. La sección 2 describe el procedimiento para actualizar el inventario a diciembre del año 2002 y las principales características de éste en cuanto la estructura de edades por tipo de propietario, la comparación de la estructura de edades respecto al inventario de 1997 y su distribución regional. En la sección 3 se presentan los parámetros biométricos con los cuales se estratifica el inventario, los principales esquemas de manejo y los

rendimientos asociados, así como la estratificación de las plantaciones según zonas de crecimiento y esquemas de manejo. La sección 4 contiene los supuestos de forestación y reforestación, los de pérdidas incendios, por plagas y en faenas de cosecha; los supuestos sobre el efecto de las tecnologías silvícolas y la ganancia genética. También se describen las edades de cosecha por tipo de propietario y esquema de manejo.

La sección 5 presenta el vector de demanda industrial anual previsto para el período inicial 2003 a 2011 y describe los escenarios de proyección y los resultados de disponibilidad total en pie para cada escenario. Finalmente, la sección 6 presenta los resultados de la aplicación de factores empíricos de degradación de volumen en pie a trozas pulpables, para constituir una estimación más precisa de la disponibilidad de volumen “en planta”. Finalmente, se entregan las principales conclusiones de este estudio.

Sin duda, este esfuerzo de colaboración ha permitido generar, de manera eficiente la mejor base de información actualmente posible para un estudio de esta naturaleza. Así mismo, ha permitido identificar los aspectos que se requiere abordar para mejorar la base de información en futuros estudios de disponibilidad.



Dr.ROBERTO IPINZA CARMONA
DIRECTOR EJECUTIVO

ÍNDICE

	Página
1 El sector forestal y las plantaciones de Pino radiata	1
2 Inventario y superficies	5
3 Manejo y Rendimientos de las plantaciones	10
4 Modelo de proyección y supuestos	20
5 Disponibilidad en pie	26
6 Análisis de disponibilidad “en planta” por tipo de troza	37
7 Análisis de resultados	46
8 Referencias	49

ANEXOS

1 Consumo de madera en trozas de Pino radiata por rubro industrial	53
2 Superficie de plantaciones, nacional y por Región	54
3 Incrementos medios anuales por zona, sitio y manejo	61
4 Descripción matemática del Modelo de Oferta	68
5 Resultados Escenario (A) Base: Volúmenes en pie	71
6 Resultados Escenario (B) Base más forestación de 30 mil hectáreas por año hasta año 2011	77
7 Resultados Escenario (C) Base más mayor ganancia genética	83
8 Resultados Escenario (D) Libre	89
9 Resultados Escenario (E) de Flujo No Decreciente en Aserrable más Podado	95
10 Escenarios A a E: Volúmenes anuales “en planta”, por producto y año	101

1. EL SECTOR FORESTAL Y LAS PLANTACIONES DE PINO RADIATA

Las plantaciones de Pino radiata permiten explicar gran parte del desarrollo de la industria forestal nacional desde la década de los 70. De un consumo industrial de 3,7 millones de m³ en 1970, se ha llegado a uno de 22,1 millones de m³ en el año 2003. Recién, en la década de los 90, las plantaciones de *Eucalyptus* se han sumado al desarrollo sectorial al aumentar su uso industrial y sus exportaciones de 1,1 millones de m³ en 1990 a 4,6 millones en el 2003. Al mismo tiempo, el consumo industrial de maderas nativas ha disminuido desde 2,3 millones de m³ en el 1990 a sólo 0,6 millones el año 2003. Ciertamente las plantaciones han sido muy efectivas en cuanto a eliminar la presión por el uso industrial de las maderas nativas.

La figura siguiente ilustra el crecimiento del consumo industrial de madera de Pino radiata desde el año 1970.

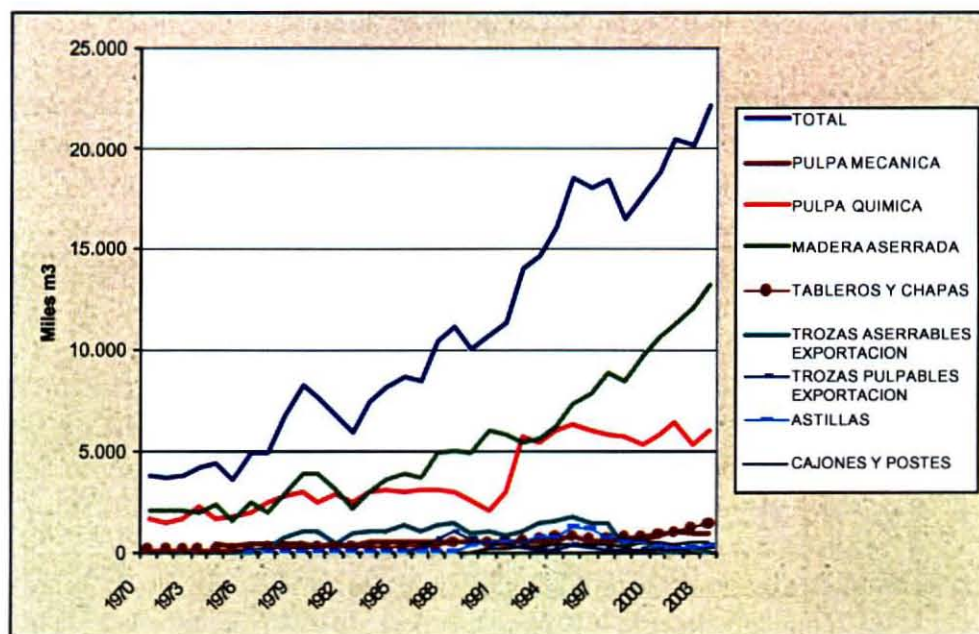


Figura 1. Consumo industrial de madera de Pino radiata: 1970-2003 (INFOR,2004)

La figura ilustra el constante crecimiento del consumo industrial de trozas de Pino radiata (detalle en el Anexo 1). El consumo de madera aserrada ha crecido desde 2 a 13,1 millones de m³, alimentando en la última década a una creciente industria de remanufacturas de alto valor agregado. El consumo en la industria de celulosa y papeles ha crecido de 1,5 a 6 millones de m³, principalmente desde comienzos de los 90 en que inician sus operaciones nuevas plantas y las ampliaciones de las existentes. Por otro lado, la producción y exportación de trozas aserrables y pulpables, así como de astillas, que alguna importancia tuvieron durante algunos años en las décadas de los 80 y los 90, en la actualidad representan un consumo de

no más de 0,4 millones de m³. Finalmente, las industrias de tableros y chapas, así como la de cajones y postes se han consolidado, llegando en la actualidad a consumir, en conjunto, 1,7 millones de m³.

El crecimiento observado en la industria basada en las plantaciones ha sido posible, obviamente, porque en décadas anteriores ya se había iniciado un gran esfuerzo nacional por recuperar los suelos erosionados que generó la actividad agrícola - ganadera en la primera mitad del siglo 20 entre las regiones Del Maule y de La Araucanía.

Las plantaciones de Pino radiata dominaron el escenario de la forestación hasta la década de los 90, con una participación de entre 70 y 80% de la nueva superficie anual de plantaciones. Sin embargo, desde el año 2000 la participación de la especie en la superficie forestada es menor al 50%, ya que ha sido desplazada por especies del género Eucalyptus como las preferidas para la reforestación de las áreas cosechadas y para la forestación de nuevas áreas.

La figura siguiente muestra cómo han evolucionado, en la última década, las tasas anuales de forestación y reforestación con Pino radiata, de acuerdo a las estadísticas de INFOR.

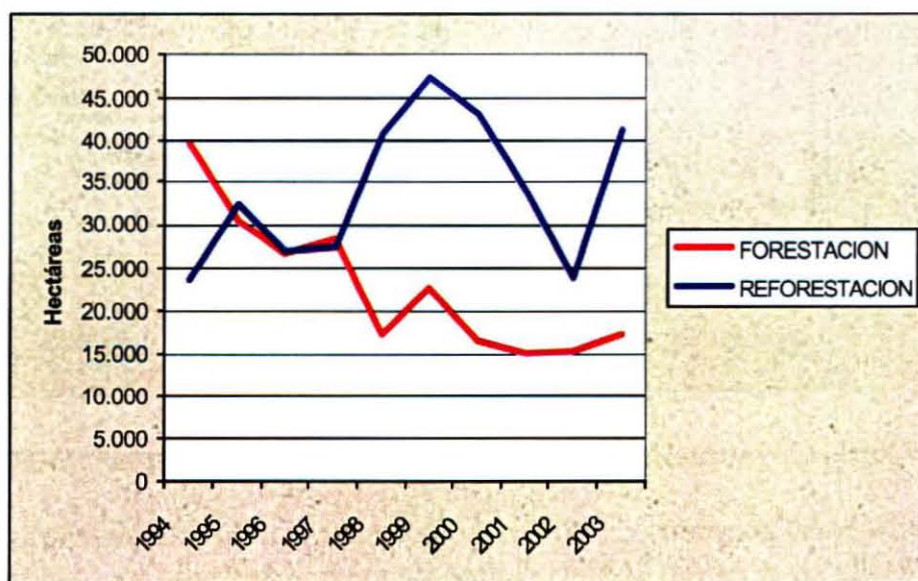


Figura 2. Forestación y reforestación anual, Pino radiata: 1994-2003 (INFOR, 2004)

Diversos factores han contribuido a la disminución de la forestación y a este cambio en la forestación y reforestación hacia especies de crecimiento más rápido que el Pino radiata. Entre los que pueden explicar esta disminución en la tasa anual de forestación con Pino radiata están: la difusión de tecnologías de establecimiento

para otras especies, los cambios en las disposiciones de fomento y normativas del D. L. 701, el costo de capital para distintos propietarios, las recientes incertidumbres sobre los derechos de propiedad así como las particulares características de los mercados para la madera de plantaciones.

- Las tecnologías de establecimiento para otras especies

En primer lugar, hay que destacar el impacto que ha tenido el desarrollo y adopción de **las tecnologías para el establecimiento** (selección genética, viverización, preparación del terreno, control de malezas y fertilización) de especies del género *Eucalyptus* (principalmente *globulus* y *nitens*). Durante la década de los 80 se inició el desarrollo continuo de mejores tecnologías de establecimiento para Pino radiata y, luego, estos conocimientos fueron adaptados para *Eucalyptus*, con lo cual esta especie de corta rotación pudo mostrar todo su potencial en los suelos donde puede competir con Pino radiata.

- Los cambios en los incentivos del D. L. 701

En segundo lugar, conviene considerar que las modificaciones al D. L. 701 en 1996 restringieron los **incentivos a la forestación** en suelos de aptitud forestal a los pequeños propietarios (según la Ley INDAP), en tanto los incentivos a la forestación para los propietarios no-pequeños (empresas y medianos propietarios) se definieron como posibles sólo en suelos frágiles o erosionados definidos, inicialmente, con criterios muy estrictos. Esta combinación de modificaciones en la Ley de Fomento Forestal (originalmente amplia en cuanto acogía a todo tipo de propietarios de suelos de aptitud forestal) implicó que, con la tecnología ya desarrollada, las especies favorecidas resultaron ser las del género *Eucalyptus*, por su corta rotación atractiva para pequeños propietarios.

Adicionalmente, una importante superficie de plantaciones de Pino radiata ha sido reforestada, luego de su cosecha, con especies del género *Eucalyptus*.

- El costo del capital para distintos propietarios

Por otro lado, el **costo de capital** para el propietario tiene un importante efecto al comparar especies con distintas tasas de crecimiento y, por ende, distintas edades de rotación. En este sentido tanto *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* tienen un especial atractivo, cualquiera sea el costo de capital para el propietario, pues permiten una más pronta recuperación del capital invertido, con o sin incentivo legal, aún cuando el costo de establecimiento sea entre 20 y 30% superior al de una plantación de Pino radiata.

- Incertidumbre en los derechos de propiedad

También contribuye a explicar los cambios estructurales que la forestación ha experimentado en los últimos años, la alteración que, desde mediados de los 90, muestra el estado de los **derechos de propiedad** principalmente en áreas de aptitud forestal de la Octava y de la Novena Regiones. Cabe destacar que el D. L. 701 del año 1974 incluía explícitamente una cláusula de inexpropiabilidad de los terrenos acogidos a esa Ley. Considerando el pasado reciente de entonces, esa cláusula fue el complemento perfecto al régimen de incentivos a la forestación. Hoy, en cambio, el nuevo DL 701 no incluye esa cláusula y el Estado no ha logrado resolver las disputas territoriales que plantean las etnias en esas áreas.

En este clima hay un desincentivo general a la inversión de largo plazo en plantaciones y, de existir tales inversiones, hay una preferencia por especies de más corta rotación, de tal forma de reducir incertidumbres en el plan de negocio.

- El mercado para los productos de las plantaciones

Finalmente, también hay que considerar las condiciones de mercado que, para los productos de sus plantaciones, enfrentan los propietarios. Por una parte, las grandes empresas que están integradas verticalmente, participan con sus productos elaborados, en mercados internacionales muy competitivos y, por lo tanto, orientan sus decisiones de inversión en nuevas plantaciones de acuerdo a las señales de tales mercados. Los pequeños y medianos propietarios de plantaciones de Pino radiata enfrentan un mercado dominado por las empresas nacionales en las trozas pulpables y con algo de competencia en las trozas aserrables. En cambio, los propietarios de plantaciones de Eucalyptus, cuyo mercado principal es el de la industria de la celulosa, tienen, además de la industria nacional, la alternativa de exportación al mercado japonés.

Un análisis al comportamiento de los propietarios podría determinar con cierta precisión el impacto relativo de cada factor mencionado en la disminución de la tasa de forestación con Pino radiata.

Con la incorporación de otras especies a la recuperación de suelos para la actividad forestal se ha ido logrando avances hacia la diversificación forestal, como objetivo de la política forestal. De estas nuevas especies, las del género *Eucalyptus* (particularmente *globulus*) han logrado crear la “masa crítica” necesaria para su aprovechamiento industrial y agregación de valor. Sin embargo, para lograr otro de los objetivos permanentes de política forestal, cual es la recuperación de suelos degradados o improductivos, se requiere de esfuerzos públicos y privados adicionales. En tal sentido, la especie Pino radiata ha demostrado ser efectiva en cuanto a impulsar la actividad económica en suelos de baja productividad para otros cultivos.

2. INVENTARIO Y SUPERFICIES

La actualización del inventario de plantaciones de Pino radiata se realiza con la colaboración de tres instituciones: CORMA, CONAF e INFOR. Éste constituye un acuerdo único a nivel mundial en el cual las principales empresas forestales, convocadas por CORMA, aportan íntegramente su información actualizada de los inventarios forestales, CONAF aporta la información registrada en la administración del D. L. 701 y los registros de incendios forestales. Por su parte INFOR compila y procesa la información de las empresas y complementa la de pequeños y medianos propietarios registrada en CONAF con campañas de terreno para verificar el estado de manejo de las plantaciones. El diagrama en la figura siguiente describe las etapas principales del procedimiento.

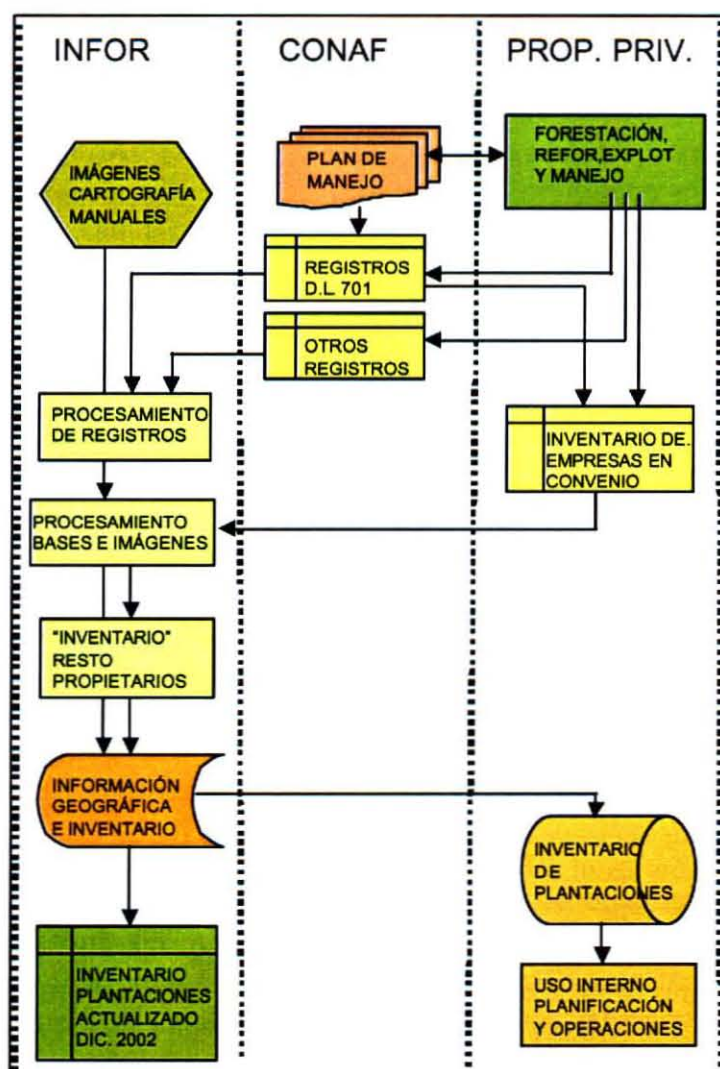


Figura 3. Procedimiento de coordinación en actualización del inventario

Esta coordinación entre instituciones promueve un uso eficiente de los escasos recursos públicos asignados al inventario de plantaciones; pero sin embargo, no logra aún niveles adecuados de precisión en el estado de las plantaciones de “terceros”.

El inventario actualizado de plantaciones de Pino radiata se estratifica de acuerdo a diferentes criterios, presentándose a continuación algunas de las características principales del estado actual de las plantaciones con esta especie.

La superficie por tipo de propietario y clase de edad, a diciembre de 2002 se muestra en el Cuadro 1, a continuación. La categoría “**empresas**” se refiere a las sociedades forestales que han suscrito un convenio de intercambio de información patrimonial sobre plantaciones de Pino radiata con CORMA e INFOR, estas compañías son: Forestal Arauco, Forestal Mininco, Bosques de Chile, Forestal Millalemu, Forestal Tornagaleones, Forestal Bio-Bio y Forestal Cementos Bio-Bio; la categoría “**medianos**” incluye sociedades y personas naturales cuya propiedad excede 200 hectáreas, cualquiera sea la Región en que se encuentren; y la categoría “**pequeños**” propietarios considera a los que no exceden esa superficie, buscando asimilar esta categoría a la definición en la Ley INDAP.

Cuadro 1. Superficie de Pino radiata por tipo de propietario y edad, 2002

Edad (años)	Tipo de propietario			Total (ha)
	Empresas (ha)	Medianos (ha)	Pequeños (ha)	
0 a 4	217.181	32.213	38.724	288.118
5 a 9	257.368	47.478	52.056	356.902
10 a 14	214.026	50.776	54.704	319.506
15 a 19	156.984	41.585	44.973	243.542
20 a 24	126.643	28.086	23.756	178.485
Mayor a 25	24.732	14.798	9.556	49.086
Total	996.934	214.936	223.769	1.435.639

La actualización del inventario de plantaciones de Pino radiata para el estudio de disponibilidad publicado en 1999 (INFOR, 1999, página 39), indicaba 1.486.511 hectáreas. Por lo tanto hay una disminución de 3,4% en la superficie en el período de 5 años transcurrido entre las actualizaciones para ambos estudios. Los posibles causas ya fueron explicadas en la sección anterior.

Al mismo tiempo, la propiedad de las plantaciones de Pino radiata en 1997 estaba concentrada en un 61% en las empresas, en tanto en 2002 esa cifra es del 70%.

La figura siguiente describe, comparativamente, las superficies por clase de edad para ambos inventarios.

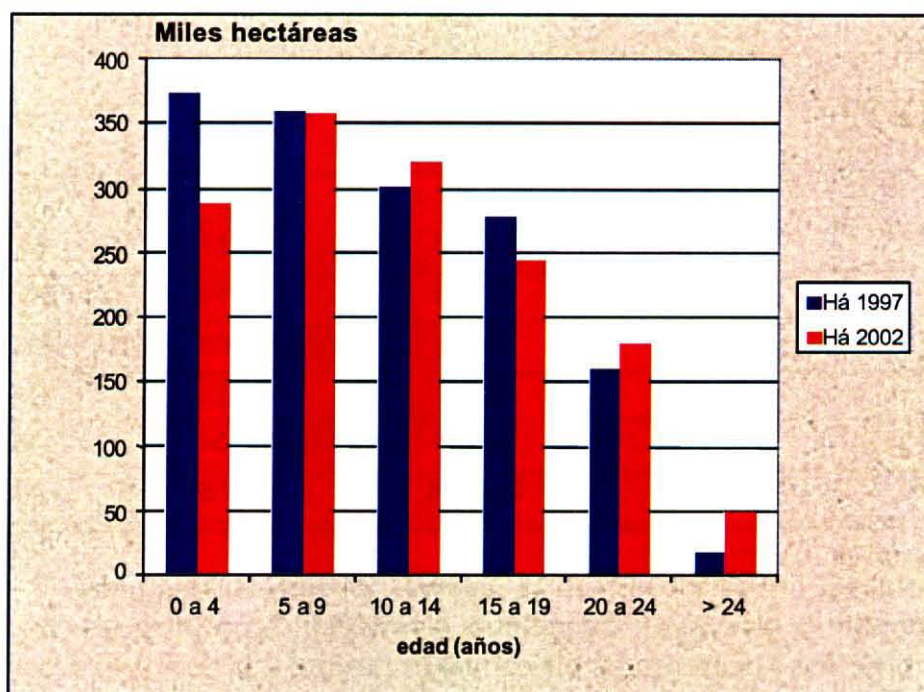


Figura 3. Superficie de Pino radiata: inventarios 1997 y 2002

De los estudios de disponibilidad futura de madera de Pino radiata, realizados periódicamente por INFOR desde 1973, éste es el primero en el cual la estructura de edades muestra que la clase de edad menor no es aquella con mayor superficie. Esto se debe, obviamente, a la baja en la forestación observada en los últimos años por los factores explicados en la sección anterior y se deberá reflejar, posteriormente, en las proyecciones de disponibilidad de largo plazo y las posibilidades de expansión de la industria a partir de esta especie.

También, llama la atención la importante superficie de edad igual o mayor a 25 años (casi 50 mil hectáreas comparada con las 17 mil hectáreas en el estudio anterior). Si bien esta superficie está correctamente registrada, persisten dudas respecto a su íntegra accesibilidad, así como acerca de su rendimiento por hectárea. Este aspecto es considerado en la modelación de rendimientos en este estudio.

En todo caso, es necesario destacar que el inventario al 2002 es más preciso que la actualización del 1997, al menos en cuanto a la superficie de las empresas en convenio, que representan dos tercios del total.

La distribución regional de las plantaciones de Pino radiata según tipo de propietario se entrega en el Cuadro siguiente.

Cuadro 2. Superficie de Pino radiata por Región y Tipo de Propietario (ha)

Región	Tipo de propietario			
	Empresas (ha)	Medianos (ha)	Pequeños (ha)	Total (ha)
V	0	9.556	5.626	15.182
VI	8.778	49.783	12.267	70.828
VII	219.770	58.525	70.019	348.314
VIII	478.624	52.851	75.980	607.455
IX	194.753	33.977	48.722	277.452
X	95.011	10.244	11.154	116.409
Total	996.935	214.936	223.768	1.435.639

Se observa en el cuadro que la superficie en las Regiones V y VI está principalmente en manos de los pequeños y medianos propietarios. En cambio, en las otras regiones las empresas en convenio dominan la propiedad con al menos dos tercios del total regional.

La figura siguiente ilustra la dispersión de la superficie plantada con la especie, concentrándose claramente en las Regiones VI a IX y norte de la X Región.

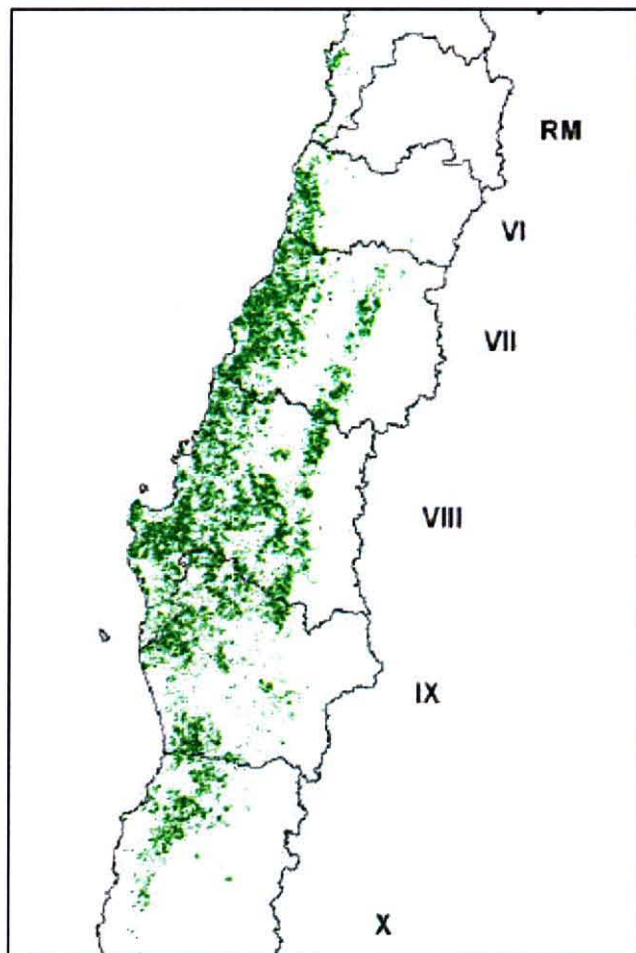


Figura 4. Dispersión geográfica de las plantaciones de Pino radiata.

En la figura se observa la concentración de las plantaciones en la Cordillera de la Costa de las Regiones Sexta a Novena, en los faldeos de la Cordillera de los Andes de las Regiones Séptima y Octava, y con una presencia importante en el valle central de la Octava Región. En el sur de la Novena Región y en el norte de la Décima, las plantaciones se concentran en la Cordillera de la Costa.

3. MANEJO Y RENDIMIENTOS DE LAS PLANTACIONES

El rendimiento en plantaciones de Pino radiata varía según sea la zona del país en la cual crece, así como con las tecnologías y esquemas de manejo que se utilicen en su cultivo. Además, el rendimiento se expresa cuantitativamente de acuerdo a los productos que la plantación entrega. Esta sección describe tales aspectos en la cuantificación del rendimiento.

- **Zonas de crecimiento o de productividad, y sitio**

En el rango geográfico en que se extienden las plantaciones de Pino radiata, los principales factores limitantes del crecimiento de la especie (los nutrientes en el suelo, la radiación solar y la disponibilidad de agua) se expresan con distinta intensidad.

Para estratificar la productividad del sitio, el Proyecto Modelo Nacional de Simulación de Pino radiata estableció en 1990, con el apoyo de especialistas, las **zonas de crecimiento** para la especie. Las zonas muestran distintos valores de área basal promedio a igual altura de los árboles y densidad del rodal, reflejando de esta forma el efecto de los factores limitantes en el crecimiento. Dentro de cada zona, el índice de sitio (altura de los 100 árboles más gruesos a los 20 años de edad) complementa la descripción de la productividad en volumen.

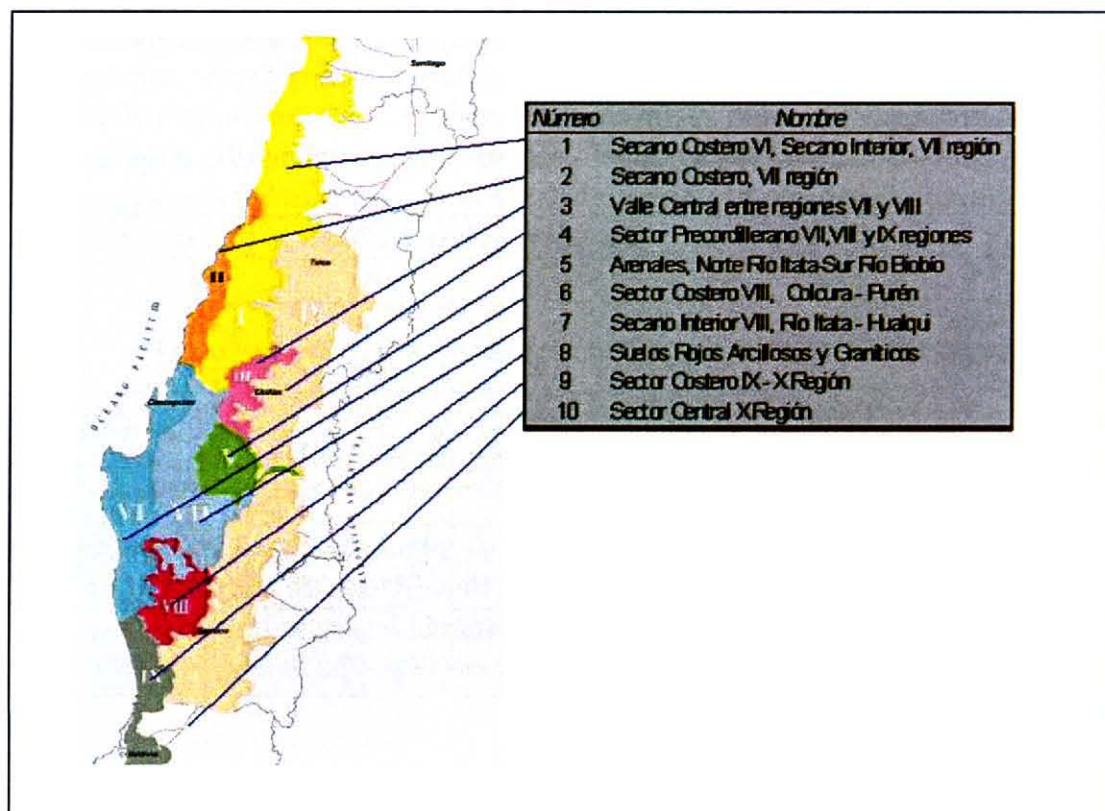


Figura 5. Zonas de crecimiento de Pino radiata

La Figura anterior describe la dispersión de diez zonas de crecimiento o productividad; sin embargo, en la práctica se utilizan siete zonas. Las zonas 3 y 8 no tenían, al momento de establecerse las zonas, suficientes plantaciones que aportasen información como para verificar empíricamente la hipótesis respecto a la relación entre existencias y factores limitantes del crecimiento. Como, en la actualidad, no existen funciones específicas de crecimiento para estas dos zonas, las plantaciones son asimiladas a las zonas vecinas, caso a caso, de acuerdo a su localización específica y proximidad a alguna de ellas. De cualquier forma, la superficie de plantaciones de Pino radiata en estos casos es de muy poca magnitud.

Las zona 9 (de suelos rojo - arcillosos) y 10 (de suelos trumaos) en la provincia de Valdivia muestran diferencias de crecimiento muy débiles como para elaborar modelos independientes de crecimiento y rendimientos y, por tanto, estas zonas se modelan como una sola. En este estudio se reportan como la zona 9 o zona 9-10.

Teniendo en cuenta las características de cada zona, se utilizaron los siguientes valores de área basal (m^2/ha) a los 4 años para los distintos sitios en cada zona. Las clases de sitio corresponden a: sitio clase 1: 31 m^2/ha ; sitio clase 2: 29 m^2/ha ; sitio clase

3: 26 m y sitio clase 4: 23 m. Cabe destacar que la zona 5 no presenta superficie en sitios clase 1.

Cuadro 3. Área basal inicial por zona de crecimiento y sitio (m²/ha a los 4 años)

Sitio	Zona de crecimiento						
	1	2	4	5	6	7	9-10
1	4,66	5,00	5,40	0	5,40	4,82	5,00
2	3,36	3,61	3,90	3,48	3,90	3,48	3,61
3	1,98	2,13	2,30	2,05	2,30	2,05	2,13
4	1,72	1,85	2,00	1,79	2,00	1,79	1,85

Para todas las zonas se consideró una densidad de plantación de 1.100 árboles por hectárea. Aun cuando en la práctica se observan densidades de plantación de 1.100 a 1600 árboles por hectárea, se optó por el valor señalado por la baja incidencia que tiene esta variable en los rendimientos. Su impacto está, claramente, en los costos de establecimiento.

De acuerdo a las categorías descritas, la superficie de plantaciones por zona de crecimiento e índice de sitio se muestra en el cuadro siguiente. También se entregan los sitios medios que resultan en este estudio y, los sitios medios que se estimaron para el estudio anterior. Se observa que, aunque obtenidos con distintas metodologías, los sitios medios son similares y las diferencias se explican por la mayor precisión del inventario actual. El sitio medio ponderado general en este estudio es ligeramente inferior al del estudio anterior.

Cuadro 4. Superficies por zona y sitio, y sitio medio en Estudios 1999 y 2004 (ha)

Zona	Índice de sitio (m)				Total	Sitio medio (m)	
	31	29	26	23		2004	1999
1	16.045	26.528	140.382	147.106	330.061	25,1	26,9
2	16.644	12.756	60.226	6.396	96.022	27,1	27,9
4	67.298	119.920	29.343	28.102	244.662	28,5	29,2
5	3.707	6.303	30.883	59.068	99.961	24,6	25,9
6	88.232	107.420	23.917	14.630	234.199	29,1	29
7	47.289	90.610	134.016	14.089	286.003	27,6	27,5
9	13.429	57.003	64.302	9.997	144.732	27,4	27,2
	252.643	420.540	483.069	279.388	1.435.639		

El análisis de los distintos esquemas de manejo, aplicados por empresas y otros propietarios, reveló que el patrimonio puede ser clasificado en ocho grandes grupos de esquemas, de acuerdo a si tienen raleos o no, y de acuerdo a la presencia de podas y la altura de éstas. Así mismo, los rodales con poda oportuna pueden ser desagregados según la densidad final del rodal. El siguiente cuadro describe las variables con que se especifican los esquemas:

Cuadro 5. Parámetros para prescripción de esquemas de manejo

esquema de manejo	codigo	Poda 1				Poda 2				Poda 3				Raleo desecho			Raleo comercial		
		Hdom	Hpoda (%)	Nha pod	d/D	Hdom	Hpoda (%)	Nha pod	d/D	Hdom	Hpoda (m)	Nha pod	d/D	Hdom	Nha resid	d/D	Hdom	Nha resid	d/D
sin manejo	1																		
1 raleo, dens final 500-800	2																16	650	0,9
2 raleos, dens final < 500	3													7	700	0,9	17	450	0,9
podas tardías	4	12	50	450	1,1									12	650	0,9	18	450	0,9
poda baja, densidad baja	5	7	40	600	1,1	9	50	300	1,1					7	600	0,9	16	250	0,9
poda alta, densidad baja	6	7	40	600	1,1	9	45	300	1,1	11,5	5,2	300	1,1	7	600	0,9	16	250	0,9
poda baja, densidad actual	7	7	30	600	1,1	9	50	400	1,1					7	600	0,9	17	400	0,9
poda alta, densidad actual	8	7	30	600	1,1	9	40	400	1,1	11,5	5,2	400	1,1	7	600	0,9	17	400	0,9

Los esquemas de manejo se han estratificado en tres categorías según el producto (o troza) “objetivo” del esquema:

- **Pulpable:** se refiere al esquema 1, sin raleos ni podas. Su objetivo es aprovechar el sitio en productos pulpables.
- **Aserrable:** se refiere a los esquemas 2 y 3 los que tienen sólo raleo. Su propósito es generar trozas principalmente aserrables, y
- **Poda:** que incluye los esquemas 4 a 8, los que varían según la altura de poda y la densidad final del rodal. Al esquema 4, de dos podas tardías, también se le reporta como “multipropósito”.

Con tal definición de esquemas de manejo, las superficies por propietario y esquema de manejo son las siguientes:

Cuadro 6. Superficies por tipo de propietario y esquema de manejo (ha)

Esq. Manejo	Tipo de propietario			Total
	Empresas	Medianos	Pequeños	
1	90.042	91.546	113.577	295.165
2	170.118	83.260	78.336	331.714
3	46.071	3.999	485	50.555
4	104.766	3.045	27.285	135.096
5	5.679	82	78	5.839
6	20.093	98	47	20.238
7	215.065	30.726	2.405	248.196
8	345.101	2.180	1.556	348.836
Total	996.935	214.936	223.769	1.435.639

Los esquemas 1 (sin manejo), 2 (con un raleo), 4 (con podas tardías), 7 (con poda baja y densidad final de 400 árboles por ha) y 8 (poda alta con densidad final de 400 árboles por ha) concentran el 95% de la superficie. Los esquemas de manejo 5 y 6 (podas con baja densidad final) fueron utilizados en los años 80 pero gradualmente se abandonó su práctica favoreciendo mayores densidades finales.

Utilizando la agrupación de esquemas de manejo descrita anteriormente, la superficie por clase de edad es la siguiente.

Cuadro 7. Superficie por esquema de manejo según clase de edad (ha)

Edad	Esquema de manejo			Total
	Aserrable	Poda	Pulpable	
0 a 4	74.060	191.694	22.364	288.118
5 a 9	129.896	185.356	41.650	356.902
10 a 14	116.124	155.817	47.565	319.506
15 a 19	34.583	109.984	98.975	243.543
20 a 24	21.510	99.619	57.356	178.485
Mayor a 25	6.095	15.736	27.256	49.087
Total	382.269	758.205	295.165	1.435.639

El esquema de manejo “**poda**” ha aumentado su participación respecto del total por clase de edad a medida que se ha consolidado la tecnología silvícola y mejoran las expectativas de mercado para su producto principal: las trozas libres de nudos.

El estudio de disponibilidad anterior, a diciembre de 1997, mostraba, una superficie de 486 mil hectáreas en el régimen **aserrable** (uno o dos raleos), 765 mil hectáreas en los esquemas que consideran podas, y 235 mil hectáreas en el esquema **pulpable**. La especialización de esquemas de manejo según calidad de sitio y localización ha llevado a una disminución de la superficie destinada a producir trozas aserrables, aumentar la superficie dedicada al esquema pulpable y a mantener casi sin variación la superficie sometida a regímenes de poda.

El Anexo 2 entrega, para cada Región, la superficie de plantaciones de Pino radiata, por edad y tipo de esquema de manejo: pulpable, aserrable, multipropósito y poda.

Para la cuantificación de los rendimientos en plantaciones se definieron los productos de acuerdo a las dimensiones estándar en que son comercializados. El cuadro siguiente describe los productos y sus dimensiones.

Cuadro 8. Definición de productos: podados, aserrables y pulpable

Código	Producto	Diámetro mínimo (cm)	largo (m)	Esquemas
1	PC 32	32	4,1	5 y 7
2	PT 32	32	2,7	4, 5, 6, 7 y 8
3	PC 28	28	4,1	5 y 7
5	As 32	32	4,1	Todos
6	As 28	28	4,1	Todos
7	As 24	24	4,1	Todos
8	As 20	20	4,1	Todos
9	As 16	16	4,1	Todos
10	PULP	8	2,44	Todos
11	PL 32	32	5	4, 6 y 8
12	PL 28	28	5	4, 6 y 8

Nota: PC: Podado Corto, PT : Podado Torno, As: Aserrable, PL: Podado Largo.

El diámetro límite de utilización es de 8 cm.

En análisis preliminares de este estudio se reconocieron las trozas podadas de 24 cm. En largos de 4,1 y 5 m. (productos código 4 y 13 respectivamente), sin embargo se desechó su inclusión en los reportes finales debido a que, comercialmente, se asimilan a la troza aserrable de 24 cm.

Las proyecciones de crecimiento y rendimiento fueron realizadas con la **versión 5.4** del simulador **RADIATA** en poder de las empresas en convenio.

En la sección 6, sobre “disponibilidad en planta”, los volúmenes podados provenientes de plantaciones a las que se les ha aplicado el esquema de manejo 4, o de podas tardías, se reportan como volumen “multipropósito”.

El cuadro siguiente describe los IMA (incremento medio anual) correspondientes a los principales esquemas de manejo. Se ha escogido sólo los esquemas 1 (pulpable), 2 (un raleo, producto aserrable) y 8 (dos raleos, tres podas y densidad final de 400 árboles por hectárea) pues representan casi 2/3 de la superficie. Las edades de rotación para el cálculo de los IMA son las siguientes: esquema 1 edad 20 años; esquemas 2 y 3, edad 22 años y esquemas 4 al 8, edad 24 años. Los IMA incluyen el volumen de los raleos.

Cuadro 9. IMA por esquema de manejo y sitio medio por zona de crecimiento

Zona de crecimiento	IMA por esquema de manejo (m ³ /ha/año)			Sitio medio (m)
	1	2	8	
1	18,4	17,6	16,2	25,2
2	21,6	20,6	17,9	27,1
4	27,2	24,9	20,5	28,5
5	14,9	14,0	12,1	24,6
6	28,5	27,9	23,0	29,1
7	20,0	19,3	17,6	27,6
9 y 10	23,7	22,4	19,4	27,4

El Anexo 3 entrega los IMA, por sitio y cada esquema de manejo para todas las zonas.

Con el propósito de ilustrar los rendimientos, entre los 18 y los 30 años, en estos tres esquemas de manejo, a continuación se entrega a continuación las figuras correspondientes a la zona 7 en sitio 2.

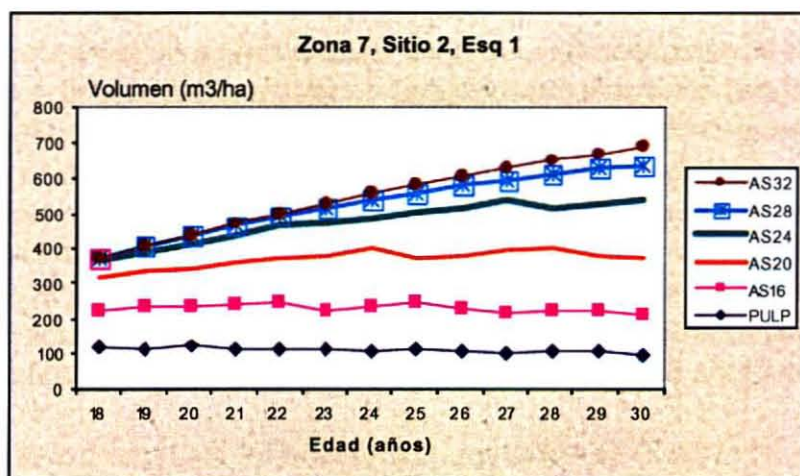


Figura 6. Rendimientos Zona 7, sitio 2 y manejo 1 (sin raleos ni podas)

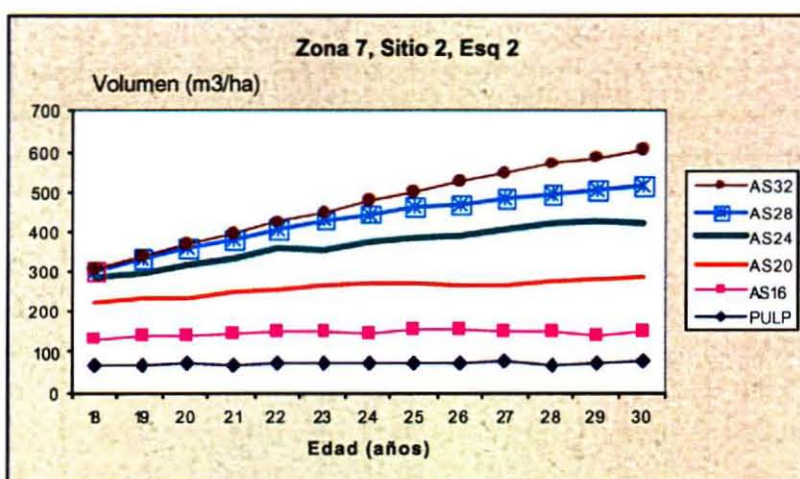


Figura 7. Rendimientos Zona 7, sitio 2 y manejo 2 (un raleo)

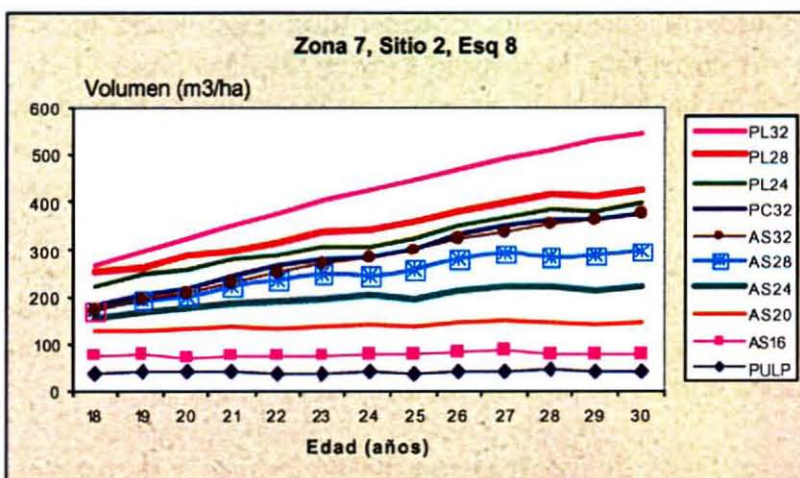


Figura 8. Rendimientos Zona 7, sitio 2 y manejo 8 (poda alta, densidad final 400 árboles/ha)

Las figuras 6 a 8 corresponden a tablas de rendimiento que se obtienen con el simulador Radiata, las que están basadas en las proyecciones de crecimiento que generan funciones de variables agregadas de rodal (área basal, altura de árboles dominantes, mortalidad, copa). Al momento de la cosecha estas variables permiten, por desagregación, obtener la tabla de rodal, la altura de los árboles en cada clase de diámetro y, si los hubiere, los atributos de poda en cada clase. Sobre esta tabla de rodal un simulador de trozado “recorre” las clases, y, utilizando una función de ahusamiento, obtiene de cada una de ellas los distintos tipos de trozas de acuerdo a una lista priorizada de productos definidos por el analista.

Para el sitio medio (2 a 3) se obtienen, por producto, los porcentajes que el cuadro siguiente indica.

Cuadro 10. Productos en pie a edad de cosecha según simulador Radiata

Producto	Proporción de producto por esquema de manejo							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pod32	0,00	0,00	0,00	0,19	0,29	0,34	0,22	0,24
Pod28	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,02	0,04	0,05
As32	0,02	0,07	0,17	0,05	0,20	0,14	0,09	0,06
As28	0,07	0,15	0,20	0,11	0,15	0,15	0,14	0,13
As24	0,18	0,22	0,22	0,22	0,13	0,14	0,19	0,20
As20	0,26	0,23	0,19	0,17	0,09	0,09	0,14	0,14
As16	0,24	0,18	0,11	0,11	0,06	0,06	0,09	0,09
Pulp	0,23	0,16	0,10	0,10	0,06	0,06	0,08	0,08
TOTAL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Este procedimiento de simulación entrega una cuantificación de los distintos productos que no considera la degradación y desclasificación de trozas que se produce y detecta en las faenas de cosecha. En la sección 5 de este estudio, como en los anteriores, se entregan los volúmenes de acuerdo a como se obtienen del simulador. Es decir, en pie y sin considerar la desclasificación a trozas pulpables.

La desclasificación de trozas aserrables o podadas a pulpables ocurre y se detecta en la cosecha. Los factores de degradación son empíricos y su detalle se entrega en la sección 6, con los cuales se construyen las estimaciones para el volumen “puesto en planta”, es decir considerando los factores de degradación.

Una revisión de las bases de información del inventario y de información empírica de inventarios reveló que las plantaciones anteriores al año 1985, registradas como podadas, tienen un rendimiento efectivo de volumen podado un 50% menor que el de las plantaciones establecidas posteriormente. Esto es debido a la deficiente técnica de poda utilizada entonces, la cual no está reflejada en los rendimientos

que entrega el simulador para tales esquemas de manejo, rendimientos que corresponden a plantaciones posteriores a ese año. Por lo tanto, los rendimientos de volumen podado en los esquemas de manejo 4 a 8 de plantaciones anteriores al año 1985, son un 50% menor a los de plantaciones establecidas después de ese año. La diferencia se reporta como volumen aserrable en la categoría de diámetro de troza correspondiente.

4. MODELO DE PROYECCIÓN Y SUPUESTOS

4.1 Modelo de proyección

Para las estimaciones de oferta en pie de madera de plantaciones de Pino radiata se utiliza un modelo de programación matemática que maximiza la oferta física de madera en pie, satisfaciendo restricciones de edades de cosecha según propietario y esquema de manejo, restricciones sobre las características del flujo de maderas (por ejemplo, no decreciente en algunos productos), y de inventario final que garantice la sustentabilidad física de la oferta en los últimos años del horizonte de proyección.

Los datos para la proyección son el inventario actualizado de plantaciones y las tablas de rendimiento asociadas a cada una de las situaciones posibles de cosecha (edades de corta, esquemas de manejo). Además de los datos que conforman la base de la proyección, el Modelo utiliza una serie de parámetros que configuran los escenarios de proyección, tales como los tipos de producto, esquemas de manejo actuales y futuros, rendimientos actuales y futuros, factores de pérdida por plagas e incendios, estructura de edades proyectada para el inventario final y supuestos sobre los niveles de forestación.

La Figura siguiente describe la relación de las fuentes de información.

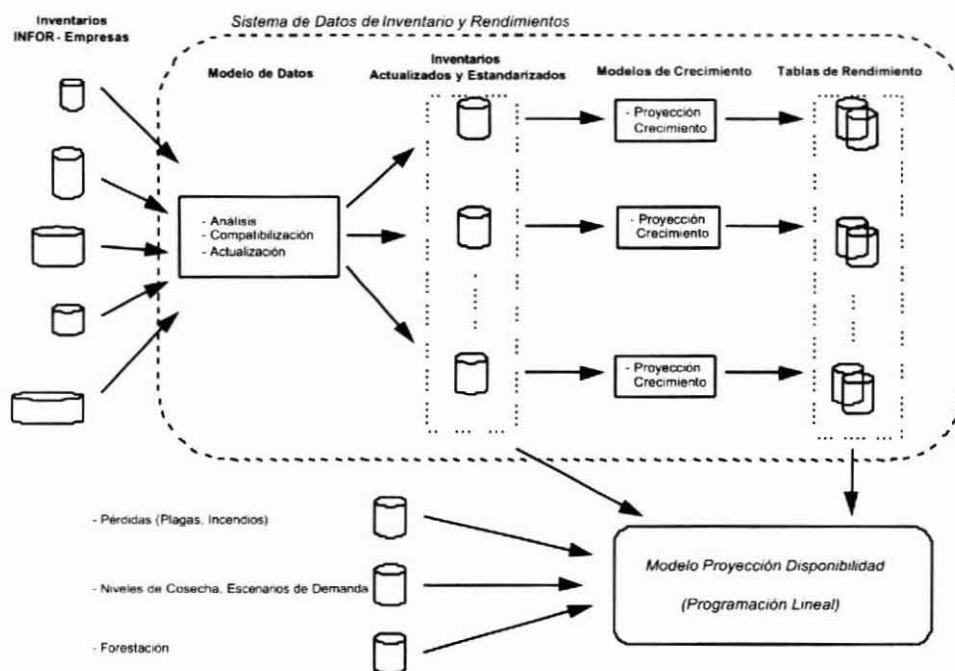


Figura 9. Fuentes de información del Modelo de Oferta

El conjunto de restricciones definidas para el modelo es el siguiente:

- La superficie de plantaciones disponible es la definida por el inventario, más la definida por las intenciones de forestación por parte de las empresas participantes.
- Para los escenarios especiales, se evaluó el impacto, en la oferta de madera, de agregar superficie forestable los primeros 9 años del horizonte de planificación.
- El volumen obtenido por corta final y raleos está determinado por las tablas de rendimiento, sujeto a las correcciones correspondientes a los parámetros de mejoras en las técnicas de establecimiento, y de pérdidas por cosecha, plagas e incendios.
- La solución debe satisfacer la restricción de oferta total de madera no decreciente en el horizonte de análisis para los productos que se defina.
- Se especifica una estructura deseada para el inventario final, de modo de contar con una cota inferior de superficie por cada esquema de manejo, en cada clase de edad desde cero hasta la edad máxima de cosecha. Esta estructura de inventario final permite garantizar que la oferta posterior al horizonte de proyección será sustentable.

La Figura siguiente muestra las etapas en la ejecución del Modelo de Oferta, destacando como procesos principales la generación de la matriz del Modelo, el análisis de la solución (generación de informes de salida) y la redefinición de los escenarios de proyección a fin de obtener nuevas soluciones.

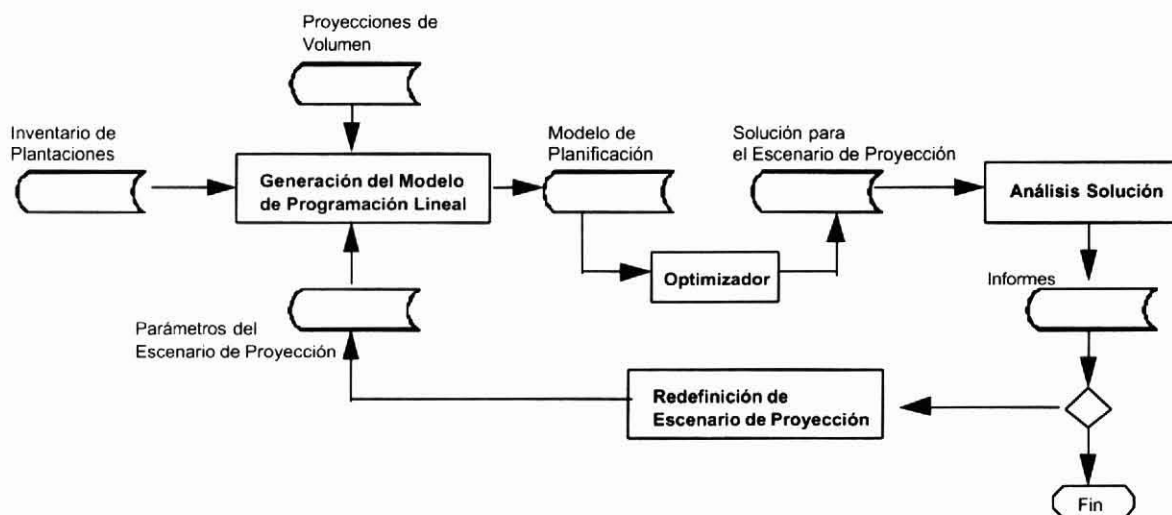


Figura 10. Diagrama de bloques del Modelo de Oferta

La formulación matemática del modelo de programación lineal correspondiente al Modelo de Oferta, se describe en el Anexo 4.

4.2 Supuestos

A continuación se describen los principales supuestos y parámetros utilizados para las proyecciones.

- **Forestación**

Como escenario base se asumió que se mantiene, hasta el año 2011 (año en que expira el DL 701) la forestación observada en los últimos años, de 15 mil hectáreas anuales, con esta superficie distribuida en tercios entre empresas, medianos y pequeños propietarios. Como escenario alternativo se utilizó una tasa de forestación de 30 mil hectáreas anuales, también distribuida en tercios entre los tres tipos de propietario.

Los cuadros siguientes muestran los supuestos de distribución espacial de la forestación por tipo de propietario.

Cuadro 11. Pequeños y medianos propietarios. Forestación por Región y Zona

	% de Total	Distribución porcentual en zonas de cada Región							
Región		zona 1	zona 2	zona 4	zona 5	zona 6	zona 7	zona 9	Tot.
Quinta	1	100							100
Sexta	8	100							100
Séptima	40	40	60						100
Octava	23		20	20	10	20	30		100
Novena	23			20			80		100
Décima	5							100	100
	100								

Cuadro 12. Empresas. Forestación por Región y Zona

Región	% de Total	Distribución porcentual en zonas de cada Región							Tot.
		zona 1	zona 2	zona 4	zona 5	zona 6	zona 7	zona 9	
Quinta	0								
Sexta	0								
Séptima	15	40	60						100
Octava	40		20	20	10	20	30		100
Novena	30			20			80		100
Décima	15							100	100
	100								

- Sustitución por *Eucalyptus***

En las reforestaciones de los últimos años se ha detectado diferentes tasas de sustitución por *Eucalyptus* en los rodales cosechados de Pino radiata. Aún cuando las empresas también han sustituido en años recientes, se acordó que se modele esta materia sólo para las plantaciones de los pequeños y medianos propietarios, de acuerdo a las tasas observadas en los tres últimos años y para el período 2003 a 2008. Se asume que las condiciones de mercado harán disminuir este hecho.

Cuadro 13. Sustitución en pequeños y medianos propietarios, por Región y Zona, período 2003 a 2008

Región	% en Región	Distribución % en zonas de crecimiento de cada Región							Tot.
		zona 1	zona 2	zona 4	zona 5	zona 6	zona 7	zona 9	
Quinta	15	100							100
Sexta	5	100							100
Séptima	2	60	40						100
Octava	6		5	5	0	40	50		100
Novena	15			40			60		100
Décima	20							100	100

- Incendios**

Se acordó considerar una pérdida promedio anual por efecto de incendios equivalente al promedio observado en los últimos 10 años, incluyendo los años en que se han producido situaciones catastróficas. Esto da un promedio anual de 8 mil

hectáreas de acuerdo a bs valores desagregados por Región y clase de edad que muestra el cuadro siguiente.

Cuadro 14. Ocurrencia de incendios forestales en plantaciones de Pino radiata. Superficie anual según clase de edad y Región (ha)

Región	Clase de edad			Total
	0 a 10	11 a 17	18 y más	
5	103	87	87	277
6	182	108	108	398
7	286	254	416	956
8	1.190	2.826	1.210	5.226
9	398	513	191	1.102
10	85	11	3	99
Total	2.244	3.799	2.015	8.058

Se asume que el aprovechamiento en plantaciones incendiadas de 10 años de edad o menos es nulo. En las de más edad, se pierde totalmente el volumen pulpable, aprovechándose sólo el volumen aserrable.

- **Pérdidas por cosecha**

Se estima una pérdida media por cosecha igual a 3% para cualquier tipo de propietario.

Durante la cosecha también hay una desclasificación o degradación de trozas aserrables y podadas a trozas pulpables, debido a quebraduras en el volteo o a defectos no considerados en el simulador Radiata, el cual predice volúmenes en pie. Esta degradación no está considerada en la estimación de disponibilidad de volúmenes en pie, pero sí se la considera (en la sección 6) en la estimación de volúmenes “en planta”.

- **Pérdidas por ataque de polilla del brote**

De acuerdo a lo observado por las empresas en años recientes, se asume pérdida solo en esquema 1 (sin manejo), en un porcentaje del volumen total de acuerdo a la siguiente tabla. En general el problema de polilla del brote no causaría daño en las nuevas plantaciones desde la Región 8 al sur.

Cuadro 15. Pérdidas en volumen según región y tipo de rodal

	Rodales actuales	Rodales futuros
Regiones V, VI y VII	5%	3%
Regiones VIII, IX y X	3%	0%

Por “rodal actual” se entiende aquellos ya establecidos a diciembre del 2002, en tanto “rodal futuro” se refiere a los plantados desde esa fecha.

- **Efecto de silvicultura y genética**

En el escenario base se asume que la ganancia por este concepto, para los bosques plantados desde el año 1997, se considera 15, 10 y 5% para plantaciones de empresas, medianos y pequeños propietarios, respectivamente. En un escenario alternativo y optimista estos porcentajes son, respectivamente, 25, 15 y 10% para las plantaciones hechas desde el año 2003, inclusive. Al igual que en el caso del escenario alternativo para la tasa de forestación, los resultados de este escenario son entregados en la sección siguiente.

- **Edades de cosecha**

En un modelo de proyección de la oferta que opera bajo los principios de la programación lineal, maximizando la oferta física total durante el horizonte de planificación, los rangos de edades de cosecha para los distintos esquemas de manejo y tipo de propietarios tienen gran importancia, ya que permiten emular el comportamiento de los agentes económicos propietarios de las plantaciones.

Cuadro 16. Rangos de edades de cosechas según esquema de manejo y propietario (años)

Tipo de Manejo	Empresas	Otros
Pulpable	18 – 21	18 – 20
Aserrables	20 – 23	19 – 21
Podados	24 – 26	21 – 23

Debido a la acumulación de inventario mayor a 24 años, como lo muestra el Cuadro 1, estos rangos son más amplios (hasta 3 años mayor) para los rodales que se cosechan al comienzo del horizonte, es decir, aquellos rodales plantados el año 83 o antes. Así mismo, en la modelación el rendimiento máximo que puede alcanzar una plantación madura es el que entrega el simulador a los 27 años.

5. DISPONIBILIDAD EN PIE

La evaluación del potencial físico del patrimonio nacional de plantaciones de Pino radiata se lleva a cabo considerando distintos aspectos biológicos, tecnológicos y de política. Con tal propósito se consideraron los siguientes escenarios de oferta o disponibilidad para las próximas tres décadas:

- **Escenario A o Base:** en este análisis el inventario satisface el vector de demanda para el período 2003-2010 y, a partir de entonces, es flujo no decreciente (FND) el volumen total, así como el volumen podado más el aserrable de las empresas.
- **Escenario B o Base más Forestación de 30 mil ha:** en este escenario se evalúa, adicionalmente al Base, el impacto de largo plazo de un esfuerzo de forestación adicional que duplique la tasa actual de forestación llegando a 30 mil hectáreas anuales hasta el año 2011, en que expira el DL 701 de incentivos a la forestación.
- **Escenario C o Base más mayor ganancia silvícola desde 2003:** en éste se evalúa, adicionalmente al Base, el impacto que tendría el efecto silvícola y genético en las plantaciones desde el año 2003, en el evento que todas las plantaciones de las empresas captasen un 25% de mayor volumen, las de medianos propietarios un 20% y las de pequeños propietarios un 10%, respecto a los rendimientos actuales.
- **Escenario D o Libre:** el inventario es cosechado a medida que alcanza su madurez biológica, sin restricciones más que el nivel de cosecha observado el año 0, es decir en el 2003 y que alcanzó a 22,09 millones de m³. Este escenario permite conocer cómo fluctuaría la oferta de no haber restricciones o compromisos de abastecimiento industrial.
- **Escenario E o de FND en el aserrable más el podado:** el inventario es cosechado sujeto a que el volumen total de trozas aserrables más podadas sea no decreciente durante el horizonte, partiendo con una cosecha total el año 2003 igual a lo observado ese año. Este escenario de oferta es uno clásico en los estudios de oferta a nivel regional o nacional.

Para los tres primeros escenarios se requiere del vector de demanda industrial en el período 2003 a 2010, el cual representa las proyecciones de inversión industrial de las principales empresas. Para la deducción de este vector se utilizaron dos fuentes: las proyecciones de CORMA respecto al consumo de madera aserrable y fibra pulpable en las empresas en convenio y las estadísticas oficiales de consumo de trozas de Pino radiata en el año 2003 (INFOR, 2004).

El cuadro siguiente entrega las cifras de consumo previsto por CORMA para las empresas en convenio (señaladas en página 9).

Cuadro 17. Proyección CORMA de consumo industrial Pino radiata, 2003-2010 (m³)

Año	Aserrables	Pulpables y Astillas
2003	7.518.000	11.076.356
2004	8.091.000	13.022.356
2005	9.236.000	14.053.356
2006	10.562.000	14.220.183
2007	11.169.000	15.891.183
2008	11.846.000	16.696.183
2009	12.266.000	16.996.183
2010	12.386.000	16.996.183

Como los consumos del año 2003 están ya ejecutados, se utilizaron las estadísticas señaladas de INFOR para “despejar” el consumo de astillas y establecer los parámetros para las proyecciones de consumo de madera en trozas. Las cifras de consumo 2003 se entregan en el cuadro siguiente:

Cuadro 18. Consumo industrial trozas Pino radiata 2003 (m³)

Industria	
pulpa	6.806.992
madera saserrada	13.143.742
tableros fibra y partículas	297.223
tableros chapas y contrachapado	1.028.298
aserrable exportación	25.043
pulpable exportación	147.954
astillas	229.381
cajones	229.598
postes	76.600
polines	102.710
Total	22.087.541

Con la información de los cuadros anteriores se “cuadró” el año 2003 desagregando el consumo nacional según industria destino y según “empresas en convenio” y “otras empresas”, como lo muestra la figura siguiente

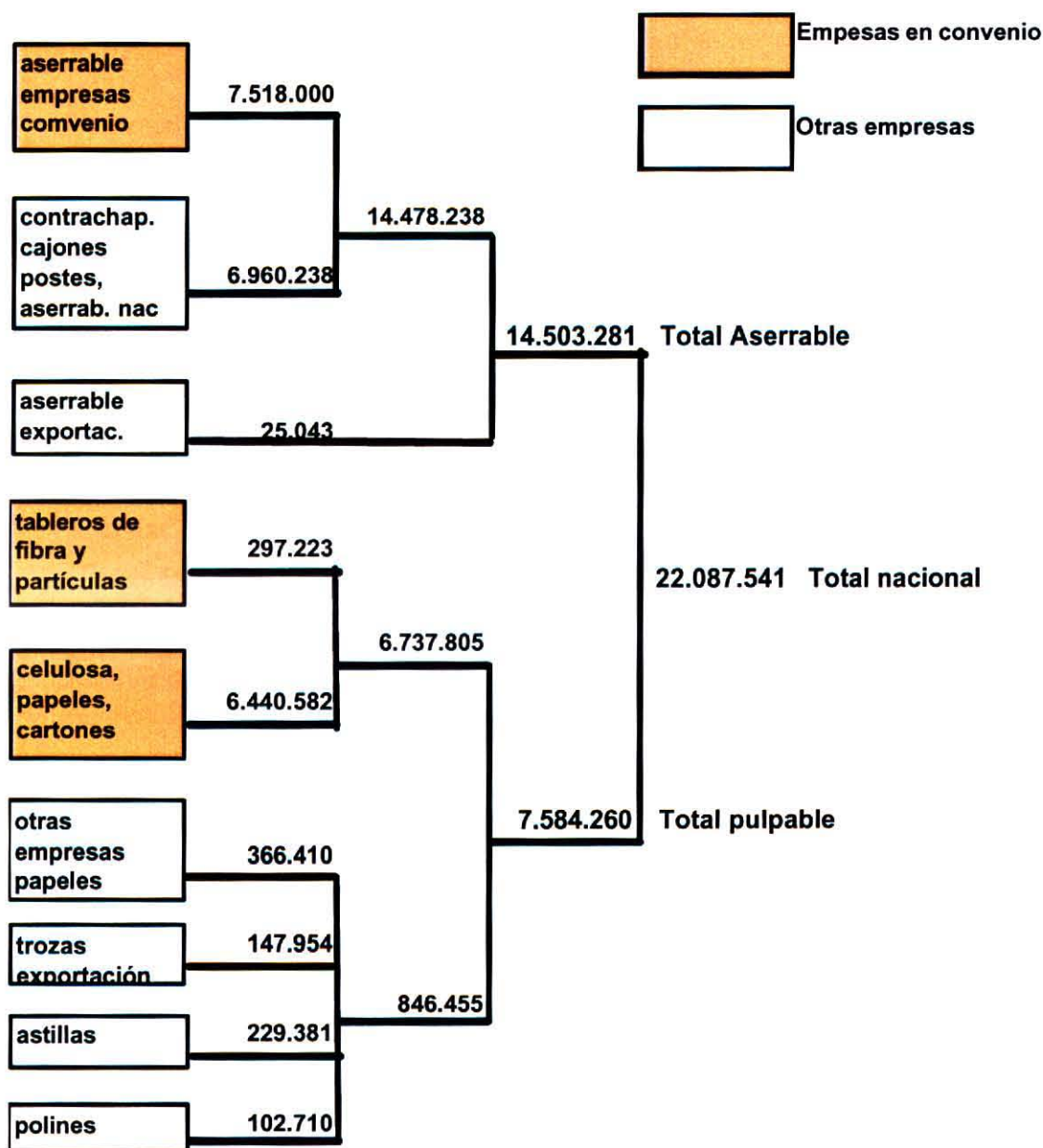


Figura 11. Consumo de Pino radiata en año 2003 según industria (m³)

La demanda industrial de trozas aserrables y pulpables se proyectó de acuerdo a las variaciones anuales del vector informado por CORMA para las empresas en convenio, asumiendo que el resto de la industria tendrá un consumo constante al

mismo nivel del año 2003. El resultado de la proyección de demanda por trozas de Pino radiata se entrega en el cuadro siguiente.

Cuadro19. Proyección de consumo de trozas de Pino radiata 2003-2010 (m³)

año	Tr. Aserrables	Tr. Pulpables	Total
2003	14.503.281	7.584.260	22.087.541
2004	15.076.281	9.395.940	24.472.221
2005	16.221.281	10.083.440	26.304.721
2006	17.547.281	9.852.467	27.399.748
2007	18.154.281	11.341.367	29.495.648
2008	18.831.281	11.943.267	30.774.548
2009	19.251.281	12.117.267	31.368.548
2010	19.371.281	12.081.267	31.452.548

Como se observa en la figura siguiente la expansión de la demanda de trozas contemplada por la industria es algo superior al ritmo de crecimiento que ha tenido el sector en las últimas décadas.

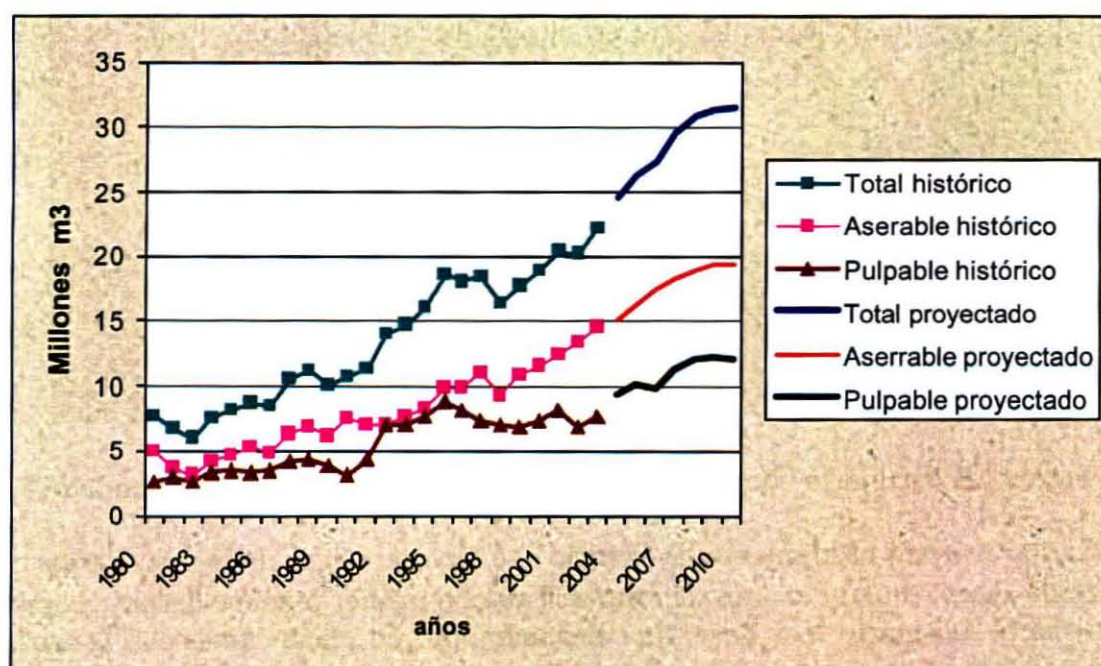


Figura 12. Pino radiata, consumo histórico (1980-2003) y proyección 2004-2010

Considerando que la formación de nuevo patrimonio de plantaciones de Pino radiata ha decrecido en las últimas décadas, este incremento de la demanda para los próximos años puede significar que se alcance pronto el potencial de crecimiento de la industria basada en las plantaciones de esta especie.

La figura y cuadro siguientes ilustran y entregan las cifras de oferta potencial a partir de las existencias actuales de Pino radiata y considerando los rendimientos y supuestos de manejo descritos en las secciones anteriores. En primer lugar se entregan los escenarios **A o Base**, **D o Libre** y **E o de FND en aserrable más podado**. Los resultados detallados para cada uno de los escenarios se entregan en los Anexos 5 al 9.

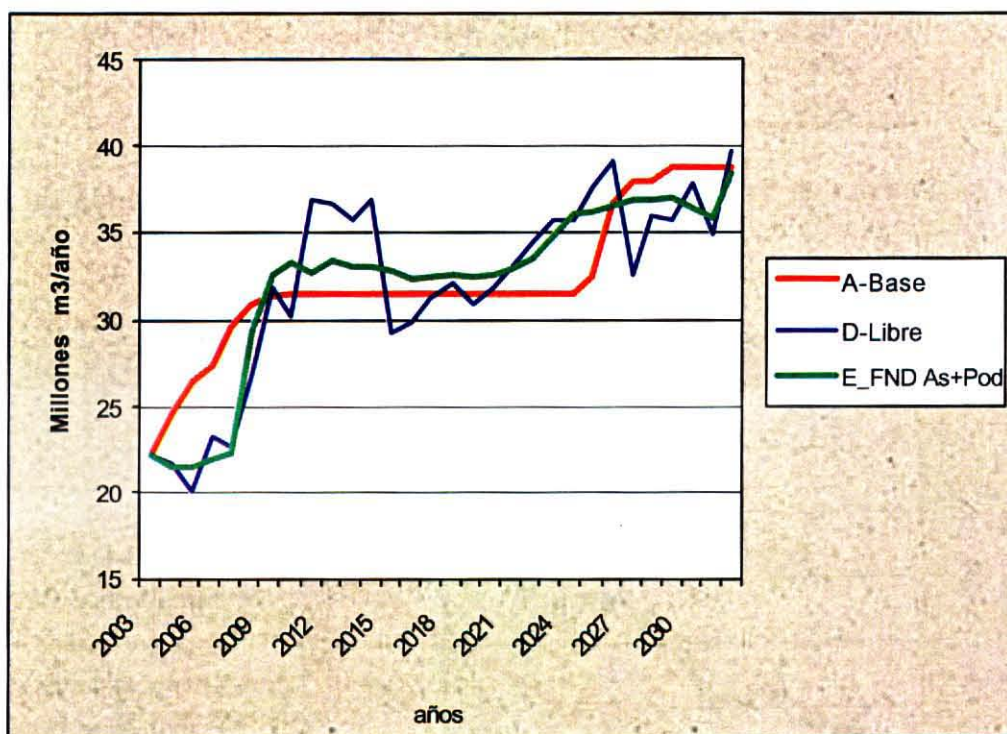


Figura 13. Escenario “Base” vs. “Libre” y vs. “FND aserrable más podado”

La figura muestra nítidamente las principales características de los escenarios que enfrenta el sector plantaciones de Pino radiata. En primer lugar se destaca, como lo muestra el **Escenario A o Base**, que el patrimonio de plantaciones con la especie permite satisfacer sustentablemente el aumento de la demanda industrial proyectado para el período 2003-2010 y sólo a mediados de la década del 2020 se esperaría un nuevo aumento de la disponibilidad física por sobre los 31,5 millones de m3 que se alcanza el 2010.

El vector de disponibilidad correspondiente al **Escenario E o FND aserrable más podado** indica que es posible llegar, en el mediano plazo (año 2010) a una oferta de 32 a 33 millones de m³/año, pero manteniendo por, al menos 5 años, los niveles de cosecha actuales. Como compensación a este “ahorro” actual, en dos décadas se puede iniciar un incremento hacia los 37 millones de m³ anuales.

Por otra parte, el vector de oferta correspondiente al **Escenario D o Libre** muestra un aumento de la oferta desde el año 2012 que se mantiene hasta el año 2015, lo que corresponde a la alta forestación de los años 1989 a 1993. Posteriormente, el vector de oferta disminuye mostrando los bajos niveles de forestación de los años siguientes y, luego, aumenta bajo el supuesto de que las plantaciones cosechadas actualmente serán reforestadas con Pino radiata.

El análisis comparativo de estos tres escenarios permite inferir que el patrimonio de plantaciones podrá satisfacer el exigente vector de demanda industrial previsto por las nuevas plantas y expansiones que entrarán a operar en el período 2003-2010, pero con notorios ajustes en el mercado de trozas y asumiendo nula expansión en el consumo de la pequeña y mediana industria en tal período.

El escenario de **FND aserrable + podado** muestra que, para maximizar el volumen total de los productos de mayor valor, los niveles de cosecha debieran mantenerse en el corto plazo en torno a los 22 millones de m³, para luego aumentar a un nivel total de unos 32 a 33 millones de m³ anuales.

El cuadro siguiente entrega los volúmenes anuales para los escenarios descritos.

Cuadro 20. Oferta escenarios "Base", "Libre" y "FND aserrable + podado"
(m³/año)

año	Base	Libre	FND As+Pod
2003	22.087.541	22.087.541	22.087.541
2004	24.472.221	21.641.902	21.346.084
2005	26.304.721	19.963.032	21.419.977
2006	27.399.746	23.107.757	21.937.913
2007	29.495.648	22.649.231	22.223.191
2008	30.774.547	26.805.190	29.272.857
2009	31.368.549	31.885.481	32.498.356
2010	31.452.549	30.239.405	33.279.039
2011	31.452.548	36.867.405	32.601.811
2012	31.452.548	36.690.082	33.410.715
2013	31.452.549	35.676.836	32.993.987
2014	31.452.547	36.845.977	32.938.185
2015	31.452.548	29.180.365	32.726.286
2016	31.452.547	29.761.386	32.268.425
2017	31.452.547	31.161.887	32.330.216
2018	31.452.548	32.059.069	32.510.050
2019	31.452.547	30.778.729	32.389.010
2020	31.452.549	31.878.507	32.518.707
2021	31.452.548	32.964.116	32.935.074
2022	31.452.549	34.373.502	33.542.176
2023	31.452.549	35.689.376	34.846.180
2024	31.452.548	35.700.770	36.068.000
2025	32.403.047	37.612.676	36.185.092
2026	36.757.615	39.135.528	36.592.400
2027	37.933.225	32.491.205	36.855.532
2028	37.933.225	35.947.280	36.789.665
2029	38.705.409	35.676.535	37.018.459
2030	38.705.408	37.845.008	36.454.547
2031	38.705.408	34.923.133	35.795.270
2032	38.705.408	39.728.814	38.306.898

La figura y cuadro siguientes muestran el efecto que pueden tener una política audaz en el fomento de la forestación y en la transferencia de los resultados del mejoramiento genético y las tecnologías de establecimiento hacia los medianos y pequeños propietarios.

Como se observa en la figura a continuación, un esfuerzo público - privado que resulte en duplicar la superficie forestada llegando a 30 mil hectáreas anuales hasta el año 2011, en que vence el actual DL 701, permitiría al país seguir expandiendo su capacidad de producción a niveles cercanos a los 45 millones de m³ anuales en dos décadas más.

Un efecto similar se observa en el escenario con ganancias silvícola - genéticas de 25, 15 y 10% para empresas, medianos y pequeños propietarios, respectivamente, en las plantaciones realizadas desde el año 2003. Estos niveles de ganancia se logran con programas de transferencia tecnológica que permitan acceder a todo tipo de propietarios a las técnicas e insumos genéticos que se han desarrollado para la especie.

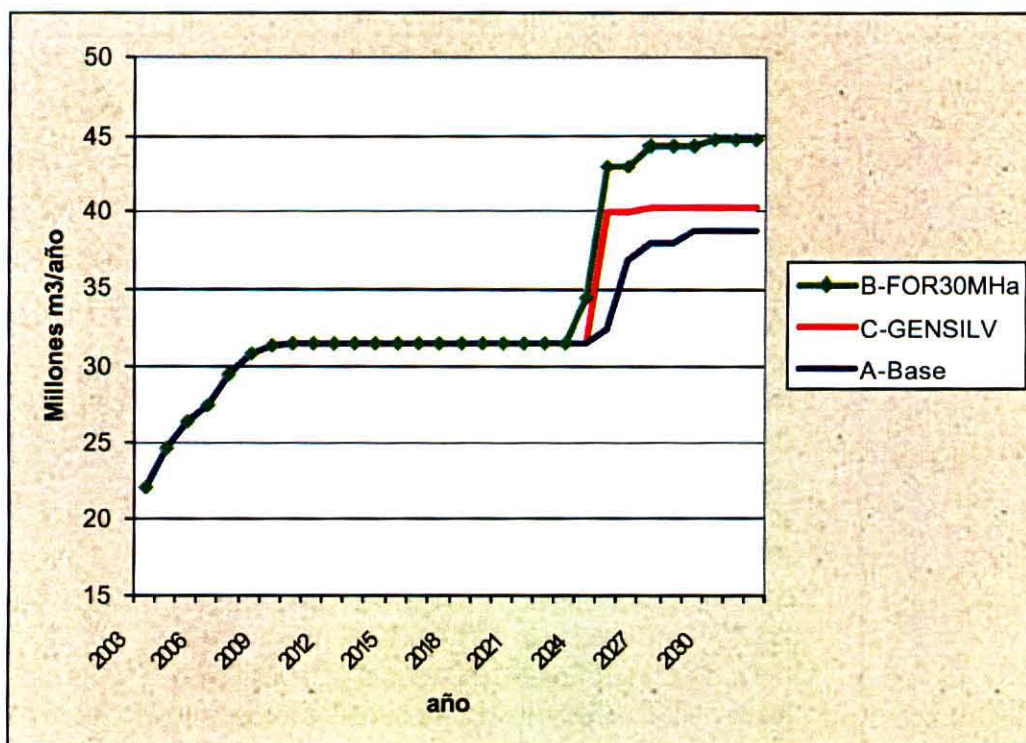


Figura 14. Escenario "Base" vs. "Forestación 30 mil ha" y vs. "Genética 25-15-10"

El detalle de producción anual bajo estos escenarios se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 21. Oferta escenarios "Base" vs. "Forestación 30 mil ha" y vs. "Genética 25-15-10" (m³/año)

año	Base	FOR 30 Mha	GENSILV
2003	22.087.541	22.087.542	22.087.541
2004	24.472.221	24.472.221	24.472.222
2005	26.304.721	26.304.721	26.304.721
2006	27.399.746	27.399.748	27.399.748
2007	29.495.648	29.495.648	29.495.648
2008	30.774.547	30.774.547	30.774.547
2009	31.368.549	31.368.549	31.368.548
2010	31.452.549	31.452.548	31.452.548
2011	31.452.548	31.452.549	31.452.549
2012	31.452.548	31.452.546	31.452.548
2013	31.452.549	31.452.547	31.452.548
2014	31.452.547	31.452.548	31.452.547
2015	31.452.548	31.452.548	31.452.547
2016	31.452.547	31.452.548	31.452.549
2017	31.452.547	31.452.548	31.452.549
2018	31.452.548	31.452.548	31.452.547
2019	31.452.547	31.452.547	31.452.546
2020	31.452.549	31.452.548	31.452.550
2021	31.452.548	31.452.548	31.452.546
2022	31.452.549	31.452.549	31.452.549
2023	31.452.549	31.452.547	31.452.549
2024	31.452.548	34.487.516	31.452.549
2025	32.403.047	42.887.262	39.908.701
2026	36.757.615	42.887.262	39.908.700
2027	37.933.225	44.281.390	40.227.344
2028	37.933.225	44.281.387	40.227.342
2029	38.705.409	44.281.387	40.227.343
2030	38.705.408	44.625.273	40.227.344
2031	38.705.408	44.625.273	40.227.343
2032	38.705.408	44.625.273	40.227.345

Se observa que el impacto, tanto de un plan especial de forestación como de un supuesto de mayor ganancia genética, se logra no antes de dos décadas con respecto al escenario base.

En cuanto al Escenario Base, las superficies medias anuales de cosecha, para los distintos regímenes de manejo, se muestran en el cuadro siguiente, en el que se agrupan los esquemas de manejo en los siguientes regímenes:

- **Pulpa** : esquema 1, que no tiene ni raleos ni podas
- **Aserrable** : esquemas 2 (con un raleo) y 3 (con dos raleos)
- **Multipropósito** : esquema 4, con dos podas tardías, y
- **Poda** : esquemas 5 a 8, con poda alta y baja, así como distintas densidades a la cosecha.

Cuadro 22. Escenario Base: superficie anual de cosecha final

Trienio	Superficie cosecha final (ha/año)			
	Régimen de manejo			
	Pulpa	Aserrable	Mutiprop.	Poda
2003-05	27.932	8.389	2.490	10.280
2006-08	28.452	10.004	3.006	17.765
2009-11	16.652	19.547	3.252	24.595
2012-14	10.274	33.032	2.797	24.979
2015-17	8.002	24.183	10.263	29.390
2018-20	7.076	22.464	9.454	33.539
2021-23	14.383	13.200	6.384	32.057
2024-26	18.760	13.247	6.168	27.837
2027-29	28.163	14.880	2.185	33.289
2030-32	17.502	27.131	3.442	34.756

Los cuadros 23 y 24 siguientes, entregan respectivamente, las edades medias de cosecha final y los volúmenes medios de cosecha final por régimen de manejo y trienio.

Cuadro 23. Escenario Base: edades medias de cosecha final

Trienio	Edad media cosecha final (años)			
	Régimen de manejo			
	Pulpa	Aserrable	Mutiprop.	Poda
2003-05	23,2	23,2	26,8	26,4
2006-08	23,1	23,0	25,6	25,9
2009-11	22,6	21,6	26,4	26,5
2012-14	20,2	21,0	25,5	25,6
2015-17	19,9	21,0	24,9	25,1
2018-20	18,8	20,5	23,2	24,4
2021-23	18,2	20,6	22,6	24,4
2024-26	19,9	20,8	25,1	25,0
2027-29	20,4	21,5	24,9	24,4
2030-32	20,2	21,2	23,0	24,0

Cuadro 24. Escenario Base: Volumen medio de cosecha final (m3/ha)

Trienio	Volumen medio cosecha final(m3/ha)			
	Régimen de manejo			
	Pulpa	Aserrable	Mutiprop.	Poda
2003-05	464	400	482	471
2006-08	475	410	444	462
2009-11	449	388	529	503
2012-14	383	344	458	511
2015-17	368	336	415	482
2018-20	333	314	397	452
2021-23	403	339	388	547
2024-26	427	423	477	534
2027-29	465	458	403	461
2030-32	443	432	305	452

La mayor edad de cosecha, así como los mayores volúmenes medios de cosecha final, al comienzo del período de proyección, se explican por la acumulación de inventario mayor a los 25 años, como se muestra en la figura 3 y en cuadro 1.

6. ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD “EN PLANTA” POR TIPO DE TROZA

La expansión de la demanda industrial prevista para el período 2003-2010 así como su posterior sustentabilidad, son claramente factibles de acuerdo a los resultados globales de disponibilidad en pie que se entregan en la sección anterior. Sin embargo, para hacer un análisis correcto del balance demanda - disponibilidad, es necesario desagregar tal balance por tipo genérico de insumo (trozas pulpables y trozas aserrables) y llevar la disponibilidad “en pie”, estimada por las proyecciones anteriores, a disponibilidad “en planta”.

La transformación de disponibilidad “en pie” a volumen “en planta” se refiere a incorporar los factores de ajuste de volúmenes degradados a la categoría pulpable que ocurren y se detectan en las faenas de cosecha. En efecto, el simulador Radiata, usado para estimar los volúmenes en pie, no considera torceduras, bifurcaciones, ramas demasiado gruesas u otros defectos en las trozas que las descalifican de la categoría a la cual son asignadas por el simulador de trozado y son, en la práctica, considerados como volumen pulpable. Tampoco considera las quebraduras o daños producidos en las faenas de cosecha y madereo de los fustes. Por lo tanto, se requiere considerar tales factores de desclasificación o degradación a pulpable para un balance realista de demanda-disponibilidad.

La aplicación de tales factores de ajuste debiera resultar en subtotales “aserrable” y “pulpable” consistentes con los registros de INFOR para el consumo industrial efectivo reciente. Como en este estudio el año de calibración es 2003, pues para éste se conoce el consumo industrial efectivo, y el inventario que se proyecta es a diciembre del 2002, en el primer año de la proyección (el 2003) debieran coincidir los volúmenes proyectados con el consumo real, luego de aplicados los factores de degradación del volumen en pie.

En esta sección se muestra, primero, tal balance demanda - disponibilidad sin considerar los factores de degradación y, luego, considerándolos.

El cuadro siguiente entrega los volúmenes en pie por tipo de troza de acuerdo a los resultados del simulador “Radiata”, es decir que no hay ajuste o correcciones por degradación de volumen en trozas que ocurre y se detecta en la cosecha.

Cuadro 25. Escenario Base: volumen anual en pie por tipo de troza (m3)

año	Tot. PULP	AS16	AS20	AS24	AS28	AS32	MP28	MP32	MPT32	TP28	TP32	PT32	TOTAL
2003	5.080.349	3.759.565	4.282.993	3.870.148	2.508.503	2.036.560	15.630	83.242	6.462	35.137	381.292	27.660	22.087.541
2004	5.713.972	3.913.540	4.435.456	4.011.506	2.524.491	2.306.352	49.320	267.793	22.723	141.396	1.011.631	74.040	24.472.221
2005	6.002.543	4.301.662	4.809.024	4.183.132	2.645.303	2.753.721	31.373	182.552	14.136	114.910	1.209.318	57.049	26.304.721
2006	5.989.449	4.218.525	4.864.405	4.357.701	3.025.809	3.027.950	31.175	166.164	14.647	135.260	1.492.915	75.747	27.399.746
2007	6.286.928	4.725.456	5.704.204	5.126.757	3.338.963	2.820.958	24.276	98.162	15.404	142.817	1.106.325	105.398	29.495.648
2008	5.789.403	4.352.564	5.478.937	5.309.112	3.871.914	3.690.147	88.118	218.910	31.650	236.586	1.624.838	82.370	30.774.547
2009	5.691.763	4.148.381	5.250.991	5.151.551	3.859.586	4.401.511	22.920	209.865	10.808	265.315	2.241.306	114.552	31.368.549
2010	5.903.501	4.286.483	5.265.398	5.152.686	3.967.945	4.260.076	31.036	221.621	19.326	232.339	2.015.596	96.542	31.452.549
2011	5.858.696	4.037.652	5.206.003	5.302.581	3.849.787	3.213.030	77.438	499.907	42.440	444.767	2.763.728	156.521	31.452.548
2012	6.103.038	4.439.636	5.517.548	5.347.832	3.702.947	2.773.853	72.849	363.973	28.753	384.650	2.598.349	119.120	31.452.548
2013	6.161.249	4.262.159	5.302.979	5.184.683	3.698.529	2.961.482	54.109	159.635	18.183	444.302	3.087.740	117.499	31.452.549
2014	5.151.700	4.029.717	4.987.099	5.071.819	3.726.801	3.361.251	77.921	217.901	25.107	460.744	4.155.486	187.001	31.452.547
2015	4.773.010	4.030.110	5.034.578	5.134.797	3.799.835	3.423.361	89.533	250.178	25.184	492.187	4.215.812	183.963	31.452.548
2016	6.303.026	3.910.401	5.143.315	5.393.282	3.536.551	2.200.395	394.118	1.069.903	121.813	564.055	2.640.977	174.712	31.452.547
2017	5.787.881	3.864.832	5.020.782	5.371.893	3.514.235	2.586.096	270.225	733.249	123.591	628.109	3.363.530	188.123	31.452.547
2018	6.206.331	4.070.827	5.063.796	5.220.050	3.291.245	2.406.306	172.038	493.892	73.879	735.475	3.556.456	162.254	31.452.548
2019	6.458.191	4.091.382	4.936.283	5.185.038	3.065.387	2.222.909	205.702	572.330	86.011	677.525	3.757.576	194.213	31.452.547
2020	8.194.963	3.484.042	4.455.295	5.041.297	2.923.637	1.970.209	286.689	722.533	95.163	736.400	3.331.556	210.766	31.452.549
2021	4.557.615	4.302.458	4.624.496	4.477.984	3.606.279	3.316.465	68.838	160.484	45.336	270.612	5.743.127	278.855	31.452.548
2022	5.314.026	4.212.557	4.973.705	4.910.598	3.492.106	2.660.053	110.066	380.856	97.494	558.082	4.522.727	220.279	31.452.549
2023	5.401.758	3.872.910	4.894.205	5.338.953	3.613.058	2.408.661	198.166	550.941	102.874	628.016	4.175.411	267.595	31.452.549
2024	5.909.995	4.268.334	5.011.436	5.012.142	3.533.260	2.503.519	147.949	429.624	44.414	409.937	3.962.276	219.662	31.452.548
2025	6.577.338	4.598.792	5.340.034	5.322.080	3.433.184	2.405.622	225.021	837.467	58.558	460.203	2.989.145	155.604	32.403.047
2026	6.507.692	4.848.039	5.957.184	6.254.935	4.265.301	3.019.614	113.698	273.361	63.798	663.484	4.458.807	331.703	36.757.615
2027	7.206.458	5.737.301	6.852.608	6.315.247	4.173.734	2.727.915	79.908	146.204	25.976	456.589	3.933.660	277.625	37.933.225
2028	7.318.890	5.633.065	6.844.667	6.498.718	4.276.125	2.606.078	57.974	129.401	22.643	601.018	3.614.978	329.667	37.933.225
2029	7.466.586	5.505.125	6.585.526	6.147.671	4.435.202	2.967.947	13.083	42.887	4.956	416.394	4.740.210	379.823	38.705.409
2030	7.201.508	5.601.352	6.758.321	6.465.760	4.428.047	2.952.881	0	0	0	603.255	4.355.226	339.058	38.705.409
2031	7.292.645	5.297.004	6.672.855	6.639.607	4.583.329	3.329.454	46.546	56.012	46.182	395.601	3.985.775	360.396	38.705.406
2032	7.540.987	5.236.867	6.800.545	6.945.580	4.488.908	2.632.049	150.540	214.077	91.841	726.791	3.612.137	265.087	38.705.409

En que:

PULP: trozas pulpables, 8 cm, 2,44 m

AS16: trozas aserrables, 16 cm, 4,1 m

AS20: trozas aserrables, 20 cm, 4,1 m

AS24: trozas aserrables, 24 cm, 4,1 m

AS28: trozas aserrables, 28 cm, 4,1 m

AS32: trozas aserrables, 32 cm, 4,1 m

MP28: trozas multipropósito (poda), 28 cm, 5 m

MP32: trozas multipropósito (poda), 32 cm, 5 m

MPT32: trozas multipropósito torno (poda), 32 cm, 2,7 m

TP28: trozas podadas, 28 cm, total de 4,1 y 5 m

TP32: trozas podadas, 32 cm, total de 4,1 y 5 m

PT32: trozas podadas torno, 32 cm, 2,7 m.

El consumo industrial efectivo de trozas para el año 2003 se entrega en la Figura 11 de la sección anterior: 14,5 millones de m³ en trozas aserrables y 7,6 millones de m³ en trozas pulpables. Sin embargo, al observar los volúmenes en el Cuadro 22, se tiene que el volumen de trozas aserrables en pie es de 5,1 millones de m³ y el total de las trozas aserrables en pie es de 17 millones de m³. Comparando las cifras del año 2003, período de “calibración” en el presente estudio, se observa que la

disponibilidad en pie de trozas pulpables es de 5,08 millones de m³ en tanto el consumo industrial efectivo registrado por INFOR es de 7,58 millones de m³. Por su parte, la disponibilidad en pie de trozas aserrables y podadas suma 17,01 millones de m³ en tanto el consumo industrial registrado es de 14,50 millones.

Como lo ilustra la figura siguiente esto significaría que desde los primeros años del horizonte de análisis, las industrias de celulosa y tableros de fibra y partículas comenzarían a consumir todo el volumen aserrable de 16 cm y, a partir del año 2008, parte del volumen aserrable de 20 cm.

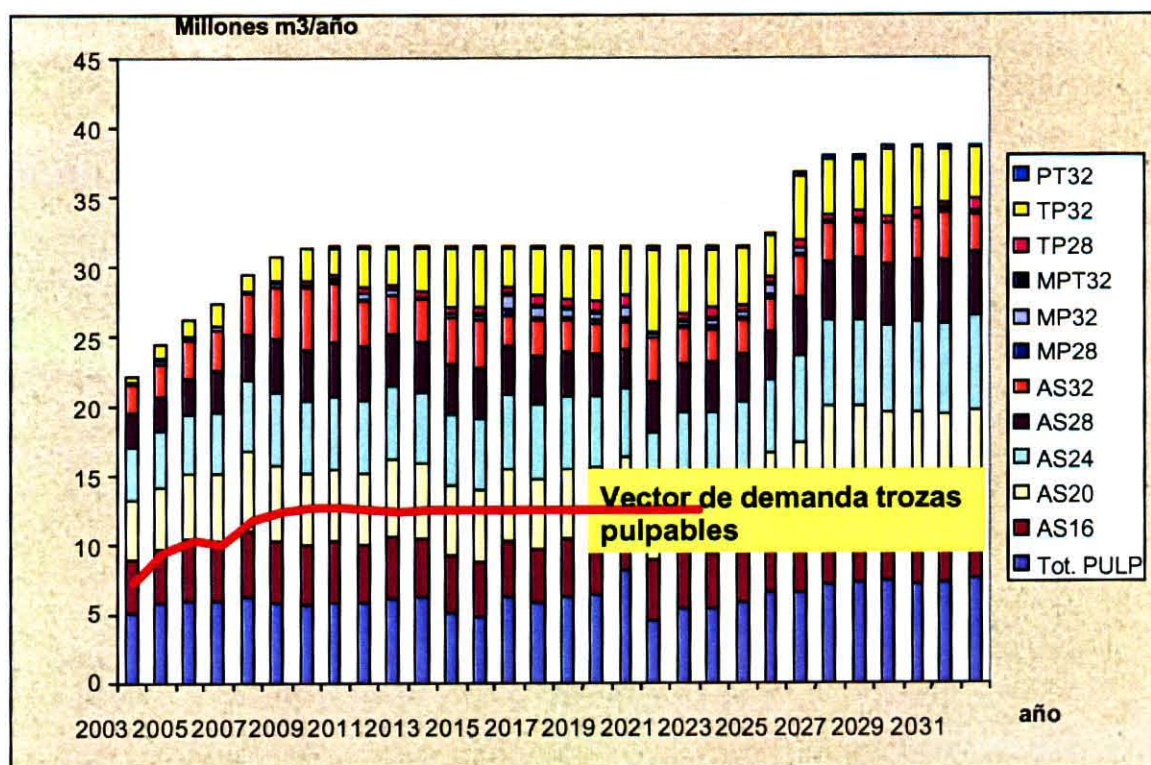


Figura 15. Disponibilidad por tipo de troza y demanda de trozas pulpables

Por lo tanto, y para obtener los volúmenes que efectivamente llegan a las plantas industriales luego de cosechados y clasificados, es necesario utilizar los siguientes factores que indican la proporción del volumen, por tipo de trozas aserrable, podadas multipropósito y podadas, que es degradado a pulpable. Estos factores son empíricos y han sido aportados por la industria en el presente estudio.

Cuadro 26. Factores de degradación a troza pulpable por tipo de producto en pie

factores	PULP 0,00	AS16 0,25	AS20 0,25	AS24 0,15	AS28 0,05	AS32 0,00	MP28 0,10	MP32 0,03	MPT32 0,03	TP28 0,05	TP32 0,00	PT32 0,00
----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------	--------------	--------------	--------------

Se observa que la proporción degradada a pulpable es mayor en trozas de menor diámetro y disminuye a 0,03 en el podado multipropósito de 32 cm, y no se detecta en las trozas podadas de 32 cm. Esto se debe a que los defectos en los fustes de los árboles que llegan a cosecha final se concentran en las partes superiores de ellos, así como los problemas de quebraduras o daños en la cosecha.

Aplicados los factores del cuadro 3 a los volúmenes del Cuadro 1, se obtienen los siguientes volúmenes por tipo de trozas como disponibilidad “en planta”.

Cuadro 27. Volúmenes corregidos por tipo de trozas en planta (m3)

año	Tot. PULP	AS16	AS20	AS24	AS28	AS32	MP28	MP32	MPT32	TP28	TP32	PT32	TOTAL
2003	7.802.947	2.819.674	3.212.244	3.289.626	2.383.078	2.036.560	14.067	80.745	6.268	33.380	381.292	27.660	22.087.541
2004	8.549.889	2.935.155	3.326.592	3.409.780	2.398.267	2.306.352	44.388	259.759	22.041	134.326	1.011.631	74.040	24.472.221
2005	9.054.733	3.226.247	3.606.768	3.555.662	2.513.038	2.753.721	28.236	177.075	13.712	109.164	1.209.318	57.049	26.304.721
2006	9.080.432	3.163.893	3.648.304	3.704.046	2.874.518	3.027.950	28.058	161.180	14.207	128.497	1.492.915	75.747	27.399.746
2007	9.843.280	3.544.092	4.278.153	4.357.744	3.172.015	2.820.958	21.848	95.217	14.942	135.676	1.106.325	105.398	29.495.648
2008	9.265.399	3.264.423	4.109.203	4.512.745	3.678.318	3.690.147	79.306	212.342	30.700	224.756	1.624.838	82.370	30.774.547
2009	9.029.496	3.111.286	3.938.243	4.378.818	3.666.607	4.401.511	20.628	203.569	10.483	252.050	2.241.306	114.552	31.368.549
2010	9.284.721	3.214.862	3.949.048	4.379.783	3.769.548	4.260.076	27.932	214.972	18.746	220.722	2.015.596	96.542	31.452.549
2011	9.203.739	3.028.239	3.904.502	4.507.194	3.657.297	3.213.030	69.694	484.910	41.166	422.529	2.763.728	156.521	31.452.548
2012	9.617.956	3.329.727	4.138.161	4.545.657	3.517.800	2.773.853	65.564	353.054	27.891	365.417	2.598.349	119.120	31.452.548
2013	9.548.123	3.196.620	3.977.235	4.406.981	3.513.602	2.961.482	48.698	154.846	17.637	422.087	3.087.740	117.499	31.452.549
2014	8.391.136	3.022.287	3.740.324	4.311.046	3.540.461	3.361.251	70.128	211.364	24.354	437.706	4.155.486	187.001	31.452.547
2015	8.041.217	3.022.583	3.775.934	4.364.577	3.609.844	3.423.361	80.580	242.672	24.428	467.578	4.215.812	183.963	31.452.548
2016	9.655.641	2.932.801	3.857.486	4.584.290	3.359.724	2.200.395	354.706	1.037.806	118.158	535.852	2.640.977	174.712	31.452.547
2017	9.074.913	2.898.624	3.765.586	4.566.109	3.338.524	2.586.096	243.202	711.252	119.883	596.704	3.363.530	188.123	31.452.547
2018	9.508.567	3.053.121	3.797.847	4.437.043	3.126.683	2.406.306	154.834	479.076	71.663	698.701	3.556.456	162.254	31.452.548
2019	9.720.329	3.068.536	3.702.212	4.407.282	2.912.118	2.222.909	185.132	555.160	83.431	643.649	3.757.576	194.213	31.452.547
2020	11.172.193	2.613.032	3.341.471	4.285.103	2.777.455	1.970.209	258.020	700.857	92.308	699.580	3.331.556	210.766	31.452.549
2021	7.667.954	3.226.843	3.468.372	3.806.287	3.425.965	3.316.465	61.954	155.670	43.976	257.081	5.743.127	278.855	31.452.548
2022	8.575.048	3.159.418	3.730.279	4.174.008	3.317.501	2.660.053	99.059	369.431	94.570	530.178	4.522.727	220.279	31.452.549
2023	8.645.865	2.904.683	3.670.654	4.538.110	3.432.405	2.408.661	178.350	534.413	99.788	596.616	4.175.411	267.595	31.452.549
2024	9.207.935	3.201.251	3.758.577	4.260.321	3.356.597	2.503.519	133.155	416.735	43.081	389.440	3.962.276	219.662	31.452.548
2025	10.104.409	3.449.094	4.005.025	4.523.768	3.261.525	2.405.622	202.519	812.343	56.801	437.193	2.989.145	155.604	32.403.047
2026	10.415.162	3.636.029	4.467.888	5.316.695	4.052.036	3.019.614	102.329	265.160	61.884	630.310	4.458.807	331.703	36.757.615
2027	11.545.895	4.302.976	5.139.456	5.367.960	3.965.048	2.727.915	71.917	141.818	25.197	433.760	3.933.660	277.625	37.933.225
2028	11.667.346	4.224.799	5.133.500	5.523.910	4.062.319	2.606.078	52.176	125.519	21.964	570.967	3.614.978	329.667	37.933.225
2029	11.656.722	4.128.844	4.939.144	5.225.520	4.213.442	2.967.947	11.775	41.601	4.807	395.575	4.740.210	379.823	38.705.409
2030	11.512.856	4.201.014	5.068.741	5.495.896	4.206.645	2.952.881	0	0	0	573.092	4.355.226	339.058	38.705.409
2031	11.537.718	3.972.753	5.004.641	5.643.666	4.354.163	3.329.454	41.892	54.332	44.797	375.821	3.985.775	360.396	38.705.406
2032	11.877.194	3.927.650	5.100.408	5.903.743	4.264.462	2.632.049	135.486	207.655	89.085	690.451	3.612.137	265.087	38.705.409

Al comparar el valor predicho por el ajuste con los factores para el volumen de trozas pulpables para el año 2003 (7,8 millones de m3), se observa que es bastante cercano al valor efectivo de consumo de trozas pulpables (7,6 millones de m3)

registrado por INFOR para ese año (Figura 11), lo cual indica que estos factores pueden usarse con relativa confianza en los años siguientes.

La figura ilustra el efecto de estos factores en cuanto al tipo de troza (y cuantía) que será utilizada para satisfacer la demanda de material pulpable.

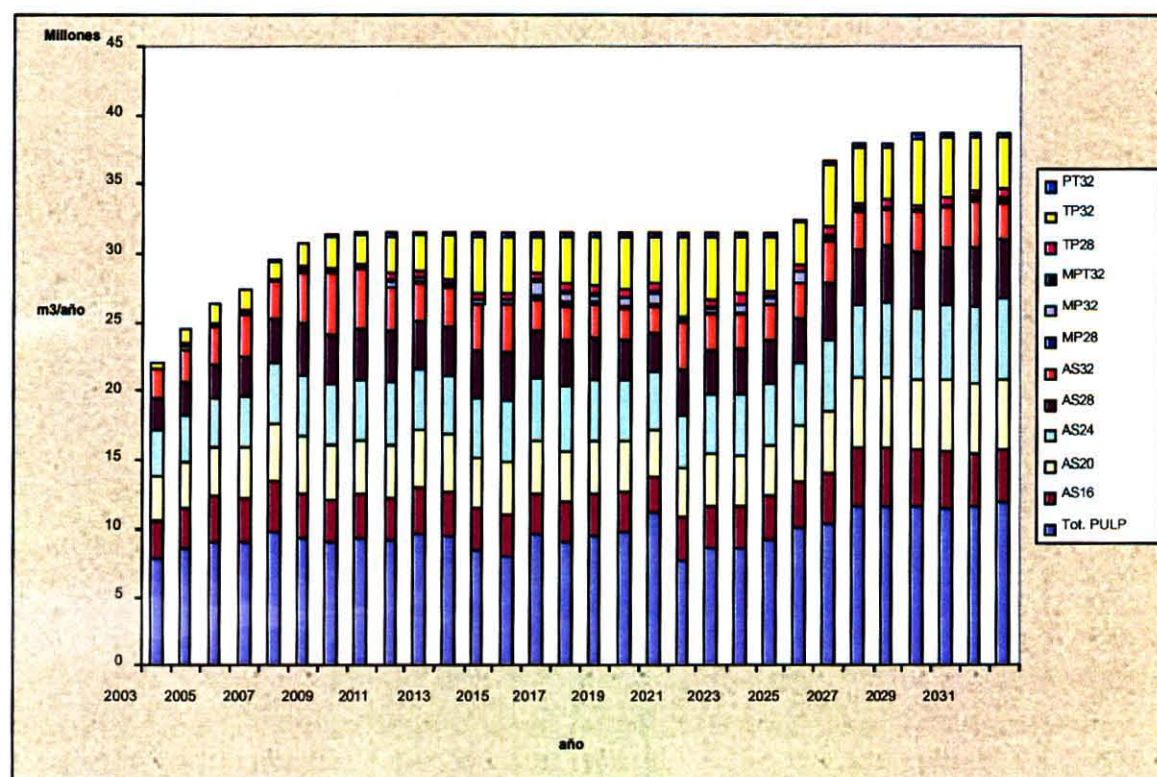


Figura 16. Disponibilidad corregida por tipo de troza y demanda de trozas pulpables

Como se observa en la figura, el volumen de trozas aserrables de menor diámetro que serán demandadas como insumo pulpable es menor que en el escenario sin degradación. A contar del año 2004 habrá presión por las trozas consideradas aserrables de 16 cm y que a partir del año 2014 habría una presión por trozas aserrables de 20 cm.

El detalle de los volúmenes demandados como insumo pulpable, para los escenarios sin y con degradación, se entrega en el cuadro a continuación.

Cuadro 28. Volúmenes de trozas demandados como insumo pulpable. Escenario Base, sin y con degradación (m³)

año	Escenario Base sin degradación				Escenario Base con degradación			
	Pulpable	ase_16	ase_20	Total	Pulpable	ase_16	ase_20	Total
2003	5.080.349	2.503.911	0	7.584.260	7.802.947	0	0	7.802.947
2004	5.713.972	3.681.967	0	9.395.940	8.549.889	846.050	0	9.395.940
2005	6.002.543	4.080.896	0	10.083.440	9.054.733	1.028.707	0	10.083.440
2006	5.989.449	3.863.018	0	9.852.467	9.080.432	772.035	0	9.852.467
2007	6.286.928	4.725.456	328.982	11.341.367	9.843.280	1.498.086	0	11.341.367
2008	5.789.403	4.352.564	1.801.300	11.943.267	9.265.399	2.677.868	0	11.943.267
2009	5.691.763	4.148.381	2.277.123	12.117.267	9.029.496	3.087.771	0	12.117.267
2010	5.903.501	4.286.483	1.891.282	12.081.267	9.284.721	2.796.546	0	12.081.267
2011	5.858.696	4.037.652	2.184.919	12.081.267	9.203.739	2.877.528	0	12.081.267
2012	6.103.038	4.439.636	1.538.592	12.081.267	9.617.956	2.463.311	0	12.081.267
2013	6.161.249	4.262.159	1.657.859	12.081.267	9.548.123	2.533.144	0	12.081.267
2014	5.151.700	4.029.717	2.899.850	12.081.267	8.391.136	3.022.287	667.843	12.081.267
2015	4.773.010	4.030.110	3.278.147	12.081.267	8.041.217	3.022.583	1.017.467	12.081.267
2016	6.303.026	3.910.401	1.867.840	12.081.267	9.655.641	2.425.626	0	12.081.267
2017	5.787.881	3.864.832	2.428.554	12.081.267	9.074.913	2.898.624	107.729	12.081.267
2018	6.206.331	4.070.827	1.804.109	12.081.267	9.508.567	2.572.700	0	12.081.267
2019	6.458.191	4.091.382	1.531.694	12.081.267	9.720.329	2.360.938	0	12.081.267
2020	8.194.963	3.484.042	402.262	12.081.267	11.172.193	909.073	0	12.081.267
2021	4.557.615	4.302.458	3.221.194	12.081.267	7.667.954	3.226.843	1.186.469	12.081.267
2022	5.314.026	4.212.557	2.554.683	12.081.267	8.575.048	3.159.418	346.801	12.081.267
2023	5.401.758	3.872.910	2.806.598	12.081.267	8.645.865	2.904.683	530.719	12.081.267
2024	5.909.995	4.268.334	1.902.937	12.081.267	9.207.935	2.873.332	0	12.081.267
2025	6.577.338	4.598.792	905.137	12.081.267	10.104.409	1.976.858	0	12.081.267
2026	6.507.692	4.848.039	725.536	12.081.267	10.415.162	1.666.105	0	12.081.267
2027	7.206.458	4.874.808	0	12.081.267	11.545.895	535.372	0	12.081.267
2028	7.318.890	4.762.377	0	12.081.267	11.667.346	413.920	0	12.081.267
2029	7.466.586	4.614.681	0	12.081.267	11.656.722	424.544	0	12.081.267
2030	7.201.508	4.879.758	0	12.081.267	11.518.249	563.018	0	12.081.267
2031	7.292.645	4.788.622	0	12.081.267	11.549.029	532.237	0	12.081.267
2032	7.540.987	4.540.280	0	12.081.267	11.874.394	206.873	0	12.081.267

Considerando la disponibilidad “en planta”, el abastecimiento de trozas a las industrias de pulpa y tableros de fibra y partículas quedaría como lo muestra la figura siguiente. Las cifras corresponden al Escenario Base con degradación del Cuadro 5.

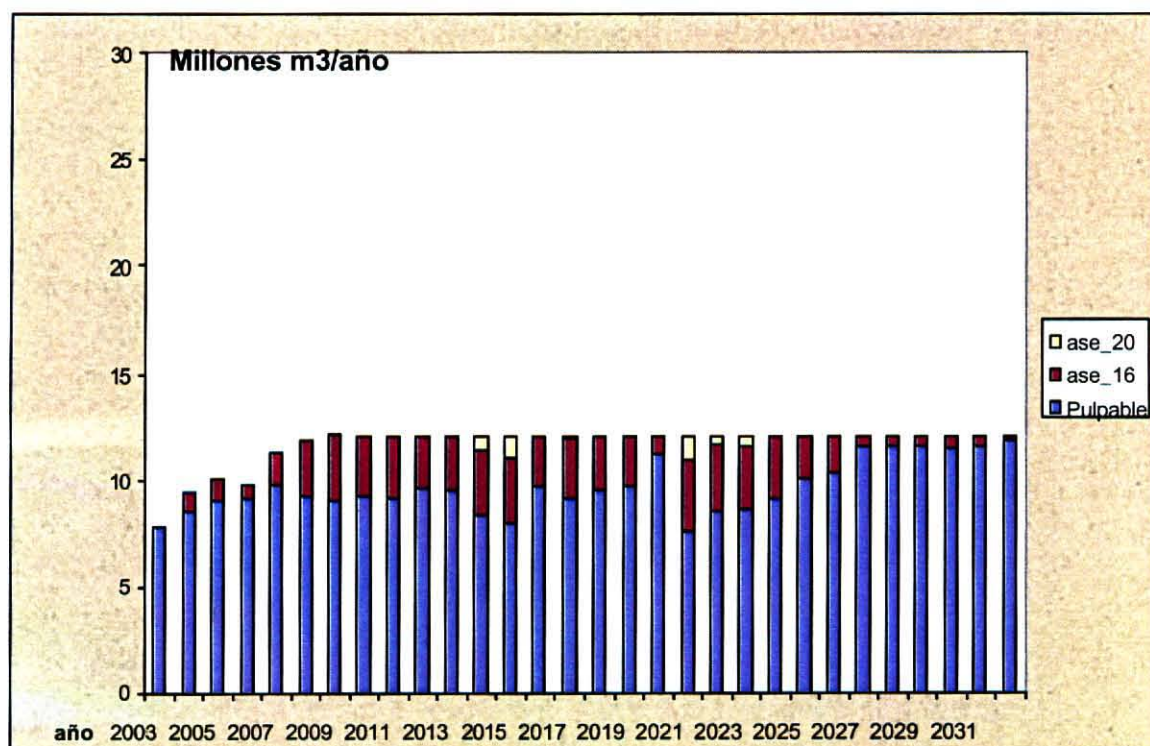


Figura 17. Composición del abastecimiento industrias celulosa y tableros de fibra y partículas, tipo de trozas. Considera degradación en cosecha.

Respecto a la oferta de maderas aserrables y podadas, una vez hechos los descuentos por degradación, la oferta queda con los valores que entrega el cuadro siguiente.

Cuadro 29. Volúmenes de trozas disponibles como trozas aserrables y podadas (m³)

año	AS16	AS20	AS24	AS28	AS32	MP28	MP32	MPT32	TP28	TP32	PT32	TOTAL
2003	2,819,674	3,212,244	3,289,626	2,383,078	2,036,560	14,067	80,745	6,268	33,380	381,292	27,660	14,284,594
2004	2,089,105	3,326,592	3,409,780	2,398,267	2,306,352	44,388	259,759	22,041	134,326	1,011,631	74,040	15,076,282
2005	2,197,540	3,606,768	3,555,662	2,513,038	2,753,721	28,236	177,075	13,712	109,164	1,209,318	57,049	16,221,281
2006	2,391,858	3,648,304	3,704,046	2,874,518	3,027,950	28,058	161,180	14,207	128,497	1,492,915	75,747	17,547,279
2007	2,046,006	4,278,153	4,357,744	3,172,015	2,820,958	21,848	95,217	14,942	135,676	1,106,325	105,398	18,154,282
2008	586,555	4,109,203	4,512,745	3,678,318	3,690,147	79,306	212,342	30,700	224,756	1,624,838	82,370	18,831,281
2009	23,515	3,938,243	4,378,818	3,666,607	4,401,511	20,628	203,569	10,483	252,050	2,241,306	114,552	19,251,283
2010	418,316	3,949,048	4,379,783	3,769,548	4,260,076	27,932	214,972	18,746	220,722	2,015,596	96,542	19,371,282
2011	150,711	3,904,502	4,507,194	3,657,297	3,213,030	69,694	484,910	41,166	422,529	2,763,728	156,521	19,371,282
2012	866,417	4,138,161	4,545,657	3,517,800	2,773,853	65,564	353,054	27,891	365,417	2,598,349	119,120	19,371,282
2013	663,476	3,977,235	4,406,981	3,513,602	2,961,482	48,698	154,846	17,637	422,087	3,087,740	117,499	19,371,283
2014	0	3,072,481	4,311,046	3,540,461	3,361,251	70,128	211,364	24,354	437,706	4,155,486	187,001	19,371,280
2015	0	2,758,467	4,364,577	3,609,844	3,423,361	80,580	242,672	24,428	467,578	4,215,812	183,963	19,371,282
2016	507,175	3,857,486	4,584,290	3,359,724	2,200,395	354,706	1,037,806	118,158	535,852	2,640,977	174,712	19,371,280
2017	0	3,657,857	4,566,109	3,338,524	2,586,096	243,202	711,252	119,883	596,704	3,363,530	188,123	19,371,280
2018	480,421	3,797,847	4,437,043	3,126,683	2,406,306	154,834	479,076	71,663	698,701	3,556,456	162,254	19,371,282
2019	707,598	3,702,212	4,407,282	2,912,118	2,222,909	185,132	555,160	83,431	643,649	3,757,576	194,213	19,371,280
2020	1,703,958	3,341,471	4,285,103	2,777,455	1,970,209	258,020	700,857	92,308	699,580	3,331,556	210,766	19,371,282
2021	0	2,281,902	3,806,287	3,425,965	3,316,465	61,954	155,670	43,976	257,081	5,743,127	278,855	19,371,281
2022	0	3,383,478	4,174,008	3,317,501	2,660,053	99,059	369,431	94,570	530,178	4,522,727	220,279	19,371,283
2023	0	3,139,935	4,538,110	3,432,405	2,408,661	178,350	534,413	99,788	596,616	4,175,411	267,595	19,371,282
2024	327,919	3,758,577	4,260,321	3,356,597	2,503,519	133,155	416,735	43,081	389,440	3,962,276	219,662	19,371,281
2025	1,472,236	4,005,025	4,523,768	3,261,525	2,405,622	202,519	812,343	56,801	437,193	2,989,145	155,604	20,321,780
2026	1,969,924	4,467,888	5,316,695	4,052,036	3,019,614	102,329	265,160	61,884	630,310	4,458,807	331,703	24,676,348
2027	3,767,604	5,139,456	5,367,960	3,965,048	2,727,915	71,917	141,818	25,197	433,760	3,933,660	277,625	25,851,959
2028	3,810,879	5,133,500	5,523,910	4,062,319	2,606,078	52,176	125,519	21,964	570,967	3,614,978	329,667	25,851,958
2029	3,704,299	4,939,144	5,225,520	4,213,442	2,967,947	11,775	41,601	4,807	395,575	4,740,210	379,823	26,624,142
2030	3,637,996	5,068,741	5,495,896	4,206,645	2,952,881	0	0	0	573,092	4,355,226	339,058	26,629,535
2031	3,440,516	5,004,641	5,643,666	4,354,163	3,329,454	41,892	54,332	44,797	375,821	3,985,775	360,396	26,635,452
2032	3,720,777	5,100,408	5,903,743	4,264,462	2,632,049	135,486	207,655	89,085	690,451	3,612,137	265,087	26,621,341

Se observa que, para el año 2003, la suma del volumen de trozas aserrables y podadas alcanza a 14,28 millones de m³, muy similar a los 14,5 millones registrados por INFOR, como lo indica el cuadro 2.

Gráficamente, la disponibilidad industrial de los distintos tipos de trozas se entrega en la figura siguiente.

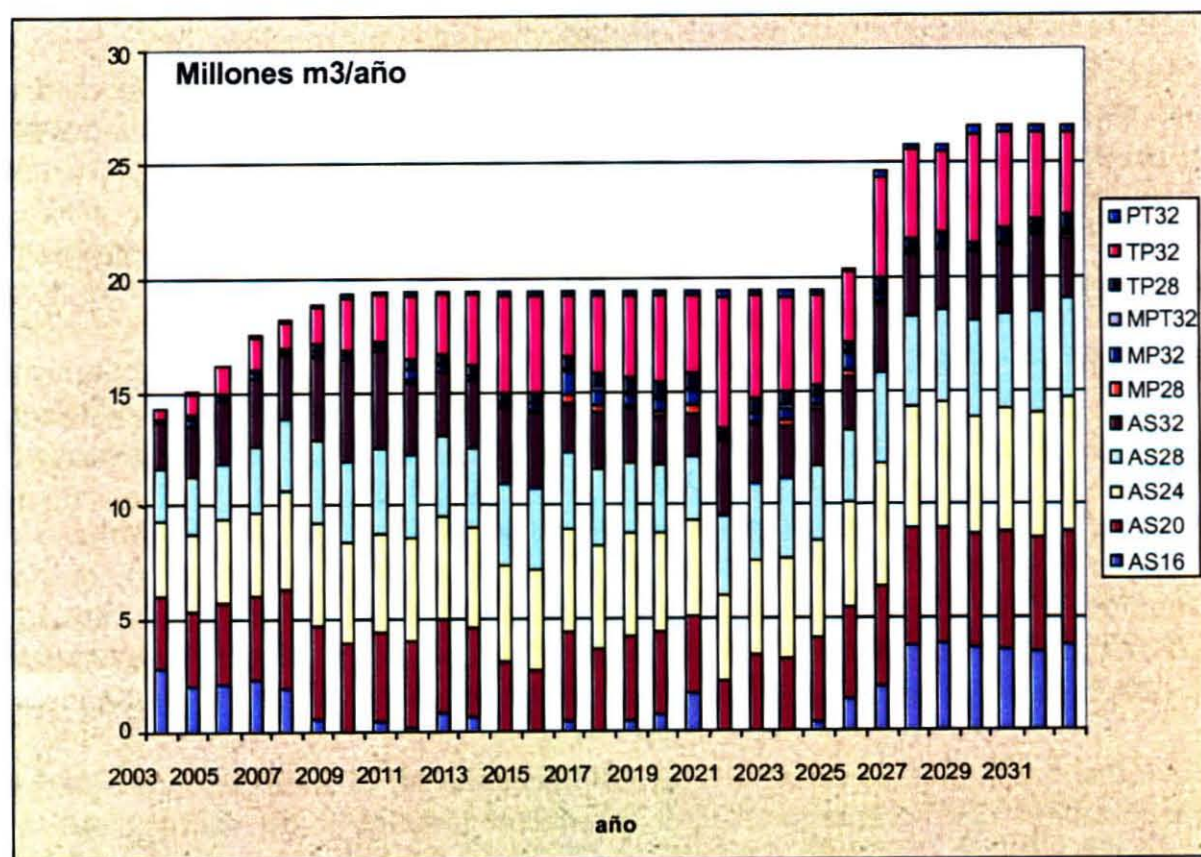


Figura 18. Composición de la disponibilidad industrial de trozas aserrables y podadas

Se observa que el tipo de trozas aserrables de 16 cm tendrá una disponibilidad, como insumo de aserraderos, muy variable durante el horizonte de análisis, llegando casi desaparecer en algunos períodos.

El Anexo 10 entrega los volúmenes anuales en planta para cada uno de los escenarios analizados.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cinco años han transcurrido desde el estudio anterior de disponibilidad de madera de plantaciones de Pino radiata. En tal período, 1998 al 2003, el consumo industrial aumentó desde 16,4 a 22,1 millones de m³. El estudio anterior proyectaba una disponibilidad de 25,1 millones de m³ anuales en pie (sin considerar las astillas) para el trienio 2001-2003 y una cifra similar hasta el trienio 2016-2018, para luego crecer por sobre los 30 millones de m³ anuales.

Sin embargo, el consumo promedio en el período 2001-2003 fue de solo 20,9 millones de m³ y este “ahorro”, entre otros factores, ha permitido que se acumule un stock en crecimiento que permitirá continuar satisfaciendo, en el corto plazo, la creciente demanda industrial hasta llegar, en el año 2010, a los 31,5 millones de m³. Es decir, dos trienios antes que lo previsto en el estudio anterior.

Como contrapartida, este adelanto en la fecha en que se puede alcanzar el nivel de los 31 millones de m³ es posible, pero postergando hasta mediados de la década del 20 un aumento importante por sobre este volumen.

En estos cinco años se ha avanzado notablemente en el procedimiento para la actualización del inventario. Anteriormente, el inventario de plantaciones era realizado por el Instituto Forestal mediante una secuencia de inventarios regionales que se realizaban cada año, de tal forma que nunca se disponía de una actualización nacional de las cifras. Por otra parte, el Instituto Forestal debía duplicar esfuerzos y recursos ya aplicados por las empresas que mantienen al día sus inventarios de plantaciones.

El procedimiento actual, de colaboración e intercambio de información entre instituciones públicas y privadas, significa una asignación eficiente de los recursos por cuanto permite a INFOR concentrarse en mejorar el inventario de pequeños y medianos propietarios. Así mismo, es un procedimiento efectivo, por cuanto permite disponer de cifras nacionales actualizadas bajo un procedimiento común a todas las regiones. El resultado es una estimación más precisa de las superficies de plantaciones.

El inventario actualizado a diciembre de 2002 muestra, por primera vez en un estudio de disponibilidad de Pino radiata, que la clase de edad menor (0 a 4 años) tiene menos superficie que las clases de edad siguientes. Esto significa que hubo una disminución en la tasa anual de forestación causada por los factores que se describen en la sección 2, entre los cuales destaca la atracción que ejercen las especies del género *Eucalyptus* en los inversionistas.

El inventario muestra una disminución de 3,4% en la superficie con respecto al inventario 1997 utilizado en el anterior estudio de disponibilidad. Si bien es cierto que la diferencia puede deberse a diferencias metodológicas, este hecho unido a lo mencionado en el párrafo anterior muestra una clara tendencia a la contracción del inventario durante el período 1997-2002.

Otro aspecto relevante del inventario 2002, es la existencia de unas 49 mil hectáreas con edad mayor a 24 años, lo cual llama la atención comparado con las 17 mil hectáreas de esa clase de edad que mostraba el inventario anterior. Ante evidencias de que se trata de superficies que hoy tienen una dudosa accesibilidad comercial, los rendimientos de estas plantaciones son castigados en las simulaciones de proyección.

En cuanto a los rendimientos utilizados en este estudio cabe destacar que los rendimientos medidos como Incremento Medio Anual por zona de crecimiento son consistentes con los del estudio anterior. Por otra parte, la desagregación de rendimientos en tipo de productos ha mejorado por cuanto las estimaciones se obtienen, a ese nivel, directamente con el simulador Radiata.

La estratificación del inventario según esquemas de manejo revela que un 53% de la superficie de plantaciones de la especie está sometida a un esquema de manejo que considera la poda. Ello es consistente con el porcentaje del estudio anterior (51%) con la diferencia de que la técnica y oportunidad de esta intervención silvícola ha mejorado en el período.

En el ámbito de los supuestos, en el período surgió un comportamiento de los propietarios que no había sido detectado en estudios anteriores: la sustitución por especies del género *Eucalyptus* luego de cosechar Pino radiata. Las proyecciones de este estudio consideran que la sustitución continuará, durante un período limitado, en los pequeños y medianos propietarios.

Los supuestos de pérdidas por incendios aumentan de 6.760 ha anuales en el estudio anterior, a 8.058 ha anuales de acuerdo a la media observada en la última década.

Por otro lado, los supuestos respecto al efecto futuro de la polilla del brote son mucho más benignos que los usados en el estudio anterior, a partir de la evidencia que se tiene sobre la efectividad de los programas de control de esta larva.

Las estimaciones de CORMA respecto al crecimiento de la demanda industrial para la presente década revelan que, de 20,1 millones de m³ el año 2003, se llegará a 31,5 millones el año 2010. Este ritmo de crecimiento es mayor al observado por la industria en las últimas décadas.

Los escenarios de proyección caracterizan con bastante precisión las posibilidades del inventario de plantaciones de satisfacer sustentablemente las demandas de la industria. El Escenario A o Base revela que el inventario puede satisfacer el vector de demanda previsto por la industria hasta el año 2011. Los escenarios D (o libre) y E (o de flujo no decreciente del podado más el aserrable) demuestran que, desde el punto de vista del bosque, sería preferible esperar unos tres años antes de iniciar la expansión de la oferta. De todos modos, todos estos escenarios demuestran que un nivel de consumo de 31 millones de m³ es abordable y por un largo plazo.

Como se observa de los resultados de los distintos escenarios, las plantaciones de Pino radiata podrán satisfacer las expansiones industriales previstas en el mediano plazo pero exigiendo una muy eficiente asignación de recursos.

En cuanto a la expansión, en el largo plazo, de la industria basada en esta especie, las posibilidades estarán condicionadas a un esfuerzo público - privado adicional que se traduzca en la forestación de nuevos terrenos duplicando la tasa actual, así como en la transferencia efectiva de tecnologías silvícolas y genéticas a todos los agentes económicos propietarios de estas plantaciones.

En cuanto a la información utilizada en este estudio, hay que destacar que supera en calidad a la utilizada en estudios anteriores y ello ha sido posible gracias a la integración de las bases de datos de las plantaciones de las empresas en convenio y la campaña de terreno realizada por el Instituto Forestal. Sin embargo, en el corto plazo, es necesario abordar el aumento de la precisión en la información de estado de los rodales en propiedad de pequeños y medianos propietarios. Una mayor precisión en tal información contribuiría ciertamente eliminar incertidumbre en la validez de algunos supuestos utilizados en este estudio.

8. REFERENCIAS

INFOR 1999. Disponibilidad de madera de plantaciones de Pino radiata en Chile: 1998-2027. Informe Técnico N° 142, enero 1999. Instituto Forestal - CORFO. 45p.

INFOR. 2004. Estadísticas Forestales 2003. Boletín Estadístico N° 95. Instituto Forestal - CORFO. 151p