

ESTUDIO DE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO DEL *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL EN GALICIA Y SU RELACION CON LAS CARACTERISTICAS DE LA ESTACION Y MORFOLOGICAS DEL PROPIO ARBOL*

S. VIGNOTE

I. MOLINERO

Universidad Politécnica de Madrid

J. GERARD

Cirad-Forêt. Montpellier. Francia

M.R. DIEZ

Area de Industrias Forestales. CIFOR-INIA. Madrid

RESUMEN

Se ha estudiado, en un total de 160 árboles de eucalipto procedentes de 6 parcelas situadas en Galicia, las tensiones perimetrales de crecimiento y se las ha relacionado con las características de estación y selviculturales de las parcelas así como con los valores dendrométricos del propio árbol. El objetivo es poder establecer qué condiciones y qué árboles permiten su mejor aprovechamiento por la industria mecánica de la madera.

PALABRAS CLAVE: *Eucalyptus globulus*
Tensiones de crecimiento

INTRODUCCION

Las tensiones de crecimiento son las ocasionadas por el crecimiento de las células recién producidas por el cambium. Las células, en su crecimiento, tienden a expandirse lateralmente y a contraerse longitudinalmente, pero las células formadas en los años anteriores se lo impiden, con lo que se genera un conjunto de tensiones que, según las direcciones clásicas de la madera, es la representada en la Figura 1.

* Estudio realizado con financiación de la Unión Europea, proyecto nº MAZB-CT91-0038 (RZJE).

Recibido: 4-3-96

Aceptado para su publicación: 4-7-96

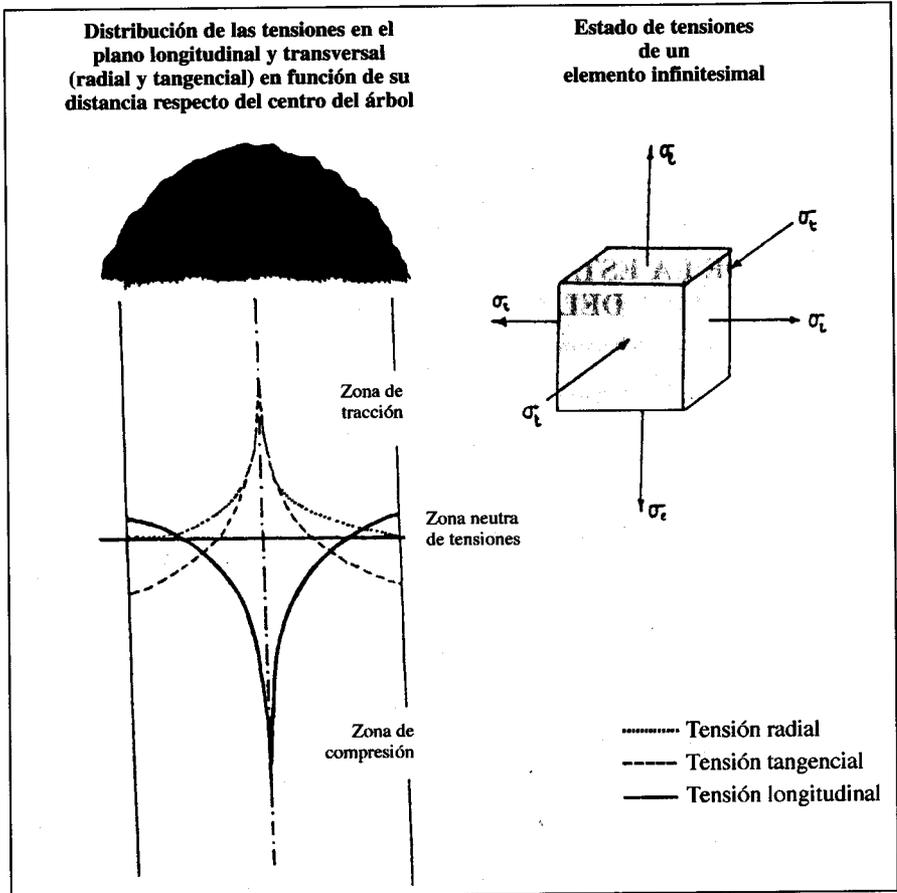


Fig. 1.— Estado de tensiones del árbol en pie
Stresses in the live tree

La magnitud de las tensiones es muy diferente dependiendo de la dirección que se considere. Así, en dirección axial es alrededor de diez veces más grande que en las direcciones transversales y dentro de estas últimas, es mayor en dirección tangencial que en dirección radial.

La magnitud de las tensiones también varía enormemente con la especie, con los individuos de esa especie, y dentro del mismo individuo, con la altura del árbol, con la distancia al centro de la sección del árbol...

Así, existen especies, tales como algunos eucaliptos, el haya o el chopo, en los que la magnitud de las tensiones es generalmente superior a la media general de otros árboles. Incluso, está comprobado que la magnitud de las tensiones en el haya que crece en zonas de montaña suele ser mayor que las que crecen en llanura (Saurat *et al.*).

Las tensiones de crecimiento, cuando su magnitud es muy elevada (y sobre todo su gradiente a lo largo de la sección del árbol) pueden causar numerosos defectos en la madera, tales como médula blanda o débil, fendas de cuadranura, acebolladuras, alabeos de cara o canto en los aserrados, que hacen difícilmente aprovechable estos árboles en la industria mecánica de la madera.

En la Figura 2 se hace patente el típico defecto de cuadranura, producido en el momento del apeo, por causa de la liberación de tensiones producida en la zona de corte.



Fig. 2.- Fendas de cuadranura en una testa de eucalipto recién cortado
Radial cracks in testa of eucalyptus freshly cut

En la Figura 3 se indican las deformaciones que se pueden producir en los aserrados de maderas con gradientes de tensiones de crecimiento muy elevados. Notese la diferencia entre las deformaciones producidas en cortes tangenciales (alabeos de cara) o en cortes radiales (alabeos de canto).

Este defecto es típico en los árboles de eucalipto que se desarrollan en Galicia. A pesar de la buena conformación de los árboles, la escasez de nudos, la buena presencia de la madera y otras características favorables, su transformación por la industria mecánica de la madera es casi anecdótica.

La Unión Europea, a través de proyecto nº MAZB-CT91-0038 (RZJE), del programa "Materias primas renovables" subvencionó un proyecto de investigación, que entre otros, buscaba obtener los siguientes objetivos:

- Analizar las características de las tensiones de crecimiento del *Eucalyptus globulus* en Galicia.
- La relación existente entre los valores de la tensión de crecimiento perimetral del árbol con los valores de estación y la selvicultura empleada. En función de esta relación proponer los trabajos selviculturales mas idóneos para

el aprovechamiento mecánico de la madera de Eucalipto.

- La relación existente entre los valores de la tensión de crecimiento periférica del árbol con los valores dendrométricos del propio árbol. Así se podrá hacer patente de forma visual la calidad de dicho árbol, en relación con las tensiones de crecimiento, para su posible transformación en la industria mecánica de la madera.

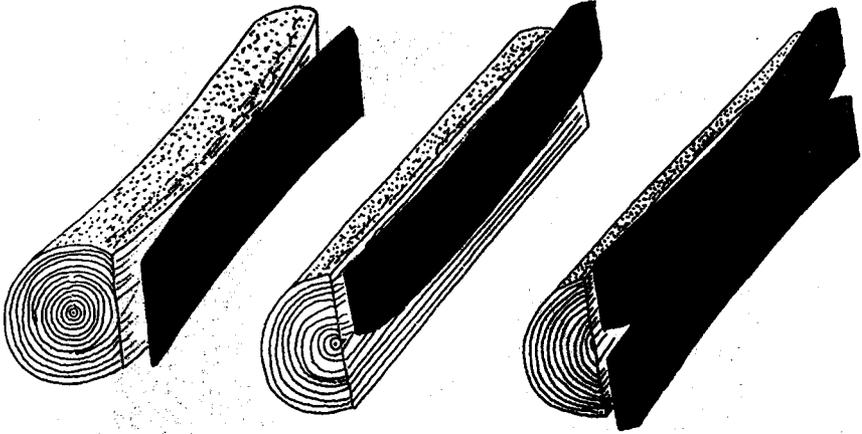


Fig. 3.- Deformaciones producidas por las tensiones de crecimiento en los diferentes tipos de serrado

Deformation produced by peripheral stresses in different sawing types

CARACTERISTICAS DE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO EN EL EUCALYPTO GLOBULUS EN GALICIA

La magnitud de las tensiones de crecimiento se ha analizado desde los siguientes aspectos:

- Valor medio de las tensiones periféricas en el árbol.
- Variación de los valores de las tensiones perimetrales en dicho árbol.
- Variación de las tensiones de crecimiento tanto a lo largo de la sección como de la altura de dicho árbol.

Los dos primeros valores se obtienen, para cada árbol, de forma aproximada, analizando las deformaciones longitudinales periféricas, en las direcciones norte, sur, este y oeste, tomadas a una altura de entre 1,2 a 1,3 m, por medio de un extensómetro de precisión, desarrollado por el CIRAD FOREST.

Se recalca, "de forma aproximada", porque, si bien, las deformaciones están ligadas a las tensiones, también lo están a la propia resistencia de la madera. Debe tenerse en cuenta que la variabilidad del módulo de elasticidad es muy elevada en el eucalipto, pudiendo llegar hasta un 300 p.100 de coeficiente de variación dentro de un mismo árbol (Gerard, 1.995).

En el Anexo1 se describe el aparato utilizado y el procedimiento operativo para evaluar las tensiones de crecimiento.

Valor medio de las tensiones periféricas en el árbol

Se han estudiado un total de 160 árboles habiéndose obtenido una variación de deformaciones entre 25 y 299 μ m siendo la media 107,5mm y la desviación típica de 53,3.

El análisis de la distribución de la muestra se ha realizado por medio del test de "Kolmogorov" y el "Chi cuadrado". En ambos casos se obtiene un ajuste con la curva de distribución normal altamente significativo.

Variación de las tensiones perimétricas en un árbol

Para conocer la variación de las tensiones perimétricas en una determinada sección del árbol, a los árboles evaluados se les ha medido las tensiones perimétricas del árbol en las direcciones N; S; E; y W.

Los valores medios obtenidos son los siguientes:

TABLA 1

VALORES MEDIOS DE LAS TENSIONES PERIMÉTRICAS SEGUN LAS DIFERENTES DIRECCIONES CARDINALES

Mean values of perimeter stresses in diferents bearings

	Norte	Sur	Este	Oeste
Media	100,5	114,7	94,9	120,1
Desviación típica	63,2	71,4	55,4	77,0

Efectuado el análisis de los resultados se obtiene lo siguiente:

Las tensiones este y oeste difieren significativamente entre sí, mientras que las tensiones norte y sur no difieren significativamente.

La justificación a esta variabilidad puede explicarse en los efectos dominantes del viento en Galicia, cuya dirección predominante es Oeste-este en sentido Este. Este viento dominante produce madera de tensión en el lado oeste, que hace aumentar los valores de la deformación en la medida de las tensiones de crecimiento.

Variación de las tensiones de crecimiento a lo largo de la sección del árbol

Con respecto a la variación de las tensiones de crecimiento a lo largo de la sección, (Boyd, 1.950) estableció el siguiente modelo de distribución radial de las deformaciones longitudinales:

$$\epsilon_1 = \epsilon_0 - 0,02555 \cdot (r^{0,075} - r_1^{0,075})$$

Siendo: ϵ_1 la deformación en un punto situado a la distancia r_1 de la médula
 ϵ_0 la deformación perimetral

También se puede expresar de la siguiente forma:

$$\epsilon_1 = \epsilon_0 \cdot (1 + 2Lnr_1/r)$$

En la Figura 4, se refleja estas formulas, expresando la variación de tensiones a lo largo de la sección de dos árboles, suponiendo que el diametro de los árboles varía y se mantiene igual la tensión periférica, o que la tensión periférica varía y se mantiene constante el diámetro de los árboles.

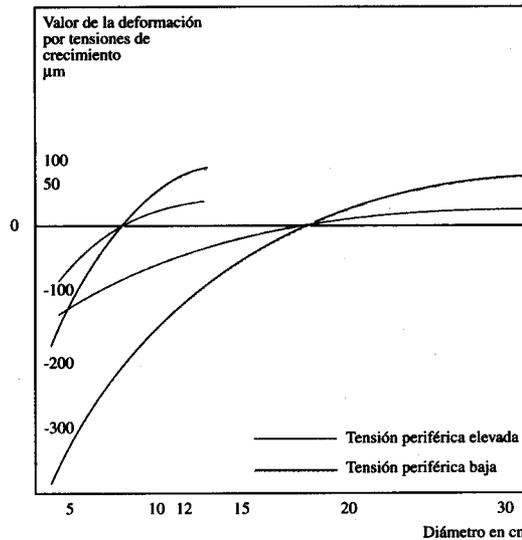


Fig. 4.- Variación de las tensiones a lo largo de la sección, según varía la tensión periférica o el diámetro

Variations of stresses across the section related with peripheral stresses or diameter

Analizando la figura se puede deducir las siguientes consideraciones:

- A igualdad de tensiones periféricas, el diámetro mayor supone un menor valor del gradiente a lo largo de la sección, pero un mayor valor de las tensiones de compresión internas. Con ello, por una parte disminuyen los

defectos de deformación que pueden sufrir los aserrados pero aumenta la posibilidad de médula blanda.

- A igualdad de diámetro, el menor valor de la tensión periférica supone menor pendiente de tensiones a lo largo de la sección y menor valor de las tensiones de compresión en la zona de la médula. El resultado es que los defectos de deformaciones y de médula blanda disminuyen en el árbol.

Variación de las tensiones de crecimiento a lo largo de la altura del árbol

La variación de las tensiones longitudinales con la altura fué estudiada por Yao (1979) quien encontró que esta variación es en general creciente hasta una altura variable con la especie, entre los 6 y los 9 m, para después decrecer.

RELACIONES ENTRE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO Y LAS CARACTERISTICAS DE ESTACION, SELVICULTURALES Y DEL ARBOL

Los 160 árboles analizados procedían de seis parcelas situadas en diferentes puntos de Galicia, tomados de forma aleatoria, entre las parcelas destinadas a su aprovechamiento en esas fechas, y que cumpliesen el requisito de que los pies de la masa tuviesen un diámetro medio superior a 25 cm

Los parámetros tomados de las parcelas fueron los siguientes:

- Especies
- Nº de pies por hectárea
- Pendiente
- Edad de la masa
- Orientación
- Tratamientos e incidencias selvícolas
- Características de la estación:
 - Características del suelo
 - Características metereológicas de la zona
 - Viento dominante en la parcela
 - Altitud sobre el nivel del mar

En el Anexo 2 se indican los métodos de medida de todos estos parámetros.

En el Anexo 3 se indican los parámetros característicos de las parcelas analizadas.

En el Anexo 4 se indica en forma de figuras la frecuencia en tanto por ciento de la distribución de los valores de tensiones de crecimiento en cada parcela. También se indica mediante figuras las relaciones entre diferentes parámetros de la parcela.

En el Anexo 5 se detallan los análisis de regresión y de varianza de las relaciones entre estos parámetros característicos de la calidad de estación de la parcela y las tensiones de crecimiento, habiéndose obtenido las siguientes conclusiones:

Existe una influencia altamente significativa de los siguientes parámetros:

- Edad
- Esbeltez de los arboles de la parcela
- Diámetro normal promedio
- Volumen del fuste

en las deformaciones medias debidas a las tensiones perimetrales.

Con respecto a las relaciones entre las tensiones de crecimiento y la edad, el alto valor de R^2 obtenido pone de relieve la importancia de este parámetro en la justificación de la variabilidad de las tensiones de crecimiento.

A partir de una determinada edad del árbol, parece existir una menor deformación a igualdad de los demás parámetros.

En la figura 5 se observa la relación entre ambas variables

En la figura se puede observar como la distribución de tensiones en las tres parcelas mas jóvenes son esencialmente iguales, pero significativamente mayores

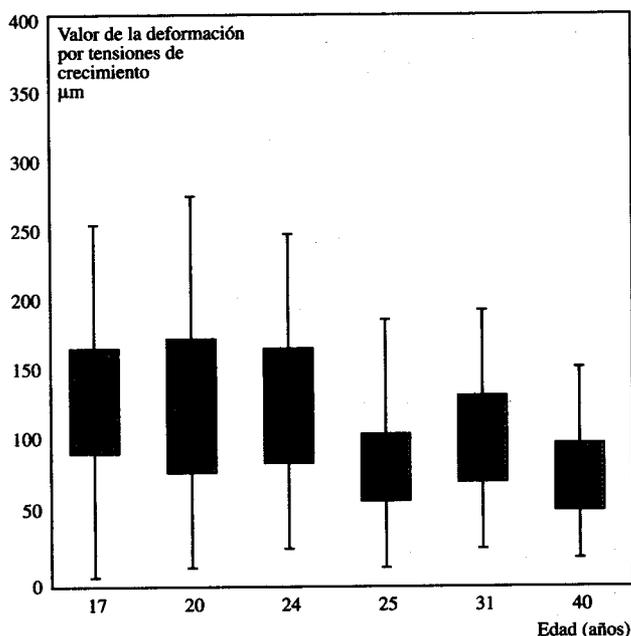


Fig. 5.- Relación entre la edad y las tensiones de crecimiento
Relation between age tree and growth stresses

que las tres parcelas mas maduras.

Estudios paralelos realizados por Gerard (1.995) sobre parcelas de eucalipto en China y Congo, presentan el mismo fenómeno, la distribución de las tensiones de crecimiento en parcelas jóvenes no son significativamente diferentes. A partir de una determinada edad (edad de madurez) la distribución de tensiones se hace significativamente diferente, siendo su valor inferior a los obtenidos en las parcelas jóvenes.

La justificación de esta conclusión está ligado al propio fenómeno que produce las tensiones de crecimiento: la relajación de la actividad cambial, resultado de la madurez, se traduce en una disminución de las tensiones de crecimiento.

El diámetro y el volumen del fuste influyen en menor medida sobre las tensiones. Nótese que estas variables son dependientes de la edad del árbol.

Con respecto a la esbeltez de los árboles de la parcela, parece que cuanto mayor sea su valor, mayores son las tensiones de crecimiento, por lo que, en contra de la selvicultura tradicional, conviene buscar la producción de árboles poco esbeltos.

Por último, tanto la altura total del árbol como el crecimiento medio anual apenas presentan, o no presentan influencia significativa con las tensiones de crecimiento.

Resulta paradójico la escasa influencia de este último parámetro, habida cuenta que la edad y el volumen si que tienen influencia.

RELACION ENTRE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO Y LAS CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DEL ARBOL

A cada árbol analizado se le han tomado los siguientes datos referente a su morfología:

Diámetro normal según direcciones N-S y E-W, el máximo y el mínimo y su variación dentro de la sección

Altura total

Inclinación de la fibra a 1,3 m de la base, y según los ejes cardinales

Ondulación de la fibra a 1,3 m de la base, y según los ejes cardinales

Cambios de orientación del árbol

Peso y volumen de la copa

Tensión producida por la copa en la base del fuste

Deformaciones producidas por las tensiones de crecimiento a 1,3 m de altura, según las direcciones N;S;E y W.

También se han analizado otros parámetros, pero la falta de relaciones, o la dificultad de su medición correcta, aconsejó abandonar su cuantificación. Alguno de estos parámetros son los siguientes: Espesor de la corteza, humedad del fuste

del árbol (vigor del árbol), dureza de la madera...

La evaluación de los diferentes parámetros se describe en el Anexo 6.
Los valores medios y sus desviaciones típicas se refleja en la Tabla 2.

TABLA 2

VALORES MEDIOS DE LOS PARAMETROS DEL ARBOL

Trees data

	Edad años	Diámetro cm	Tabla sección	Altura total m	Nº de truncos	Volumen de copa m ³	Volumen de fuste m ³	Coeficiente de fibra	Esbeltez fuerte (árbol)	Esbeltez fuerte (fuste)	Tensiones de crecim. p
Media	24,5	40,3	7,523	33,2	2,0	122,9	1.896	0,0797	85,51	65,54	107,5
Desv. típica	6,2	10,8	5,658	5,7	1,65	118,3	1.274	0,0519	16,46	47,9	53,3

Se ha analizado la relación existente entre las características morfológicas del árbol y las tensiones de crecimiento dentro de cada parcela y el conjunto de la muestra.

Los resultados se describen en los Anexos 7 y 8.
Las conclusiones son las siguientes:

Variación de las tensiones dentro de cada parcela

No se ha encontrado una pauta de comportamiento común a todas las parcelas. En las parcelas jóvenes cuanto mas grueso y menor altura tenga el árbol, las tensiones son menores, sin embargo en las parcelas adultas el único parámetro significativo es la tableadura de la sección.

Variación de las tensiones en el total de las muestras

Se han encontrado las siguientes relaciones.

Existe una fuerte influencia de los siguientes parámetros:

- Edad del árbol
- Diámetro normal promedio
- Presencia de fibra ondulada
- Esbeltez del árbol
- Esbeltez del fuste

en el valor de las tensiones de crecimiento

Realizando un análisis de regresión múltiple, el conjunto de todos estos parámetros sólo explican el 18 p.100 de la variación total de la tensión de crecimiento para el conjunto de la muestra.

Dentro de estos factores, al igual que con el estudio de las parcelas, el parámetro más significativo del árbol es la edad, que justifica por sí sola casi el 13 p.100 de la variabilidad de las tensiones.

Además, se ha obtenido la siguiente interpretación de resultados: los árboles con las siguientes características tienen una alta probabilidad de que la magnitud de las tensiones de crecimiento sea pequeña:

- Los árboles tienen edad alta
- Los árboles tienen diámetros grandes
- Los árboles tienen fibra ondulada
- La proporción de copa es elevada
- El fuste es cónico

Existe poca influencia en la variación de las tensiones de crecimiento con la variación de los siguientes parámetros:

- Tableadura de la sección del fuste
- Presencia de fibra inclinada
- Tensiones originadas por la inclinación del árbol

No se ha encontrado influencia de las tensiones de crecimiento con los siguientes parámetros:

- Nº de cambios de orientación del árbol
- Volumen de la copa
- Altura del árbol

CONCLUSIONES

En relación a los objetivos planteados el estudio ha determinado las siguientes conclusiones:

Relaciones de las tensiones con la calidad de la estación y la selvicultura empleada:

El aumento del turno de corta, a edades superiores a los 25 años, es una medida selvícola que producirá un doble efecto en los problemas que produce las tensiones de crecimiento en la madera de eucalipto, destinada a su transformación por la industria mecánica de la madera:

Por una parte, las tensiones de crecimiento periféricas se hacen menores, con lo que de forma directa disminuyen los defectos que puedan producir éstas.

Por otra parte, a medida que aumenta el turno, aumentan los diámetros del árbol y con ello, disminuye el gradiente de tensiones a lo largo de la sección del árbol. Por tanto, de forma indirecta, disminuirán los defectos de deformaciones que el gradiente produce. La probabilidad de que se produzcan defectos de médula blanda serán mayores.

Otras medidas selvícolas, tales como aumentar el espaciamiento, también pueden ayudar, aunque en menor medida, a limitar los defectos típicos de las tensiones, directamente porque disminuirá la relación altura-diámetro e indirectamente, porque a la misma edad, los árboles serán mas gruesos.

Identificación visual de los árboles con tensiones de crecimiento elevadas.

No se ha encontrado un elemento morfológico claro del árbol que permita prever los valores de sus tensiones periféricas. A nivel general se pueden dar los siguientes indicativos:

Los árboles peor conformados (fuste cónico, elevada proporción de copa, tableados. Son los que pueden tener niveles de tensiones menores.

Los árboles con fibra ondulada suelen ser árboles con tensiones pequeñas, pero el hecho de que no esté ondulada no significa que las tensiones sean altas.

SUMMARY

Study of the growth stresses of *E. globulus* Labill in Galicia (Spain) and the relations with the habitat characteristics and tree morphology

There have study of 160 trees of eucalyptus into six plots in Galicia country the peripheral growth stresses and is to establish the relationship between plots characteristics habitat and tree morphology in order to find what habitat and what trees could have available for solid wood.

KEY WORDS: *Eucalyptus globulus*
Growth-stresses

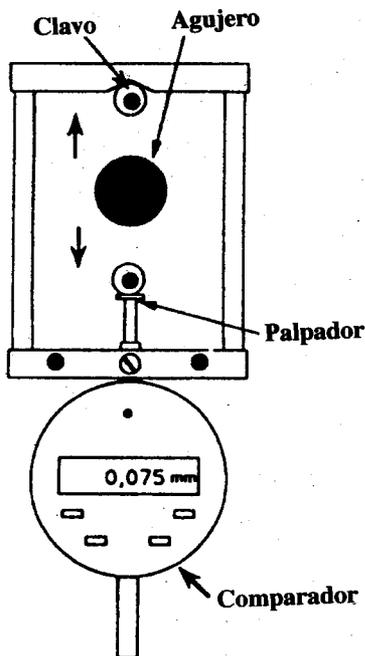
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARCHER R.R., 1986. Growth Stresses and Strains in Trees, Ed Springer-Verlag.
 ARGANBRIGHT D.G., BENSEND D.W., MANWILLER F.G. 1970. Influence of gelatinous fibers on the Shrinkage of Silver Maple Wood Science Vol 3 n°2, 83-89.
 BAMBER R.K., 1987. The origin of growth stresses: A rebuttal. IAWA Bulletin Vol 8 (1), 81-83.
 BOYD J.D., 1950. Tree growth stress I. Tree growth stress evaluation Australian Journal of Scientific Research, Series B, Biological Sciences, Vol 3, 270-293.

- GERARD. 1995. Contraintes de croissance, variations internes de densité et module d'élasticité longitudinal, et déformations de sciage chez les eucalyptus de plantation. Tesis doctoral presentada en la Universidad de Bordeaux.
- GILLIS P.P., HSU C.H., 1979. An Elastic, Plastic Theory of Longitudinal Growth Stresses. Wood Science and Technologie Vol 13, 97-115.
- FOURNIER M., BORDONNE P.A., GUITARD D., OKUYAMA T., 1990. Growth stress patterns in tree stems. Wood Science and Technologie Vol 13, 97-115.
- MALAN F.S., 1989. The wood properties of South African grown *Eucalyptus grandis*: Some notes on their variation and association. Wood Southern Africa. Part I: Vol 14 n°5, 61-67 Part II: Vol 14 n°6, 6-71.
- SAURAT J., GUENEAU P., 1976. Growth Stresses in Beech. Wood Science and Technologie Vol 10, 111-123.
- YAO J., 1979. Relationships between height and growth stress within and among white ash, water oak, and shagbark hickory. Wood Science Vol 11, 246-251.

ANEXO 1

DESCRIPCION DEL METODO UTILIZADO PARA MEDIR LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO



Esquema del extensómetro utilizado

El material utilizado para medir las tensiones de crecimiento es el extensómetro diseñado por Cirad-forêt, formado por dos palpadores, insertados en la madera una profundidad de 10 mm, separados entre sí una distancia de 45 mm, según la dirección de la fibra. Estos palpadores se separan entre sí, por efectos de la liberación de las tensiones de crecimiento perimetrales al practicar un agujero de 20 mm de diámetro, mediante un talado, en un punto situado entre medias de los dos palpadores.

El desplazamiento sufrido entre los dos palpadores es medido por un comparador de precisión 0,001 mm. El valor del desplazamiento depende de las tensiones de crecimiento perimetrales en dirección axial, así como de otros factores entre los que destaca el módulo de elasticidad.

El procedimiento operativo es el siguiente:

- Descortezado del área en donde se va a realizar la medida de las tensiones de crecimiento. Con un machete o un hacha, se elimina la corteza del área en

donde realizar la medida de las tensiones, dejando la madera al descubierto en alrededor de 30x10 cm, teniendo especial cuidado de no producir ningun golpe o penetración en la madera que pueda servir de elemento de relajación de las tensiones perimetrales del árbol.

Las medidas se realizan en las direcciones norte, sur, este y oeste de la sección del árbol a la altura de entre 1,2 a 1,3 m de la base del árbol.

- Situación de los palpadores y marcado del punto donde realizar el taladro. Para la colocación exacta de los palpadores y marcado del punto donde realizar el taladro, se utiliza un molde, provisto de 2 agujeros por donde introducir los palpadores y un tornillo situados entre ambos, que marca la señal del punto medio en donde realizar posteriormente el taladro de liberación de las tensiones. Por tanto, el procedimiento operativo consiste en disponer el molde sobre la madera descubierta en la operación anterior, introducir los palpadores por los agujeros del molde, ayudandose de un martillo y un punzón. Los palpadores quedarán perfectamente introducidos en la madera cuando al golpear con el martillo, cambia el sonido del golpe, al apoyarse la cabeza de los palpadores en la madera.

Introducidos los palpadores, se acciona el tornillo mediante un destornillador, hasta que deje marca en la madera. Posteriormente se saca el molde con el cuidado de no sacar los marcadores colocados.

- Situación del comparador, a través del apoyo de la estructura en los palpadores clavados en la madera, tal como se indica en la figura.

- Poner en cero el comparador

- Ejecutar el taladro, utilizando una broca salomónica de 20 mm de diámetro, empezando por la marca realizada en operaciones anteriores profundizando hasta que el valor del comparador se estabilice.

- Anotar el resultado.

Si por efecto del viento u otra causa el comparador no se estabiliza, el resultado no se considera válido

ANEXO 2

METODO DE MEDIDA UTILIZADO PARA LA EVALUACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS DE LA PARCELA

- Especie: La determinación de las especies de la parcela se ha realizado por métodos visuales.
- N° de árboles por Ha: Los árboles por hectárea se han determinado contando los árboles existentes en la parcela y midiendo la superficie que ocupa la parcela, mediante una cinta métrica, extrapolando el resultado a hectáreas.
- Edad de los árboles: Se ha obtenido por preguntas al guarda y a los trabajadores del área.
- Pendiente: Se ha realizado de forma aproximada, evaluando los desmontes de las pistas cercanas, excepto en las parcelas 4, 5 y 6 que se ha determinado mediante clisímetro.
- Orientacion: Se ha medido mediante una brújula
- Prácticas selviculturales: Se ha obtenido mediante información a los guardas y a los trabajadores forestales del área
- Altitud: Se ha obtenido mediante la localización de la parcela en un mapa topográfico escala 1:50.000
- Viento: Al igual que la edad y las prácticas selviculturales, se ha determinado por consulta a los guardas y trabajadores forestales
- Litofacies, suelo, temperatura, pluviometría y meses de sequía: Mediante información indicada en "Mapas de Cultivo y Aprovechamiento" de la zona, después de localizar y situar la parcela en los mapas.
- Granulometría: Se ha determinado de forma visual, por apreciación del área, en particular de los desmontes de las pistas, próximos a la parcelas.

ANEXO 3

PARAMETROS CARACTERISTICOS DE LAS PARCELAS ANALIZADAS

Características de las parcelas analizadas

Parcela	Edad	Densidad Pies/ha	Orientación	Pendiente	Incidencias Selvícolas	Especies
Pereiro	17	1.500	NW	5%	Incendio en el año anterior	Eucalipto/ pino pinaster
Lourizán	40	800	W	15%	-	Diversas
Figueirido	25	1.200	NW	5%	-	Eucalipto/ pino pinaster
Betanzos	20	400 EUCA 1.000 PINO	1,2,24,25,5a15 N 26,27,16a121 W 3,4,22,23,28,29,30 E	10% N 25% W 32% E	Incendio en 1989	Eucalipto/ pino pinaster
A Cazolga	24	2000 EUCA 100 OTROS	SE	50%	-	Euca/pino/roble castaño/ulex
Couboeira	31	1.500	E	10%	-	Eucalipto

Parcela	Altitud	Litología	Suelo	Granulo- metría	Viento	Tempera- tura	Pluviometría	Meses de Sequia
Pereiro	430	Roca plutónica	Inceptisol (Luvisol)	Arenosa	W	12 a 16°C	1.600 a 2.300 mm/año	0 a 2
Lourizán	80	Roca plutónica	Inceptisol (Luvisol)	Arenosa	SW	12 a 16°C	1.600 a 2.300 mm/año	0 a 2
Figueirido (Castiñeira)	380	Roca plutónica	Inceptisol (Luvisol)	Arenosa	W	12 a 16°C	1.600 a 2.300 mm/año	0 a 2
Betanzos	350	Fangolitas	Inceptisol (Luvisol)	Arcillosa	W	13°C	850 a 1.150 mm/año	2 a 3
A Cazolga	120	Roca plutónica	Entisol (Cambisol)	Arenosa	S-SW	12 a 14°C	1.200 a 1.400 mm/año	1 a 2
Couboeira	100	Fangolitas	Inceptisol (Luvisol)	Limosol	S-SW	12 a 14°C	1.200 a 1.400 mm/año	1 a 2

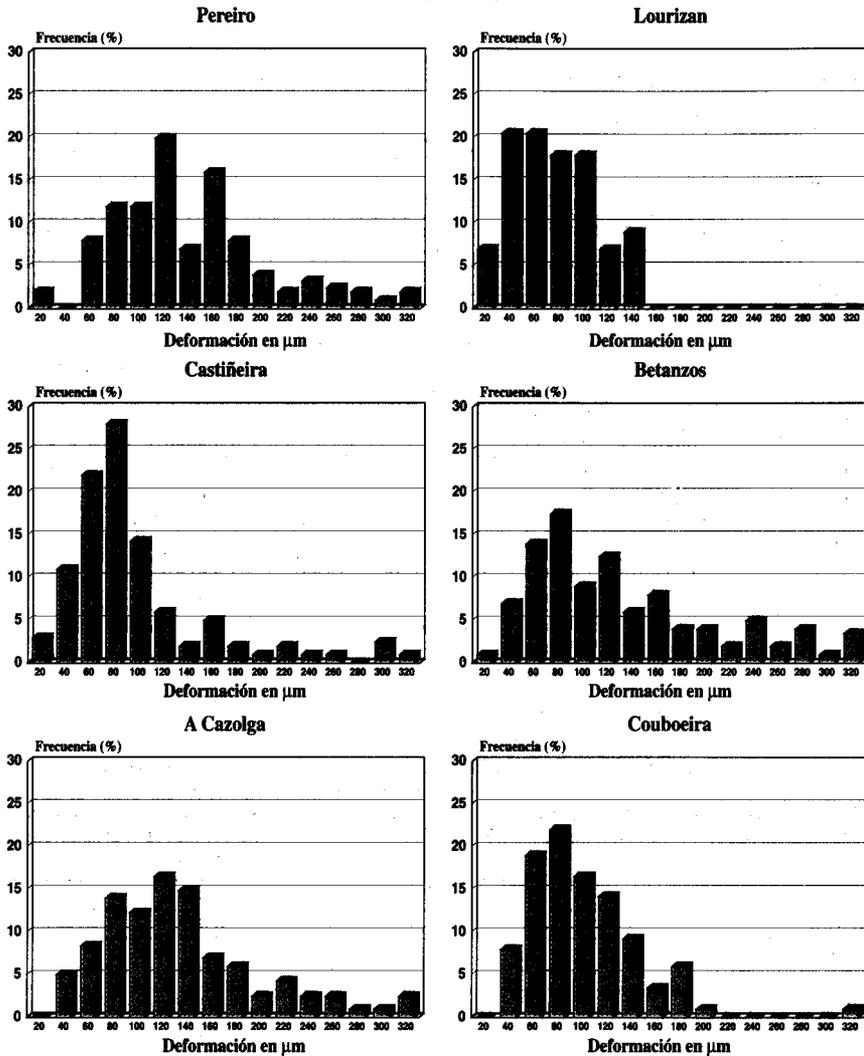
Características medias definidoras de la calidad de estación de cada una de las parcelas

Parcela	Díametro (cm)	Edad (años)	Altura total (d.m.m.m.c)	Volumen (m ³ /ha)	Volumen fuste (m ³)	Crechimiento anual medio (volúmed)	Tensión de crechimiento (µm)
Pereiro	33,9	17	31,0	91,3	1,1	0,065	129,0
Lourizán	52,0	40	38,0	73,8	3,127	0,078	61,8
Figueirido (Castiñeira)	47,7	25	34,7	72,6	2,446	0,098	84,9
Betanzos ⁴	5,6	20	36,7	80,3	2,373	0,119	125,8
A. Cazolga	35,0	24	31,3	89,4	1,185	0,049	124,4
Couboeira	34,9	31	30,5	86,8	1,166	0,038	90,5

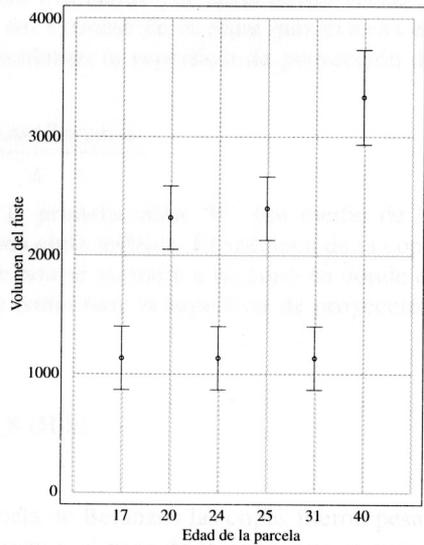
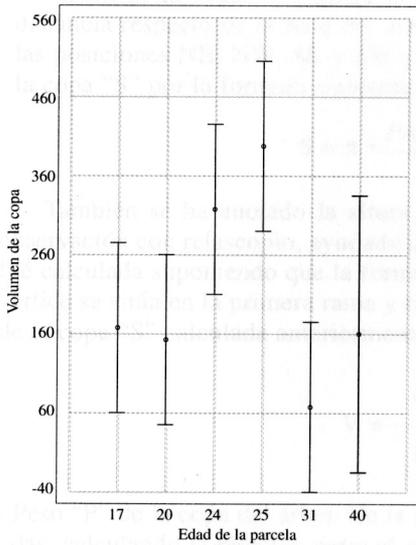
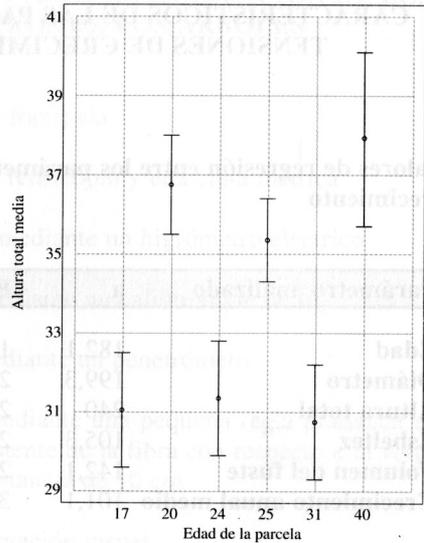
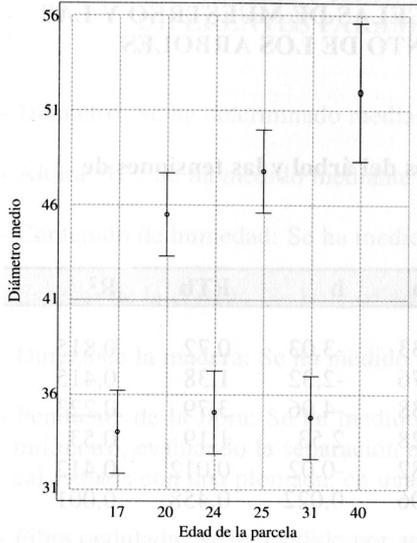
ANEXO 4

VALORES CARACTERISTICOS DE LAS DIFERENTES PARCELAS

Frecuencia de distribución de las tensiones en cada parcela



Relaciones entre los parámetros de la parcela:



ANEXO 5**ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y VARIANZA ENTRE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LAS PARCELAS DE MUESTREO Y LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO DE LOS ARBOLES**

Valores de regresión entre los parámetros del árbol y las tensiones de crecimiento

Parámetro analizado	a	ETa	b	ETb	R ²
Edad	182,1	13,33	-3,03	0,72	0,815
Diámetro	199,3	23,76	-2,32	1,38	0,415
Altura total	240	27,38	-4,06	3,79	0,223
Esbeltez	105,3	21,28	2,53	1,19	0,53
Volumen del fuste	142,1	23,82	-0,02	0,012	0,412
Crecimiento anual medio	101,1	31,06	0,022	0,458	0,001

ANEXO 6

METODO DE MEDIDA UTILIZADO PARA LA EVALUACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS DE LOS ARBOLES

- Diámetro: Se ha determinado mediante forcípula
- Altura "H": Se ha medido mediante un relascópio y una cinta métrica
- Contenido de humedad: Se ha medido mediante un higrómetro eléctrico
- Espesor de la corteza: Se ha medido mediante un calibre o pie de rey
- Dureza de la madera: Se ha medido mediante un penetrómetro
- Pendiente de la fibra: Se ha medido mediante una pequeña regla graduada en milímetro, evaluando la separación existente de la fibra con respecto a la vertical tomada con una plomada, en una distancia de 10 cm
- Fibra ondulada: Se ha medido por apreciación visual
- Cambios de orientación del fuste: Se ha obtenido por apreciación visual
- Volumen de la copa "V": Se ha obtenido evaluando por apreciación visual la distancia respecto de la base del árbol, del extremo de la rama mas externa en las posiciones NE; NW; SE y SW y calculando la superficie de proyección de la copa "S" por la formula siguiente:

$$S = \pi \cdot \frac{Proymax \cdot Proymin}{4}$$

También se ha anotado la altura de la primera rama "h", por medio de la observación con relascopio, ayudado de una cinta métrica. El volumen de la copa fué calculada suponiendo que la forma de ésta se asemeja a un cono en donde el vertice se sitúa en la primera rama y tiene como base la superficie de proyección de la copa "S" calculada anteriormente

$$V = \frac{1}{2} \cdot S (H-h)$$

- Peso "P" de la copa del árbol. En la parcela de Betanzos las copas fueron pesadas, calculando la relación entre el volumen y el peso de la copa, que se supu-

so constante en todas las demás parcelas. De acuerdo con esto, el peso de las copas se ha evaluado aplicando la siguiente fórmula:

$$P = 2,3725 \cdot V$$

- Tensiones en la base originada por el peso de la copa y la inclinación del árbol respecto de la vertical. La inclinación del árbol se evaluó de forma aproximada por apreciación visual. Con este dato, junto con la altura del árbol y el peso de la copa, se calculó la tensión originada en la base del árbol.

ANEXO 7**ANÁLISIS DE LA RELACION ENTRE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO Y LAS CARACTERISTICAS DE LOS ARBOLES DENTRO DE CADA PARCELA**

Parcela (edad)	Tensión de crecimiento media (desviación típica)	Correlaciones significativas existentes variable (coeficiente) (C=constante) (R ² , F-ratio)
Pereiro (17)	129,40 (46,53)	Diámetro (-4,59) (C=86,47) Altura (6,55) R ² =0,15 F-ratio=3,18
Betanzos (20)	125,83 (62,01)	Diámetro (-2,63) (C=213,47) Tableadura (528,4) R ² =0,20 F-ratio=4,68
A Cazolga (24)	124,45 (51,50)	Ninguna
Figueirido (25)	84,95 (52,87)	Altura (2,59) (C=-8,25) R ² =0,15 F-ratio=3,82
Couboeira (31)	90,47 (35,21)	Tableadura (C=91,18) R ² =0,01 F-ratio=1,13
Lourizán (40)	61,77 (31,29)	Tableadura (C=88,18) R ² =0,26 F-ratio=2,76

ANEXO 8**ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA RELACION ENTRE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO Y LAS CARACTERISTICAS DE LOS ARBOLES DEL TOTAL DE LA MUESTRA**

Valores de regresión entre los parámetros del árbol y las tensiones de crecimiento

Parámetro analizado	n	ET _a	b	ET _b	R ²
Edad	182,9	50,09	-3,07	0,635	0,128
Diámetro	152,3	52,3	-1,12	0,382	0,051
Tableadura de la sección	112,7	53,53	-0,69	0,748	0,005
Altura total	107,8	53,68	-0,01	0,741	0,000
Nº de reorientaciones	111,6	53,57	-1,99	2,56	0,004
Volumen del fuste	123,0	52,65	-0,01	0,003	0,037
Volumen de la copa	111,1	53,56	-0,03	0,036	0,004
Crecimiento medio anual	114,0	53,51	-0,08	0,081	0,006
Esbeltez fuste(Alt/diam)	18,34	50,32	1,04	0,244	0,103
Esbeltez del árbol (Vcopa/Vfuste)	100,4	53,42	-0,108	0,088	0,009