

Taller Internacional de Bioenergía para un
Desarrollo Sustentable

Viña del Mar, 2004

Caracterización química de
Eucalyptus globulus y *E. nitens*
para la producción de bioetanol

Carolina Parra, Alexánder Berrocal,
Juanita Freer, Jaime Rodríguez,
Miguel Espinosa, Jaime Baeza

Universidad de Concepción

INTRODUCCIÓN
Biocombustibles

- ✧ **ETANOL (incluye ETBE)**
- ✧ **BIODIESEL**
- ✧ **BIOGAS**

INTRODUCCIÓN

Biocombustibles

ETANOL

**90% del consumo
de
biocombustibles**

- ✧ **E-5**
- ✧ **E-10**
- ✧ **E-85**
- ✧ **E-95**

INTRODUCCIÓN

Beneficios uso biocombustibles

- ✧ **AMBIENTALES**
- ✧ **SEGURIDAD ENERGETICA**
- ✧ **DESARROLLO ECONOMICO**

INTRODUCCIÓN

Biocombustibles

Biofuels in the Future

“Although grain, sugar and oil crops to be important biomass resources the use of lignocellulosic biomass is essential in the longer terms”

**“International Energy Agency Bioenergy.
Annual Report 2003**

INTRODUCCIÓN

Materias Primas

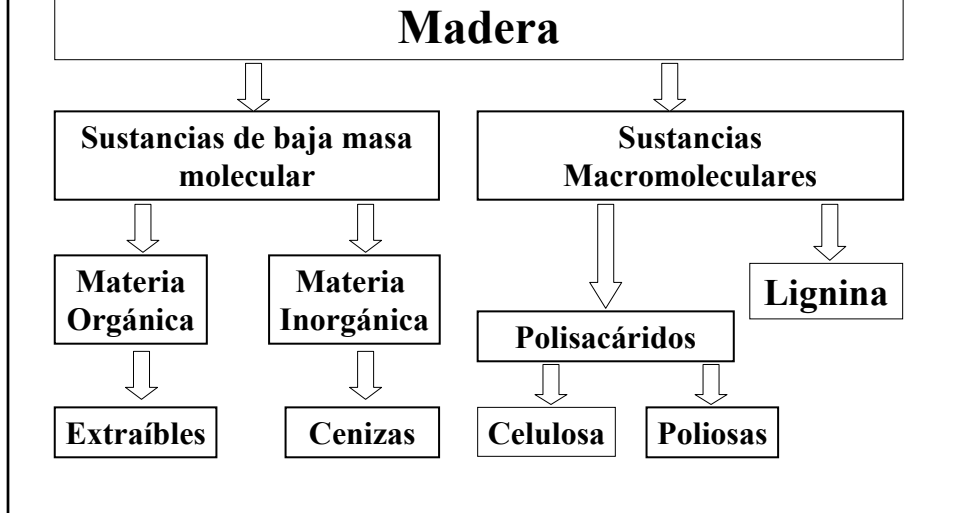
➤ **La producción de Biomasa en el mundo es de 170 billones de ton/año.**

⇒ **El 70% es aportado por los bosques.**

⇒ **La madera es 50% celulosa y 20-25 % hemicelulosa.**

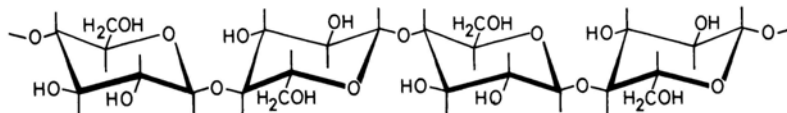
INTRODUCCIÓN

Composición de la Madera



INTRODUCCIÓN

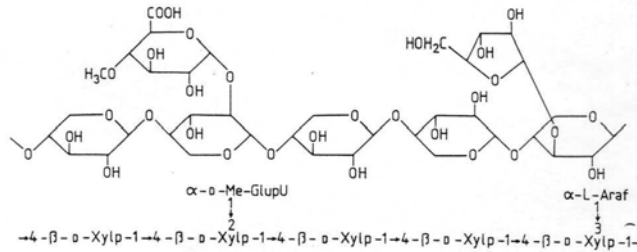
Composición de la Madera



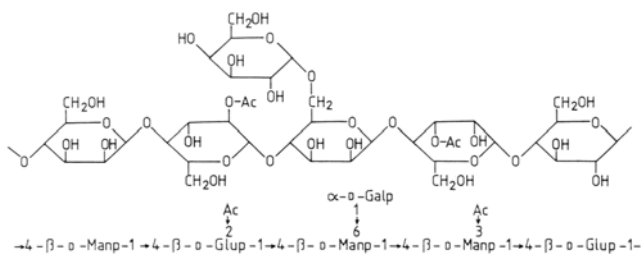
Estructura de la Celulosa

INTRODUCCIÓN

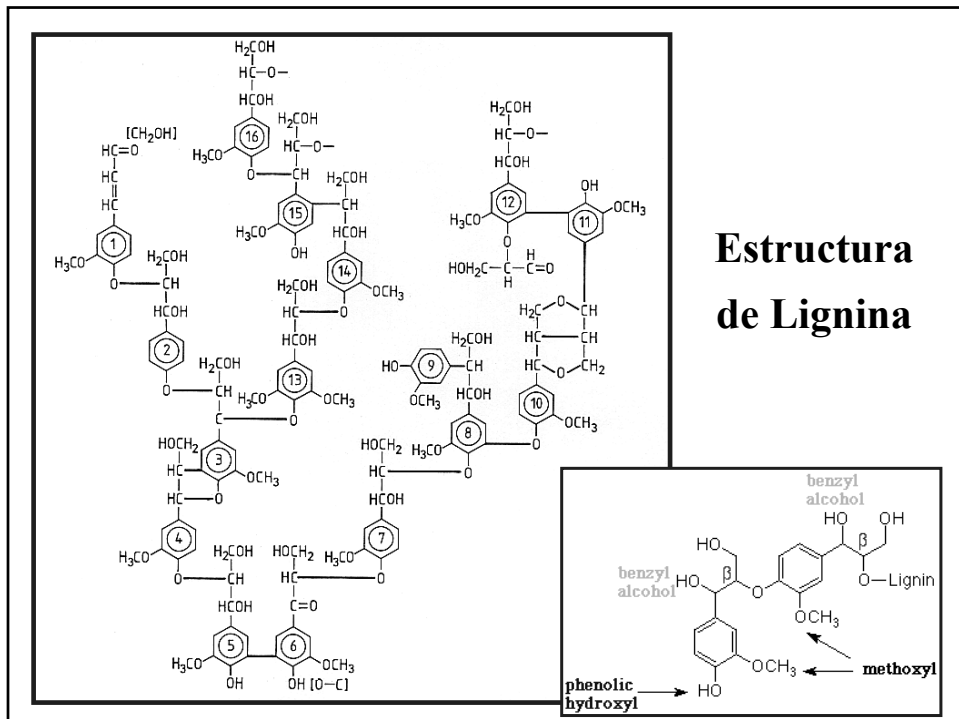
Composición de la Madera



Hemicelulosa de madera dura

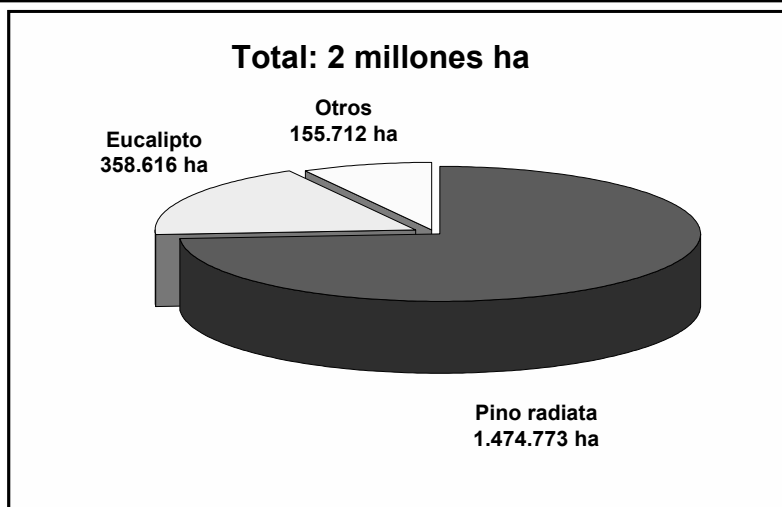


Hemicelulosa de madera blanda



INTRODUCCIÓN

Plantaciones Forestales



Fuente: INFOR 2000

INTRODUCCIÓN

Ventajas de usar Pino ó Eucalipto

	Madera Blanda	Madera Dura
	Pino	Eucalipto
Celulosa	35-55%	40-60 %
Hemicelulosa		
Hexosas	12-15%	2-7%
Pentosas	8-10%	12-15%
Lignina	28-31	15-22%
Crecimiento	Lento	Rápido

Fuente: Mansilla, 1991; Hills, 1982

INTRODUCCIÓN

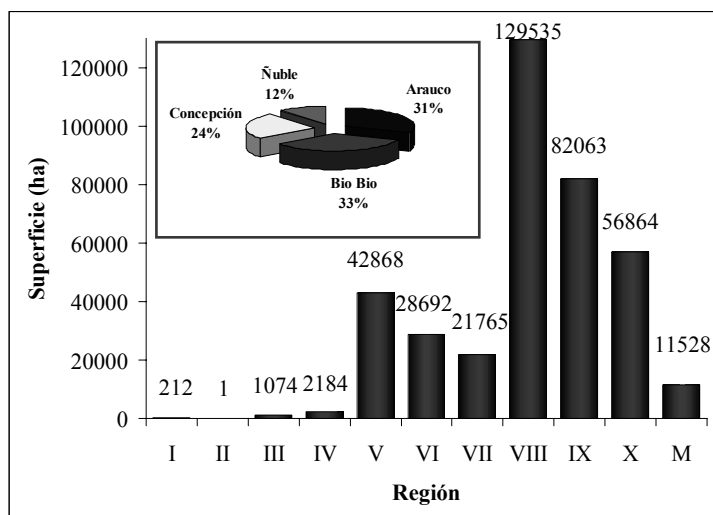
Evaluación de Pino

“Effect of tree age on variation of
Pinus radiata D Don. Chemical
composition.”

J. Chil. Chem. Soc. 49, N° 3: 251-256 (2004)

INTRODUCCIÓN

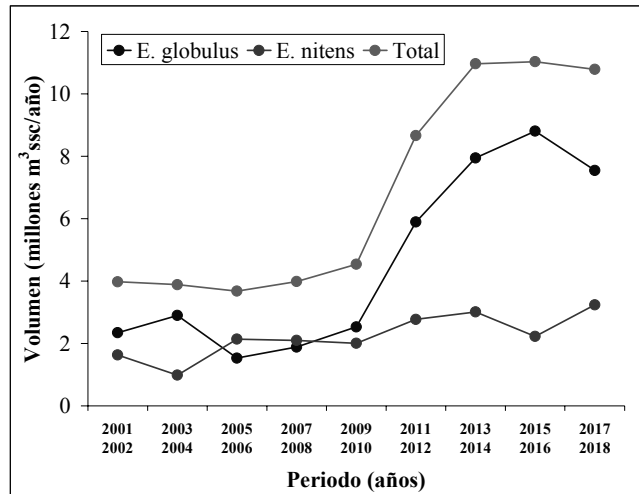
Distribución de Eucalipto en Chile



Fuente: INFOR, CONAF, Empresas. 1998

INTRODUCCIÓN

Disponibilidad Futura de Madera de Eucalipto



Fuente: INFOR. Informe Técnico No 151, 2000.

BIOETANOL

Laboratorio Recursos Renovables

- Evaluación Material Lignocelulosico disponible.
- Definir Recurso Forestal Optimo para el Proceso
- Optimización Procesos Tradicionales
 - ⇒ Pretratamientos
 - ⇒ Conversión Química Enzimática
- Desarrollo de un Proceso No Tradicional
 - ⇒ Procesos Organosolv

OBJETIVO

Determinar rendimiento biomásico de plantaciones de eucalipto y los rendimientos potenciales para la producción de bioetanol

INTRODUCCIÓN

- ✧ Simulación del crecimiento y rendimiento de los árboles.
- ✧ Estudio de la composición química de árboles de diferente rango de edad.
- ✧ Estimación de la producción de bioetanol.
- ✧ Proyección de la producción de bioetanol.

MATERIALES Y METODOS

Muestras de madera

Rangos de edad (años)	
<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>
1-3	-
4-6	4-6
7-10	7-10
11-15	11-15
16-20	16-20
21-25	21-25
26-30	-
>30	-

MATERIALES Y METODOS

Determinación de Azúcares

Hidrólisis con ácido Sulfúrico

72% H₂SO₄, 30 °C, 30 min.

2,5% H₂SO₄, 120°C, 60 min.

Neutralización

HPLC Columna Aminex HPX-87P

MATERIALES Y METODOS

Simulación del crecimiento de los árboles

Simulador de Crecimiento EUCA 2000 V3.0

Densidad inicial 1250 árboles/ha
Sin manejo silvicultural
2 zonas por especie con
Índice de Sitio diferente



Volumen m³ ssc/ha

MATERIALES Y METODOS

Estimación Teórica de la Producción de Etanol

$$\text{Etanol (L/t)} = \text{Azúcares (\%)} * \text{ph} * \text{pe} * \text{pt} * \text{pg} * \text{pl} * (0,01)$$

Azúcares = Sumatoria de hexosas ó pentosas anhidras;

ph = 1,11 lb hexosas/1 lb azúcar polimérico ó
1,136 lb pentosas/1 lb azúcar polimérico;

pe = 0,51 lb etanol/1 lb hexosas;

pt = 2000 lb etanol/1 tonelada de hexosas;

pg = 1 gal etanol/6,55 lb de etanol;

pl = 1 litro etanol/0,26gal;

L = litros;

t = tonelada de materia seca.

Fuente: U.S. Department of Energy, 2003

MATERIALES Y METODOS

Rendimiento Teórico de la Producción de Etanol

$$\text{Rendimiento (L/ha)} = E_{\text{hex}} * D_{\text{b}} * V * 0,001$$

E_{hex} = Cantidad de etanol que se produce por tonelada de materia seca a partir de las hexosas

D_{b} = Densidad básica de la madera

V = Volumen de madera que se produce por hectárea (m^3 sólidos sin corteza/ha).

Fuente: U.S. Department of Energy, 2003

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

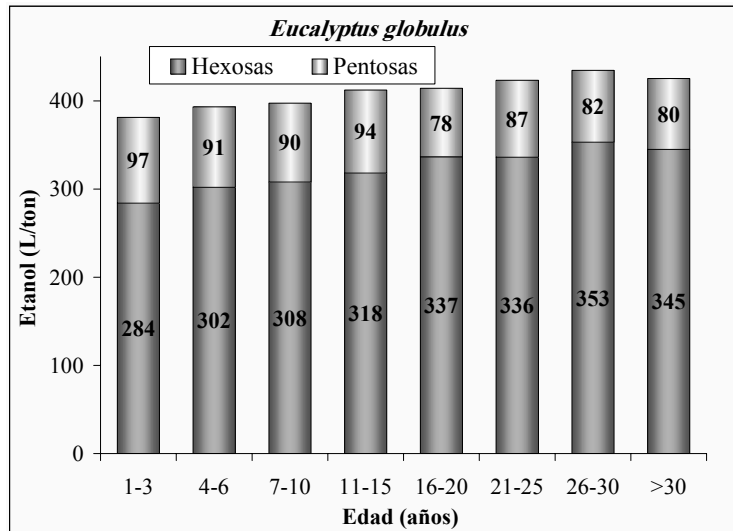
Para determinar la edad óptima de una plantación, con una mayor producción de Bioetanol se debe relacionar la productividad del bosque a diferentes edades con la cantidad de azúcares presentes a cada edad.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

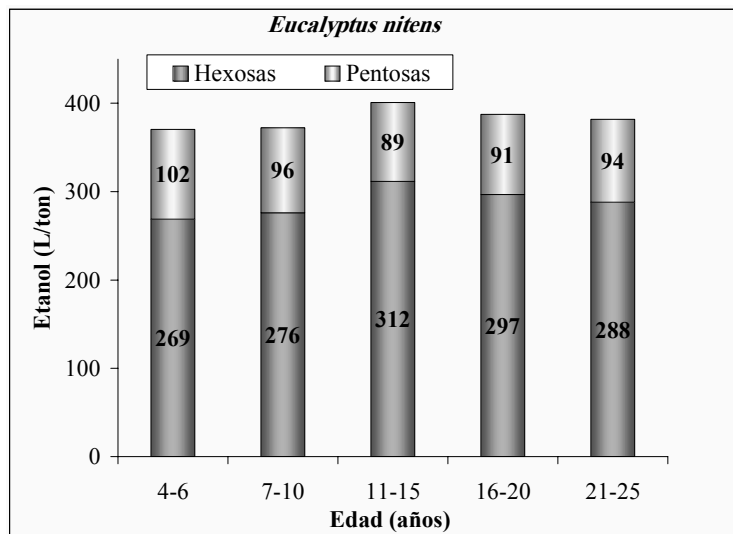
Azúcares E. globulus y E. nitens

Rango edad (años)	GLUCOSA % b.s.		XILOSA % b.s.	
	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>
1-3	44,9	-	16,2	-
4-6	47,9	42,2	15,2	17,0
7-10	48,5	43,2	15,0	16,1
11-15	50,2	49,3	15,7	14,9
16-20	53,2	46,4	13,0	15,1
21-25	53,2	45,0	14,3	15,7
26-30	55,9	-	13,6	-
>30	55,0	-	13,4	-

ESTIMACIÓN PRODUCCIÓN ETANOL *E. globulus*



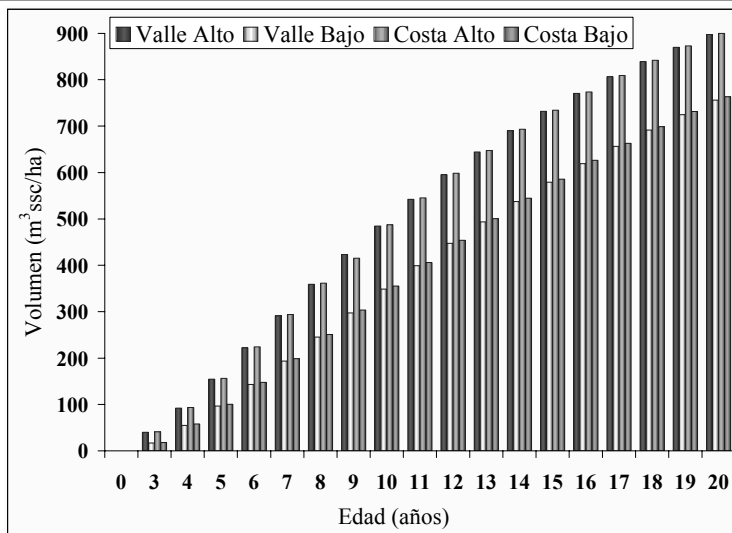
ESTIMACIÓN PRODUCCIÓN ETANOL *E. nitens*



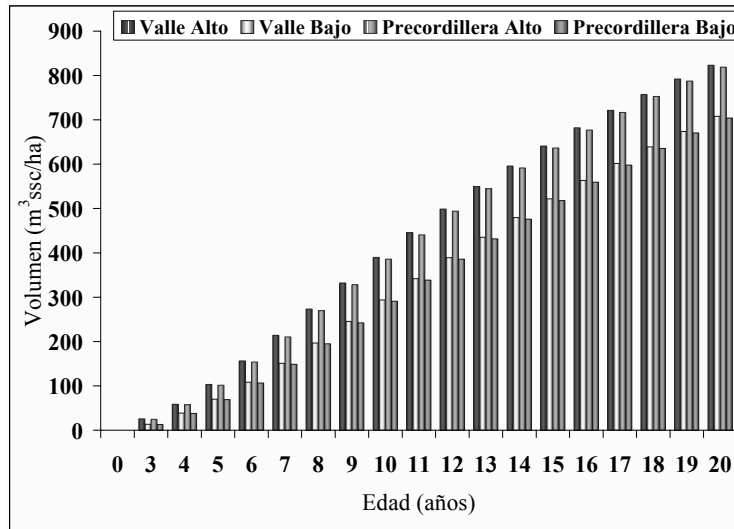
CONCLUSION Parcial

- El rango de edad de máxima producción de bioetanol es de 20-25 años para *E. globulus* y de 11-15 años para *E. nitens*. Utilizando el incremento medio de la producción de bioetanol, se determinó que la edad óptima de corta es entre los 7-10 años para ambas especies.

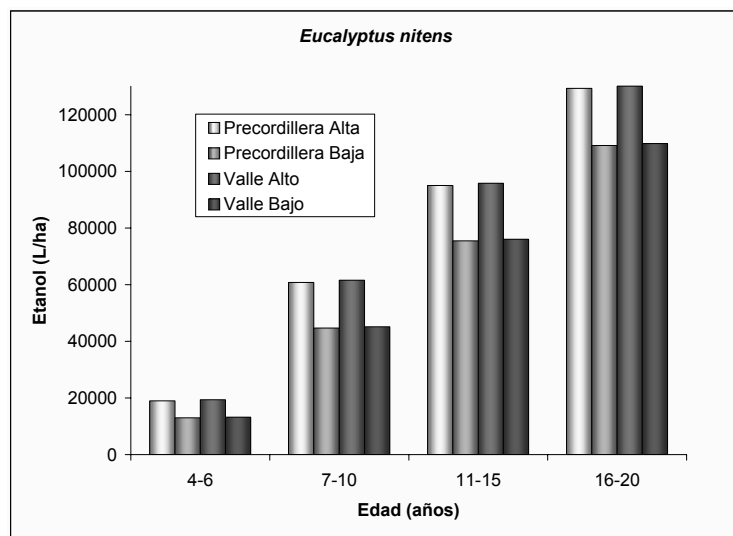
SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO *E. globulus*



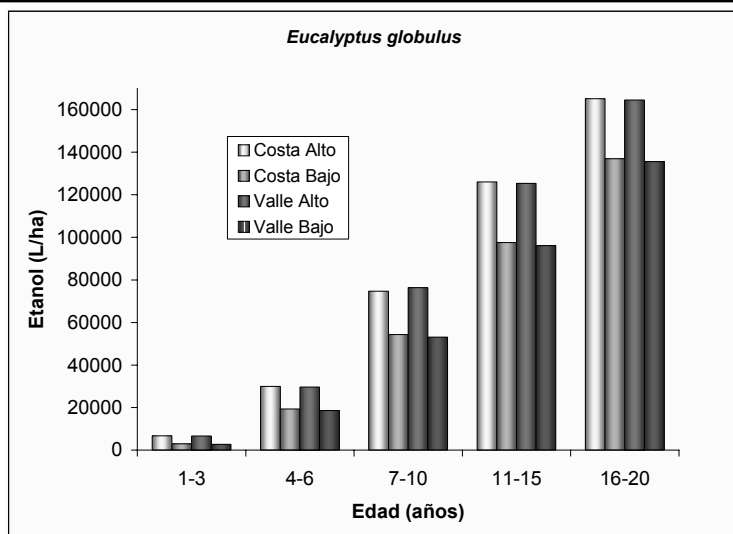
SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO *E. nitens*



PROYECCIÓN PRODUCCIÓN ETANOL Plantaciones de *E. nitens*



PROYECCIÓN PRODUCCIÓN ETANOL Plantaciones de *E. globulus*



CONCLUSIONES

- La proyección de la producción de bioetanol en diferente sitios de la VIII Región, permitió establecer que los terrenos con indice de sitio altos son los más adecuados para obtener una mayor producción.

CONCLUSIONES

- Para *E. globulus* el rango de edad óptimo es de 7-10 años para los cuatro sitios estudiados.
- Para *E. nitens* los rangos de edad varían dependiendo del sitio evaluado, suelos con índice de sitio alto el rango es de 4-6 años, y de 11-15 años para suelo con índice de sitio bajo.

CONCLUSIONES

- Los rango de edad obtenidos, como óptimos para una mayor producción de bioetanol, indican que el tiempo de permanencia de las plantaciones deberían ser cortos. Estos tiempos podrían ser menores dependiendo del tipo de suelo que se utilice y de la densidad de la plantación.

CONCLUSIONES

- **De acuerdo con la información obtenida sería interesante la evaluación de plantaciones de corta rotación para aumentar la biomasa y obtener mejores rendimientos.**

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de Innova-BíoBio-Abengoa (Proyecto 03-A1-153) y Fondecyt (Proyecto N°1040614).

INTRODUCCIÓN

Estimación de la producción de etanol de *Pinus radiata* D Don

Rango Edad (años)	Etanol Hexosas (L/ton ssc)	Etanol Hexosas + Pentosas (L/ton ssc)
1-3	316	375
4-6	325	367
7-10	367	407
11-15	380	413
16-20	381	415
21-25	402	429
26-30	401	430
>30	361	392