

INFLUENCIA DEL MÉTODO DE PODA SOBRE EL PERFIL DEL ÁRBOL EN UNA CHOPERA DE LUISA AVANZO CON 8 AÑOS DE EDAD, EN EL VALLE MEDIO DEL CINCA (HUESCA)

F. RODRÍGUEZ, L. SERRANO, A. AUNÓS.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRARIA. UNIVERSIDAD DE LLEIDA.
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL Y CIENCIA FORESTAL.
AV. ALCALDE ROVIRA ROURE 177, 25198 LLEIDA
Francisco.Rodriguez@pvcf.udl.es

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la influencia de tres métodos de poda alta (a diámetro fijo, por verticilos y a altura definida) sobre la repartición del crecimiento en el árbol. El experimento se ha realizado sobre un dispositivo situado en Alcolea de Cinca (Huesca) en el que, sobre una masa de Luisa Avanzo, se aplicaron del año 4 al 7 los distintos métodos de poda. La cilindridad del fuste se analiza a través de un modelo del perfil del árbol de tipo integrado con exponente fijo, en el que se comparan las curvas resultantes. La elaboración de dicho modelo permite analizar la influencia de la intervención en términos de crecimiento, cilindridad (derivada del modelo) y producción (integral del modelo). Los árboles podados resultan ser más cilíndricos y con mayor volumen aprovechable que los no podados.

Palabras clave: poda, Luisa Avanzo, perfil del árbol, cilindridad.

SUMMARY

The influence of three different methods of pruning on wood production and stem form is analysed on a clonal poplar plantation of Luisa Avanzo (*Populus x Euramericana*) located at Alcolea de Cinca (Huesca). Trees aged between 4 to 7 years old were pruned during the dormant season. Pruning treatments were as follows: Removal of live crown to a fixed stem diameter, to a defined tree height and of complete whorls. Stem form is analysed through a taper function with fixed exponent, and the resulting curves are compared. This model allows to predict the effects of the crown removal on secondary growth increment, stem tapering (derived from the model) and yield (integral of the model). Pruned trees developed more cylindrical stems with greater usable volume than unpruned trees.

Key words: pruning, Luisa Avanzo, stem form, taper function.

INTRODUCCIÓN

La madera de chopo presenta una notable aptitud para su uso en desarrollo. La primera exigencia del producto es que carezca de nudos, lo que implica que deben desaparecer las ramas de los árboles en edades juveniles.

La practica de la poda incide sobre aspectos económicos el proyecto en lo que hace referencia a los costes de la operación y la plusvalía incorporada al producto final, y también puede afectar a parámetros fisiológicos en forma de variaciones de su crecimiento (Montoya, 1993), tanto en altura como en diámetro. El diferencial de crecimiento diametral a distintas alturas del fuste puede, a su vez, conformar un perfil del árbol más cilíndrico, con la consiguiente mejora en su calidad tecnológica.

Dentro de las podas altas de carácter tecnológico o de limpieza de fuste aplicadas a los chopos, destacan dos métodos, que junto a otro de base más económica, se han contrastado en el presente trabajo. Su descripción sumaria responde a las indicaciones que se señalan a continuación, advirtiéndose que se iniciaron sobre pies con la poda hasta 2,50 m de altura ya realizada:

- **poda a diámetro fijo:** consistente en la eliminación progresiva de todas las ramas hasta la altura del fuste en la que el diámetro alcanza 10 cm; su aplicación se hizo en tres fases anuales, desde el año cuarto hasta el séptimo, alcanzándose alturas totales podadas próximas a los 10 m.
- **poda por verticilos:** donde se cortan todas las ramas que se hallan por debajo de los dos últimos verticilos; también se aplicó en tres fases secuenciales durante los mismos años, llegándose a alturas podadas ligeramente superiores al sistema anterior.
- **poda local:** definida por la eliminación, en el cuarto año, de todas las ramas hasta los 4 m de altura del suelo, prosiguiéndose al año siguiente hasta alcanzar 8 m.

Con este trabajo se pretendió indagar cómo afectaban diferentes niveles de severidad de poda alta, traducidos en los distintos métodos de poda contrastados, a los parámetros referidos de crecimiento y su distribución dentro del árbol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre una plantación comercial de Luisa Avanzo que en la actualidad, se encuentra en su noveno año desde la plantación, habiendo finalizado el tratamiento de podas pero todavía con tres o cuatro años por delante hasta su aprovechamiento comercial. El diseño experimental es de bloques completos al azar con tres repeticiones, formándose un total de 12 unidades experimentales (incluyendo el testigo), una por tratamiento y bloque. Cada unidad, a su vez, tiene una disposición cuadrada, computándose 16 árboles en su interior, todos podados salvo los correspondientes a la parcela testigo, pero de los cuáles tan sólo se midieron los cuatro centrales con objeto de aislarlos del efecto borde. Ello dio como resultado la poda de 144 chopos y la medición de 48, de los cuáles 36 se sometieron a poda.

La base del dispositivo experimental son terrenos propiedad del Gobierno de Aragón, sitos en el término municipal de Alcolea de Cinca (Huesca). Los parámetros climáticos que definen la zona son los siguientes: (i) valor medio de la velocidad del viento de 15 km/h, (ii) insolación del mes de julio de 360 horas, (iii) período de heladas de entre 20 y 40 días al año, (iv) temperatura media del mes de julio de 24,6°C, y (v) temperatura media de enero de 5°C.

El sitio de ensayo corresponde a suelos de gravera situados en la ribera de río Cinca. La gestión silvícola en la zona se concreta en plantaciones a profundidad convencional, de marco real 6 x 6 m, sometidas a laboreo superficial anual durante los primeros años y periódicos los años posteriores, riego a manta cada 15 días durante los meses de estío y en dosis de unos 2.000 m³ de agua por hectárea (se suministran en total cerca de 15.000 m³ anuales), y con podas de guiado y de limpieza de fuste.

La primera fase de la poda, en los sistemas de diámetro fijo y por verticilos se ejecutó, desde el suelo, con podadoras de pértiga, mientras que las fases sucesivas de ambos sistemas y en el de poda local se aplicó el procedimiento de ascensión del operario mediante plataforma autopropulsada, efectuándose el corte de las ramas con tijeras neumáticas.

La serie de datos que se tomó en cada uno de los árboles del experimento fue diferente en función de su método de poda, coincidiendo en todos los casos, la medida de su altura total (*HT*), su diámetro normal (*DAP*) y su diámetro a 80 y a 30 cm del suelo. Así en los árboles "control", se midió el diámetro a 2, 4, 6 y 8 m, en los árboles "local", se midió a 2, 4 y 8 m, en los árboles "diámetro fijo" se midió el diámetro hasta donde se podó el año 4, 5 y 6 y en los árboles "verticilos" se midió también el diámetro hasta donde se podó el año 4, 5 y 6, en todos los casos referenciando su altura respecto al suelo.

Dado que las medidas no son sistemáticas en puntos comunes para todos los métodos de poda, el problema de la cilindridad del árbol no se podía abordar mediante la conicidad de las trozas expresada como la diferencia de diámetros entre dos medidas sucesivas respecto a la distancia que las separa. Por tanto se abordó el problema mediante el análisis del perfil del árbol. De entre los múltiples tipos de modelos que existen en la actualidad, se optó por un modelo integrado de exponente fijo. Este tipo de modelo resulta menos preciso que los modelos de exponente variable, pero este exponente fijo es el encargado de definir la cilindridad del árbol, por lo que analizando la variabilidad del exponente en cada uno de los métodos nos permitirá comparar cilindridades. El modelo seleccionado es una simplificación del modelo STUD (Leban, *et al.* 1999), puesto que originalmente éste es un modelo de exponente variable. Su nomenclatura y formulación se representa a continuación, donde *d* es el diámetro que se predice a la altura *h*, *HT* su altura total, *DAP* su diámetro normal y α , β , δ y γ son los parámetros a estimar.

$$\frac{d}{DAP}(h, ht) = \gamma \left(1 - \frac{h}{ht}\right)^\alpha \left(1 + \beta e^{-\delta \frac{h}{ht}}\right)$$

Este es un modelo no lineal en los parámetros, por lo que su ajuste se ha llevado a cabo empleando el procedimiento NLIN del programa estadístico SAS/STAT™ (SAS, 1990). Para la comparación de la cilindridad entre los diferentes métodos de poda, se ajustó individualmente el modelo para cada una de las edades, métodos de poda y cada uno de los árboles, con la finalidad de obtener repeticiones del parámetro α y así, mediante un análisis no paramétrico de la varianza con el procedimiento NPAR1WAY del mismo programa estadístico, contrastar las diferencias entre los distintos métodos de poda para cada una de las edades. Se ha realizado un contraste no paramétrico al ser datos estimados (el parámetro α ha sido estimado por el procedimiento NLIN). El resto de parámetros obtenidos en el ajuste del modelo no han sido comparados, al carecer éstos de importancia respecto a la cilindridad del fuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados de los parámetros estimados por regresión para cada método de poda y edad.

Tabla 1: Parámetros estimados para cada método de poda en función de su edad.

Poda	7 años				8 años			
	α	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Control	0.79617	0.32517	37.06189	1.02742	0.75976	0.27062	33.29599	1.00982
D. Fijo	0.66418	0.31883	29.68329	0.99437	0.60349	0.31093	27.65146	0.97089
Local	0.77937	0.28524	32.34245	1.01455	0.74409	0.28407	33.28021	1.00327
Verticilos	0.68283	0.28028	36.08277	1.01636	0.61142	0.29622	30.11314	0.98735

El análisis gráfico de los resultados para la última edad analizada (8 años) se muestra en la Figura 1. Conforme disminuye el parámetro α del modelo, podemos afirmar que aumenta la cilindridad del fuste, por lo que los fustes más cilíndricos serán aquellos que presenten un α menor. Respecto a los parámetros que definen la zona neilódica del perfil del árbol (raigal), al carecer éstos de interés para el análisis de la cilindridad, no se analizaron las diferencias, aunque vemos que gráficamente no parecen existir.

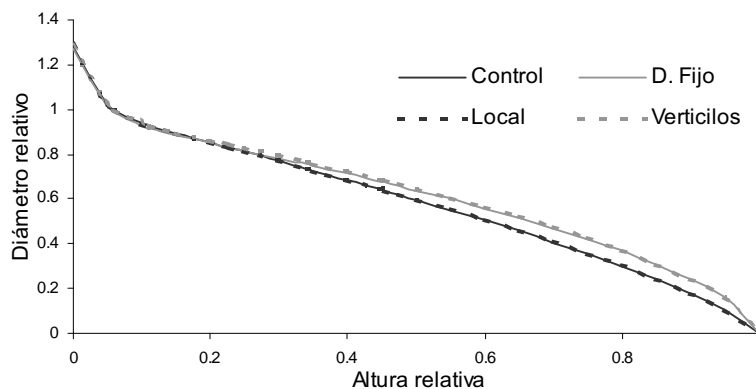


Figura 1: Perfil de los distintos métodos de poda cuando los árboles tenían 8 años de edad.

En la Tabla 2, se presentan los resultados del análisis de la varianza no paramétrico para cada edad y poda por el método de comparación de rangos de Wilcoxon. En la Tabla 3 encontramos la separación de medias del parámetro α , por el método de Kruskal-Wallis.

Tabla 2: Anova no paramétrico.

	χ^2	p-valor
7 años	19.02	0.0003
8 años	17.99	0.0004

Tabla 3: Separación de medias del parámetro α .

	7 años		8 años	
	\sum Rangos	Grupo	\sum Rangos	Grupo
Control	409	A	406	A
Local	367	AB	367	AB
Verticilos	192	BC	179	BC
D. Fijo	160	C	176	C

En las dos edades analizadas se encuentran diferencias significativas (nivel de significación del 99%) entre los árboles podados y los no podados. En ambos casos los “control” son los más cónicos y los “diámetro fijo” los más cilíndricos. Tal y como se observaba gráficamente, podemos definir dos grandes grupos; por una parte los árboles en los que se han realizado unas podas severas, los cuales presentan mayor cilindridad, y los árboles en los que no se ha podado (control) o la poda ha sido menos severa (local), con menor cilindridad.

Según la ley de Pressler, la repartición de la superficie de crecimiento en el interior del árbol es constante en toda la altura del árbol que está fuera de la copa viva, mientras que en su interior va reduciéndose linealmente hasta anularse en su ápice. En nuestro caso, existen distintas alturas de copa según la poda realizada por lo que vamos a analizar el crecimiento diamétrico a distintas alturas del fuste. En la Tabla 4 se presenta el diámetro a 5 alturas distintas; 130, 250, 500, 750 y 1000 cm respecto al suelo, para cada método de poda y edad analizada, mientras que en la Figura 2 se representan los resultados gráficamente.

Tabla 4: Diámetros a distintas alturas para cada edad y método de poda.

Altura	7 años				8 años			
	Control	D.Fijo	Local	Verticilos	Control	D.Fijo	Local	Verticilos
130	21.98	21.58	22.49	21.86	24.77	24.22	25.13	24.38
250	20.30	19.86	20.72	20.40	22.95	22.33	23.25	22.61
500	17.81	17.82	18.26	18.33	20.46	20.28	20.83	20.54
750	15.32	15.88	15.89	16.26	18.04	18.45	18.55	18.63
1000	12.72	13.82	13.43	14.07	15.52	16.53	16.17	16.61

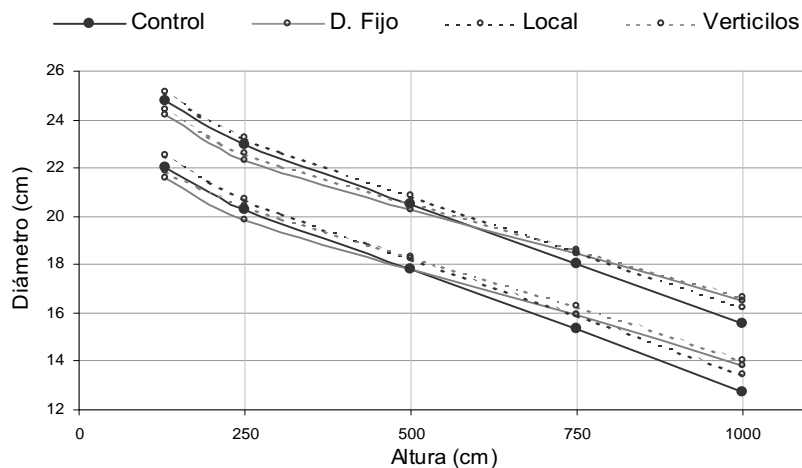


Figura 2: Evolución del diámetro en altura para cada edad y método de poda.

Como vemos, tanto “local” como “control”, parten de un diámetro normal algo superior al de “diámetro fijo” y “verticilos”, pero ya a diez metros de altura poseen un diámetro inferior. Esto implica que el comparar el DAP en los distintos métodos de poda nos da un resultado sesgado respecto a lo que ocurre con su volumen, es decir, un diámetro normal mayor, no implica un mayor diámetro a 10 metros, ni un mayor volumen del árbol. En cualquier caso se aprecia un menor crecimiento en DAP de los árboles podados respecto a los que no lo estaban, de acuerdo a otras experiencias realizadas por Krinard (1980, 1985) en *Populus deltoides* y Keller (1979) sobre I-214.

La conicidad es un buen predictor del rendimiento a obtener de una troza. En la tabla 5 y 6, observamos la conicidad y el rendimiento simulado a partir del modelo del perfil del árbol para los cuatro métodos de poda y edad.

Tabla 5: Simulación de la conicidad (cm/m) de las 4 primeras trozas de 250 cm de longitud.

Troza	7 años				8 años			
	Control	Local	D. Fijo	Verticilos	Control	Local	D. Fijo	Verticilos
1 ^a	1.60	1.68	1.66	1.40	1.72	1.80	1.81	1.70
2 ^a	0.99	0.98	0.81	0.82	0.99	0.96	0.82	0.82
3 ^a	0.99	0.94	0.77	0.82	0.96	0.91	0.73	0.76
4 ^a	1.03	0.98	0.82	0.87	1.01	0.95	0.76	0.80

Tabla 6: Simulación del rendimiento (en porcentaje) de las 4 primeras trozas de 250 cm de longitud.

Troza	7 años				8 años			
	Control	D.Fijo	Local	Verticilos	Control	D.Fijo	Local	Verticilos
1 ^a	75.8	76.3	76.9	77.3	75.6	76.0	75.9	77.8
2 ^a	88.1	90.1	88.5	90.2	88.0	89.8	88.4	90.0
3 ^a	86.9	90.1	87.1	89.9	86.3	89.4	88.0	88.9
4 ^a	84.2	88.4	84.6	88.1	83.5	87.4	85.8	86.7

En la Figura 3 podemos observar los resultados gráficamente. Descomponiendo el fuste del árbol en trozas de 2,50 m de longitud, vemos como la conicidad de la primera troza es especialmente grande (y su rendimiento especialmente bajo) ya que esta influida por el raigal del árbol, mientras que en las otras 3 trozas, permanece prácticamente constante, tanto a los 7 como a los 8 años. También podemos observar como son “diámetro fijo” y “verticilos” los que poseen una menor conicidad y mayor rendimiento.

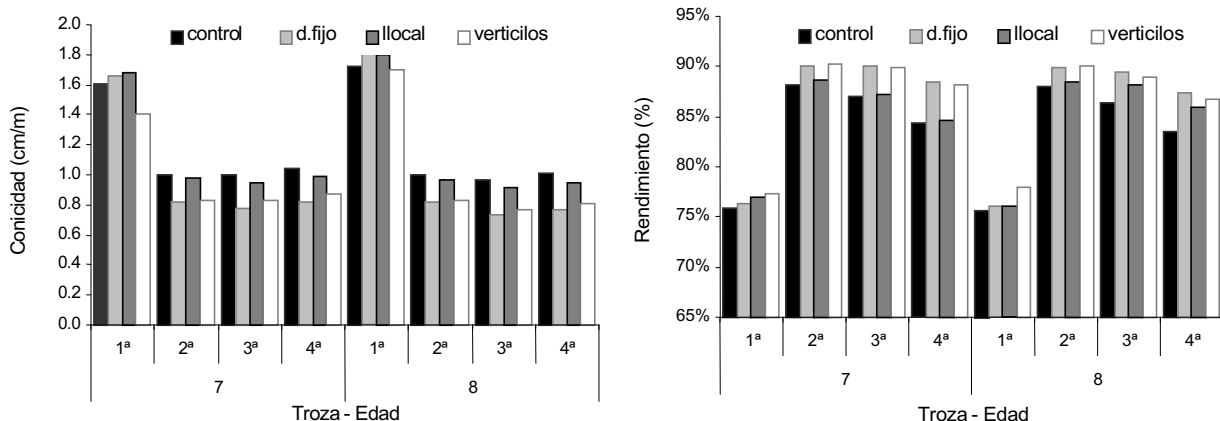


Figura 3: Evolución de la conicidad y del rendimiento de las 4 primeras trozas

Finalmente, para el análisis desde un punto de vista productivo de los diferentes métodos de poda, se ha realizado un análisis combinado del crecimiento (en altura y diámetro) y del perfil del árbol. Para ello se han simulado los distintos perfiles sobre los valores de crecimiento actuales para cada uno de los métodos de poda. Siendo $f(h)$ la función que define el perfil del árbol, $S = \pi/4(f(x))^2$ es la función que describe su superficie, e integrando dicha función entre dos alturas dadas obtenemos el volumen

de tramo de fuste analizado. Como este tipo de modelos no es integrable analíticamente, se ha integrado numéricamente mediante el método de Milne.

En la Tabla 7 se presentan los resultados del volumen total de un árbol, su volumen hasta 7,5 cm en punta delgada, su volumen hasta 15 cm en punta delgada y su diferencia respecto al “control”, en m³ y porcentualmente, así como las condiciones de crecimiento de cada uno (diámetro normal y altura total). Así vemos la importancia de combinar los factores de crecimiento con el modelo del perfil del árbol, puesto que mientras el árbol medio podado por verticilos, posee un diámetro en la actualidad un 1’6% menor que el no podado, sin embargo posee un volumen maderable hasta un 8’5% superior al no podado, y sobre trozas más cilíndricas.

Tabla 7: Volumen simulado según método de poda y condiciones actuales de crecimiento (8 años).

Poda	D. normal		A. total		V. total		V. fuste		V ^{15 cm}	
	Cm	Dif	cm	Dif	m ³	Dif	m ³	Dif	m ³	Dif
Control	24.7	-	2130	-	0.433	-	0.426	-	0.358	-
D. Fijo	24.2	-2.2%	2229	4.6%	0.461	6.5%	0.455	6.9%	0.377	5.5%
Local	25.1	1.5%	2205	3.5%	0.462	6.7%	0.454	6.8%	0.385	7.5%
Verticilos	24.3	-1.6%	2186	2.6%	0.468	8.0%	0.462	8.5%	0.389	8.7%

En la Tabla 8 se presentan los crecimientos en diámetro, altura y volumen sufridos el último año, y su comparación respecto a los árboles no podados.

Tabla 8: Crecimiento en diámetro, altura y volumen del último año.

Poda	D. normal		A. total		V. total		V. fuste	
	cm	Dif	cm	Dif	m ³	Dif	m ³	Dif
Control	2.79	-	193	-	0.119	-	0.120	-
D. Fijo	2.64	-5%	173	-10%	0.125	5%	0.127	6%
Local	2.64	-5%	178	-8%	0.123	3%	0.124	3%
Verticilos	2.52	-10%	135	-30%	0.119	0%	0.120	0%

Se puede observar cómo el superior crecimiento en diámetro y altura de los “control” no se ve correspondido por un mayor crecimiento en volumen, el cual se produce en pies podados por ser más cilíndricos. Los árboles “local” y “diámetro fijo” han crecido en diámetro y en altura, aproximadamente lo mismo, pero es “diámetro fijo” quien optimiza más el crecimiento en volumen, concretamente un 6% mejor que el “control”, mientras “local” tan sólo un 3%.

CONCLUSIONES

De los tres métodos de poda analizados, los dos más severos; “a diámetro fijo” y “por verticilos”, presentan un menor crecimiento diametral, a la altura del pecho, que los árboles no podados. Esta disminución del crecimiento se ve paliada por el aumento en la cilíndricidad del fuste, por lo que los árboles podados poseen mayor volumen que los no podados. Esto justifica la importancia de un análisis combinado “crecimiento-perfil del árbol” para la evaluación de la influencia de las podas en la producción.

Respecto al método denominado "local", este presenta poca ganancia en cilindridad respecto a los árboles no podados, pero sin embargo presenta mayor crecimiento respecto a los no podados, lo que le hace poseer un volumen final muy próximo al que se obtiene con los otros dos métodos de poda, aunque con un rendimiento algo menor.

La poda en chopos Luisa Avanzo representa, a la edad de 8 años, además de una mejora tecnológica de su madera, una mejora en la producción y rendimiento que se obtienen. Por tanto, la poda resulta ser un uso eficiente de los recursos fisiológicos del árbol, al aumentar la calidad y cantidad del producto que se desea obtener, aumentando el rendimiento en la transformación posterior de la madera y reduciendo el volumen de madera no susceptible de ser aprovechada. Esta ganancia en producción se hace a costa de un aumento de la cilindridad del fuste, la cual repercute en la mejora de calidad y rendimiento de la madera.

Todo ello avala que para el análisis de la influencia de la severidad de poda sobre el crecimiento y/o producción en una masa forestal es imprescindible realizar un análisis combinado crecimiento-perfil del árbol para así evitar sesgo en los resultados a los que induciría un único análisis.

AGRADECIMIENTOS

Los autores, muestran especial agradecimiento al Gobierno de Aragón por su apoyo y medios prestados.

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), a través del proyecto AGF97-0844.

BIBLIOGRAFÍA

- BONDUELLE, P. 1971. *Etude théorique et pratique de l'élagage du peuplier I-214*. Rapport annuel de l'AFOCEL. pp. 293-345.
- GONZALEZ-ANTOÑANZAS, F. Y GRAU, J.M.1992. *Podas*. En: 19º Sesión de la Comisión Internacional del Alamo.Zaragoza. Proceedings, vol 2: 92-111.
- KELLER, R. 1979. *Premiers resultats d'une experience d'élagage du peuplier I-214*. Annales des Sciences Forestieres, 36:59-92.
- KRINARD, R.M. 1980. *Five years' growth of pruned and unpruned cottonwood planted at 40 -by 40- foot spacing*. Research Note Southern Forest Experiment Station, 252.
- KRINARD, R.M. 1985. *Ten years' growth of pruned and unpruned cottonwood planted at 40 -by 40- foot spacing*. Research Note Southern Forest Experiment Station, 316.

- MONTOYA, J.M. 1993. *Chopos y Choperas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid
- LEBAN J.M., HERVÉ J.C. 1999. *Product properties prediction-improved simulation in the forestry-wood chain applied on spruce sawnwood*. Final Report sub-task A2.1:Project STUD. Documento interno INRA-UMR.67pp
- SAS/STAT™, 1990. User's guide, Versión 6. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA