

EVALUACIÓN DE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO EN DIFERENTES CLONES DE *POPULUS* DE LOS POPULETA DE VALLADOLID Y ZARAGOZA

M. Casado Sanz

E.T.S. Ingenierías Agrarias. Avda. Madrid 57.
34004 Palencia. E-mail; milac@iaf.uva.es

RESUMEN

En este trabajo se evalúan las tensiones de crecimiento en pie de *Populus* de distintos clones utilizando un extensómetro que detecta la deformación liberada cerca de un único agujero taladrado, método de un sólo taladro (Gerard 1994). Se estudiaron 13 clones en el populeto de Zamadueñas (Valladolid) y 19 clones en el de Zaragoza, las dos parcelas se plantaron a igual marco de plantación 6 x 6 m y son coetáneas de 1983. Se evalúa la influencia de la estación y del clon en el nivel de tensiones de crecimiento. Los resultados manifiestan que existe una influencia significativa de la estación, siendo los clones de la parcela de Zaragoza los que presentan tensiones de crecimiento significativamente mayores. Existe igualmente influencia de la variabilidad genética, en el populeto de Valladolid los clones; *I-214* e *I-476* tienen valores significativamente superiores a los clones; *Dorskamp*, *1-Z*, *TR 56/75* y *Campeador*, mientras en el populeto de Zaragoza los clones; *Triplo*, *Onda*, *B1-M Alcinde*, *I-214*, *524/51* y *Raspalje* presentan valores significativamente superiores a los clones; *Canadiense Leonés*, *I-262* y *Boelare*

PLABRAS CLAVE: *Populus*, tensiones de crecimiento, clones.

SUMMARY

In this work are evaluated the growth stresses in different clones of *Populus* using a "comparidity" CIFT/CIRAT that detects the deformation about an only drilled hole, method of an only drill (Gerard 1994). Were studied 13 clones in the populeto of Zamadueñas (Valladolid) and 19 clones in Zaragoza, the two plots were planted to equal plantation 6 x 6 m and they are contemporary of 1983. It is evaluated the influence of the station and of the clon in the level of growth stresses. The results express that exists a meaningful influence of the station, being the clone of the plot of Zaragoza those which present growth stresses significantly greater. Exist equally influence of the genetic variability, in the populeto of Valladolid the clones, *I-214* and *I-476* have values significantly superior to the clones; *Dorskamp*, *1-Z*, *TR 56/75* and *Campeador*, while in the populeto of Zaragoza the clones; *Triplo*, *Hunnengen*, *Onda*, *B1 - M*, *Alcinde*, *I-214*, *54/51* and *Raspalje* they are those which present values significantly superior to the clones; *Canadiense Leones*, *I-262* and *Boelare*.

KEY WORDS: *Populus*, growth stresses, clones.

INTRODUCCIÓN

"Society of American Foresters" define "growth stresses" como las fuerzas localizadas en la madera de los árboles en pie que justifican el fenómeno de autoequilibrio mecánico durante su crecimiento. Estas Tensiones de Crecimiento son originadas durante el crecimiento secundario de los vegetales cuando la capa generatriz o cambium produce células nuevas, ya que tienen tendencia a expandirse lateralmente y contraerse longitudinalmente, pero las células formadas en años anteriores impiden esta tendencia con lo que se genera ese estado de tensiones (Munch 1938),

Fournier (1989) demostró que la componente longitudinal de las tensiones de crecimiento inducidas tras la maduración, es de mayor magnitud que las componentes transversales, siendo esta la que se mide en la superficie del árbol.

Muchos son los factores con los que se ha estudiado su relación con la magnitud de las tensiones de crecimiento como: especie, genotipo, factores medioambientales (viento, altitud, pendiente del terreno..), tratamientos silvícolas (podas, claras, marco de plantación..) y las características morfológicas del árbol entre otros.

Las tensiones internas causan numerosas dificultades no solo al forestal, sino también al industrial. La consecuencia más trascendental de esas fuerzas se origina al seccionar el tronco, puesto que es entonces cuando se liberan esas tensiones internas en las caras recién formadas. Aparecen deformaciones en las trozas que pueden llegar a inutilizar la troza para su aprovechamiento en aserrado o desarrollo.

MATERIAL Y METODOLOGÍA

Las parcelas muestreadas pertenecen al Populeto del INIA en el Valle del Duero y al SIA-DGA en Valle del Ebro. En ambas plantaciones el marco de plantación es 6 x 6 m y se plantaron en 1983, se seleccionaron árboles de los diferentes clones con el criterio de no estar influenciados por el efecto borde y ser representativos de la masa. El número de árboles fue de 3 en el populeto de Valladolid y 6 en el de Zaragoza. Los clones ensayados fueron:

➤ En la parcela de Zamadueñas (Valladolid):

Aigeiros x Algeiros. Populus x euramericana (Dode) Guinier: I-214, Dorskamp, Campeador. I-MC, Candá Leonés, PA-1, 1-Z, Canada Blanco, I-262, I-476, 454/40
Aigeiros. Populus x deltoides: Lux; *Populus nigra*: TR 56/75.

➤ En la parcela de Zaragoza.

Aigeiros. Populus x deltoides: Alcinde, Harvard, Onda, Lux.

Aigeiros x Algeiros. Populus x euramericana (Dode) Guinier: I-214, Campeador. I-MC, Flevo, Canada Blanco, I 45/51, B1-M, Triplo.

Aigeiros x Tacamahaca. Populus trichocarpa x Populus x deltoides: Raspalje, Unal, Hunnegem, Beaupre, .

Las tensiones de crecimiento no pueden ser evaluadas directamente sobre el árbol, pero son estimadas a partir de la medida de "Deformaciones Residuales Longitudinales". En los troncos suficientemente rígidos y macizos las deformaciones de maduración son bloqueadas por la madera ya formada y se experimenta en la superficie de los árboles tras la liberación completa de contracciones elásticas alrededor de un punto de medida (Gerard, J. 1995).

Ante la falta de normativa para la determinación de las Deformaciones Residuales longitudinales se optó por el "método de un sólo taladro" *Drilling Hole Method* de Archer 1986, Gerard 1995, Vignote *et al* 1996). Se utiliza un extensómetro de 1 micra de precisión, el principio del captor radica en una modificación del campo de las tensiones en la superficie provocado por la abertura de un orificio equidistante de los punto de referencia que se separan por efecto de la liberación local de tensiones.

En cada árbol a la altura de 1,30 m se midieron con un extensómetro las tensiones de crecimiento en las cuatro orientaciones de los puntos cardinales y dirección de los vientos dominantes. El extensómetro a través del desplazamiento sufrido por dos palpadores, que penetran en la madera 20 mm y separados entre sí 45 mm (en la dirección de la fibra), detecta la liberación de las tensiones periféricas cuando se realiza un taladro de 20 mm de diámetro en el punto medio de la distancia entre los palpadores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

➤ Caracterización de los clones del Populetum de Zamadueñas (Valladolid).

Se realizó el análisis estadístico con el paquete estadístico informático "Statgraphics" versión 4.1. En la tabla 1 se muestran los valores estadísticos para las variables analizadas y en la tabla ANOVA 2 el análisis de la covarianza considerando en cada caso como factor de variación el clon, el factor principal se considera la deformación máxima del chopo y como covariables el diámetro normal con corteza y la inclinación. Así mismo en la tabla 2 se indican los grados de libertad (D.f), cuadrados medios (Mean Square) y los valores de la F calculada (F-Ratio) con su significación estadística (p-value). En el análisis de la comparación de medias se presentan las diferencias significativas entre clones según el test de rango múltiple según Duncan ($\alpha = 0,1$), para la variable Deformación longitudinal máxima (denominada tensión máxima).

El ANOVA de la tabla 2 indica que no existe una influencia significativa entre las covariables; inclinación y diámetro, y la deformación máxima en los clones estudiados. Respecto al efecto principal clon se observa un p-valor de 0,0921 lo que refleja que hay diferencias entre los clones respecto del factor principal deformación máxima para un $\alpha = 0,1\%$.

Según el test de Duncan se deducen las siguientes conclusiones;

- i. Se manifiestan diferencias significativas para un $\alpha = 0,1\%$ entre los clones I-214 y I-476 cuyas medias de la deformación longitudinal máxima (tensión máxima) son superiores a los clones; Dorskamp, 1-Z, TR 56/75 y Campeador que tienen los valores más pequeños.
- ii. No se manifiestan diferencias significativas en los demás clones.

Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos por Casado (1997) en el estudio de la influencia del clon en el estado de tensión en varias parcelas de la Cuenca del Duero y en el mismo Populetum con mayor número de árboles por clon, también Benoit (1997) obtiene altas proporciones de madera de tensión en el clon I-214 frente a otros (Raspalje, Unal, y Beaupre).

- iii. Se podrían establecer tres grupos de clones según el valor obtenido de la deformación longitudinal superficial máxima (indicativo que utilizamos como referencia de las tensiones de crecimiento) y los resultados estadísticos anteriores, que serían:

➤ Grupo I. Clones con valor de la deformación máxima inferior a 50 micras. Dorskamp, I-Z y TR 56/75.

- Grupo II. Clones con valor de la deformación máxima entre 50 y 80 micras. I-262, Campeador, Canadiense Leonés, Lux, Canadá Blanco, I-MC, 454, PA-1
- Grupo III. Clones con valor de la deformación máxima mayor de 80 micras. I-476, I-214.

Los resultados de la Deformación longitudinal media (la media de las deformaciones tomadas en los cuatro puntos cardinales) según el análisis de varianza y el test de Comparación de medias manifiestan que esta se comporta igual que la deformación máxima.

Respecto de la variable inclinación no se perciben diferencias significativas en esta variable respecto a los clones, aunque el I-476 tiene la mayor inclinación media de 9,166° sesagesimales y el Canadiense Leonés la menor con un valor de 0,666 °.

Con relación al diámetro normal con corteza el clon CAMPEADOR tiene los diámetros significativamente mayores a los clones; 454, TR 56/75 y LUX, no existen diferencias significativas entre el resto de clones.

➤ **Caracterización de los clones del Populetum de Zaragoza**

Se realizó el mismo tratamiento estadístico que para el Populetum de Valladolid y con las mismas variable, pero en este caso con 6 árboles por clon excepto para el Lux (sólo 4 árboles) y con un mayor número de clones un total de 19. En la comparación de medias para establecer diferencias significativas se utilizó el test de rango múltiple según Duncan ($\alpha = 0,05$).

La tabla 3. se muestran los valores estadísticos para las variables analizadas y en la tabla ANOVA 5 el análisis de la covarianza considerando en cada caso como factor de variación el clon, el factor principal se considera a la deformación máxima del chopo y como covariables el diámetro normal con corteza y la inclinación. Así mismo en la tabla 4. se indican los grados de libertad (D.f), cuadrados medios (Mean Square) y los valores de la F calculada (F-Ratio) con su significación estadística (p-value). El análisis de la comparación de medias presenta las diferencias significativas entre clones según el test de rango múltiple según Duncan ($\alpha = 0,1$), para la variable Deformación longitudinal máxima (denominada tensión máxima).

Según el test de Duncan se deducen las siguientes conclusiones;

- iii. Se manifiestan diferencias significativas entre los clones; Triplo, Hunnengen, Onda, B1-M, Alcinde, 45/51, I-214 y Raspalje cuyas medias de la deformación longitudinal máxima (tensión máxima) son superiores a los clones; Canadiense leonés, I-262, y que tienen los valores más pequeños.
- iv. No se manifiestan diferencias significativas en los demás clones.

A pesar de que no hay estudios de este tipo con un número tan alto de clones diferentes, los resultados referidos a los clones I-214, I-262, I-MC, Canadiense Leonés y Campeador son coherentes con los obtenidos por Casado (1997) en el estudio de la influencia del clon en el estado de tensión en el mismo Populetum con mayor número de árboles por clon y coinciden con Benoit (1997), Caspera et al (1994) y Nepveu et al (1985) entre otros.

- v. Se podrían establecer tres grupos de clones según el valor obtenido de la deformación longitudinal superficial máxima (indicativo que utilizamos como referencia de las tensiones de crecimiento) y los resultados estadísticos anteriores, que serían:
 - Grupo I. Clones con valor de la deformación máxima inferior a 75 micras. Canadiense Leonés, I-262, Boelare.
 - Grupo II. Clones con valor de la deformación máxima entre 75 y 120 micras. Harvard, Campeador, Lux, Canadá Blanco, I-MC, Flevo, Unal, Beaupre
 - Grupo III. Clones con valor de la deformación máxima mayor de 120 micras. Triplo, Hunnengen, Onda, Alcinde, 45/51, I-214, Raspalje, B1-M.
- vi. Según estudios realizados por Castera et al (1994) en varios clones de *Populus* valores de las deformaciones longitudinales superiores a 100 micras (utilizando la misma metodología y el mismo equipo que para este caso) en la superficie de los árboles en pie, suponen un alto riesgo para la aparición de fendas de testa en los árboles que originan importantes pérdidas para el aprovechamiento industrial de su madera.

Los resultados de la Deformación longitudinal media (la media de las deformaciones tomadas en los cuatro puntos cardinales) según el análisis de varianza y el test de Comparación de medias manifiestan que esta se comporta igual que la deformación máxima. Para la variable inclinación los clones Flevo y Lux, son los clones significativamente más inclinados que el resto de los clones. En relación con el diámetro normal con corteza Flevo y B1-M son los clones con mayores diámetros significativamente mayores a los clones; Lux, 45/54, Onda, Harvard, Beaupre y Boelare.

➤ **Estudio de las deformaciones longitudinales en los clones: I-214, I-MC, Campeador, Canadiense leones, I-262, y Lux en los Populeta de Valladolid y de Zaragoza.**

Se analizó la interacción del lugar y el clon en el valor de la deformación máxima de los árboles ensayados, mediante un análisis de la varianza con dos factores y se utilizó el mismo tratamiento estadístico que en los casos anteriores. Se incluyó en el estudio estadístico la influencia de las covariantes inclinación y diámetro normal con corteza en la intensidad de la deformación longitudinal.

El análisis de la varianza sobre la influencia del clon y lugar en la tensión máxima y de las covarianzas inclinación y diámetro normal muestra los siguientes resultados:

1. No se manifiesta una influencia significativa de las covariantes analizadas inclinación y diámetro normal con corteza en el valor máximo de la deformación longitudinal.
2. Existen diferencias significativas entre lugares y entre clones. En epopuletum de Zaragoza el valor de la media de las deformaciones longitudinales máximas es significativamente mayor en 20,24 micras ($\alpha=0,05$) que en el de Valladolid.
3. Todos los clones se comportan igual en los dos Populeta, es decir; los clones que presentan los mayores valores de deformaciones longitudinales en Valladolid son los mismos que en Zaragoza.

Los resultados respecto al nivel de tensiones de crecimiento según el índice de la deformación longitudinal muestra que:

- i. El clon *I-214*, en ambos Populeta, manifiesta deformaciones longitudinales significativamente superior al resto de los clones.
- ii. Los clones *Canadiense Leonés e I-262*, en ambos populeta, presentan deformaciones longitudinales significativamente inferior a los clones; *Lux, I-MC e I-214*.

CONCLUSIONES

Existe influencia de la variabilidad genética; en el populetum de Valladolid los clones; I-214 e I-476 tienen valores significativamente superiores a los clones; Dorskamp, 1-Z, TR 56/75 y Campeador, mientras en el populetum de Zaragoza los clones; Triplo, Onda, B1-MAlcinde, I-214, 524/51 y Raspalje son los que presentan valores significativamente superiores a los clones; Canada leonés, I-262 y Boelare. Este efecto clonal también fue detectado en otros estudios con *Populus* por Waugh (1972), Nepveu G. et al (1986) y en otras especies como el que confirman las experiencias anteriores (Boyd 1972; Nicholson 1973; Malan 1993; Baillères 1994; Fournier 1994; Gerard 1994).

El efecto de la estación sobre las Tensiones de Crecimiento es significativo, como también se ha observado en otros trabajos con el género *Populus* (Trunbull 1965, Nepveu 1986, Gerard 1994). En el Populetum de Zaragoza la media de las deformaciones longitudinales máximas es significativamente mayor en 20,24 micras ($\alpha=0,05$) que en el de Valladolid, coincidiendo con los estudios realizados por Jaccard (1938) y Nicholls (1982), Casado (1997). Todos los clones se comportan igual en los dos Populeta, es decir; los clones que presentan los mayores valores de deformaciones longitudinales en Valladolid son los mismos que en Zaragoza

No se manifiesta una influencia significativa de las covariantes analizadas inclinación y diámetro normal con corteza en el valor máximo de la deformación longitudinal.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se engloba dentro del proyecto del CIFOR-INIA titulado: "Populicultura de media montaña y caracterización selvícola y tecnológica de los principales clones de chopo. Subproyecto nº2. Caracterización de la madera de los clones de chopos más interesantes.

BIBLIOGRAFIA

- ARCHER R.R., 1986. Growth stresses and strains in trees. Edit. Springer-Verlag, New York.
- ARGANBRIGHT D.G.; BENSEND D.W., 1968. Relationship of gelatinous fiber development to tree lean in soft maple. *Wood Science*, 1 (1), p 37-40.

BOYD J.D., 1950b. Tree growth stresses. II. The development of shakes and other visual failures in timber. Australian Journal of Applied Science, 1 (3), p 296-312.

BOYD J.D., 1950c. Tree growth stresses. III. The origin of growth stresses. Australian Journal of Scientific Research, B (Biological Sciences), 3 (3), p 294-309.

CASADO M. 1997. Tensiones de crecimiento en cinco clones de *Populus x euramericana* en el Valle del Duero y del Ebro. (Tesis doctoral)

CASPERA P.; NEPVEU G.; MAHE F.; VALENTIN G., 1994. A study on growth stresses, tension wood distribution and other related wood defects in poplar (*Populus euramericana* CV I-214); end splits specific gravity and pulp yield (fracture toughness, wood quality). *Annales des Sciences Forestières*.

CIRAD-Forêt: Protocole des essais du laboratoire d'essais et emplois des bois. Remise jour 1993, 30p.

FERRAND J.C., 1982b. Study of growth stresses. 2. Variations of growth stresses of beech. *Annales des Sciences Forestières*, 9(3), p 187-218.

FERRAND J.C., 1982c. Study of growth stresses. 3. *Eucalyptus delegatensis* and *Eucalyptus nitens*: influence of silviculture and site index. *Annales des Sciences Forestières*, 39 (4), p 355-378.

FOURNIER M.; CHANSON B.; THIBAUT B.; GUITARD D., 1994. Mesures des déformations résiduelles de croissance dans la surface des arbres, en relation avec leur morphologie. Observations sur différentes espèces. *Annales des Sciences Forestières*, INRA, vol.51, p 249-266.

FOURNIER M., 1989. Mécanique de l'arbre sur pied: maturation poids propre, contraintes cliniques dans la tige standard. Thèse de Doctorat en Sciences du Bois, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 257p.

GERARD J., 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.

JACOBS M.R., 1938. The fibre tension of woody stems, with special reference to the genus *Eucalyptus*. Bulletin, Commonwealth Forestry Bureau, Australia No. 22, 37p.

VIGNOTE S.; MOLINERO I.; GERARD, J.; DIEZ M.R. 1996. Estudio de las tensiones de crecimiento del *Eucalyptus globulus* en Galicia y su relación con las características de la estación y morfológicas del propio árbol. *INIA Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Vol 5 (1).

WAUGH G. 1972. Growth stresses - genetic and environmental influences. CSIRO Melbourne, Australia. Forest Products Newsletter N°. 389 p 3-4.

Tabla 1. Valores medios por clon de la Deformación longitudinal máxima en micras, Inclinación en grados y el DNCC en cm, entre paréntesis la desviación media. (La muestra está formada por 3 árboles).Populetum de Valladolid.

Nº CLON	CLON	DEFORMACIÓN MAXIMA (micras) $\sqrt{\text{MSE}} = 19.539$	INCLINACIÓN N (° sesag.)	DNCC (cm)
1	CAMPEADOR	50,09	4,000 (1,00)	45,035 (3,085)
3	I-241	95,24	1,540 (0,56)	30,750 (2,81)
4	CANADA LEONES	56,26	0,666 (1,154)	35,033 (5,299)
5	I-MC	67,83	3,166 (3,253)	37,333 (2,299)
6	PA-1	75,60	4,333 (5,131)	37,900 (0,964)
7	I-476	82,56	9,166 (2,362)	41,050 (0,636)
10	DORSKAMP	42,25	2,833 (3,013)	37,266 (1,789)
11	I-2	44,78	7,000 (5,000)	40,733 (2,419)
12	454	72,36	6,000 (4,924)	34,033 (0,611)
13	CANADA BLANCO	68,47	1,666 (1,527)	36,766 (8,619)
14	TR 56/75	44,78	4,166 (1,607)	33,766 (2,409)
15	LUX	65,38	1,330 (1,427)	30,666 (5,254)
16	I-262	52,38	3,000 (3,605)	35,832 (1,085)

Tabla 2. Análisis de la covarianza del efecto del clon considerando el factor principal la tensión máxima y covariables la inclinación y el diámetro normal con corteza. Populetum de Valladolid.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
COVARIATES					
INCLI	293.623	1	293.623	0.77	0.3896
DNCC	37.6749	1	37.6749	0.10	0.7563
MAIN EFFECTS					
A:CLON	8646.14	12	720.511	1.89	0.0921*
RESIDUAL	8781.1	23	381.787		
TOTAL (CORRECTED)					
		18593.4	37		
$\sqrt{\text{MSE}} = 19.539$					

Tabla 3. Valores medios por clon de la Deformación longitudinal máxima en micras, DNCC en cm e Inclinación en grados, entre paréntesis la desviación típica. Populetum de Zaragoza.

Nº CLON	CLON	DEFORMACIÓN MAXIMA (micras)	INCLINACIÓN (° sesag.)	DNCC (cm)
21	I-214	127,17	6,498 (3,029)	40,542 (5,32)
22	FLEVO	121,83	9,545 (1,88)	42,083 (2,87)
23	B1-M	135,5	3,770 (0,88)	43,558 (3,38)
24	I-MC	93,5	4,132 (1,02)	41,683 (1,44)

25	CAMPEADOR	81,0	6,427 (1,07)	41,100 (3,52)
26	CANADA BLANCO	81,66	4,838 (1,21)	35,133 (0,77)
27	45/51	128,66	5,628 (7,48)	31,250 (2,80)
28	TRIPLO	197, 66	5,998 (1,88)	36,920 (4,62)
29	ONDA	139,5	7,040 (2,36)	32,692 (2,85)
30	LUX	100	16,385 (19,24)	30,138 (6,09)
31	HARVARD	91,66	5,677 (1,67)	32,742 (6,85)
32	ALCINDE	133,66	5,393 (1,16)	35,042 (2,88)
33	UNAL	92,5	4,918 (0,83)	37,000 (2,66)
34	HUNNENGEN	144,17	2,998 (0,64)	36,608 3,74)
35	BEAUPRE	99,33	4,332 (1,08)	34,325 (1,98)
36	RASPALJE	126	4,307 (1,21)	37,758 (3,43)
37	BOELARE	73,17	4,887 (0,69)	34,175 (1,99)
1	I-262	68,6	2,74 (1,71)	33,60 (3,54)
5	CANADA LEONES	52	5,4 (1,60)	40,26 (3,83)

Tabla 4. Análisis de la varianza del efecto del clon en la tensión máxima Populetum de Zaragoza

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:CLON	121698.0	18	6761.01	5.39	0.0000
RESIDUAL	114225.0	91	1255.21		
TOTAL (CORRECTED)					
	235923.0	109			