

**SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA**

**“MEJORAMIENTO GENÉTICO,  
CALIDAD DE LA MADERA  
Y TENDENCIAS DE MERCADO  
DE *Pinus taeda*”**

**INIA TACUAREMBÓ**

**15 de diciembre 2004**

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESULTADOS DE ENSYOS DE ESPECIES Y FUENTES DE SEMILLA DE <i>Pinus</i> .....	1
Fernando Resquin	
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE <i>Pinus taeda</i> L. ....	22
DEL URUGUAY	
Hugo O'Neill	
USOS DE LA MADERA DE PINUS. MERCADOS Y TENDENCIAS.....	1
Carlos Voulminot	

---

## RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESPECIES Y FUENTES DE SEMILLA DE *Pinus*

Fernando Resquin<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

Hasta el momento *P.taeda* y *P.elliottii* ocupan casi la totalidad de la superficie plantada bajo proyecto con este genero con una superficie aproximada de 158.000 has. Del total del área plantada estas especies representan el 70% y 27%, respectivamente (MGAP, 2003).

Las plantaciones comerciales de estas especies se han concentrado en los departamentos de Rivera, Tacuarembó y Paysandú (Zonas 7 y 9) y en general han mostrado una buena adaptación a las diferentes condiciones agroclimáticas del país. A su vez, se ha determinado que las mismas tienen un comportamiento diferente en cada una de las zonas mencionadas lo cual estaría indicando que estas especies poseen un potencial productivo variable dependiendo del sitio que se este considerando.

Por otro lado, además del sitio, es sabido que existen otros factores que afectan las tasas de crecimiento tales como la fuente de semilla y el manejo silvicultural, entre otros. En cuanto a las fuentes de semilla, diversos autores citan la gran variación existente entre las mismas teniendo en cuenta la amplitud del área de distribución natural además de la existencia de regiones productoras de semilla mejorada genéticamente.

A los efectos de determinar la combinación óptima: especie-fuente de semilla-zona del país, a partir del año 1992 el Programa Forestal del INIA comenzó con la instalación de ensayos de evaluación de especies y procedencias en varias de las zonas de prioridad forestal. A continuación se presentan resultados de varios ensayos de especies y procedencias a diferentes edades de evaluación.

### EVALUACIÓN DE PROCEDENCIAS DE *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* AL ONCEAVO AÑO (Ensayo 11)

### MATERIALES Y MÉTODOS

En el invierno del año 1992 fue instalado un ensayo de evaluación de procedencias de *P.taeda* y *P.elliottii* en un predio del Sr. Diano ubicado en Villa Serrana (zona 2, Lavalleja) próximo a ruta 8. El diseño experimental usado fue parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en donde la especie constituye la parcela principal y la procedencia las subparcelas. Estas subparcelas están formadas por 4 filas de 10 plantas con una distancia de plantación de 3 m entre filas y 3 m entre surcos. La descripción de materiales genéticos en valuación se presenta en el cuadro 1.

---

<sup>1</sup> Ing. Agr. (Msc.) Programa Nacional Forestal – INIA Tacuarembó

Cuadro 1. Lista de materiales de *P.taeda* y *P.elliottii* evaluados

Código	Especie	Procedencia
1	<i>P.elliottii</i>	Saffi. (Sud Africa)
2	<i>P.elliottii</i>	Boise (Cascada Seed Orchard)
3	<i>P.elliottii</i>	Florida (Departement of Agr.)
4	<i>P.elliottii</i>	Florida (Dirección Forestal)
5	<i>P.elliottii</i>	Rigesa (Santa Catarina)
6	<i>P.elliottii</i>	Klabin (Parana)
1	<i>P.taeda</i>	Mondi (Sud Africa)
2	<i>P.taeda</i>	Singer (Lousiana)
3	<i>P.taeda</i>	Florida (Dirección Forestal)
4	<i>P.taeda</i>	Rigesa (Santa Catarina)
5	<i>P.taeda</i>	Klabin (Parana)

Durante los meses de invierno de los años 1995, 1997, 1999, 2001 y 2003 se realizaron mediciones de altura total y DAP en todos los árboles. Con estos datos se calcularon el porcentaje de sobrevivencia, el volumen por árbol y por hectárea con corteza usando un factor de forma de 0.5. Con los resultados de la medición al año 2003 se realizó un análisis de varianza mediante el SAS para todas las variables mencionadas. Los contrastes de medias fueron realizados a través del test de Duncan al 5% de significación. Por otro lado fueron estimados los coeficientes de correlación para las variables citadas a distintas edades versus la medición al último año (2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento de las especies

En el cuadro 2 se presentan los valores medios de DAP, altura total, volumen por árbol y por hectárea y el incremento medio anual de las dos especies evaluadas. Mediante el análisis de varianza se observa que existen diferencias significativas entre especies para las variables altura total, sobrevivencia y volumen por ha. *P.taeda* es la especie más productiva por unidad de superficie explicado básicamente por presentar una sobrevivencia más alta que *P.elliottii* ya que los valores de crecimiento individuales son muy similares para ambas especies. Esta diferencia en la sobrevivencia determina una superioridad en crecimiento (medido como vol/ha) de *P.taeda* con respecto a *E.elliottii* de algo más de 60%.

Cuadro 2. Valores promedios de sobrevivencia y crecimiento para cada especie

Especie	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (cm)	Vol/árbol (m3)	Volumen/ha (m3/ha)	IMA (m3/ha/año)
<i>P.taeda</i>	11.7 a	25.7 a	78 a	0.31 a	269.6 a	24.5
<i>P.elliottii</i>	10.7 b	25.7 a	53 b	0.29 a	165.9 b	15.1

Si analizamos la evolución del volumen acumulado desde el 3<sup>er</sup> hasta el 11<sup>avo</sup> año se observa que las dos especies han incrementado su volumen a tasas crecientes con un aumento progresivo de las diferencias en crecimiento entre las mismas (Figura 1). Estas diferencias también son explicadas principalmente por una mayor sobrevivencia de *P.taeda* con respecto a *P.elliottii*, detectada desde las primeras etapas del cultivo (Figura 2).

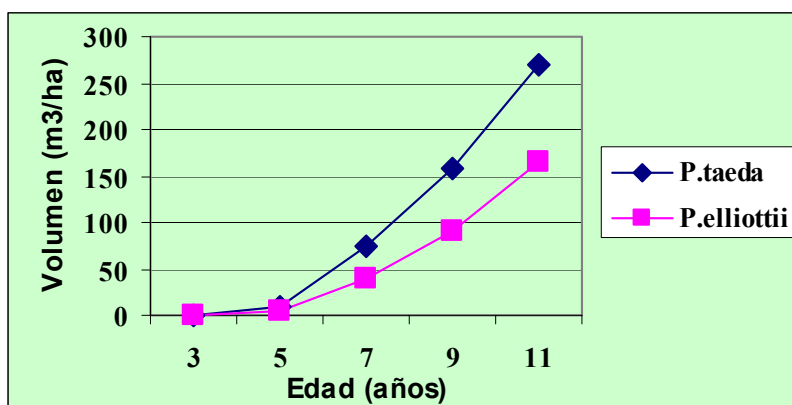


Figura 1. Evolución del crecimiento acumulado de ambas especies

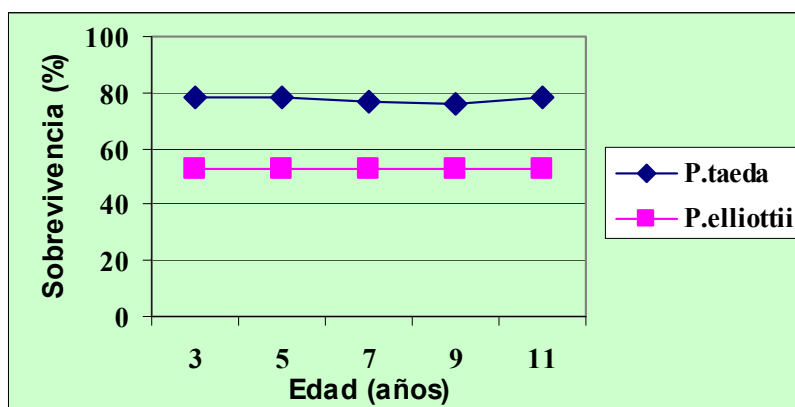


Figura 2. Evolución de la sobrevivencia de ambas especies

### Comportamiento de las procedencias de cada especie

#### P.taeda

En este caso el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre procedencias solo para la variable DAP. (Cuadro 3) Las procedencias de mayor diámetro a la altura del pecho son las 1, 5 y 2 provenientes de Mondi (Sud Africa), Parana (Brasil) y Lousiana (USA) respectivamente. No obstante estas diferencias, los valores de volumen por ha son muy similares para todos los materiales evaluados.

De la evolución del crecimiento acumulado de todas las procedencias se observa que hasta el momento de la evaluación todos los materiales han crecido a tasas cada vez mayores fundamentalmente a partir del 3<sup>er</sup> año de instalado el ensayo (Figura 3). A pesar de la similitud de los valores de vol/ha la procedencia 1proveniente de Sudáfrica, presenta una ligera superioridad con respecto al resto de los materiales en el ultimo período de evaluación (años 9 a 11).

Cuadro 3. Valores medios de sobrevivencia y crecimiento para las procedencias evaluadas al año 11.

Procedencia	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)	Vol/arbol (m3)	Volumen/ha (m3/ha)	IMA (m3/ha/año)
1	11.8 a	26.9 a	76 a	0.35 a	292.6 a	26.6
3	11.9 a	24.8 c	84 a	0.30 a	275.9 a	25.1
5	11.7 a	25.7 ab	76 a	0.31 a	264.1 a	24.0
4	11.7 a	25.6 bc	76 a	0.31 a	259.0 a	23.6
2	11.6 a	25.4 ab	77 a	0.30 a	256.5 a	23.3

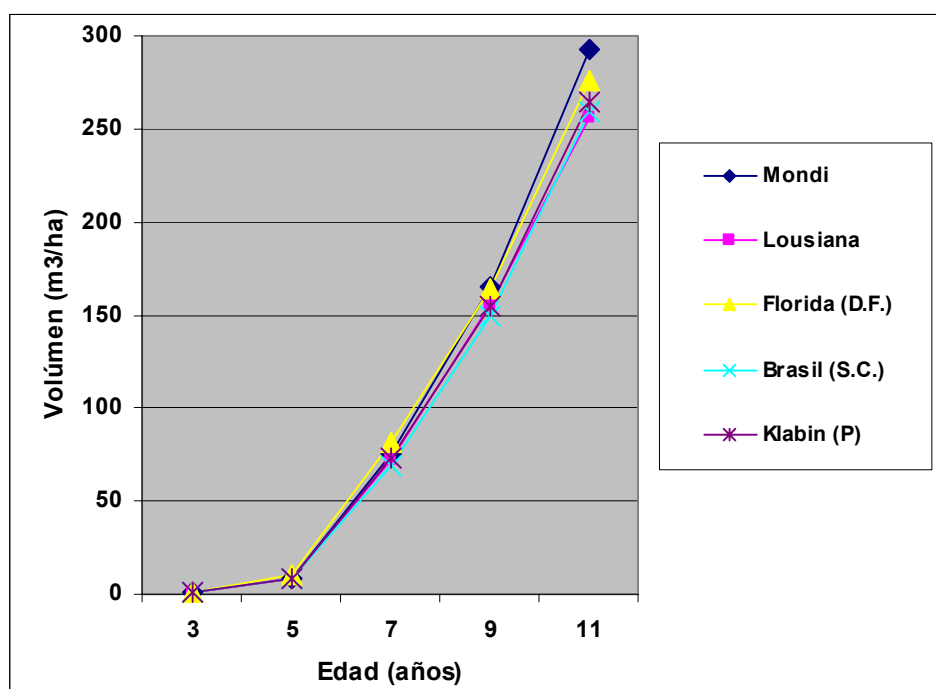


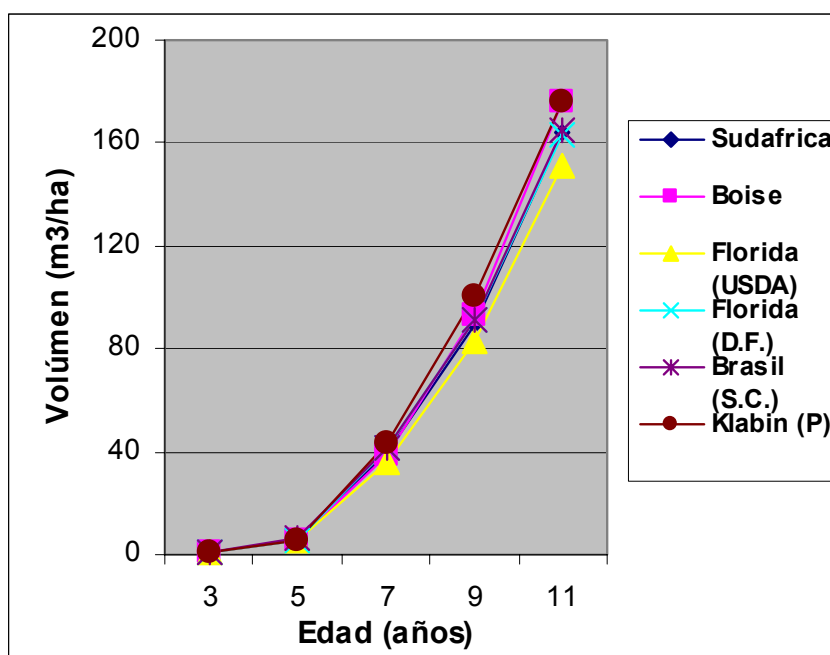
Figura 3. Evolución del crecimiento acumulado de las procedencias de *P. taeda*

### *P.elliottii*

En este caso el análisis de varianza no detecta diferencias significativas para ninguna de las variables analizadas (Cuadro 4). De los resultados presentados surge que todos los materiales evaluados tienen un comportamiento muy similar en todos los parámetros analizados. Esta baja variación observada en la última evaluación también puede observarse en todas las mediciones anteriores (Figura 4). Al igual que para el caso de las procedencias de *P. taeda* los incrementos de volumen por ha a partir del 3er año de evaluación se producen a tasas crecientes. Por otro lado, se observa que a partir del 7mo año de instalado el ensayo comienza a ocurrir una dispersión de los valores de volumen por ha para los materiales evaluados.

**Cuadro 4.** Valores medios de sobrevivencia y crecimiento para las procedencias evaluadas al año 11

Procedencia	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)	Vol/arbol (m3)	Volumen/ha (m3/ha)	IMA (m3/ha/año)
6	10.6 a	24.4 a	61.9 a	0.26 a	176.2 a	16.02
2	10.9 a	26.0 a	51.9 a	0.30 a	175.7 a	15.97
5	10.9 a	24.8 a	55.0 a	0.27 a	164.6 a	14.96
1	11.1 a	26.9 a	46.3 a	0.32 a	164.1 a	14.92
4	10.4 a	25.6 a	53.1 a	0.28 a	163.5 a	14.86
3	10.3 a	26.2 a	48.8 a	0.28 a	151.3 a	13.75



**Figura 4.** Evolución del crecimiento acumulado de las procedencias evaluadas al año 11.

#### Relación entre mediciones a diferentes edades

En el cuadro 5 se presentan los coeficientes de correlación calculados entre los valores de volumen por há al último año de evaluación (2003) y los valores a distintas edades a partir del 3<sup>er</sup> año de instalado el ensayo. En función de los valores obtenidos surge que solo a partir del 7<sup>mo</sup> año de evaluación puede predecirse con relativa precisión el comportamiento productivo a futuro de ambas especies. Esto es el resultado de un cambio relativo en el ranking de las procedencias a lo largo de los años. A partir del año 7, en principio podría decirse que ocurre una cierta "estabilización" del posicionamiento relativo de las procedencias, momento a partir del cual existirían buenas posibilidades de seleccionar los materiales genéticos de mayor productividad.

**Cuadro 4.** Correlaciones entre valores de vol/ha medidas a diferentes edades con el valor al 11<sup>er</sup> año.

Especie	Edades			
	3 <sup>er</sup> año	5 <sup>to</sup> año	7 <sup>mo</sup> año	9 <sup>no</sup> año
P.taeda	0.1	0.1	0.6	0.7
P.elliottii	0.5	0.5	0.6	0.9

## EVALUACION DE PROCEDENCIAS DE *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* AL SÉPTIMO AÑO

### ENSAYO 33

#### MATERIALES Y MÉTODOS

En agosto del año 1994 fue instalado un ensayo de procedencias de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* en un predio de la empresa COFUSA próximo al Km. 495 de la Ruta 5 (suelo 7,2; Rivera). Previo a la plantación se realizó un laboreo total con excéntrica. El diseño experimental usado fue parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en donde la especie constituye la parcela principal y la procedencia las subparcelas. Estas subparcelas están formadas por 2 filas de 10 plantas con una distancia de plantación de 3 m entre filas y 2.5 m entre plantas. La descripción de materiales genéticos en evaluación se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Lista de materiales de *P.taeda* y *P.elliottii* evaluados

Código	Especie	Procedencia
1	<i>P.taeda</i>	Mondi, (Sud Africa)
2	<i>P.taeda</i>	Huerto Semillero en Texas, (USA)
3	<i>P.taeda</i>	Lousiana, (USA)
4	<i>P.taeda</i>	Texas, (USA)
5	<i>P.taeda</i>	Oeste de Los Angeles, (USA)
6	<i>P.taeda</i>	Este de Texas, (USA)
7	<i>P.taeda</i>	Alabama, (USA)
1A	<i>P.elliottii</i>	Alabama, (USA)
2A	<i>P.elliottii</i>	Lousiana, (USA)
3A	<i>P.elliottii</i>	Huerto Semillero en Florida, (USA)
4A	<i>P.elliottii</i>	Sappi, (Sud Africa)
5A	<i>P.elliottii</i>	Oeste de Los Angeles, (USA)

Al primer año de instalado el ensayo (año 1995) fue medida la altura de todos los arboles. Durante los meses de invierno de los años 1997, 1998, 1999, 2000 y 2001 se realizaron mediciones de altura total y DAP en todos los árboles. En el año 2000 fue realizado un raleo en cada subparcela, eliminando los árboles más finos y defectuosos, para reducir la población a un número aproximado de 650 árboles por ha.

Con estos datos se estimaron el porcentaje de sobrevivencia, el volumen por árbol y por hectárea con corteza usando un factor de forma de 0.5. Con los resultados de la medición al año 2001 se realizó el análisis de varianza mediante el SAS para las variables citadas. Los contrastes de medias fueron realizado a través del test de Duncan al 5% de significación. Con los datos de las mediciones de varios años fueron calculados los coeficientes de correlación para las variables citadas a distintas edades versus la medición al último año de evaluación (2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento de las especies

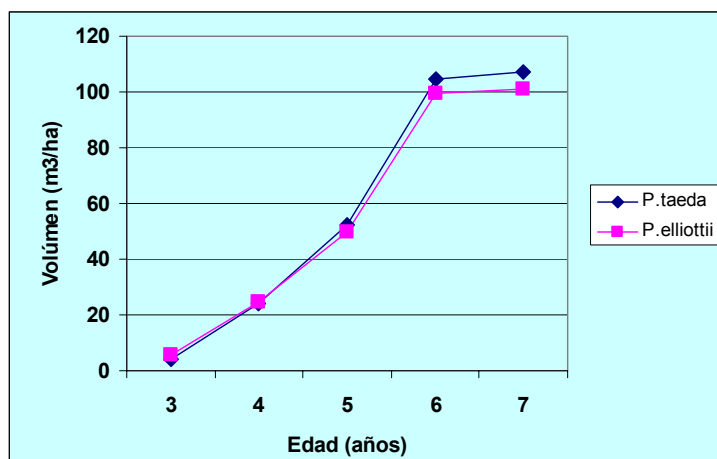
En el cuadro 6 son presentados los resultados promedio de altura total, DAP, volumen por árbol y volumen por ha de las especies evaluadas. Del análisis de varianza surge que no existen diferencias significativas para ninguno de los parámetros medidos. Los bajos valores de sobrevivencia se deben al raleo realizado entre el 6<sup>to</sup> y 7<sup>mo</sup> año de instalado el ensayo.



**Cuadro 6.** Valores promedios de sobrevivencia y crecimiento al 7mo año para cada especie

Especie	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (cm)	Vol/arbol (m <sup>3</sup> )	Volumen/ha (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha/año)
<b>P.taeda</b>	10.6 a	19.3 a	49.3 a	0.1628 a	106.9 a	15.3
<b>P.elliottii</b>	10.4 a	19.0 a	50.0 a	0.1517 a	101.1 a	14.4

En cuanto al comportamiento de ambas especies se observa que hasta el 3<sup>er</sup> año de instalado el ensayo P.elliottii tenía una pequeña superioridad con respecto a P.taeda mientras que a partir del 5<sup>to</sup> año esta última especie alcanza el mayor crecimiento situación que se mantiene hasta la ultima evaluación (Methol y Resquin, 2001). De todas maneras, los resultados obtenidos indican una paridad bastante grande a lo largo de los años para las dos especies. En este caso, los valores de crecimientos medidos al 6<sup>to</sup> año son algo superiores al los citados por Sorrentino, (1992), la cual reporta datos de IMA de 12,4 y 13.1 m<sup>3</sup>/ha/año de P.elliottii y P.taeda para este tipo de suelos, respectivamente.



**Figura 3.** Evolución del crecimiento acumulado de ambas especies

### Comportamiento de las procedencias de cada especie

#### P.taeda

Del análisis de varianza surge que existen diferencias entre procedencias para todas las variables analizadas (Cuadro 7). Las procedencias de mayor productividad por ha son la 4, 3, y 1 provenientes de Texas (USA), Lousiana (USA) y Mondi (Sud Africa), respectivamente. La superioridad de estos materiales esta determinada por el crecimiento individual ya que la sobrevivencia es prácticamente la misma para todos los casos. Los valores de IMA obtenidos por estas procedencias (luego del raleo) están próximos a 18 m<sup>3</sup>/ha/año. Se debe tener en cuenta que de haberse mantenido la población original (sin raleo) y asumiendo tasas crecientes de incrementos de volumen estos valores podrían haber alcanzado niveles superiores. En este sentido se observa que hasta el 6<sup>to</sup> año de evaluación todos los materiales han registrado incrementos de volumen a tazas cada vez mayores. La procedencia 7 proveniente de Alabama (USA) es la que ha mostrado el peor comportamiento a lo largo de todas las evaluaciones debido a su bajo crecimiento individual.

Cuadro 7. Parámetros de crecimiento y sobrevivencia al 7mo año para las procedencias de *P.taeda* evaluadas

Procedencia	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)	Vol/árbol (m <sup>3</sup> )	Volumen/ha (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha/año)
4	11.2 a	21.1 a	48	0.20 a	125.3 a	17.9
3	11.1 a	20.2 ab	50	0.19 ab	123.8 ab	17.7
1	10.9 ab	20.6 ab	49	0.19 ab	122.8 ab	17.5
5	10.5 b	19.2 ab	50	0.16 ab	103.8 ab	14.8
2	10.7 ab	18.7 b	50	0.15 ab	100.6 b	14.4
6	10.5 b	19.1 ab	49	0.15 b	100.6 b	14.4
7	9.7 c	16.5 c	50	0.11 c	71.7 c	10.2

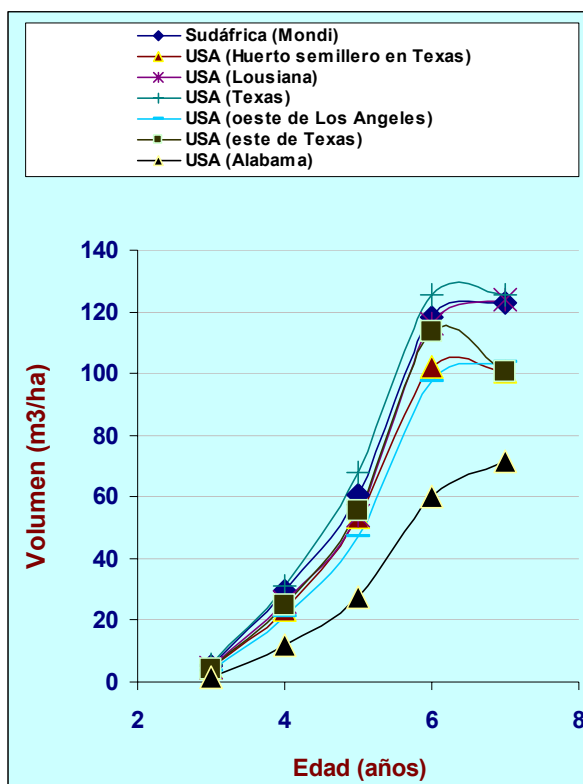


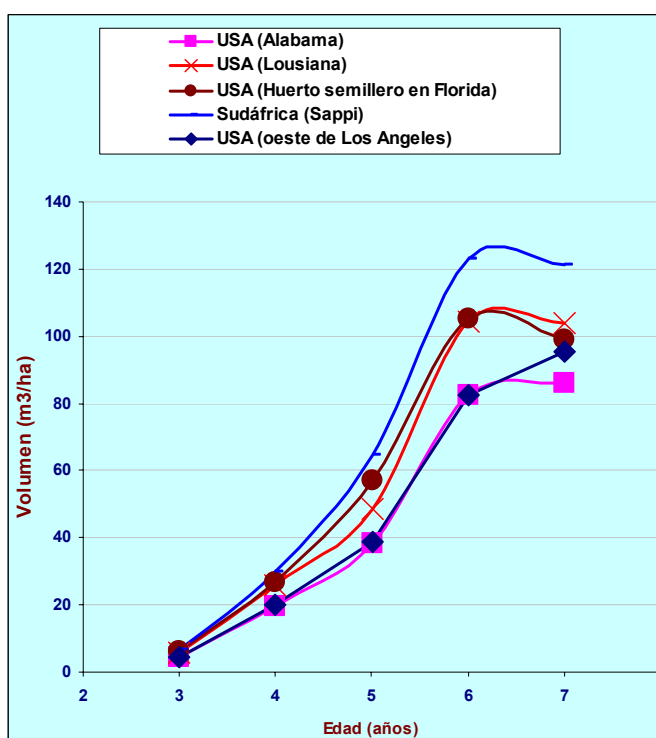
Figura 4. Crecimiento acumulado de las procedencias de *P.taeda*

### *P.elliottii*

Del análisis de varianza se desprende que existen diferencias significativas entre procedencias para las variables DAP, volumen por árbol y por hectárea (Cuadro 8). La procedencia más productiva a lo largo de todas las evaluaciones es la 4A proveniente de Sappi (Sud Africa) con un IMA de 17.3 m<sup>3</sup>/ha/año (Figura 5). AL igual que con las procedencias de *P.taeda* estos valores de crecimiento podrían haber sido superiores si se hubiera mantenido la población original. De todas maneras esta "perdida momentánea" de volumen va a ser compensada en el futuro con la obtención de árboles de mayor diámetro.

**Cuadro 8.** Parámetros de crecimiento y sobrevivencia al 7mo año para las procedencias de *P.elliottii* evaluadas

Procedencia	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)	Vol/árbol (m <sup>3</sup> )	Volumen/ha (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha/año)
4 <sup>a</sup>	10.6 a	20.5 a	51	0.18 a	121.3 a	17.3
2 <sup>a</sup>	10.5 a	19.2 ab	50	0.16 ab	103.7 ab	14.8
3 <sup>a</sup>	10.3 a	19.0 ab	50	0.15 ab	99.1 b	14.2
5 <sup>a</sup>	10.4 a	18.7 b	49	0.15 b	95.4 b	13.6
1 <sup>a</sup>	10.1 a	17.7 b	50	0.13 b	86.2 b	12.3



**Figura 5.** Crecimiento acumulado de las procedencias de *P.elliottii*

#### Relación entre mediciones a diferentes edades

A través de los coeficientes de correlación calculados entre mediciones a diferentes edades de evaluación surge que todos los valores son altos con relación al volumen por ha al 7<sup>mo</sup> año (Cuadro 9). Esto implica que pueden identificarse los materiales más productivos a partir de las primeras etapas del cultivo con altas probabilidades de éxito. Una tendencia muy similar también fue observada con la evaluación al 5<sup>to</sup> año de instalado el ensayo (Methol y Resquin, 2001). Los valores obtenidos indican que para el caso de *P.elliottii* el ranking de procedencias (por volumen por há) se mantiene prácticamente incambiado a lo largo de todo el periodo de evaluación. Para *P.taeda* se observa un pequeño cambio en el ranking de procedencias entre el 4<sup>to</sup> y 6<sup>to</sup> año de evaluación.

Cuadro 9. Correlaciones entre valores de vol/ha medidas a diferentes edades con el valor al 7<sup>er</sup> año.

Especie	3 <sup>er</sup> año	4 <sup>to</sup> año	5 <sup>mo</sup> año	6 <sup>no</sup> año
P.taeda	0.82	0.86	0.75	0.86
P.elliottii	0.9	0.9	0.9	0.9

## ENSAYOS 75 Y 76

### MATERIALES Y MÉTODOS

En el mes de junio de 1997 fueron instalados dos ensayos de evaluación de procedencias de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* cuyas principales características se describen en el cuadro 10.

Cuadro 10. Características generales de los dos ensayos instalados

	E 75	E 76
Lugar	Manuel Díaz (Rivera)	Médanos (Rivera)
Suelo	7.32	7.32
Laboreo	Surcador	Surcador
Fecha de plantación	Jun.1997	Jun. 1997
Distancia de plantación	4 x 2.5m	3.4 x 2.6m
Densidad	1000	1131
Diseño experimental	Parcelas divididas	Parcelas divididas
Tamaño de la parcela	5 filas de 4 plantas	4 filas de 4 plantas

En los cuadros 11 y 12 se presenta la lista de los materiales genéticos en evaluación en los dos ensayos.

Cuadro 11. Lista de materiales de *P.taeda* y *P.elliottii* evaluados en el ensayo 75

Código	Especie	Procedencia	Código	Especie	Procedencia
1	P.elliottii	FDA St. John (USA)	1	P.taeda	Arkansas (USA)
2	P.elliottii	FDA Dept. Agric. (USA)	2	P.taeda	FDA Marion (USA)
3	P.elliottii	Lousiana (USA)	3	P.taeda	Lousiana (USA)
4	P.elliottii	Mississippi (USA)	4	P.taeda	Mississippi (USA)
5	P.elliottii	Mondi AE 23 (SA)	5	P.taeda	Mondi AT 15 (SA)
6	P.elliottii	Mondi AE 33 (SA)	6	P.taeda	Mondi AT 2 (SA)
7	P.elliottii	Mondi AE 128 (SA)	7	P.taeda	Safcol 108-0478 (SA)
8	P.elliottii	Mondi AE 151 (SA)	8	P.taeda	SE Texas (USA)
9	P.elliottii	Mondi AE 45 (SA)	9	P.taeda	TX Champion (USA)
10	P.elliottii	Mondi AE 47 (SA)	10	P.taeda	Gulf Hamok (USA)
11	P.elliottii	Mondi AE 57 (SA)	11	P.taeda	CP Georgia (USA)
12	P.elliottii	Mondi AE 7 (SA)			
13	P.elliottii	Mondi AE 90 (SA)			
14	P.elliottii	Mondi AE 96 (SA)			
15	P.elliottii	Comercial			

**Cuadro 12.** Lista de materiales de *P.taeda* y *P.elliottii* evaluados en el ensayo 76

Código	Especie	Procedencia	Código	Especie	Procedencia
1	<i>P.elliottii</i>	Alabama Gulf Coastal Plain (USA)	1	<i>P.taeda</i>	Gulf Hamok (USA)
2	<i>P.elliottii</i>	Florida St. John's (USA)	2	<i>P.taeda</i>	CP Georgia (USA)
3	<i>P.elliottii</i>	Lousiana Western Gula (USA)	3	<i>P.taeda</i>	Arkansas (USA)
4	<i>P.elliottii</i>	Mondi (SA)	4	<i>P.taeda</i>	FDA Marion (USA)
5	<i>P.elliottii</i>	Queensland (AUS)	5	<i>P.taeda</i>	Lousiana (USA)
6	<i>P.elliottii</i>	SE Queensland, Byfield (AUS)	6	<i>P.taeda</i>	Mississippi (USA)
7	<i>P.elliottii</i>	South East Georgia (USA)	7	<i>P.taeda</i>	Mondi AT 15 (SA)
8	<i>P.elliottii</i>	Georgia – South Florida (USA)	8	<i>P.taeda</i>	Mondi AT 2 (SA)
9	<i>P.elliottii</i>	Comercial	9	<i>P.taeda</i>	SE Texas (USA)
10	<i>P.elliottii</i>	FDA St. John (USA)	10	<i>P.taeda</i>	Texas Ch. (USA)
11	<i>P.elliottii</i>	FDA Dept. Agric. (USA)			
12	<i>P.elliottii</i>	Mississippi (USA)			
13	<i>P.elliottii</i>	Mondi AE 23 (SA)			
14	<i>P.elliottii</i>	Mondi AE 33 (SA)			
15	<i>P.elliottii</i>	Safcol E 151 (SA)			
16	<i>P.elliottii</i>	Safcol E 45 (SA)			
17	<i>P.elliottii</i>	Safcol E 47 (SA)			
18	<i>P.elliottii</i>	Safcol E 57 (SA)			
19	<i>P.elliottii</i>	Safcol E 7 (SA)			
20	<i>P.elliottii</i>	Safcol E 96 (SA)			

Durante los meses de invierno de los años 2000, 2002 y 2004 se realizaron mediciones de altura total, DAP en todos los árboles. Con estos datos se calcularon el porcentaje de sobrevivencia, el volumen por árbol y por hectárea con corteza usando un factor de forma de 0.5. Con los resultados de la medición al año 2004 se realizó un análisis de varianza mediante el SAS para todas las variables mencionadas. Los contrastes de medias fueron realizados a través del test de Duncan al 5% de significación. Por otro lado fueron estimados los coeficientes de correlación para las variables citadas a distintas edades versus la medición al último año (2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayo 75

#### Comportamiento de las especies

A través del análisis de la varianza surge que, si bien existe una cierta superioridad de *P.taeda* con respecto a *P.elliottii*, no existen diferencias entre ambas especies para ninguna de las variables medidas (Cuadro 13). En términos generales los valores promedios obtenidos en este caso son muy similares a los registrados en el ensayo citado anteriormente para ambas especies con valores de IMA del entorno de 16-18 m<sup>3</sup>/ha/año.

**Cuadro 13.** Valores promedios de sobrevivencia y crecimiento al 7mo año para cada especie

Especie	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (cm)	Vol/árbol (m <sup>3</sup> )	Volumen/ha (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha/año)
<i>P.taeda</i>	8.5 a	18.0 a	87 a	0.115 a	129.5 a	18.5
<i>P.elliottii</i>	8.2 a	17.1 a	86 a	0.098 a	109.8 a	15.7

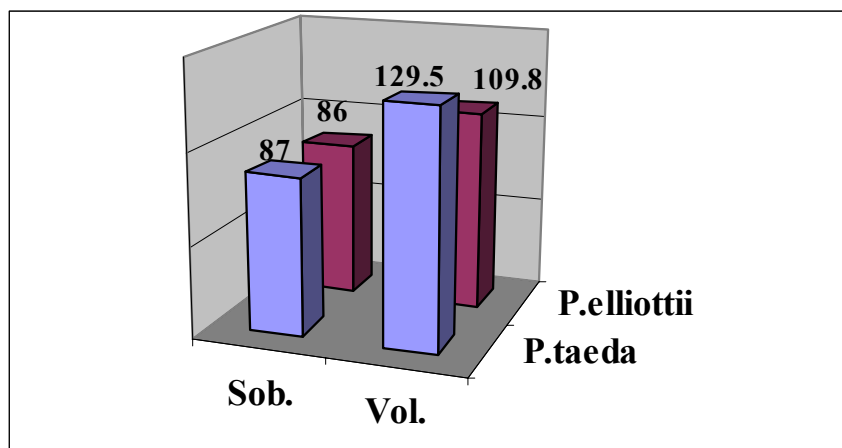


Figura 6. Valores de crecimiento y sobrevivencia al 7<sup>mo</sup> año para ambas especies

### Comportamiento de las procedencias de cada especie

#### *P.taeda*

El análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre procedencias para todas las variables medidas al 7<sup>mo</sup> año (Cuadro 14). La procedencia que se destaca por el mayor crecimiento es la 10 "Gulf Hamok (USA)" con un valor de IMA con corteza de 28 m<sup>3</sup>/ha/año. Esta procedencia produce alrededor de 34% más madera que la procedencia siguiente en el ranking (11 "CP Georgia") y 100% más que la procedencia de peor comportamiento relativo (1 "Arkansas") (Figura 7).

Cuadro 14. Parámetros de crecimiento y sobrevivencia al 7<sup>mo</sup> año para las procedencias de *P.taeda* evaluadas

Procedencia	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)	Vol/árbol (m <sup>3</sup> )	Volumen/ha (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha/año)
10	9.2 a	20.3 a	98 a	0.159 a	196.5 a	28.1
11	8.7 ab	18.3 abcd	95 a	0.120 b	146.5 b	20.9
5	8.9 ab	18.4 abc	89 a	0.125 b	139.0 b	19.9
7	8.9 ab	19.3 ab	79 ab	0.133 ab	135.6 b	19.4
3	8.8 ab	18.0 abcd	86 a	0.116 b	128.5 b	18.4
9	8.6 ab	17.7 abcd	87 a	0.111bc	124.9 b	17.8
4	8.2 abc	17.2 bcd	95 a	0.102 bc	120.8 b	17.3
6	8.2 abc	16.9 bcd	91 a	0.100 bc	114.0 b	16.3
2	8.6 abc	19.1 abcd	65 b	0.124 b	110.7 b	15.8
8	8.2 bc	16.7 cd	82 ab	0.096 bc	109.6 b	15.7
1	7.6 c	16.3 d	86 ab	0.080 c	98.2 b	14.0

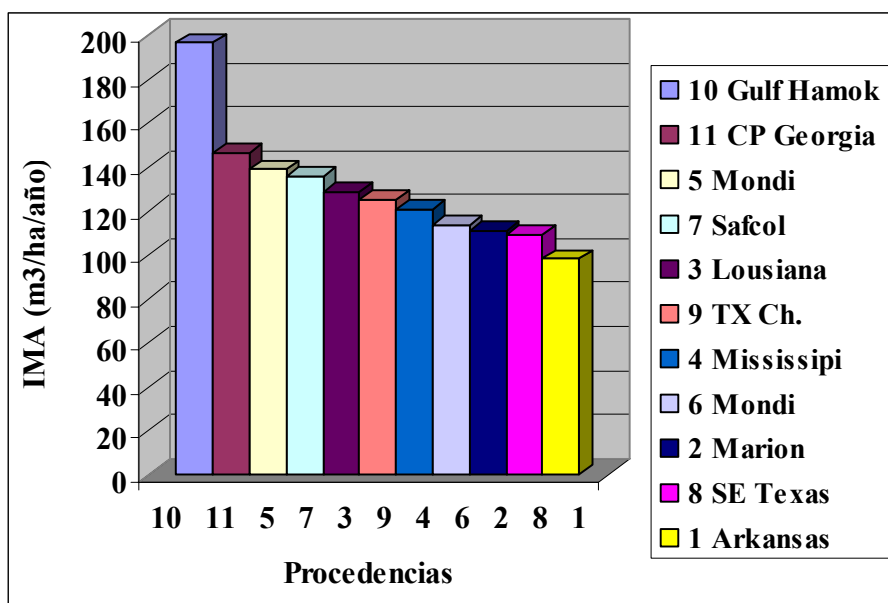


Figura 7. Valores de Volumen por ha al 7mo año de las procedencias de *P.taeda*

#### *P.elliottii*

En el cuadro 15 son presentados los valores de altura total, DAP, sobrevivencia, volumen por árbol, volumen por hectárea y el incremento medio anual al 7mo año de las procedencias de *P.elliottii* evaluadas. El análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre procedencias solo para la variable altura total. No obstante esto, las procedencias de mayor crecimiento son la 12, 6, 9, 7 y 10 provenientes de Safcol y Mondi ambas de Sud Africa con valores de IMA de 18 a 19 m³/ha/año.

Cuadro 15. Parámetros de crecimiento y sobrevivencia al 7mo año para las procedencias de *P.elliotti* evaluadas

Procedencia	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)	Vol/árbol (m³)	Volumen/ha (m³/ha)	IMA (m³/ha/año)
12	9.2 a	18.1 a	87 a	0.117 a	135.1 a	19.3
6	8.9 a	17.5 a	93 a	0.112 ab	132.5 a	18.9
9	8.5 ab	17.6 a	97 a	0.107 ab	130.1 a	18.6
7	8.6 ab	17.4 a	97 a	0.105 ab	127.5 a	18.2
10	8.2 abcd	17.9 a	89 a	0.114 ab	126.5 a	18.1
14	8.6 ab	16.9 a	95 a	0.102 ab	123.1 a	17.6
13	8.2 abcd	17.0 a	92 a	0.095 ab	113.2 a	16.2
15	8.4 abc	17.6 a	83 a	0.104 ab	110.8 a	15.8
1	8.2 abcd	17.7 a	81 a	0.106 ab	110.0 a	15.7
8	8.2 abc	17.8 a	76 a	0.104 ab	107.4 a	15.3
3	8 abcd	17.0 a	77 a	0.090 ab	93.3 a	13.3
2	7.6 bcd	16.1 a	84 a	0.081 ab	89.8 a	12.8
5	7.4 cd	15.6 a	84 a	0.077 b	86.1 a	12.3
11	7.8 abcd	15.1 a	84 a	0.074 b	81.6 a	11.7
4	7.6 d	16.8 a	65 a	0.079 ab	79.4 a	11.3

Se observa que materiales de regiones próximas tienen valores de crecimiento muy diferentes. Es importante destacar que los materiales de menor crecimiento también provienen de Mondi y Safcol (procedencias 11 y 5, respectivamente) por lo que resulta de vital importancia la correcta elección de la fuente de semilla a utilizar (Figura 8).

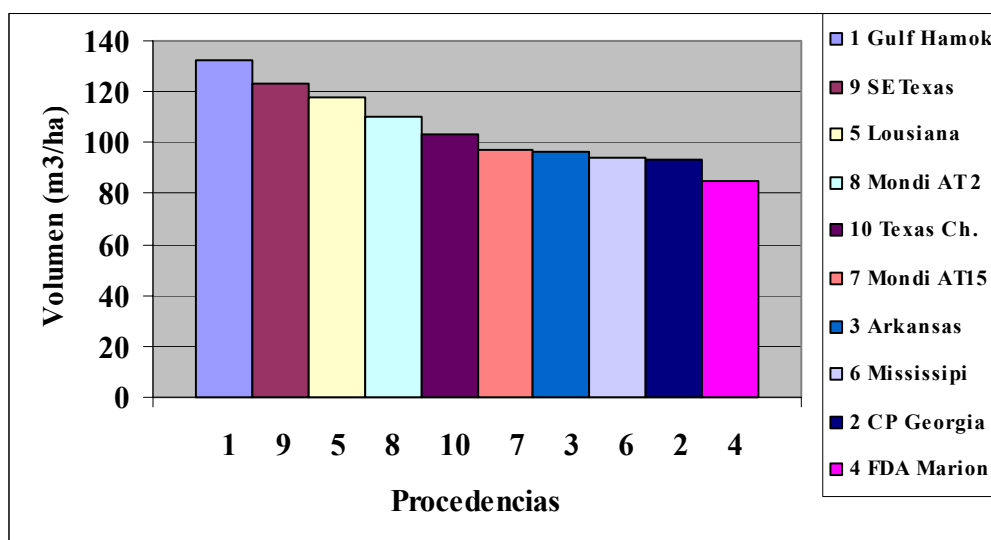


Figura 8. Valores de Volumen por ha al 7mo año de las procedencias de *P.elliottii*

## Ensayo 76

### Comportamiento de las especies

Al igual que con el ensayo 75 el análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre especies para ninguna de los parámetros evaluados al 7<sup>mo</sup> año. Por otro lado los valores obtenidos en este ensayo son similares a los obtenidos en el ensayo citado anteriormente hecho que esta asociado a la similitud de ambos sitios. En este caso el valor de vol/ha alcanzado por *P.taeda* es algo inferior al registrado en el ensayo 75 probablemente explicado por el alto grado de enmalezamiento que tuvo en las primeras etapas del cultivo lo cual podría estar reflejado en los menores valores de sobrevivencia de este ensayo.

Cuadro 16. Valores promedios de sobrevivencia y crecimiento al 7mo año para cada especie

Especie	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (cm)	Vol/arbol (m3)	Volumen/ha (m3/ha)	IMA (m3/ha/año)
<i>P.taeda</i>	9.1 a	12.5 a	76 a	0.109 a	105.2 a	15.0 a
<i>P.elliottii</i>	9.4 a	16.3 a	74 a	0.107 a	101.6 a	14.5 a



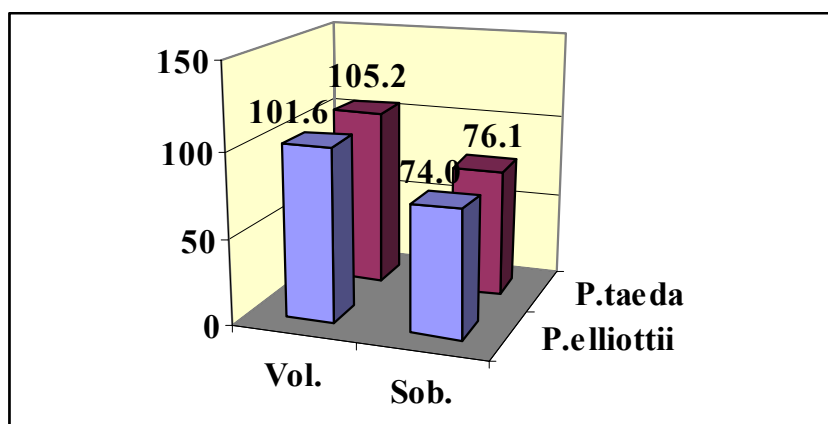


Figura 9. Valores de crecimiento y sobrevivencia al 7<sup>mo</sup> año para ambas especies

### Comportamiento de las procedencias de cada especie

#### *P.taeda*

Del análisis de varianza surge que no existen diferencias significativas entre procedencias al 7<sup>mo</sup> año para ninguna de las variables evaluadas (Cuadro 16). De todos modos, como en el ensayo 75, la procedencia 1 "Gulf Hamok (USA)" es la que se destaca con un IMA de 28 m<sup>3</sup>/ha/año. A su vez, las procedencias 9, 5 y 8 provenientes de SE Texas, Louisiana (ambas de USA) y Mondi (Sud Africa), respectivamente, tienen crecimiento relativamente altos con valores de IMA de 19 a 21 m<sup>3</sup>/ha/año. Los materiales de menor crecimiento son el 6, 2 y 4 provenientes de Missisipi, CP Georgia y Marion (USA). La procedencia de mayor productividad (1) tiene una superioridad de 55% con respecto a la de peor comportamiento (4, FDA Marion).

Cuadro 16. Parámetros de crecimiento y sobrevivencia al 7<sup>mo</sup> año para las procedencias de *P.taeda* evaluadas

Procedencia	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)	Vol/árbol (m <sup>3</sup> )	Volumen/ha (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha/año)
1	9.2 a	20.3 a	67 a	0.167 a	132.1 a	28.1
9	8.7 a	18.3 a	89 a	0.117 a	122.9 a	20.9
5	8.9 a	18.4 a	94 a	0.107 a	117.5 a	19.9
8	8.9 a	19.3 a	92 a	0.101 a	110.0 a	19.4
10	8.8 a	18.0 a	58 a	0.152 a	103.4 a	18.4
7	8.6 a	17.7 a	70 a	0.117 a	96.8 a	17.8
3	8.2 a	17.2 a	91 a	0.091 a	96.5 a	17.3
6	8.2 a	16.9 a	77 a	0.104 a	94.0 a	16.3
2	8.6 a	19.1 a	70 a	0.113 a	93.5 a	15.8
4	8.2 a	16.7 a	53 a	0.136 a	85.1 a	15.7

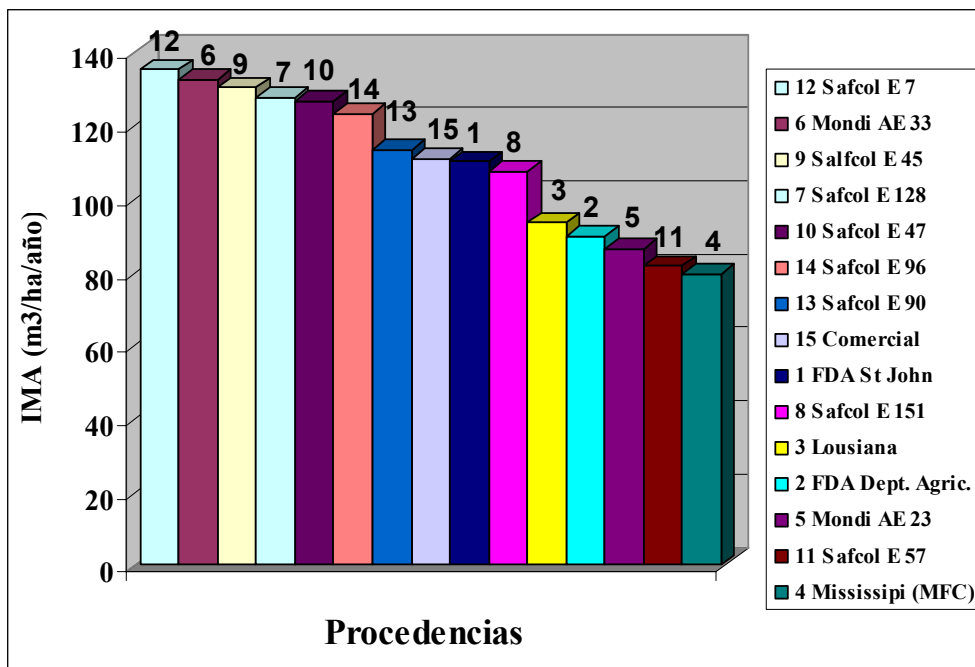


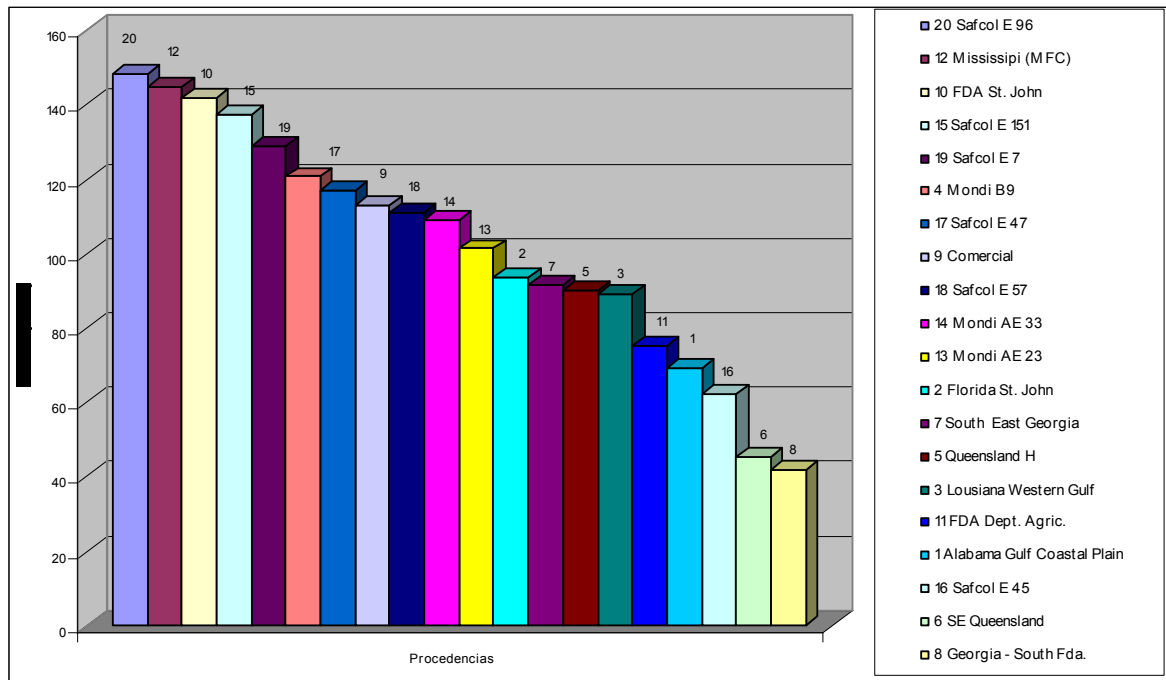
Figura 10. Valores de Volumen por ha al 7mo año de las procedencias de *P.taeda*

### *P.elliottii*

En el cuadro 17 son presentados los datos de altura total, DAP, sobrevivencia, volumen por árbol, volumen por ha e incremento medio anual al 7mo año de las procedencias evaluadas. El análisis de varianza detectó diferencias significativas para la todas las variables excepto para la altura total. Las procedencias de mayor crecimiento son la 20, 12, 10 y 15 provenientes de Safcol (Sud Africa), Mississippi (USA), Marion (USA) y Safcol (Sud Africa), respectivamente, con valores de IMA de 20 a 21 m³/ha/año. Estos materiales tienen valores de crecimiento que superan en más de tres veces a las procedencias de peor comportamiento. Los mayores valores de productividad por ha están asociados tanto a los mayores valores de crecimiento individual como a los altos los valores de sobrevivencia. Los materiales de menor crecimiento son el 8, 6, 16, 1 y 11 provenientes de Georgia Sout Florida (USA), SE Queensland (AUS), Safcol E 45 (Sud Africa), Alabama (USA) y FDA Dept. Agric (USA), respectivamente. Algunos de estos materiales muestran una falta de adaptación a las condiciones del sitio reflejado en los bajos valores de sobrevivencia.

**Cuadro 17.** Parámetros de crecimiento y sobrevivencia al 7mo año para las procedencias de *P.elliottii* evaluadas

Procedencia	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)	Vol/arbol (m3)	Volumen/ha (m3/ha)	IMA (m3/ha/año)
20	10.0 a	17.7 a	98 a	0.128 a	148.3 a	21.2
12	9.9 a	17.7 a	97 ab	0.127 a	145.1 a	20.7
10	9.8 a	18.0 a	91 abcd	0.133 a	141.7 ab	20.2
15	10.6 a	17.7 a	88 abcd	0.134 a	137.6 ab	19.7
19	10.2 a	17.8 ab	81 abcdef	0.135 ab	129.1 abc	18.4
4	10.3 a	18.1 ab	70 abcdef	0.146 abc	120.8 abc	17.3
17	9.7 a	17.4 ab	81 abcdef	0.123 abc	117.1 abcd	16.7
9	9.7 a	17.1 ab	83 abcde	0.116 abc	112.9 abcde	16.1
18	9.8 a	16.4 ab	89 abcd	0.106 abc	111.0 abcde	15.9
14	10.1 a	17.7 ab	70 abcdef	0.132 abc	109.1 abcde	15.6
13	8.8 a	15.8 abc	92 abc	0.094 abc	101.4 abcde	14.5
2	9.4 a	17.5 ab	66 abcdef	0.122 abc	93.8 abcde	13.4
7	9.5 a	15.8 abc	78 abcdef	0.100 abc	91.5 abcde	13.1
5	11.9 a	16.3 abc	56 cdefg	0.136 ab	90.3 abcde	12.9
3	9.7 a	17.7 ab	59 cdefg	0.128 abc	89.0 acbde	12.7
11	8.8 a	15.3 abc	75 abcdef	0.085 abc	75.1 abcde	10.7
1	9.4 a	16.7 abc	52 efg	0.115 abc	69.5 bcde	9.93
16	8.7 a	15.2 abc	63 bcdefg	0.085 abc	62.5 cde	8.93
6	8.5 a	14.8 c	44 g	0.088 abc	45.4 de	6.49
8	8.7 a	14.5 bc	47 fg	0.076 bc	41.9 e	5.98



**Figura 11.** Valores de Volumen por ha al 7mo año de las procedencias de *P.elliottii*

Efecto sitio

Ensayo 75 vs 76

Del análisis de varianza considerando las procedencias comunes de ambas especies en los dos sitios surge que no existen diferencias entre sitios para las variables altura total, DAP, sobrevivencia, volumen por árbol y por há (Cuadro 18). Esto implica que en promedio las dos especies se comportan de la misma manera en cada sitio lo cual era esperable teniendo en cuenta la proximidad de los dos ensayos y por tratarse de tipos de suelos con similares características.

**Cuadro 18.** Resultados de crecimiento y sobrevivencia de las procedencias comunes a los dos ensayos: M. Díaz y Medanos de Gutierrez (Rivera)

Ensayo	Especie	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)	Vol/árbol (m <sup>3</sup> )	Volumen/ha (m <sup>3</sup> /ha)
75 (M. Díaz)	<i>P.elliottii</i>	8.1 a	16.7 a	84 a	0.097 a	108.1 a
	<i>P.taeda</i>	8.3 a	17.5. a	87 a	0.113 a	128.5 a
76 (Medanos)	<i>P.elliotti</i>	9.5 a	16.8 a	82 a	0.112 a	113.8 a
	<i>P.taeda</i>	9.1 a	16.2 a	76 a	0.109 a	104.6 a

Análisis interacción genotipo-ambiente

El análisis realizado con las procedencias comunes a los dos ensayos muestra que no existe un nivel de interacción significativo entre el sitio y las especies para ninguna de las variables medidas (Figuras 12, 13 y 14) . Esto implica que las dos especies tienen una respuesta muy similar en ambos sitios. En este sentido se observa que *P.taeda* tiene una pequeña superioridad en cuanto a la productividad por árbol y por ha con respecto a *P.elliotti* en el ensayo 75 situación que se invierte en el ensayo 76.

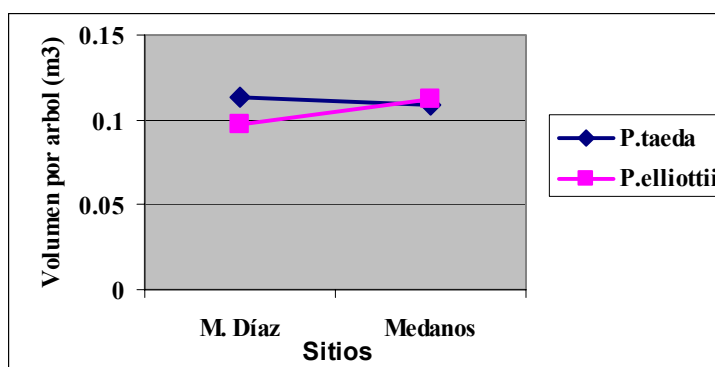


Figura 12. Volumen por árbol de *P.taeda* y *P.elliotti* en ambos sitios

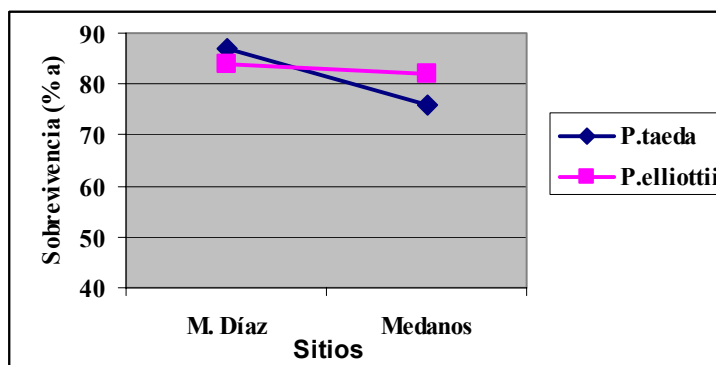


Figura 13. Supervivencia de *P.taeda* y *P.elliottii* en ambos sitios

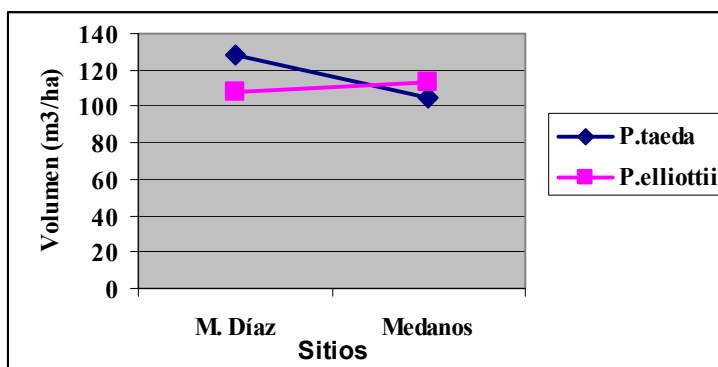


Figura 14. Volumen por ha de *P.taeda* y *P.elliottii* en ambos sitios

### Relaciones entre mediciones

En el cuadro 19 se presentan los coeficientes de correlación calculados entre los parámetros medidos al 3er año vs el volumen por hectárea medido al último año de evaluación. De los datos obtenidos en general se observa que existe una baja relación entre los parámetros de crecimiento medidos en las primeras etapas del cultivo y la medición de volumen por ha al 7<sup>mo</sup> año. Esto indica que sería necesario esperar algunos años más para poder identificar aquellos materiales que mantengan su superioridad hasta el momento de la cosecha. La excepción está dada por las procedencias de *P.elliottii* en el ensayo 75 cuyos valores indican que existe un alto grado de asociación entre todos los parámetros medidos en etapas tempranas con el volumen por ha al último año de evaluación.

Cuadro 19. Valores de correlación entre los parámetros medidos al 3er año vs el volumen por hectárea al 7<sup>mo</sup> año

Ensayo	Especie	Altura	DAP	Supervivencia	Volumen/ha
75 (M. Díaz)	<i>P.elliottii</i>	0.82	0.80	0.91	0.83
	<i>P.taeda</i>	0.45	0.37	0.72	0.73
76 (Medanos)	<i>P.elliottii</i>	0.62	0.64	0.48	0.53
	<i>P.taeda</i>	0.32	0.28	0.22	0.25

## **CONCLUSIONES**

De los datos obtenidos en esta serie de ensayos puede concluirse que:

En el ensayo instalado en **Villa Serrana (año 1992)**, los resultados muestran que *P.taeda* ha venido incrementando la diferencia en crecimiento con respecto a *P.elliottii*, basado en la mayor sobrevivencia. Para cada especie, los valores de crecimiento de las procedencias son muy similares entre si a pesar de que en las ultimas evaluaciones se observa una cierta dispersión de los valores de volumen por ha.

Las correlaciones calculadas indican que a partir del 7mo año de evaluación seria posible identificar los materiales de mayor productividad por ha.

En el ensayo instalado próximo a la ciudad de **Rivera (año 1994)**, confirmando la tendencia observada en evaluaciones anteriores, *P.taeda* muestra una ligera superioridad en cuanto al crecimiento que *P.elliottii*. Los valores obtenidos con ambas especies son algo mayores a los registrados comercialmente.

Para *P.taeda* se detectaron diferencias en productividad entre procedencias destacándose la 4 de Texas (USA), 3 de Lousiana (USA) y 1 de Mondi (Sud Africa) con valores de IMA próximos a 18 m<sup>3</sup>/ha/año. Para *P.elliottii* se destaca la procedencia de 4A de Sappi (Sud Africa) con un IMA de 17 m<sup>3</sup>/ha/año.

A diferencia de lo ocurrido en el ensayo anterior, los coeficientes de correlación calculados indican que es posible identificar los mejores materiales genéticos de ambas especies desde los primeros años del cultivo.

En los ensayos instalados en **M. Díaz y Medanos (año 1997)**, se observa la misma tendencia que en el ensayo anterior en el sentido que ambas especies tienen valores de crecimientos muy similares. En las dos especies se detectaron diferencias entre procedencias destacándose en los dos ensayos la 10 "Gulf Hamok" (USA) para *P.taeda* con un IMA de 28 m<sup>3</sup>/ha/año. Para *P.elliottii* las mejores procedencias en el ensayo de M.Díaz son la 12, 6, 9, 7 y 10 provenientes de Safcol y Mondi (Sud Africa) con valores de IMA de 18 a 19 m<sup>3</sup>/ha/año. En el ensayo de Medanos las procedencias de mayor crecimiento son la 20, 12, 10 y 15 provenientes de Safcol (Sud Africa), Mississippi (USA), Marion (USA) y Safcol (Sud Africa), respectivamente, con valores de IMA de 20 a 21 m<sup>3</sup>/ha/año.

En promedio las dos especies tienen un comportamiento muy similar en los sitios evaluados y tienen la misma respuesta al pasar de un sitio a otro. En general existe una baja relación entre los parámetros de crecimientos medidos al 3er año con el volumen por ha al 5to año.

Considerando todos los ensayos evaluados surge que existen fuentes de semilla, tanto para *P. elliottii* como para *P. taeda*, provenientes de diferentes regiones del sudeste de EEUU, Sud África y Brasil con buenos valores de crecimiento.

**LITERATURA CONSULTADA**

METHOL, R; RESQUIN, F. 2001. Evaluación de procedencias de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* al quinto año. En: Seminario de actualización en tecnologías forestales para areniscas de Tacuarembó y Rivera. Serie Técnica 123, p. 97-101.

MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA, 2003. Boletín estadístico. Año 4, Numero 3, Dirección General Forestal. 58 p.

SORRENTINO, A. 1992. Proyecto: Índices de sitio, volumetría y crecimiento de pinos y eucaliptos en el Uruguay. Informe final: Documento completo. Consultoría. Dirección Forestal, MGAP. Montevideo. 228 p.

## PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE *Pinus taeda* L. DE URUGUAY

Hugo O'Neill<sup>2</sup>

En el Uruguay existe según la Dirección General Forestal del M.G.A.P una superficie forestada bajo Proyecto del orden de 650.000 hectáreas hasta el año 2003; de esta superficie ocupan aproximadamente un 24 % las plantaciones de *Eucalyptus grandis* H., un 19 % las de *Pinus taeda* L. y un 7 % las de *Pinus elliotii* Eng. Gran parte de esta superficie ha sido manejada y se está cosechando con destino de madera aserrada para uso estructural (Tablas, vigas, tirantes, columnas) y también para otros usos como partes de muebles, revestimientos de pisos y paredes, envases, etc.

Esta presentación pretende difundir los conocimientos existentes en nuestro país sobre las características físicas y mecánicas de las maderas provenientes de plantaciones de *Pinus taeda* L. de nuestro país y ubicar nuestras maderas en el concierto mundial comparando su comportamiento mecánico con el de maderas comerciales de coníferas de otros países.

También pretende mostrar las variaciones de la densidad y del módulo de elasticidad, según el sitio, la edad, la ubicación de la madera en el radio (de la médula a la corteza), la ubicación en la altura y la influencia que tiene la presencia de madera juvenil en esta especie.

Desarrollaremos una clasificación estructural de las vigas ensayadas según norma JAS (Japan Agricultural Standard). Relacionaremos el módulo de rotura de vigas de 2"x 6" con el de pequeñas probetas libres de defectos.

### 1. Especie, sitios y edades de los rodales muestreados hasta el año 2004

Se realizaron cuatro muestreos de *Pinus taeda* L. uno en el Litoral y tres en Rivera. El primero se realizó a principios del Proyecto JICA – LATU "Tecnología de Ensayos de Productos Forestales" sobre 15 árboles y se estudiaron diferentes propiedades físicas y mecánicas en la troza basal.

Los siguientes tres muestreos se realizaron dentro del grupo de trabajo GT3 "Grupo técnico de madera aserrada" y se estudiaron las propiedades físicas y mecánicas en tres trozas de 4 m hasta una altura de 12 m.

#### Cuadro N° 1: Especie, sitios y edades de los rodales muestreados

	Edad	Localidad	Cantidad de árboles	Altura del muestreo
<i>Pinus taeda</i> L.	16	Rivera	15	4 m
	24	Río Negro	30	12 m
	24	Rivera	30	12 m
	24	Rivera	5	12 m

Los muestreos fueron selectivos, orientados hacia ejemplares con determinado diámetro, poca conicidad, rectitud de fuste, hábito de ramas y sanidad. No se eligieron aquellos ejemplares que conformaban los bordes de la plantación por considerar que existía en ellos la posibilidad de madera de compresión.

### 2. Metodología utilizada para la determinación de las propiedades físico mecánicas

Para determinar la densidad aparente básica se obtuvieron tres probetas por rodaja (una rodaja por troza) dispuestas en forma lineal y radial entre la médula y la corteza. A las mismas se las denominó "A" a la probeta

<sup>2</sup> Per. Agr. - Consultor Departamento de Proyectos Forestales LATU



próxima a la médula, “B” la ubicada en una zona intermedia y la “C” la próxima a la corteza, se sumergieron en agua para conservar su humedad, de forma de poder calcular el volumen por el principio de Arquímedes. Para calcular el volumen mediante este método se pesaron en el plato de la balanza las probetas húmedas y posteriormente se pesaron sumergidas en agua. El volumen es la diferencia entre el peso en el aire de la probeta húmeda y el peso de ésta sumergida.

Las probetas posteriormente fueron secadas en una estufa a  $103 \pm 2$  ° C hasta llegar a estado anhidro (peso anhidro).

Para la determinación de la densidad aparente básica se utilizó la norma ASTM “American Society for Testing and Materials” Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials D 2395, Method B-III.

Se determinó el módulo de elasticidad en trozas con y sin corteza con el equipo FFT Analyzer, método no destructivo basado en el principio de la “Primera Transformada de Furie”,

Luego se aserraron dichas trozas obteniendo tres tablas o vigas de 50 mm x 150 mm x 2800 mm, cada una de estas tres vigas con una ubicación bien definida en el ancho del radio, una con médula o parte de ella incluida denominada “A”, una intermedia entre la médula y la corteza denominada “B” y otra cercana a la corteza denominada “C”.

Las vigas fueron secadas en horno de secado a un contenido de humedad próximo al 12 %. Dichas vigas fueron ensayadas con el FFT Analyzer para obtener el módulo de elasticidad y en ensayo de flexión estática en máquina universal se determinó el módulo de elasticidad y el módulo de rotura.

De las probetas de tamaño real ensayadas se extrajeron pequeñas probetas libres de defectos, en las cuales se realizaron ensayos de flexión estática, flexión dinámica y dureza Janka.

### 3. Variación del módulo de elasticidad según el sitio

Se compararon los ensayos de dos muestreos de la especie que nos ocupa, uno de Río Negro y el otro Rivera ambos de la misma edad (24 años). Se observó un mayor crecimiento expresado como DAP medio (diámetro a altura de pecho) en el sitio Rivera pero también un menor valor promedio de módulo de elasticidad (MOE), en cuanto a la densidad aparente básica no se observaron diferencias entre los valores 0,384 y 0,391 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) de los sitios Río Negro y Rivera respectivamente (ver gráfico N° 1).

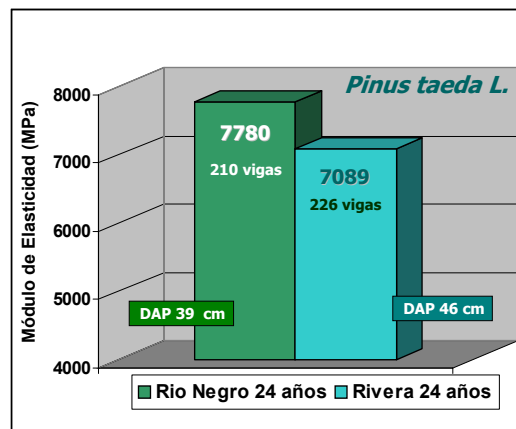


Gráfico N° 1. Variación del MOE según el sitio

#### 4. Variación del módulo de elasticidad entre árboles

Se observó variación del módulo de elasticidad (valor promedio por árbol) entre los árboles. Se muestra a continuación en el gráfico N° 2, la variación que existe entre árboles para dos muestreos del sitio Río Negro de dos especies de pino, *Pinus elliottii* Eng. y *Pinus taeda* L.

Podemos ver que para las dos especies el mayor número de ejemplares se concentra entre las categorías o clases de MOE 7000 y 9000 MPa, siendo el valor promedio del MOE de *P. elliottii* inferior al de *P. taeda* y los valores individuales de los árboles tienden a concentrarse en el caso de *P. taeda* en las categorías mayores de resistencia mecánica o mayor resistencia a la flexión.

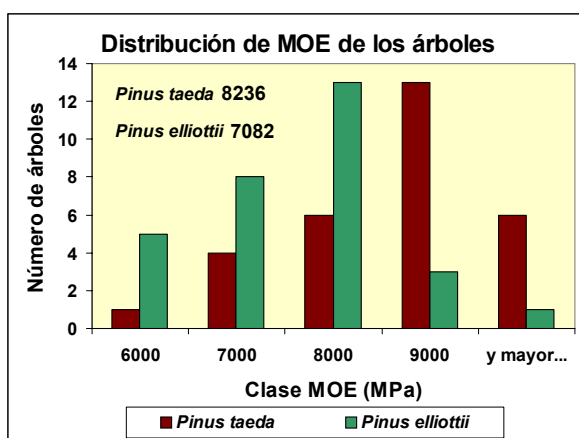
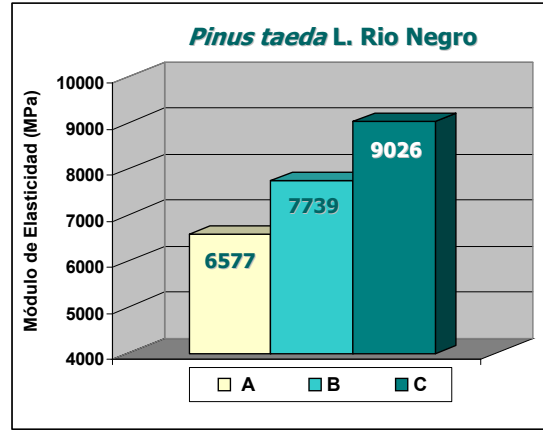
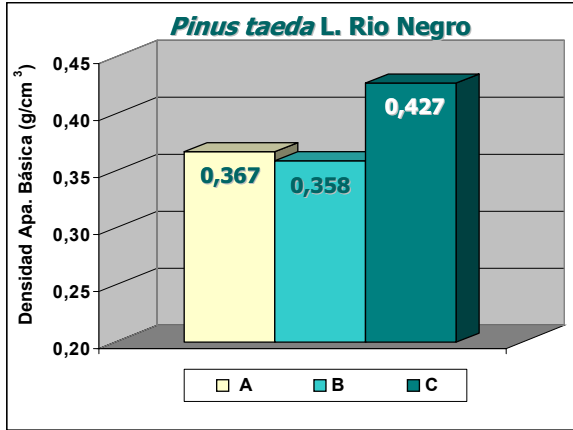


Gráfico N° 2. Variación del MOE entre árboles

#### 5. Variación de la densidad aparente básica y el módulo de elasticidad según la ubicación en el radio

La densidad aparente básica tiende a aumentar a medida que nos acercamos a la corteza, esto es debido principalmente al tipo de madera que se forma próxima a la médula, gran proporción de madera juvenil, madera que tiene características físicas y químicas diferentes a la madera adulta (menos celulosa, más lignina, fibras cortas, etc). En el siguiente gráfico N° 3, vemos que para el sitio Río Negro la densidad aparente básica en la posición del radio "A" tiene un valor promedio levemente superior a la posición "B" (siendo este el más bajo) y es significativamente superior a las posiciones "A" y "B" en la posición "C".

En el módulo de elasticidad la tendencia es similar en cuanto a que aumentan los valores a medida que nos alejamos de la médula, pero la diferencia entre los valores promedio de las distintas ubicaciones es significativa, la tendencia es clara y mantienen una diferencia casi constante entre ellos (ver gráfico N° 4).



Gráficos N° 3 y 4. Variación de la densidad aparente básica y del módulo de elasticidad según la ubicación en el radio.

#### 6. Variación de la densidad aparente básica y el módulo de elasticidad según la ubicación en la altura del fuste

No se observó una significativa variación en los valores promedio de la densidad aparente básica en las tres alturas del fuste estudiadas (de 0 a 4 m, de 4 a 8 m y de 8 a 12 m) ver gráfico N° 5.

No sucede lo mismo con el módulo de elasticidad que sí existen diferencias en los valores promedio para las tres alturas, observándose que en la segunda troza (de 4 a 8 m) los valores promedio son superiores y son menores en la primera troza e intermedios en la tercera troza. Esto coincidiría con la densidad aparente básica que es levemente superior en la segunda troza. (ver gráfico N° 6)

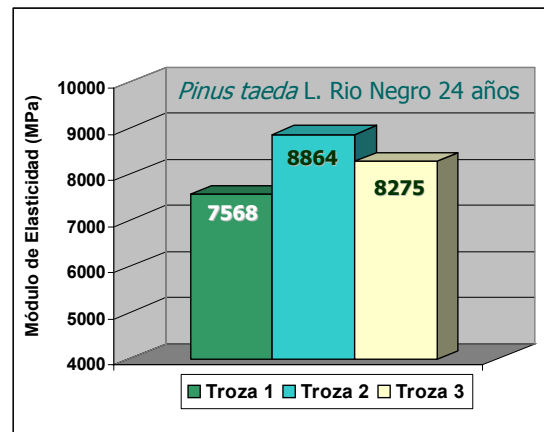
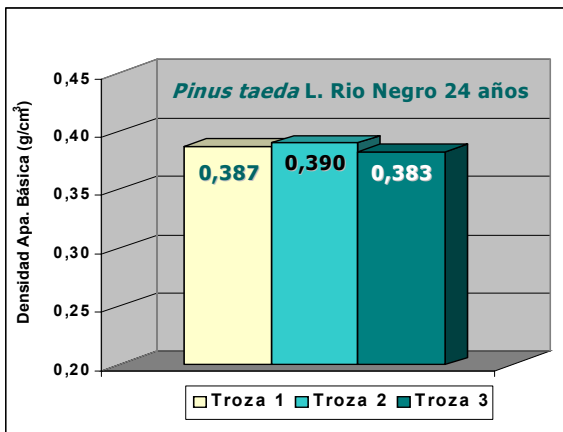


Gráfico N° 5 y 6. Variación de la densidad aparente básica y del módulo de elasticidad según la altura del fuste.

Debemos decir que tanto las tendencias de las variaciones de las propiedades físicas como mecánicas en el ancho del radio como en la altura, han sido similares en todos los muestreos de la especie *Pinus taeda* L. y *Pinus elliottii* Eng. Variando solamente los valores promedio para cada muestreo, dependiendo del sitio y de la especie.

## 7. Módulo de elasticidad o Resistencia a la flexión

La madera en si es un material muy heterogéneo, podemos decir también que dependiendo de que ubicación del radio y de la altura del árbol ha sido obtenida esta madera, dependerán sus propiedades físicas y mecánicas. En las especies de coníferas implantadas en nuestro país, de corta edad y el rápido crecimiento, estas condiciones hacen que en la madera de estas plantaciones exista una alta proporción de madera juvenil, principalmente en las zonas cercanas a la médula en intermedias entre ésta y la corteza. La presencia de madera juvenil como ya hemos visto (diferentes características físico químicas de la madera) hace que la madera sea más o menos rígida, más o menos resistente a la flexión. Esta propiedad es muy importante en la utilización de la madera para uso estructural (caso del uso como vigas) y en muchos casos la presencia de madera juvenil es limitante para dicho uso. Como veremos mas adelante no toda la madera proveniente de estas plantaciones sería apta para el uso estructural. Pero existen opciones para su utilización, como disminuir la luz entre vigas, distribuyendo de esta forma las cargas y también otra opción es aumentando la sección de dichas vigas. (ver figura N° 1)

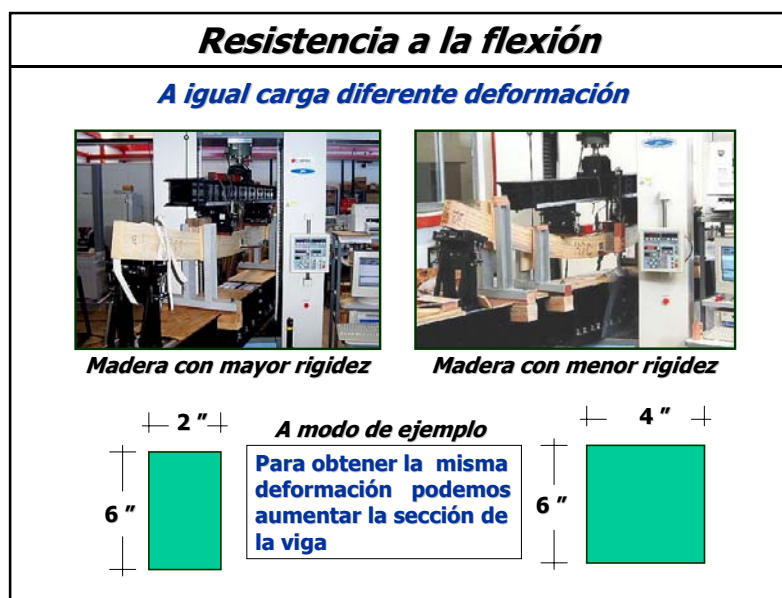


Figura N° 1. Resistencia a la flexión

## 8. Clasificación estructural de las vigas según norma "JAS"

En el siguiente cuadro N° 2 se muestra la clasificación de las vigas o tablas según la norma JAS (Japan Agricultural Standard) para madera de coníferas de uso estructural. Según dicha norma a partir de las categorías E 90 inclusive (MOE igual o superior a 7850 MPa), la madera es apta para la utilización con fines estructurales en la construcción.

Para el caso del *Pinus taeda* L. estudiado y publicados sus resultados en el informe N° 2 del Grupo Técnico de Madera Aserrada (GT3) un 44% de las tablas se ubicaron en la categoría E 90 o mayor y por consiguiente son apta para el uso estructural.

Cuadro N° 4. Porcentaje de tablas según categorías estructurales JAS – *Pinus taeda* L. Río Negro 24 años

Categoría JAS	MOE 10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup>	MOE Máquina Universal ( MPa )	Promedio Tablas	
			Cantidad (212)	Porcentaje (%)
<E 50			2	0,9
E 50	40-60	3920-5880	28	13,2
E 70	60-80	5880-7850	89	42,0
E 90	80-100	7850-9810	63	29,7
E 110	100-120	9810-11770	24	11,3
E 130	120-140	11770-13730	6	2,8

Si analizamos la totalidad de vigas de todos los muestreos realizados hasta la fecha de *Pinus taeda* L. ( 575 vigas) y las separamos por ubicación en el radio, veremos en forma clara la influencia de la madera juvenil. En el siguiente gráfico N° 7 se muestra la distribución de las vigas según su resistencia a la flexión, para las vigas A, B y C, con dos límites marcados en los dos ejes, el primer eje marca el límite inferior de 7850 MPa, por el cual todas aquellas vigas que se ubican por debajo de este no son aptas para uso estructural. Tenemos una franja en las que se ubican algunas vigas que sí superan el límite inferior y que son menores a 11770 MPa, estas vigas son aptas estructuralmente y todas aquellas vigas que superan el límite de 11770 MPa además de ser aptas tienen una resistencia superior (tienen un superior desempeño estructural).

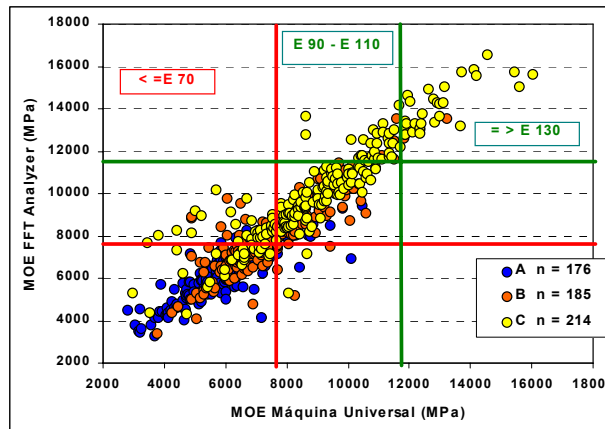


Gráfico N° 7. Distribución estructural de vigas A, B y C

Para el análisis anterior se realizó una gráfica con el MOE obtenido por medio del FFT Analyzer (método no destructivo) en el eje "Y" y el MOE obtenido mediante el ensayo de flexión estática en máquina universal en el eje "X". Debemos mencionar que en general los valores obtenidos por medio de métodos no destructivos son en promedio superiores a los valores promedio del método de referencia en máquina universal.

El siguiente cuadro N° 5 muestra las vigas discriminadas por ubicación en el radio (A, B y C) con su respectiva cantidad y porcentaje de vigas aptas y no aptas para uso estructural. Vemos que a medida que nos alejamos de la médula obtenemos mayor porcentaje de vigas aptas y si analizamos la totalidad de las vigas solo un 40 % de ellas es apta para uso estructural.

Cuadro N° 5. Distribución y aptitud estructural de vigas A, B y C

<b>Vigas A</b>				
<b>Total</b>	<b>No aptas</b>		<b>Aptas</b>	
	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>
<b>176</b>	<b>159</b>	<b>90.3</b>	<b>17</b>	<b>9.7</b>
<b>Vigas B</b>				
<b>Total</b>	<b>No aptas</b>		<b>Aptas</b>	
	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>
<b>185</b>	<b>124</b>	<b>67.0</b>	<b>61</b>	<b>33.0</b>
<b>Vigas C</b>				
<b>Total</b>	<b>No aptas</b>		<b>Aptas</b>	
	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>
<b>214</b>	<b>62</b>	<b>29.0</b>	<b>152</b>	<b>71.0</b>
<b>Vigas A - B - C</b>				
<b>Total</b>	<b>No aptas</b>		<b>Aptas</b>	
	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>
<b>575</b>	<b>345</b>	<b>60.0</b>	<b>230</b>	<b>40.0</b>

En el cuadro N° 6 analizamos solamente las vigas B y C, observamos que el porcentaje de aptitud de las vigas aumenta sustancialmente, pasa de un 40% a un 53,4%. Anteriormente hablamos de la influencia de la madera juvenil (cercana a la médula) en las propiedades mecánicas, si descartamos todas aquellas vigas que contengan médula o parte de ella (utilizando esa madera para otros fines) podremos obtener mayores porcentajes de madera apta para el uso estructural.

Cuadro N° 6. Distribución y aptitud estructural de vigas B y C

<b>Vigas B - C</b>				
<b>Total</b>	<b>No aptas</b>		<b>Aptas</b>	
	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>(%)</b>
<b>399</b>	<b>186</b>	<b>46.6</b>	<b>213</b>	<b>53.4</b>

## 9. Relación módulo de rotura de vigas 2"x 6" y de probetas libres de defectos

La influencia de los defectos (nudos, grietas, rajaduras, médula, etc) en el módulo de elasticidad de vigas o tablas de tamaño real (2"x 6") es apreciable, pero la influencia en el módulo de rotura es significativamente mayor. En coníferas como el *Pinus taeda* L. el módulo de elasticidad de vigas de tamaño real puede ser entre un 5 y un 10 % menor que el de las probetas libres de defectos. En cuanto al módulo de rotura esta diferencia es mayor, entre las dos condiciones de ensayo puede ser del orden del 50 % menor en las vigas de tamaño real que en las probetas clear. Si analizamos individualmente cada viga, la diferencia en menos del módulo de rotura dependerá específicamente de la ubicación de los defectos en la sección longitudinal y transversal de la misma (ver gráfico N° 8).

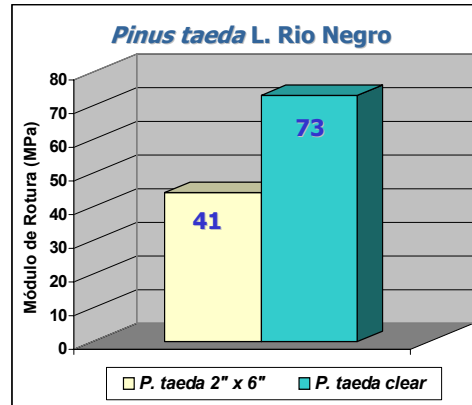


Gráfico N° 8. Relación módulo de rotura de vigas y probetas clear

## 10. Comparación de la madera de pinos producida en el Uruguay con la madera de coníferas de otros países

Con el fin de ubicar la madera proveniente de nuestras plantaciones de pinos, pareció pertinente compararla con la madera de coníferas producida en otros países. Con la intención también de desmitificar el hecho de que muchas maderas importadas y otras que se comercializan mundialmente son superiores en su calidad (resistencia mecánica) a las maderas uruguayas. En los siguientes cuadros N° 9 y 10 se muestran valores de módulo de elasticidad y módulo de rotura respectivamente, la información que se presenta fue obtenida en el caso de las maderas de coníferas uruguayas de ensayos realizados en el Departamento de Proyectos Forestales del LATU, en probetas libres de defectos (idioma científico internacional de las propiedades mecánicas de la madera), ensayando mas de 1200 probetas. Estos ensayos influyen la totalidad de la madera (juvenil y adulta sí existe). En cuanto a la información presentada de maderas de coníferas extranjeras, la mayoría fue obtenida de publicaciones científicas de varios países (EEUU, N. Zealand, Brasil, Chile, Argentina, etc.) y alguna de información comercial. Tenemos que tener en cuenta para aquellos valores muy altos de MOE caso *Douglas-Fir* (USA) que seguramente son árboles de edades muy superiores a las de nuestras plantaciones. En el caso del *Pinus elliottii* Eng. de 43 años de Uruguay vemos que los valores de MOE son altos y que los de MOR son los más altos. De lo anterior concluimos que al tener turnos de corte más largos obtendremos madera con mayor proporción de madera adulta y por ende de mayor resistencia mecánica.

Comparar nuestras maderas con maderas extranjeras en forma lineal es una tarea difícil, ya que la información de nuestras maderas (coníferas) fue obtenida de cinco muestreos de 15 a 30 árboles por muestreo y de tres alturas hasta 12 m. y la información extranjera no especifica en la mayoría de los casos la cantidad de árboles ensayados, la edad, la altura y si se incluye o no madera juvenil en los resultados.

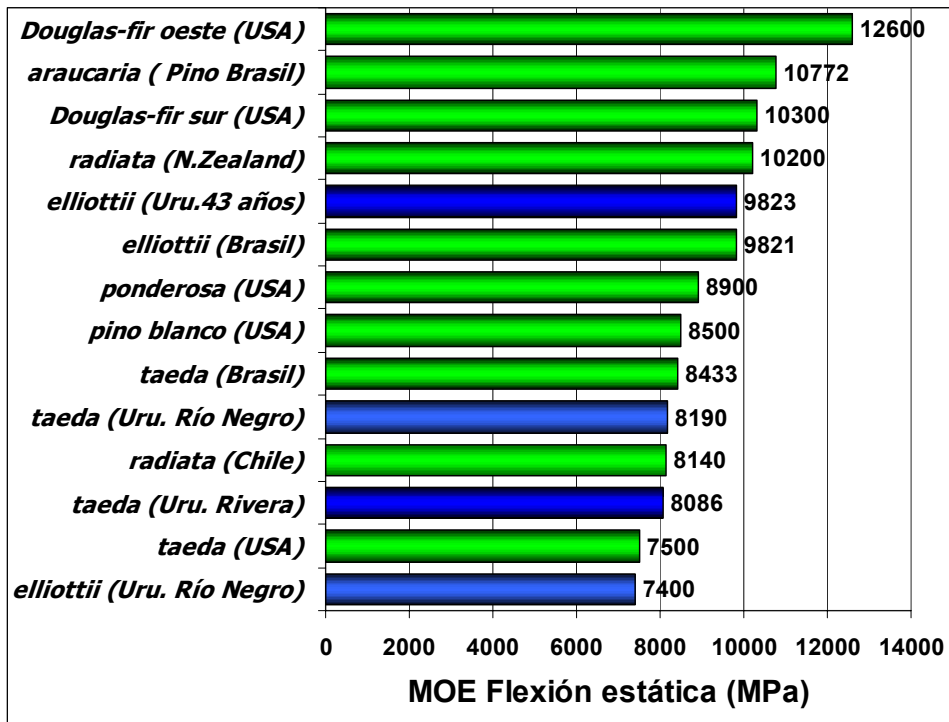


Gráfico N° 9. Comparativo de MOE de coníferas uruguayas y extranjeras

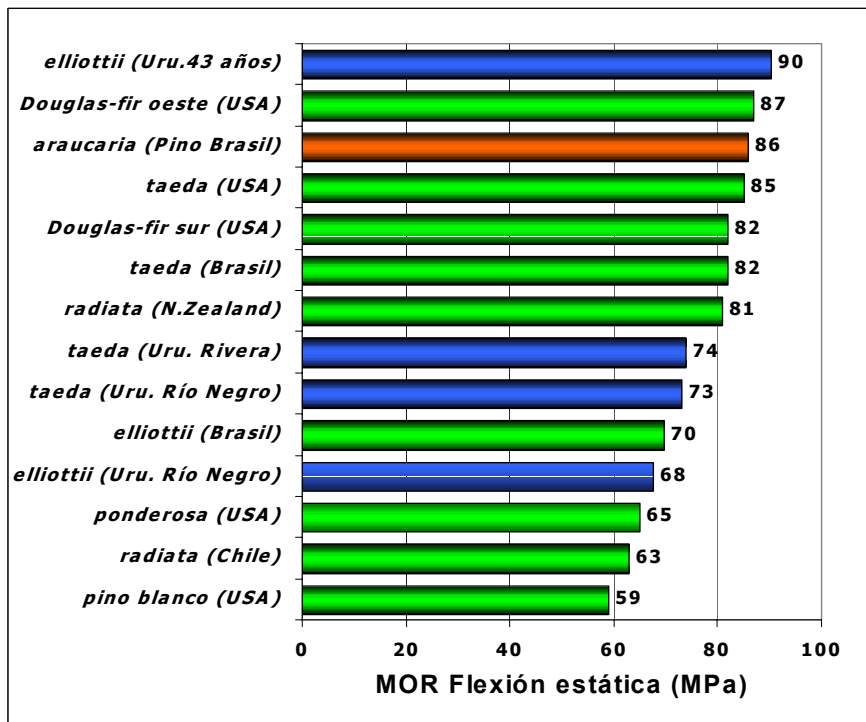


Gráfico N° 10. Comparativo de MOR de coníferas uruguayas y extranjeras



## 11. Conclusiones

- Las características mecánicas de las maderas producidas en el Uruguay vienen siendo estudiadas desde hace varios años por el Departamento de Proyectos Forestales del LATU. Se han realizado una docena de muestreos de *Pinus* y *Eucalyptus* del norte, del litoral, del centro y del sur de nuestro territorio.
- Observamos que existen variaciones de la resistencia mecánica entre sitios, según la edad, la ubicación en el radio y en la altura del fuste.
- Debemos tener en cuenta la presencia de madera juvenil, que también tiene una clara influencia en todas las propiedades físicas y mecánicas y en muchos casos la hace no apta para fines estructurales en la construcción.
- Concluimos en que gran parte de la madera producida de plantaciones de *Pinus taeda* L de nuestro país es apta para el uso estructural.

## 12. Bibliografía

1. TUSET, R.; DURÁN, F./ Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización, Editorial Hemisferio Sur, 1986.
2. CORONEL, E./ Fundamento de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Universidad Nacional de Santiago del Estero, 1994.
3. OHTA, S.; WATANABE, H./ Mechanical Properties of juvenile wood in the stem of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*), Japan Wood Research Society, 1968. 14 (5).
4. Wood Handbook "Wood as an Engineering Material" Forest Products Society, USDA Forest Service, 1999.
5. PÉREZ FAVARO, A.; DE CASTRO, R.; OHTA, S./ Ensayos de propiedades mecánicas de *Pinus taeda* L. por seis métodos no destructivos, Informe de investigación N° 1, LATU-JICA, 2000.
6. O'NEILL, H./ Propiedades mecánicas de *Pinus taeda* L., Métodos destructivos y no destructivos, Expoforesta, Pág. 15 a 24, Paysandú 2000.
7. Grupo Técnico de Madera aserrada de Pino "GT3"/ Propiedades Mecánicas de *Pinus elliottii* Eng. del Litoral de Uruguay, O'NEILL, H.; TARIGO, F.; TRAMBAUER, C., Informe N° 1 Octubre 2002.
8. Grupo Técnico de Madera aserrada de Pino "GT3"/ Propiedades Mecánicas de *Pinus taeda* L. del Litoral de Uruguay, O'NEILL, H., TARIGO, F., TRAMBAUER, C., Informe N° 2 , Junio 2003.
9. Grupo Técnico de Madera aserrada de Pino "GT3"/ Propiedades Mecánicas de *Pinus taeda* L. del Norte de Uruguay, O'NEILL, H., TARIGO, F., IRAOLA, P., Informe N° 3 , Junio 2004

The background of the slide is a close-up photograph of several stacks of light-colored pine wood planks. The planks are arranged in a way that shows their grain and thickness. The lighting is bright, highlighting the natural texture and color of the wood.

# **USOS DE LA MADERA DE PINUS. MERCADOS Y TENDENCIAS.**

**Ing. Agr. Forestal Carlos Voulmino**  
***Tacuarembó - Diciembre 2004***



# USOS DE LA MADERA de *Pinus taeda*:

• *Pinus taeda* = Sub - Familia "TEAS"  
= SYP (Southern Yellow Pines)

• *Pinus taeda* = *Pinus radiata*

# **CONSTRUCCIONES** **(Construction Grade Lumber)**

- **Estructuras de Madera**  
**(Wood Frame)**
- **Serchas; Vigas**

# Engineer Wood Products

- **Paneles OSB; MDF**
- **LVL**
- **Vigas T y Doble T (I beams)**

# **Productos a la Vista (Face Products)**

- Clears para Muebles; Molduras**
- Láminas Debobinadas ó Faqueadas**
- Revestimientos: Lambris; Cielorrasos**

# Principales Bondades de la Madera de Pinus taeda

- **Fácil de Aserrar**
- **Fácil de Secar**
- **Muy buena terminación**
  - *Menos resina que otros SYP*
  - *No fibra espiralada*
- **Alto rendimiento de Clears**
  - *No pecas*
  - *No vetas de resina*

**Pecas**





# Vetas de Resina



- 
- **Encola y pega bien**
  - **Aceptable firmeza de tornillado y clavado**
  - **Impregna CCA muy bien**

# **Mercados y Tendencias**

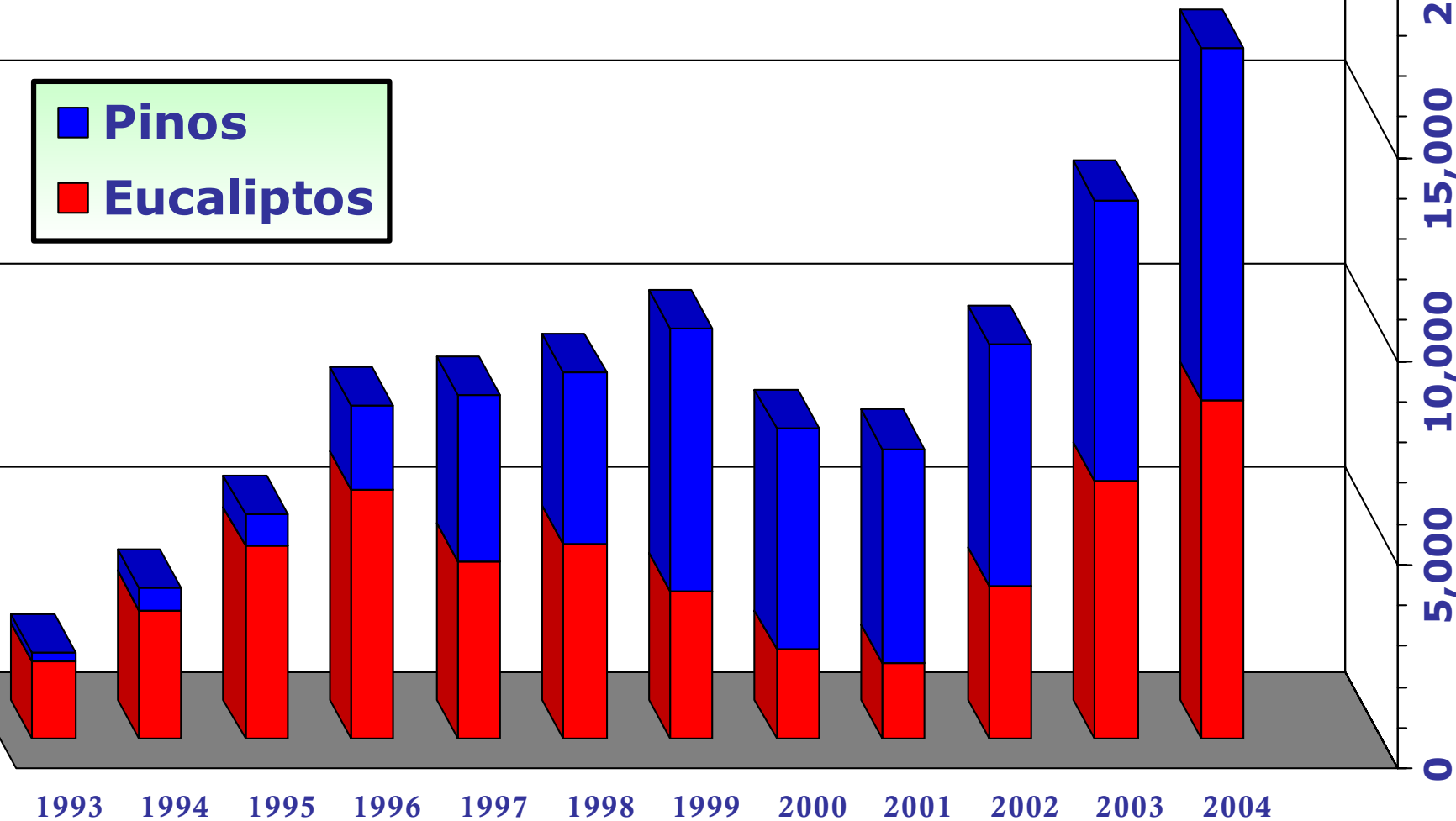
- **Exportaciones de madera aserrada**
- **Exportaciones de Pino (Coníferas)**
- **Destino de las Exportaciones**
- **Evolución del Precio del SYP**
- **Housing Starts 2000 - 2004**
- **Evolución de Precios de Clear Blocks y Costo de Flete a USA**
- **Precios FOB Clear Blocks**

# EXPORTACIONES DE MADERA ASERRADA

## Período 1993-2004

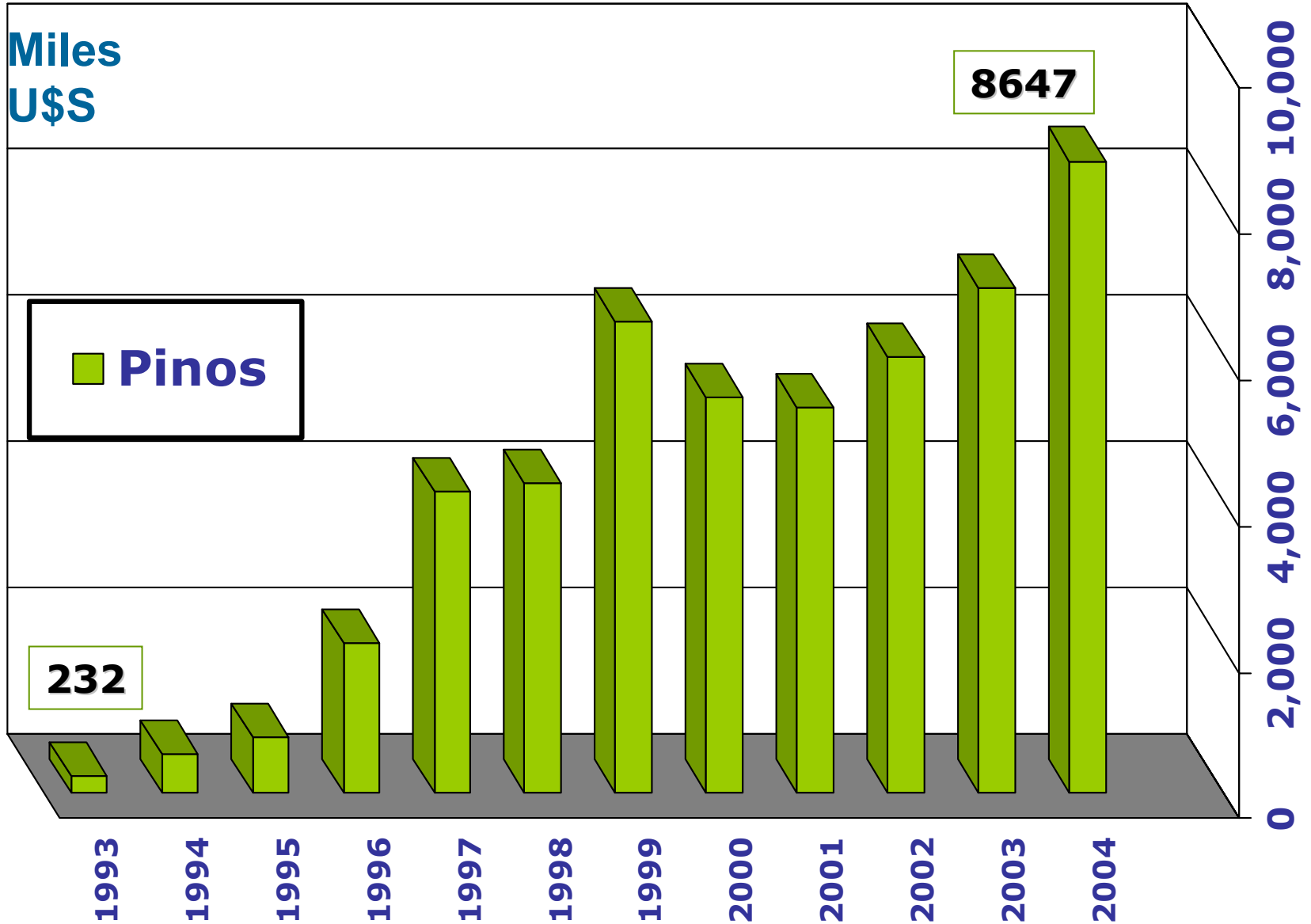
Miles  
U\$S

**■ Pinos**  
**■ Eucaliptos**

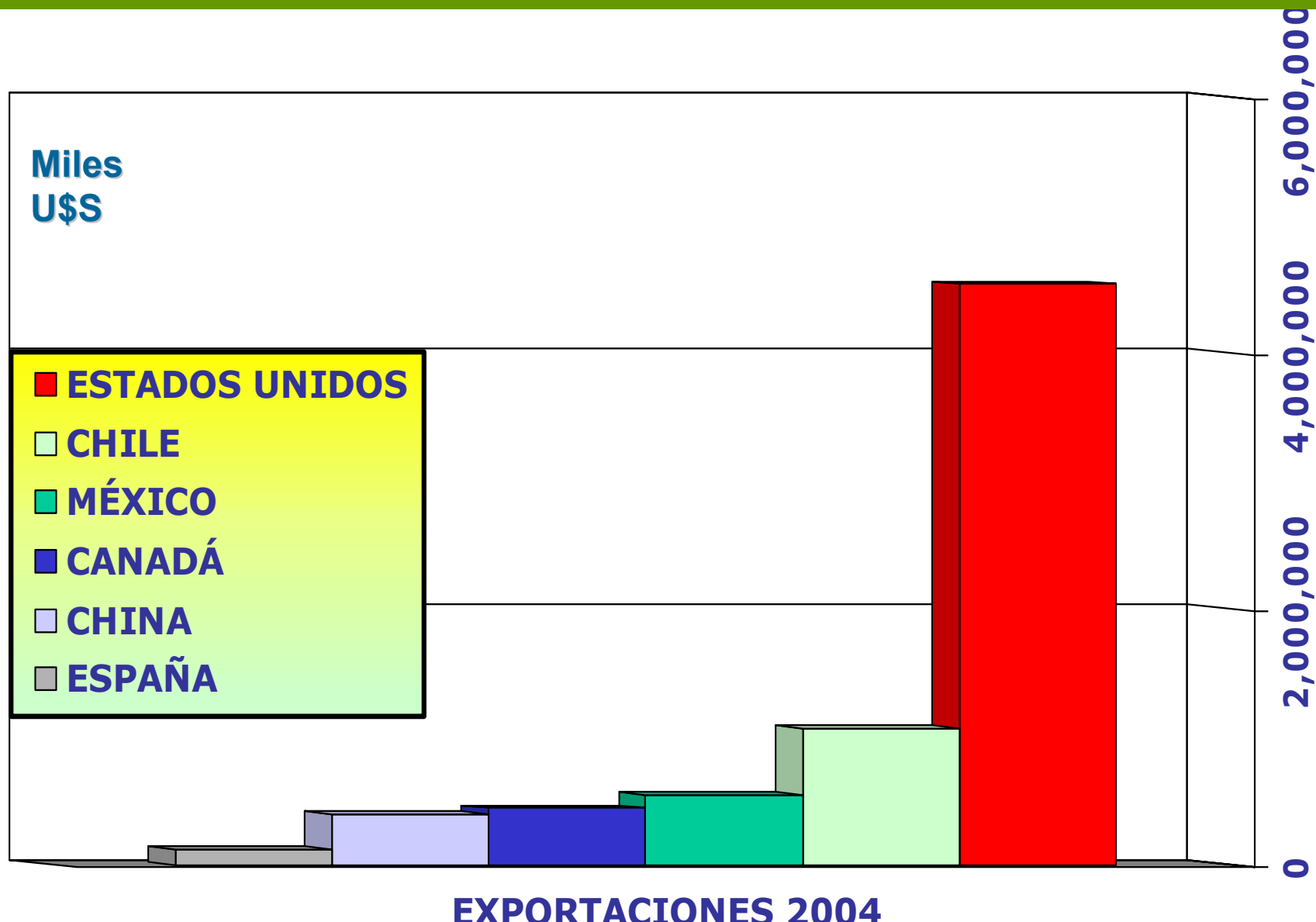


# MADERA ASERRADA DE PINOS

## Exportaciones 1993-2004



# DESTINO DE LAS EXPORTACIONES : Año 2004

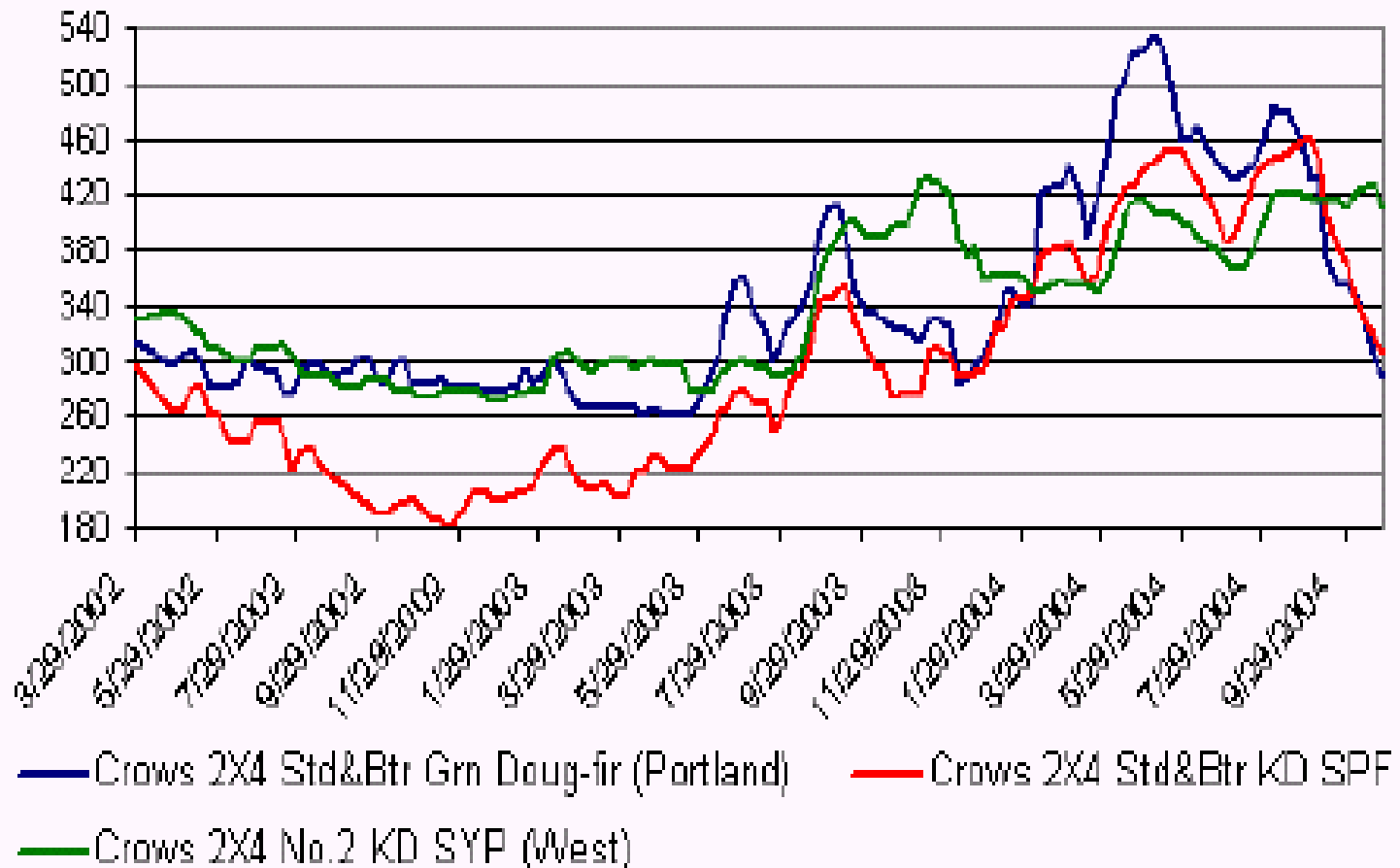


# EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL SYP

*U.S. Lumber*

Western Lumber Continues to Fall

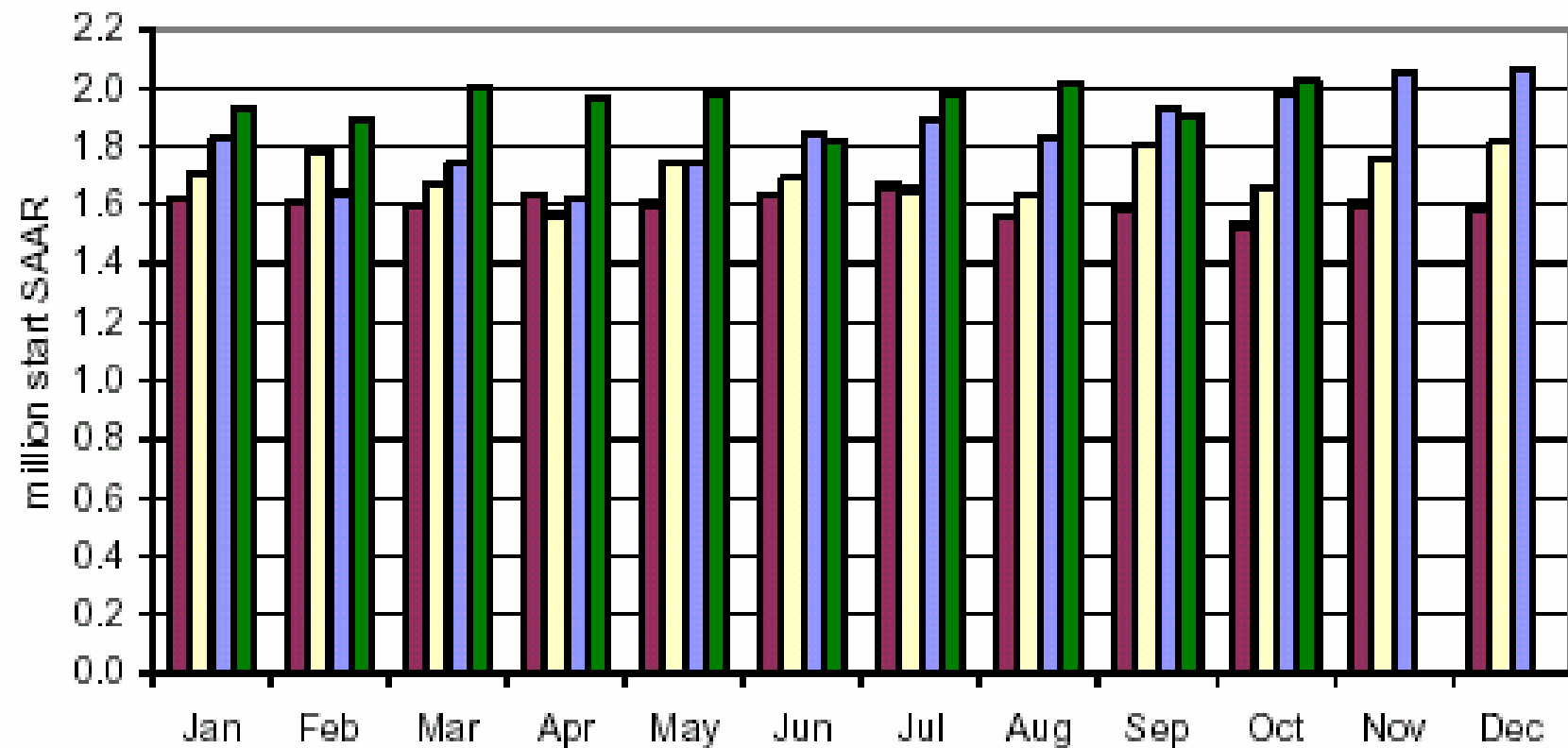
### Crows Lumber Prices



# HOUSING STARTS 2000 - 2004

## Demand, Housing, US

U.S. Housing Starts



■ 2001 ■ 2002 ■ 2003 ■ 2004

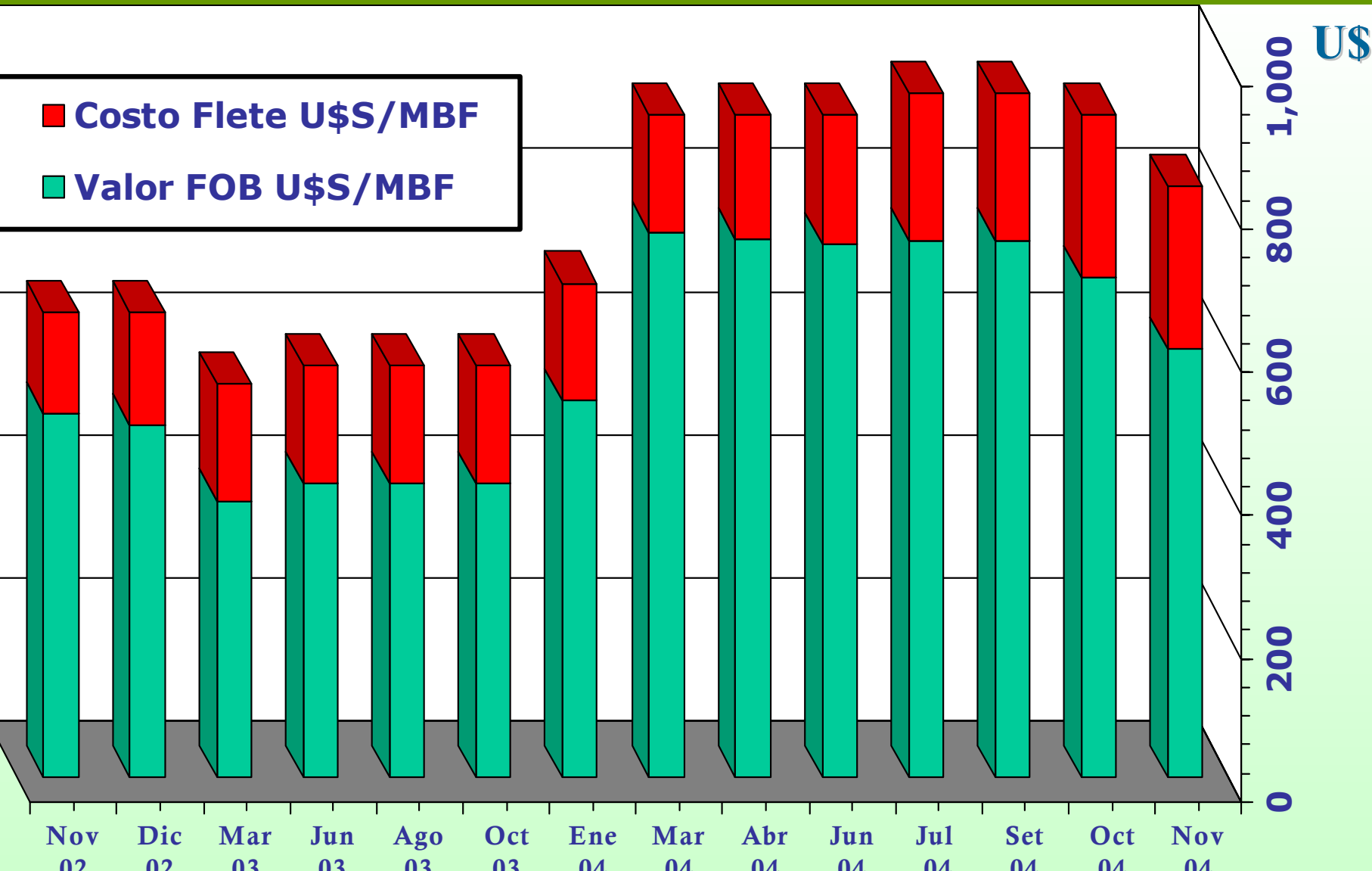
*November 2004*



# EVOLUCION DE PRECIOS CLEAR BLOCKS

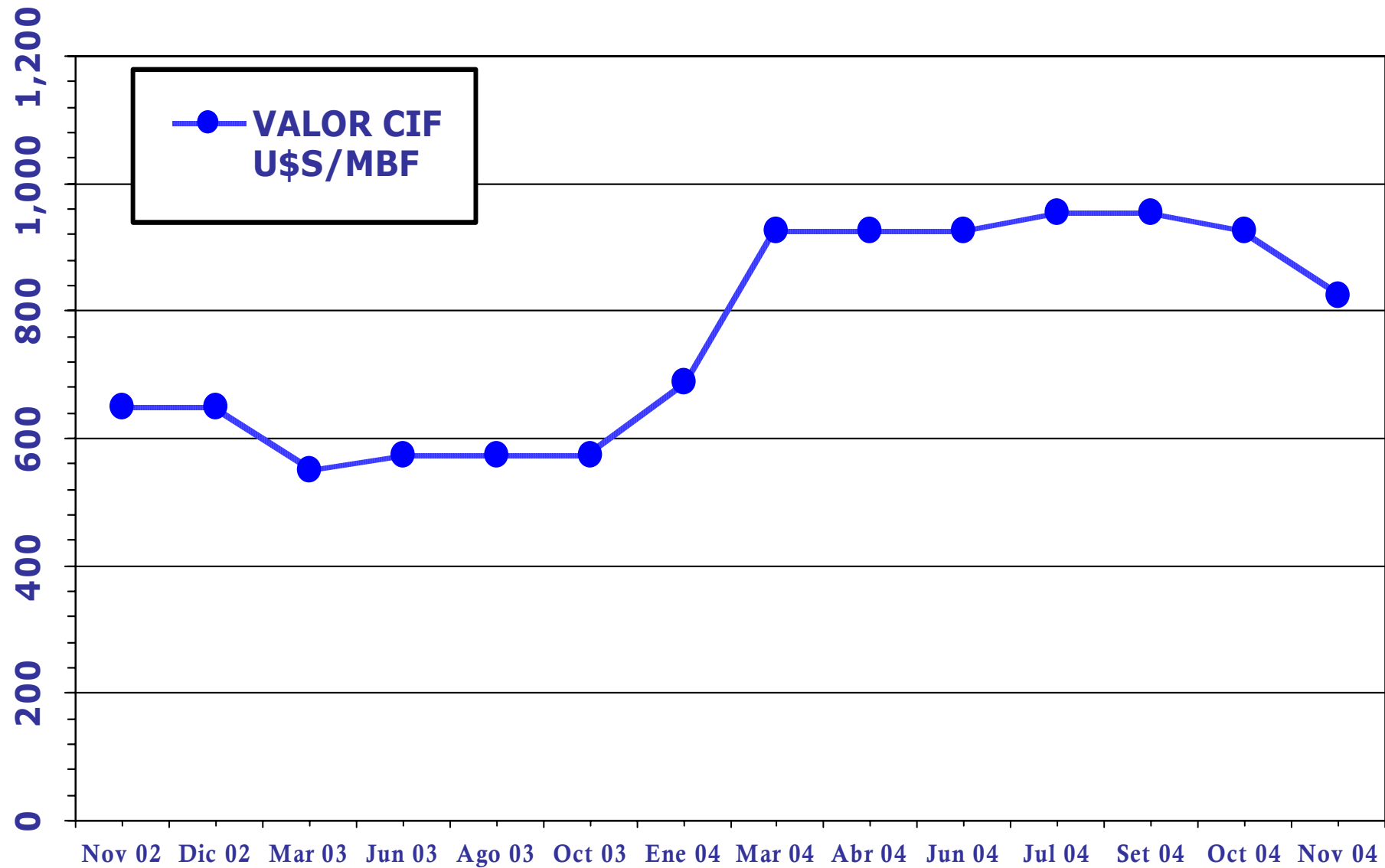
## COSTO DE FLETE A USA

Noviembre 2002 - Noviembre 2004



# VALOR CIF USA - U\$S / MBF

Noviembre 2002 - Noviembre 2004



# Conclusiones y Perspectivas

**La madera de Pino taeda es apta y competitiva para:**

- Construcción**
- Productos Clear (radiata)**

**Los mercados están directa o indirectamente ligados a la construcción de casas (Housing Starts)**

**Uruguay será "tomador de precios internacionales" y dependerá de variables locales para su competitividad:**

- Valor de U\$S vs. \$**
- Costo de Energía y Combustibles**
- Costo país: Impuestos y Estado**

# Conclusiones y Perspectivas

La Región (Mercosur y Chile) será exportadora de "Igual Producto":

*Taeda = Radiata = Elliottii*

por lo que será más Competencia que Mercado.

Los productos de mayor valor como "Clears", Partes y Piezas, Molduras y Muebles, son menos afectados por las variables "impuestas" como son el valor del Petróleo y Costos de Exportación.



**Gracias por su  
atención**