

Interacción clon-espaciamento en *Populus deltoides*

R. M. MARLATS¹², R. BRATOVICH¹², J. MARQUINA¹ & J. ARCE¹

⁽¹⁾Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC 31, 1900 La Plata, Argentina

⁽²⁾Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

MARLATS, R. M., R. BRATOVICH, J. MARQUINA & J. ARCE. 1998. Interacción clon-espaciamento en *Populus deltoides*. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1):17-26.

El objetivo de este trabajo fue evaluar en *Populus deltoides* Marshall cultivares USA-Catfish 2 y USA-Stoneville 72, la interacción clon-espaciamento a diferentes edades.

El estudio se realizó sobre un ensayo sistemático de densidades, ubicado en Alberti, Buenos Aires, Argentina (35° 40' S; 60° 15' W; 52 m snm). La amplitud de espaciamentos evaluado fue de 2,25 m² a 12,25 m² por árbol, con un total de 15 tratamientos. La evaluación de la interacción clon-espaciamento, se realizó mediante el estudio de las tendencias de las áreas basales, altura máxima y media y de los cambios estructurales a las edades de 3, 5, 7 y 10 años. Se hicieron análisis de la varianza y comparación de medias por Tukey para ambos clones al 10^{mo} año. No hubo diferencias significativas de comportamiento entre clones, para la amplitud de espaciamentos y edades estudiadas. Se observaron al 10^{mo} año diferencias estructurales significativas entre los menores y mayores espaciamentos. La influencia de la competencia sobre la estructura, se apreció para los menores espaciamentos a partir del 7^{mo} año de edad.

Palabras clave: *Populus deltoides*, interacción clon espaciamento – estructura.

MARLATS, R. M., R. BRATOVICH, J. MARQUINA & J. ARCE. 1998. Clon-spacing interaction in *Populus deltoides*. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1):17-26.

The objective of this work was to evaluate in *Populus deltoides* Marshall cultivars USA-Catfish 2 and USA-Stoneville 72 the clon-spacing interaction at different ages. The study was carried out in a systematic spacing experiment, which was located in Alberti, Buenos Aires, Argentina (35° 40' S; 60° 15' W; 52 m asl). The spacing rank evaluated was from 2.25 m² to 12.25 m² per tree. There were 15 treatments in all. The evaluation of the clon-spacing interaction was made by studying the trends of the individual basal areas, and the maximum and mean heights at 3; 5; 7 and 10 years. Variance Analysis and Comparisons of Means by Tukey were carried out for both clones on the 10th year. There were not any differences between the clones for the studied spacings and ages. Significant structure differences were observed for both clones between the smallest and biggest spacings on the 10th year. The influence exerted by the competition on the structure was observed in the smallest spacings since the 7th year.

Key words: *Populus deltoides* – clon spacing -interaction - structure.

INTRODUCCIÓN

La existencia de más de un siglo de cultivo del género *Populus* (álamos) en la Argentina, hace suponer, erróneamente, que se ha desarrollado una base de conocimientos, capaz de dar respuesta adecuada a las exigencias de la optimización de sus producciones. En realidad, los avances relevantes se lograron en el mejoramiento genético, en gran parte debido a que el cultivo fue condicionado por epifitias de efectos devastadores, que obligó a la búsqueda permanente de genomas resistentes. Con respecto al manejo de las plantaciones, el tema fue relegado, y a pesar de la existencia de trabajos, no se ha logrado un desarrollo integral de la silvicultura del álamo. Dentro de la información no generada, se encuentra la que sustenta a la administración de la densidad del rodal. Numerosos autores han destacado diferentes aspectos y efectos de esta importante variable de la producción. Según Daniel *et al.*, (1982) la densidad es el principal factor que el silvicultor puede manejar durante el desarrollo del rodal. Davis & Johnson (1987) remarcan que la densidad no sólo describe el grado de ocupación de un sitio, si no que también indica la intensidad de competencia entre los árboles. Spurr (1952) oportunamente señaló que se debe lograr un balance entre el incremento por hectárea de la masa y el incremento individual de los árboles que la componen, de acuerdo a los objetivos de producción, en relación a los distintos efectos que la densidad produce en el crecimiento de las masas.

De las numerosas formas de representar la densidad en un rodal, se distingue por su simplicidad el número de árboles por unidad de superficie. Según Clutter *et al.*, (1983) esta variable es un buen estimador de la producción en rodales coetáneos sin ralea, para edades y sitios definidos. Numerosas plantaciones de álamo en la provincia de Buenos Aires para la fabricación de celulosa, crecen bajo estas condiciones. En estas plantaciones, don-

de los árboles son distribuidos homogéneamente, el número de plantas por unidad de superficie determina un espacio para el crecimiento de los mismos similar para todos, al menos en el momento de la instalación. De acuerdo con Firbank & Watkinson (1987) se puede tomar a dicho espacio de crecimiento como el área de los recursos disponibles para cada planta, y la eficiencia de su aprovechamiento sería capacidad de cada individuo.

En el caso de los álamos, se pueden esperar respuestas clonales distintas ante un mismo nivel de competencia, teniendo en cuenta la variabilidad de los comportamientos de los clones, incluso entre los pertenecientes a la progenie de un cruzamiento. Budford & Burkhart (1987), hallaron que la capacidad de competencia puede ser manejada hasta cierto punto genéticamente, incluyendo en los objetivos del mejoramiento genético forestal la respuesta a la densidad. No obstante, las evaluaciones de los ensayos de mejoramiento genético forestal, rara vez contemplan los comportamientos referidos a diferentes densidades. Normalmente se opta por un sólo tratamiento, desconociéndose la conducta relativa a otros espaciamientos y configuraciones (Marlats & Denegri, 1991).

Estudiando clones de *Populus x euroamericana*, Szendrodi *et al.*, (1994) encontraron que son numerosos los factores que hacen que un fenotipo se destaque entre los demás dentro de un mismo rodal. Uno de esos factores es la disposición de un mayor espacio de crecimiento que sus vecinos. Sin embargo, se observa en plantaciones isogénicas de álamos e instaladas equiespaciadamente, una significativa variabilidad en los tamaños de los árboles. Otro de los factores, quizás, que se encuentra actuando en la manifestación de esa variabilidad es la existencia de microsítios, situación enunciada por Gilmore *et al.*, (1968) y comprobada su fuerte influencia en la variabilidad fenotípica en masas isogénicas por Acciaresi & Marlats (1987).

La hipótesis de trabajo plantea la existen-

cia de una respuesta clonal diferencial del área basal, alturas medias y máximas, así como también cambios estructurales verticales para distintos espaciamientos a través del tiempo. El objetivo de este trabajo fue evaluar en clones de *Populus deltoides* la interacción clon-espaciamento a diferentes edades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre un ensayo de densidades ubicado en Alberti, Buenos Aires, República Argentina (35° 40' S; 60° 15' W; 52 m snm). El material genético utilizado fue *Populus deltoides* (P.d.) cv "USA-Catfish 2" y P.d. cv "USA-Stoneville 72".

El diseño adoptado fue una variante de las parcelas circulares de Nelder & Moss (1962), utilizando ejes ortogonales con variación espacio/árbol sistemática según la adaptación de Alder (1980). Este diseño fue propuesto por Huxley & Wood (1987) como adecuado para explorar los efectos de las densidades arbóreas sobre la producción de madera. Los espaciamientos determinados por igual distanciamiento en el sentido de filas y columnas tuvieron una repetición por bloque; los determinados por distinto distanciamiento tuvieron dos repeticiones. Cada tratamiento de espaciamento tuvo entre 8 y 16 árboles por repetición.

Se evaluaron las áreas basales individuales y las alturas totales individuales a las edades de 3, 5, 7 y 10 años. Para la medición de

altura se utilizó el clinómetro Blume Leiss, y para los diámetros cinta métrica. Para evitar el efecto de la falta de bordura característico de estos ensayos citado por Nelder & Moss (1962), se utilizaron hileras de árboles para separar cada una de las parcelas, dispuestas según el espaciamento interno de las mismas. De esta forma se aseguró una competencia uniforme dentro de los tratamientos.

A los efectos de eliminar fuentes de variación ajenas al objeto del ensayo, se realizaron los siguientes controles y ajustes:

a) Homogeneidad del material de plantación: las dimensiones de las estacas utilizadas para el ensayo fueron similares en longitud (60 cm) y diámetro (2-2,5 cm). Para eliminar el posible efecto de topófisis (Alonzo & Sancho, 1964) se extrajo el material de la misma posición dentro de las guías originales.

b) Análisis de la mortalidad: se eliminaron las repeticiones sin densidad completa que podrían alterar el estado de competencia teórica del diseño inicial.

c) Control de sitio: para controlar posibles cambios producidos por el sitio, se realizó por clon y tratamiento un análisis de la varianza entre las alturas máximas de ambas repeticiones. Se tomaron como alturas máximas a las alturas medias del cuartil superior.

De acuerdo a los resultados obtenidos, quedaron conformados los siguientes tratamientos (Tabla 1).

La evaluación de la interacción clon-es-

Tabla 1. Espaciamientos analizados.

Spacings analyzed.

Espaciamento [m]	1,5x1,5	1,5x2,0	2,5x1,5	2,0x2,0	3,0x1,5	2,5x2,0	3,5x1,5	3,0x2,0
Area/árbol [m ²]	2,25	3,0	3,75	4,0	4,5	5,0	5,25	6,0
Espaciamento [m]	2,5x2,5	3,5x2,0	3,0x2,5	3,5x2,5	3,0x3,0	3,5x3,0	3,5x3,5	
Area/árbol [m ²]	6,25	7,0	7,5	8,75	9,0	10,5	12,25	

paciamiento se realizó mediante el estudio del comportamiento de:

- A) Área basal individual
- B) Altura máxima
- C) Altura media
- D) Estructura vertical

Estos comportamientos se evaluaron a través de la modelización por regresión lineal simple a distintas edades, tomando a los espaciamientos como variable independiente respecto de las siguientes variables dependientes: a) área basal media individual (en adelante área basal individual); b) altura media individual (en adelante altura media) y c) altura máxima media (en adelante altura máxi-

ma). La altura máxima considerada fue la media del cuartil superior. También, para ambos clones, se realizaron análisis de la varianza y comparación de medias por Tukey de las variables consideradas al 10^{mo} año. La estructura vertical se evaluó mediante la detección de estratos que surgieron de la comparación entre las alturas medias y máximas para cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes e indicadores del modelo elegido ($Y = a + bX$) para representar las tendencias observadas entre las variables para distintos valores de espaciamientos se mues-

Tabla 2. Coeficientes e indicadores de las regresiones.

Regression coefficients and indicators.

Regresión Área Basal Individual – Espaciamiento									
Edad	Stoneville 72				Catfish 2				Nº
	a	b	R ²	Es	a	b	R ²	Es	
10	0,0028**	0,0062**	44	0,0080	0,0033'	0,0037**	51	0,0084	190
7	0,0067**	0,0016**	36	0,0057	0,0047**	0,0021**	46	0,0060	190
5	0,0057**	0,0013**	41	0,0040	0,0060**	0,0012**	34	0,0042	190
3	0,0027**	0,00002 ^{ns}	0,4	0,0010	0,0029**	-0,00004 ^{ns}	1,2	0,0010	190

Regresión Altura Máxima – Espaciamiento									
Edad	Stoneville 72				Catfish 2				Nº
	a	b	R ²	Es	a	b	R ²	Es	
10	19,94**	0,24**	29	0,93	19,81**	0,33**	23	1,4	25
7	19,32**	0,06 ^{ns}	0,0	0,93	17,38**	0,34**	46	0,9	25
5	12,25**	0,48**	23	2,16	12,40**	0,3**	26	1,2	25

Regresión Altura Media – Espaciamiento									
Edad	Stoneville 72				Catfish 2				Nº
	a	b	R ²	Es	a	b	R ²	Es	
10	15,84**	0,52**	12	3,41	14,77**	0,68**	19	3,4	190
7	16,91**	0,19**	4,8	2,1	15,61**	0,29**	29	2,1	190
5	12,12**	0,33**	9	2,6	10,96**	0,36**	36	1,9	110

Referencias: (**) P < 0,01; (') P < 0,05; (^{ns}) P > 0,05. a y b coeficientes. (R²) coeficiente de determinación (%). (Es) Error Estándar de la regresión.

tran en la Tabla 2 y se discuten para cada variable en los capítulos correspondiente.

A) Comportamiento del área basal individual a distintos espaciamientos

A partir de la observación de la evolución del área basal individual a través del tiempo, se perciben diferentes estados de competencia (Figura 1).

Para el 3^{er} año se observó escasa competencia, de manera que la variación del área espacial no tuvo incidencia en el área basal individual. El coeficiente angular b (Tabla 2) resultó no significativo y junto con el bajo R², corroboran analíticamente lo observado en la Figura 1.

Entre el 3^o y el 5^o año la creciente competencia, determinó diferencias cada vez más importantes en las áreas basales individuales para distintos espacios de crecimiento. Esto se visualiza en la Figura 1 a través de un aumento de la pendiente y de la significancia de los coeficientes, y un aumento del grado de explicación del modelo sobre la variación ocurrida. Este comportamiento, que fuera descrito por Clutter *et al.*, (1983) concuerda con la

condición dinámica de variables como el número de árboles por unidad de superficie, o bien el área basal por unidad de superficie, que cambian con el paso del tiempo. Daniel *et al.*, (1982) expresaron que una vez que se inicia la competencia entre los individuos y se intensifica al aumentar el número de estos, la suma de las áreas basales será mayor, sin embargo debido a la disminución del incremento individual, el área basal media individual resulta menor. Esto advierte, tal cual lo expresara Spurr (1952), de la necesidad de lograr un balance entre el incremento individual y el incremento del rodal, de acuerdo al objetivo de producción que se pretenda.

El efecto del espaciamiento sobre el área basal individual fue mayor a medida que pasó el tiempo, tal cual se puede observar al 7^{mo} y 10^{mo} año. Si bien las tendencias fueron similares para ambos clones, cada uno aprovechó el área de recursos disponibles en forma diferente manifestando distintos valores absolutos. El Catfish 2 presentó mayores áreas basales individuales, a medida que se incrementó el espacio por árbol. Dichas diferencias crecieron con el aumento de la edad. La respuesta

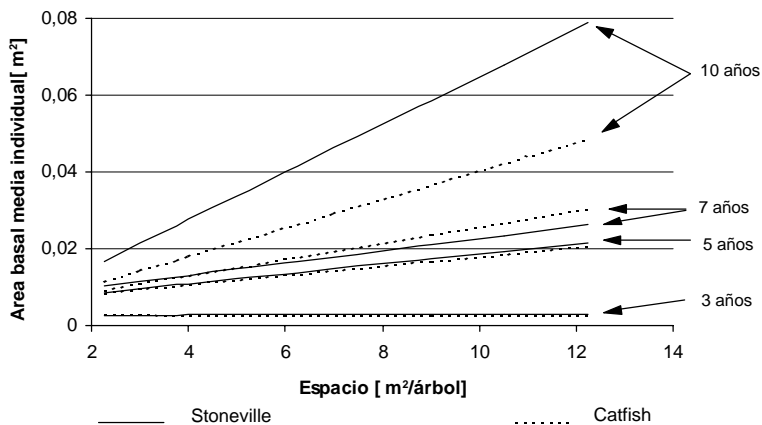


Figura 1. Tendencia del área basal individual en diferentes espaciamientos para los clones Catfish 2 y Stoneville 72.

Individual basal area trend in different spacings for Catfish 2 and Stoneville 72.

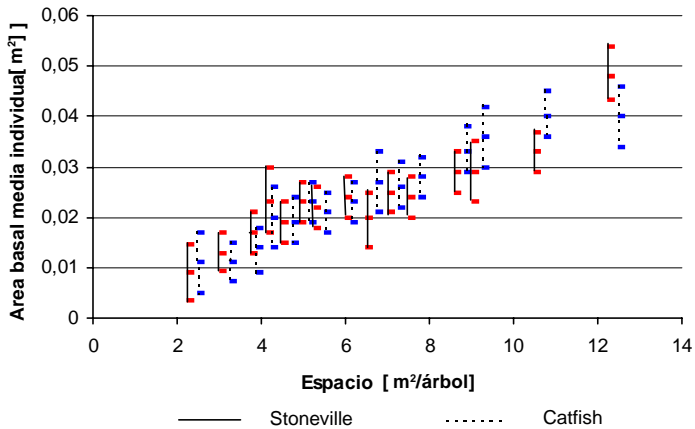


Figura 2. Intervalos de confianza al 95% en área basal individual al 10^{mo} año, para los clones Catfish 2 y Stoneville 72.

Confidence interval at 95 % in individual basal area on the 10th year for Catfish 2 and Stoneville 72 clones.

observada coincidió con lo hallado por Szendrodi *et al.*, (1994) que estudiando clones de *Populus x euroamericana*, destacaron entre otros factores al espaciamiento, como responsable de una respuesta clonal diferencial, que se acentuaba con el tiempo. La ilustración sobre el análisis de la varianza al 10^{mo} año (Figura 2), muestra las diferencias significativas que se produjeron en las áreas basales

individuales debidas a la disposición espacial.

A pesar de la diferencia clonal observada en la Figura 1 para el 10^{mo} año, la Figura 2, muestra la ausencia de diferencias significativas entre los clones para un mismo tratamiento; esto se repite para todos los espaciamientos. Cada disposición espacial es aprovechada por ambos clones sin diferencias significativas. Sin embargo, se observan diferencias

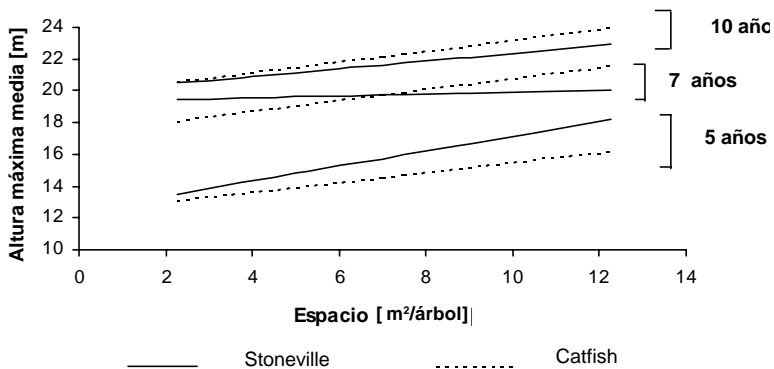


Figura 3. Tendencia de la altura máxima en diferentes espaciamientos para los clones Catfish 2 y Stoneville 72.

Maximum -height trend in different spacings for Catfish 2 and Stoneville 72.

significativas entre los tratamientos pertenecientes a las mayores y menores densidades.

B) Comportamiento de la altura máxima en distintos espaciamientos

Se puede apreciar que la altura máxima por tratamiento se incrementó levemente con el aumento del área espacial disponible por árbol, manteniéndose la relación a través del tiempo (Figura 3).

Si bien, al 5^{to} año el Stoneville 72 presentó alturas máximas mayores para los espaciamientos más grandes, al 7^{mo} y 10^{mo} año esta tendencia se revirtió, siendo el Catfish 2 superior para los mayores espaciamientos individuales. Aun teniendo en cuenta esto último, se puede observar que las diferencias relati-

vas que presentan las curvas de ambos clones para un mismo año, son pequeñas.

Si bien la Figura 4 muestra una caída de la altura máxima en los menores espaciamientos, estas diferencias no son significativas entre clones dentro de cada tratamiento y entre los tratamientos. Esto ratifica estadísticamente la falta de efecto de los espaciamientos sobre las alturas máximas, para las edades en estudio. Este comportamiento coincide con los trabajos citados entre otros por Daniel *et al.*, (1982) y Clutter *et al.*, (1983) que señalan para la mayoría de las especies forestales, la independencia de la altura máxima respecto de la densidad del rodal, por lo menos entre ciertos límites y en un cierto lapso.

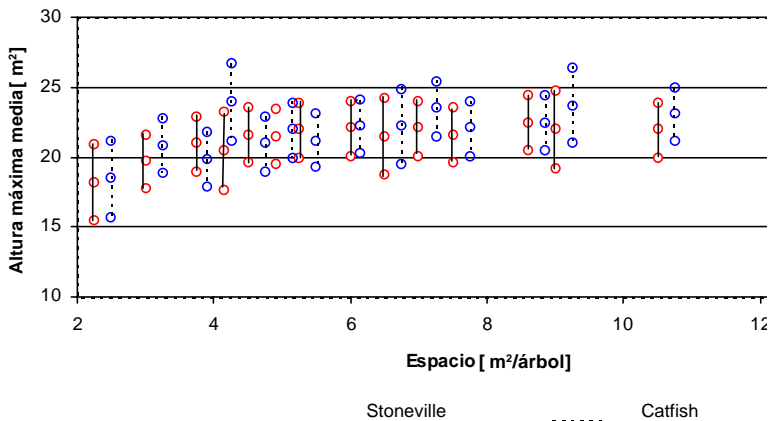


Figura 4. Intervalos de confianza al 95% en altura máxima al 10^{mo} año, para los clones Catfish 2 y Stoneville 72.

Confidence interval at 95 % in maximum height on the 10th year for Catfish 2 and Stoneville 72 clones.

C) Comportamiento de la altura media clonal en diferentes espaciamiento

Los cambios de tendencia en la evolución de la altura media a través del tiempo y su comparación con la altura máxima alcanzada al 10^{mo} año se aprecian en la Figura 5.

La Figura 5, muestra el efecto del espaciamiento sobre la altura media, influencia que

se acentúa con el transcurso del tiempo. Para los años observados la tendencia es similar para ambos clones. En las mayores densidades se producen escasas diferencias entre el 7^{mo} y 10^{mo} año, lo cual manifiesta una clara disminución del crecimiento en altura media en los menores espaciamientos respecto de los mayores.

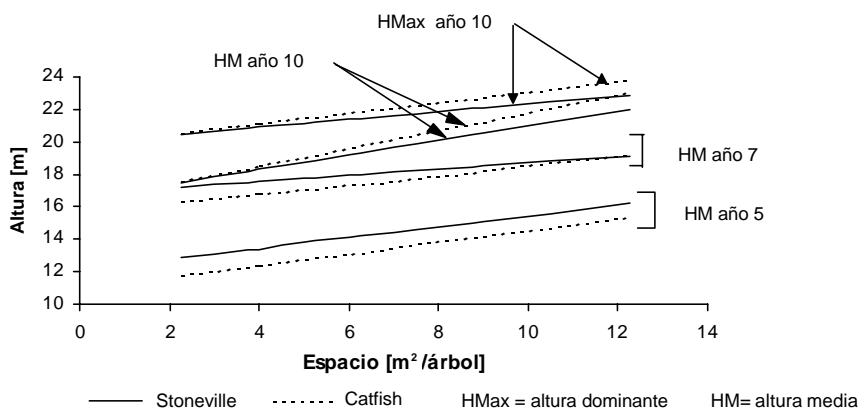


Figura 5. Tendencia de la altura media y su comparación con la altura máxima al 10^{mo} año para los clones Catfish 2 y Stoneville 72.

Mean-height trend and its comparison with the maximum height at 10th year for Catfish 2 and Stoneville 72 clones.

D) Cambios Estructurales

Cuando se compara la tendencia al 10^{mo} año de la altura máxima con la altura media en todos los espaciamientos (Figura 5), se observa la formación de estratos para los menores espaciamientos, donde hay una importante diferencia entre estas clases de alturas. En estos espaciamientos se puede considerar que los árboles de altura máxima se convierten en dominantes. Sin embargo no se observan estratos diferenciados en los espaciamientos mayores, existiendo poca diferencia entre las dos clases de alturas consideradas.

Los cambios estructurales, esto es, los cambios en la distribución de alturas observados entre los tratamientos, son atribuibles a las diferentes densidades. De acuerdo a Hush *et al.*, (1982) la estructura de un rodal es el resultado del hábito de crecimiento de las especies, y de las condiciones ambientales junto a las prácticas de manejo bajo las cuales el rodal ha sido instalado y conducido. Esta observación coincide con Spurr & Barnes (1982), que infieren que el desarrollo de una estructura vertical en la masa es consecuencia de la competencia, claramente dependiente de los

factores mencionados por Hush *et al.* (1982).

La expresión gráfica del análisis de la varianza (Figura 6), permitió conocer la significancia de las diferencias observadas entre los clones.

Para cada uno de los tratamientos no existen diferencias significativas entre los clones, coincidiendo con lo observado para las otras variables analizadas. Por lo tanto la reacción de los clones frente a los distintos estados de competencia observados fue similar. El factor determinante de los cambios estructurales ha sido la diferencia de espaciamientos a los cuales se sometieron ambos clones, ya que el análisis de la varianza entre tratamientos muestra diferencias significativas entre las alturas medias de los espaciamientos menores extremos con respecto al resto. Esto constituye una manifestación del crecimiento en distintos estados de competencia.

En los gráficos, la primera etapa de este proceso (competencia-cambio estructural) se puede apreciar para los menores espaciamientos a partir del 7^{mo} año de edad. Para este caso, las diferencias entre las alturas medias y las alturas máximas, podrían ser un estimador del estado de competencia para los diferentes

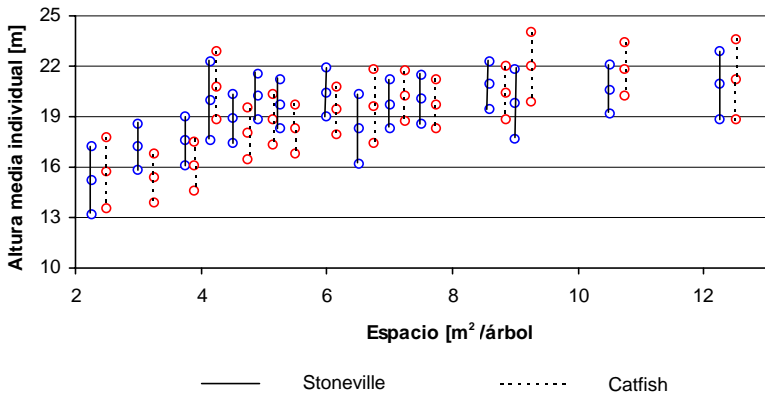


Figura 6. Intervalos de confianza al 95% en altura media al 10^{mo} año, para los clones Catfish 2 y Stoneville 72.

Confidence interval at 95 % in mean height on the 10th year for Catfish 2 and Stoneville 72.

espaciamentos, por lo menos en esta etapa. Ya que de seguir estas condiciones de competencia, sin intervenir realizando raleos, es de esperar el comienzo de la mortalidad.

Firbank & Watkinson (1987), señalaron que es capacidad de cada individuo el aprovechamiento del área de recursos disponibles. Sin embargo, tratándose de masas isogénicas, se esperaría que la respuesta de los árboles dentro de cada tratamiento fuese homogénea. Por lo tanto se debería buscar la causa de las diferencias en otros factores. Apparently, los frecuentes y azarosos cambios que se producen en cortas distancias de la calidad del suelo, denominado microsítio, concepto enunciado por Gilmore *et al.*, (1968) y comprobado en clones de *Populus* por Acciaresi & Marlats (1987) cobrarían importancia en el establecimiento de las diferencias de altura entre los árboles observada para un mismo espaciamento. Esta área de recursos disponibles fue tomada por Szendrodi *et al.*, (1994) como un complejo de variables del suelo que se rigen por la ley del mínimo, determinando el límite para el crecimiento de las plantas.

La interacción microsítio-planta determinó el límite de los recursos del suelo a través

del tiempo, evidenciándose en las mayores densidades y produciendo cambios estructurales no percibidos aún en las menores. Se debe destacar que la alta tasa de crecimiento de los álamos, acortaría los lapsos necesarios para provocar cambios estructurales en altura por competencia. Los tiempos necesarios para la generación de cambios estructurales dependen también de la calidad de sitio.

A pesar de que la reacción estructural de los clones ante los diferentes espaciamentos ha sido similar, no quedan invalidadas las recomendaciones de Marlats & Denegri (1991) sobre la necesidad de incluir en las pruebas de mejoramiento el efecto de las densidades. Ya que aunque no se hayan encontrado diferencias, no sería prudente excluir su existencia en otras condiciones de ensayo o entre otros clones. Esto permitiría lograr según Budford & Burkhart (1987) la selección de genotipos basados en la respuesta a la competencia.

CONCLUSIONES

Los clones Catfish 2 y Stoneville 72 no presentaron diferencias significativas de com-

portamiento en el rango de espaciamientos y edades estudiadas.

En ambos clones se produjeron diferencias estructurales significativas en los menores espaciamientos que se acentuaron a través del tiempo. Estas diferencias estructurales indicaron un estado de competencia que puede modificar la cantidad, calidad y distribución del recurso en el bosque.

AGRADECIMIENTOS

A Papel Prensa S.A. por la instalación del ensayo. A los Ingenieros C. Gauto, A. Genari y E. Prada por la colaboración en el mantenimiento y mediciones del experimento.

BIBLIOGRAFÍA

- Acciaresi G. & R. Marlats.** 1987. Variaciones originadas en masas isogénicas de *Populus deltoides* cv "I-63/51" por la densidad y el micrositio. Actas de III Jornadas Patagónicas, Argentina pp. 123-132.
- Alder L.** 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Estudios FAO: Montes, Vol 2, Anexo estadístico. pp. 45-49.
- Alonzo A. & R. Sancho.** 1964. Topótesis en la elección de Salicáceas para plantación. IDIA, Suplemento Forestal 1: 15-22.
- Budford M. & H. Burkhardt.** 1987. Dynamics of improved Loblolly Pine plantations and the implications for modelling of improved Stand. Proceeding of 18th Southern Forest Tree Improvement Conference, USA. pp. 170-177.
- Clutter J., J. Fortson, L. Pienar, G. Brister & R. Bailey.** 1983. Timber management. A quantitative approach. John Wiley & Sons, New York. 333 pp.
- Daniel P., U. Helms & F. Baker.** 1982. Principios de Silvicultura. McGraw-Hill, NY. 492 pp.
- Davis L. & N. Johnson.** 1987. Forest Management. McGraw-Hill, New York. 790 pp.
- Firbank L. & A. Watkinson.** 1987. On the analysis of competition at the level of the individual plant. Oecología 71: 308-317.
- Gilmore A., W. Geyer & W. Boggers.** 1968. Microsite and height growth of yellow poplar. Forest Sciences 4: 420-427.
- Hush B., C. Miller & T. Beers.** 1982. Forest Mensuration. John Wiley and Sons, New York. 402 pp.
- Huxley P. & P. Wood.** 1987. Technology and research. ICRAF Working paper 26 : 23-25.
- Marlats R. & G. Denegri.** 1991. *Populus deltoides*: influencia de la densidad en los criterios de la selección clonal. Actas VI Jornadas Técnicas, UNAM. Misiones, Argentina. pp. 250-256.
- Nelder J. & J. Moss.** 1962. New kinds of systematic designs for spacing experiments. National Vegetable Research Station Wellesbourne. Warwick, England. pp. 283-307.
- Spurr S.** 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company, New York. 476 pp.
- Spurr S. & B. Barnes.** 1982. Ecología Forestal. AGT Editor, Mexico. 690 pp.
- Szendrodi L., L. Abrahamson, & E. White.** 1994. Quantitative modelling of spatial relationships in hybrid poplar bioenergy plantation. Proceedings of 20th International Poplar Commission. Turkey. pp. 111-119.