



## AVANCES DEL INTA EN LA SILVICULTURA CLONAL DE *Eucalyptus grandis* EN LA MESOPOTAMIA ARGENTINA

Federico Javier CANIZA<sup>1</sup>, María de los A. GARCÍA<sup>2</sup>, Jorge L. APARICIO<sup>1</sup>, Carlos DE LA PEÑA<sup>2</sup>, Ciro MASTRANDREA<sup>2</sup>, Mario FLORES PALENZONA<sup>3</sup>, M. Fernanda BARRIOS<sup>2</sup> y Matías S. MARTÍNEZ<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se presentan los resultados de ensayos de manejo de plantaciones clonales en Corrientes y Entre Ríos, donde se evaluaron respuestas a espaciamientos iniciales, al raleo y a la fertilización inicial. En el sudeste de Corrientes y Entre Ríos los espaciamientos evaluados fueron 4 m entre líneas y 1,5; 2,25; 2,5; 3; 4; 5; 6; y 9 m entre plantas, y en el centro-sudoeste de Corrientes 7x2,3; 5x2,8 y 4x3 m (1667; 1111; 1000; 833; 714; 625; 613; 500; 417 y 278 plantas por hectárea). Se evaluaron clones de INTA, CIEF, Forestadora Tapebicua S.A. y Pomera Maderas, diferentes en sus características fenotípicas, y en algunos ensayos se incluyó material de semilla para comparación con los clones. Los raleos se aplicaron a 40-50 % de las plantas, en plantaciones clonales a 4x2,5 m. Se evaluó también la respuesta en altura y daño por heladas de 5 clones comerciales a 27 tratamientos de fertilización NPK en un suelo arcilloso. Los resultados indican que, independientemente del clon, el volumen disminuye al bajar la densidad de plantación y se distribuye en clases diamétricas mayores en comparación con los rodales más densos, donde además las diferencias en ancho de copa no son tan evidentes a la edad de 2 años. Para comercializar la madera clasificada el espaciamiento de mejor rendimiento es 4x4 m. En las arenas de Corrientes, los desempeños de los distintos materiales genéticos varían según las condiciones del terreno: en condiciones desfavorables las plantas de semilla tienen un mejor desempeño. En esos suelos se identificaron materiales genéticos de mayor crecimiento y producción (EG-INTA-152, T301, T1300 e IHSP), de crecimiento intermedio (EG-INTA-1, EG-INTA-164, EG-INTA-157, T1284 e IAPSK), y materiales de menor crecimiento (EG-INTA-36, T1292, EG-INTA 35 y EG INTA 2). La diferencia en producción entre los clones más productivos y los menos productivos fue de 44 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, y esa diferencia llegó a 63,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> al comparar un clon muy productivo (I152) con uno de los menos productivos (I2). Con respecto a la rectitud de fustes, se destacan los clones I164, I157, I152 y T1292 con 80-91% de árboles de RF buena y muy buena, T1300 y el I36 con 45-50% con rectitud buena, y en las plantas de semilla menos de 30% presentó buena RF. Estas diferencias encontradas justifican las evaluaciones sitio-específicas de los principales clones comerciales del país. En Entre Ríos no se encontraron respuestas claras a la fertilización inicial, pero los clones se diferenciaron entre sí en altura (DDT02155 de Pomera > EG-INTA-36, 152 y 1 > 130 de Tapebicua) y en daño por heladas. Los clones EG-INTA-1 y EG-INTA-36 fueron los que presentaron plantas sin daño y la mayor proporción de plantas con menor porción de copa afectada, y el más afectado resultó el clon 130.

**Palabras clave:** espaciamiento inicial, raleo, eucaliptos clonales, fertilización

### 1. INTRODUCCIÓN

En la Mesopotamia argentina se encuentran las condiciones edafo-climáticas más adecuadas para la plantación de *Eucalyptus grandis*. Es por ello, y por los importantes avances en el mejoramiento genético, tanto del sector privado como del público (INTA, CIEF, etc.), que en la actualidad se dispone de una amplia gama de materiales clonales con características singulares y comportamientos diferenciales según la silvicultura aplicada. Para *E. grandis*, los grupos de Silvicultura del INTA vienen desarrollando trabajos comparativos de tecnologías de preparación del terreno para diferentes situaciones características de la Mesopotamia. De la misma manera se obtuvieron resultados de respuesta a la fertilización inicial, sobre el manejo de residuos y control de malezas, y sobre los efectos de la silvicultura en la calidad de la madera. Esa información de base debe ser revisada

<sup>1</sup> Investigadores EEA Bella Vista - Centro Regional Corrientes, Argentina. Correo: [caniza.federico@inta.gob.ar](mailto:caniza.federico@inta.gob.ar)

<sup>2</sup> Investigadores EEA Concordia INTA. Correo: [garcia.mariaa@inta.gob.ar](mailto:garcia.mariaa@inta.gob.ar)

<sup>3</sup> Extensión Forestal, MINAGRO



atentamente al iniciar un proyecto forestal con clones de esta especie, que requiere una silvicultura intensiva sobre una correcta distribución y asignación de recursos en las diferentes condiciones de suelo que se pueden presentar en una propiedad. Asimismo, deben considerarse las características técnicas de cada clon atendiendo al objetivo definido.

Los primeros estudios de silvicultura clonal con *E. grandis* se iniciaron en 2006 en Ciriaco (Gdor. Virasoro). Actualmente algunos ensayos tienen edades inferiores a la mitad del ciclo forestal esperado para esta especie, sin embargo, se pueden obtener tendencias para los diferentes clones comerciales, sitios y situaciones de manejo silvícola. Este trabajo muestra los principales resultados obtenidos en dos cuencas forestales importantes de la Mesopotamia: las planicies y lomas arenosas del centro-sudoeste de Corrientes y el sudeste correntino y Entre Ríos.

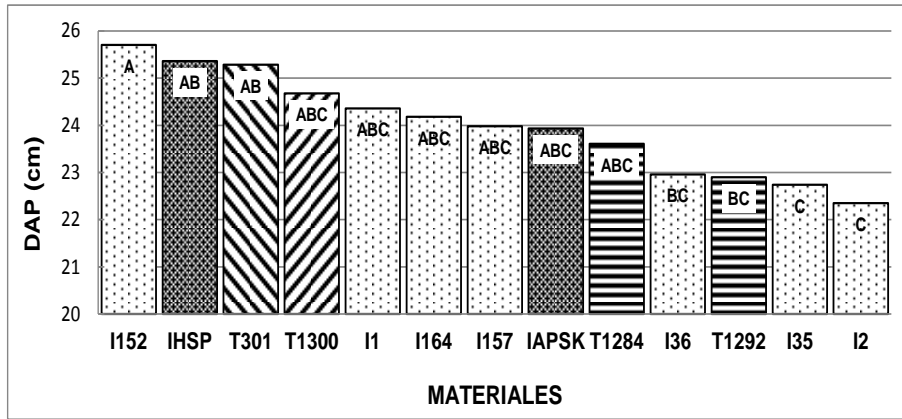
## 2. EXPERIENCIAS EN LAS PLANICIES Y LOMAS ARENOSAS DEL CENTRO-SUDOESTE DE CORRIENTES

En esta región de más de 1 millón de hectáreas, el INTA cuenta con ensayos de distanciamientos iniciales y parcelas apareadas de mediciones permanentes (con y sin raleos). Los suelos predominantes son las "arenas amarillas", que se caracterizan por ser hidromórficas y pertenecen al orden Entisoles (Psamacuents), presentan un horizonte arenoso en superficie con un fuerte cambio textural en profundidad que dificulta la entrada de agua, formando una falsa napa que fluctúa hasta cerca de la superficie en épocas con exceso de lluvias (Escobar *et al.*, 1996). En estos suelos, con condiciones marginales para el crecimiento de *E. grandis*, solo es posible aumentar la productividad a través de técnicas específicas de preparación del terreno y la adecuada selección de materiales genéticos. Plantar clones resulta, en ocasiones, una decisión difícil para el silvicultor cuando no puede demostrar que la mejora en el rendimiento es mayor que la inversión.

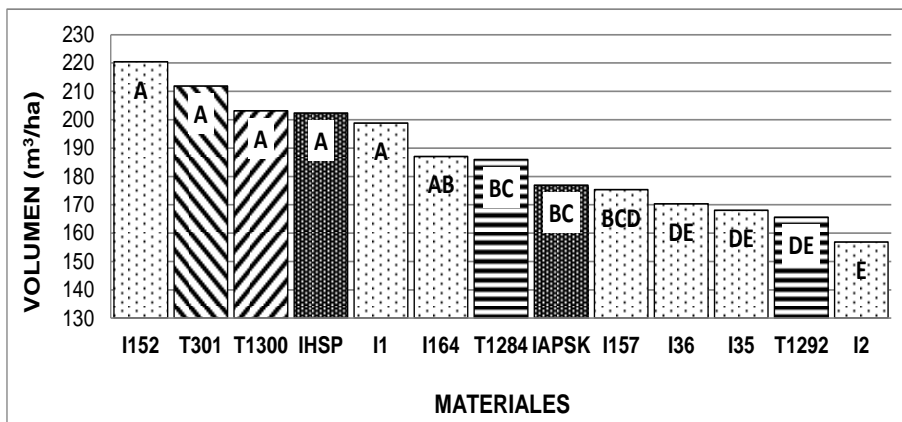
En primavera de 2009, en el predio Salinas de la Empresa Eucaforest SRL, ubicado en Chavarría, Departamento San Roque, se instaló un ensayo clonal. El suelo presenta características similares a las de la serie Pampín (Psamacuents típicos). La distancia de plantación fue de 4x3 m (833 pl ha<sup>-1</sup>), y se plantaron 11 materiales clonales: EG-INTA-1, EG-INTA-2, EG-INTA-35, EG-INTA-36, EG-INTA-152, EG-INTA-157 y EG-INTA-164; de la empresa Forestadora Tapebicua SA los clones T301, T1284, T1292 y T1300; como testigo se utilizaron 2 materiales seminales de INTA: RS Kendall INTA Concordia MB 5E3066JE (IAPSK) y HSP INTA Concordia MB 6E3066JE (IHSP). En estos mismos suelos, en la Ea. "San Antonio" de la empresa Las Taperitas S. A. (departamento Lavalle), en 2016 se instalaron sobre franjas de plantación operativa de los clones EG-INTA-35, EG-INTA-36, EG-INTA-155, EG-INTA-157 y EG-INTA-164, una serie de parcelas apareadas con y sin raleo.

En el Gráfico 1 se observa que en el grupo de mayor DAP (>24,5 cm) se posicionan los clones EG-INTA-152, T301, T1300 y el IHSP. En el grupo con crecimiento intermedio (DAP 23,5-24,4 cm) se ubican los clones EG-INTA-1, EG-INTA-164, EG-INTA-157, T1284 y el IAPSK. Por su parte, los clones EG-INTA-36, T1292, EG-INTA-35 y EG-INTA-2 fueron los de menor crecimiento (DAP <23 cm). La diferencia entre los grupos de mayor y menor crecimiento fue de 10%. Los resultados varían respecto de la evaluación del mismo estudio a los 2,5 años de edad, donde los clones de INTA, en general, presentaron mayor crecimiento respecto de los clones de Tapebicuá.

El Gráfico 2 muestra la producción volumétrica de todos los materiales. El clon EG-INTA-152 fue el más productivo, en conjunto con T301, T1300 y el IHSP, todos superiores a 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Los clones menos productivos fueron EG-INTA-35, EG-INTA-36, T1292 y EG-INTA-2. La diferencia de la producción volumétrica entre ambos grupos fue de 44 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. A su vez, la diferencia entre el clon EG-INTA-152, de mayor productividad, y el clon EG-INTA-2, de menor productividad, fue de 63,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Las diferencias de productividad remarcan la importancia de la elección de materiales sitio-específicos para plantaciones clonales comerciales.

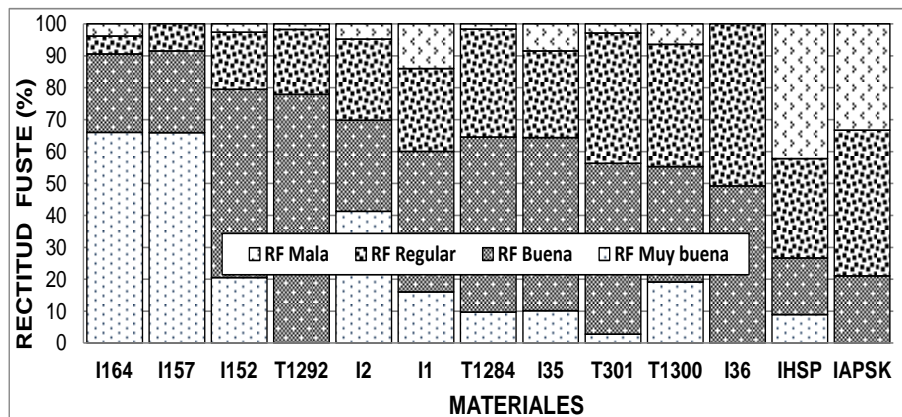


**Gráfico 1.** DAP de los materiales evaluados en arenas hidromórficas, a los 7,2 años de edad. Columnas con diferente letra se diferencian significativamente (prueba de Duncan,  $p < 0,05$ )



**Gráfico 2.** Volumen total de los materiales evaluados en arenas hidromórficas, a los 7,2 años de edad. Columnas con diferente letra se diferencian significativamente (prueba de Duncan,  $p < 0,05$ )

Por otro lado, un aspecto de importancia práctica y relevancia económica es la rectitud del fuste (RF) de los materiales, de gran efecto en el rendimiento y procesado de la madera. En los fustes que no son rectos aumenta la presencia de tensiones de crecimiento, con resultados importantes en las rajaduras de las caras de los rollos y tablas. Asimismo, la RF tiene gran incidencia en la producción de postes largos y madera redonda en general. En el Gráfico 3 se observa que los clones EG-INTA-164 y EG-INTA-157 presentaron el mayor porcentaje de árboles con buena rectitud de fuste (RF), con 91% de árboles de RF buena y muy buena.



**Gráfico 3.** Porcentaje de rectitud de fuste muy buena, buena, regular y mala en los materiales evaluados a los 7,2 años de edad

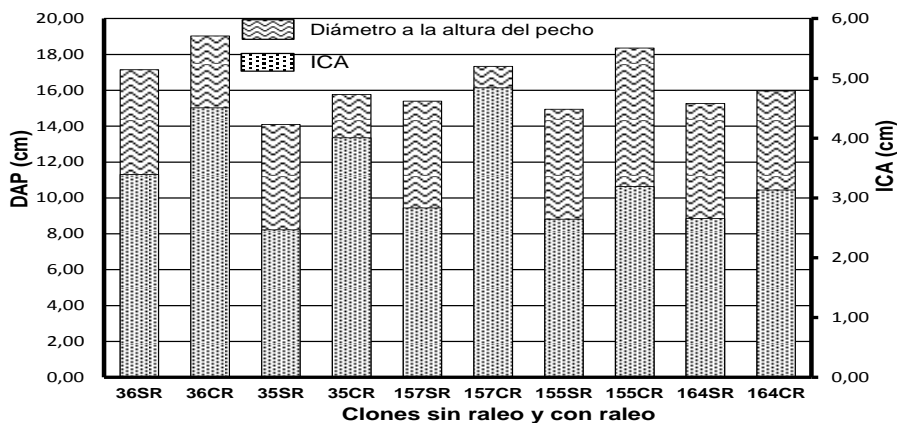


Con un porcentaje cercano a 80% de árboles de buena RF se ubican los clones EG-INTA-152 y T1292. Por el contrario, en los materiales de semilla (IHSP e IAPSK) se registraron menos de 30% de árboles con buena RF.

Para evaluar las respuestas de los diferentes materiales genéticos al raleo, a los 4 años de edad en algunos clones de INTA se instalaron parcelas apareadas. Se aplicó raleo selectivo de entre 40-50% del número de árboles por hectárea, mientras que las parcelas contiguas, sin raleo, se tomaron de testigos. Las condiciones del rodal post-raleo se presentan en la Tabla 1, y los efectos del raleo se observan en el Gráfico 4. Los clones 157, 35 y 36 fueron los que mejor respondieron al raleo, con un ICA del DAP de 4,84; 4,00 y 4,51 cm, respectivamente. Estos incrementos promedian 35%, comparados con 23% en promedio de los clones 155 (ICA=3,19 cm) y 164 (ICA=3,13 cm). El ICA de las parcelas sin raleo de los clones 157, 35 y 36 fue de 22,8%, comparados con 21,3% de las parcelas de los clones 155 y 164.

**Tabla 1.** Variables de rodal calculadas de las parcelas con y sin raleo a los 5 años de edad, según material genético, en arenas hidromórficas de Corrientes.

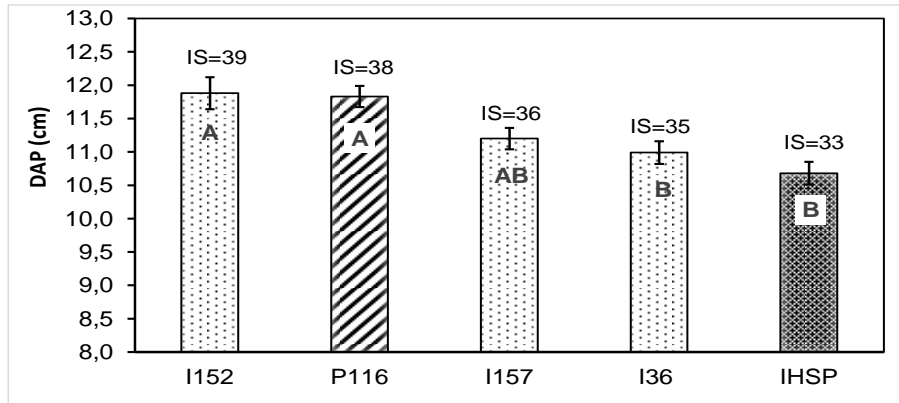
MG	Dg (cm)	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	N (Árb.ha <sup>-1</sup> )	IS	Raleo %	IDR
I36 SR	17,14	18,46	800	33	-	526,2
I36 CR	19,02	12,83	475	31	40,63	349,1
I35 SR	14,09	10,93	725	29	-	387,0
I35 CR	15,76	8,29	425	28	41,38	255,7
I157 SR	15,39	14,88	800	29	-	469,2
I157 CR	17,33	9,44	400	28	50,00	266,2
I155 SR	14,94	17,10	975	33	-	554,1
I155 CR	18,35	11,24	450	33	53,85	318,3
I164 SR	15,27	11,90	650	32	-	378,0
I164 CR	15,96	10,67	390	31	40,00	237,8



**Gráfico 4.** DAP e ICA de parcelas con y sin raleo en arenas hidromórficas a los 5 años de edad

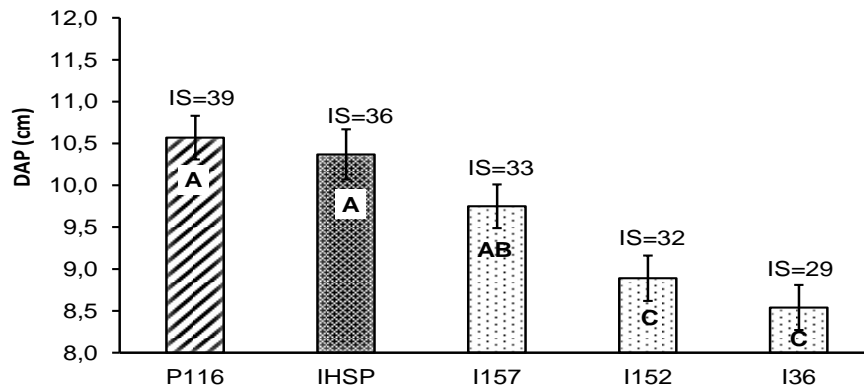
En los suelos arenosos rojizos, se instaló un ensayo de clones donde se probaron 3 distanciamientos (7x2,3m; 5x2,8m y 4x3m) con 4 clones (I36; I152; I157 de INTA y DDT00116 de Pomerá), y se utilizó como testigo plantas de semilla (IHSP). Las franjas de plantación fueron establecidas en un lote con pendiente tal que en el mismo ensayo se presentaron tres condiciones de terreno: loma (T=7x2,3), media loma (T=5x2,8) y bajo (T=4x3). La selección de los clones se realizó en conjunto con el programa de mejoramiento genético del INTA que identifica al clon I36 como de copa amplia, al I152 como de copa intermedia y al I157 como de copa estrecha.

En la loma todos, los clones presentaron mejor desempeño en diámetro respecto del material seminal (Gráfico 5), en tanto este ranking cambia con las condiciones de terreno: para condiciones más desfavorables para esta especie (bajos) la semilla se desempeña mejor que los clones más plantados del INTA (Gráfico 6).



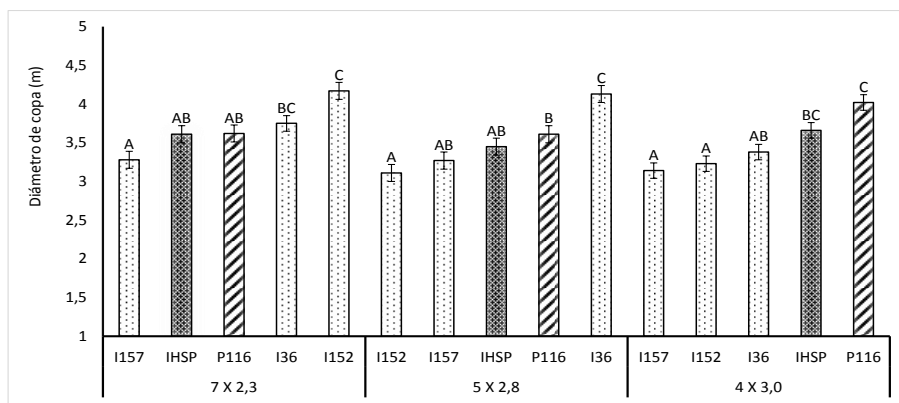
**Gráfico 5.** Desempeño en DAP de los clones en loma (T=7x2,3) a los 2 años de edad. Columnas con diferente letra se diferencian significativamente (prueba de Duncan,  $p < 0,05$ )

En condiciones de terreno desfavorables para esta especie el clon DDT00116 y el material seminal mostraron el mejor comportamiento; este último alcanza diferencias promedio de DAP de 6%, 14% y 17,5% comparado con los clones I157, I152 e I36, respectivamente (Gráfico 6).



**Gráfico 6.** DAP de los clones en suelo bajo (T=5x2,8) a los 2 años de edad. Columnas con diferente letra se diferencian significativamente (prueba de Duncan,  $p < 0,05$ )

El tamaño de copas se observa en el Gráfico 7, donde las tendencias expuestas a priori por el programa de mejoramiento genético se confirman parcialmente en los tratamientos de mayor densidad de plantas por hectárea. En el tratamiento de mayor espaciamiento se advierten diferencias de 21,3% entre los tamaños de copa de los clones I152 y I157, y una diferencia de 10% entre los clones I152 y I36. Independientemente del distanciamiento inicial, el clon I157 mostró una tendencia a poseer menor tamaño de copa, lo que lo confirma como un clon apto para sistemas de producción integrada, como los sistemas silvopastoriles.



**Gráfico 7.** Tamaño de copas de los materiales ensayados a la edad de 2 años, según tratamiento. Columnas con diferente letra se diferencian significativamente (prueba de Duncan,  $p < 0,05$ )



### 3. EXPERIENCIAS EN EL SUDESTE CORRENTINO Y ENTRE RÍOS

En esta región, los primeros ensayos sobre espaciamiento inicial y manejo de la densidad en plantaciones clonales de eucalipto se instalaron en 2010, con los clones EG-INTA-1, G385 y G279 de CIEF, DDX00102 y DDX00026 de POMERA, en suelos mestizo, arcilloso, y pedregoso. Los espaciamientos probados fueron 2,5; 3; 4; 5 y 6 m entre plantas en la línea, y distancia fija de 4 m entre líneas. De esos ensayos actualmente solo se continúa midiendo uno de ellos. Entre 2015 y 2016 se instalaron otros ensayos similares, en suelos arenosos y mestizo arcilloso, con los clones EG-INTA-36 y G385 de CIEF en el sudeste de Corrientes, y EG-INTA-36 y GC-INTA-27 en Concordia, Entre Ríos. A los espaciamientos de los primeros ensayos se agregaron las distancias 1,5; 2,25 (en lugar de 2,5) y 9 m entre plantas en la línea, manteniendo 4 m como distancia fija entre líneas de plantación.

Los ensayos se midieron desde su instalación, periódicamente, y se evaluaron las respuestas promedio en altura, diámetro y volumen por clon en cada espaciamiento. En los primeros años de edad las mayores alturas promedio se registraron en los espaciamientos intermedios, variando entre sitios y clones. En uno de los ensayos, a los 7 años se observa que la altura media es mayor en el espaciamiento 4x4 en el clon 279 y en los espaciamientos 4x5 y 4x6 para los clones G385 y EG-INTA-1 (Gráfico 8).

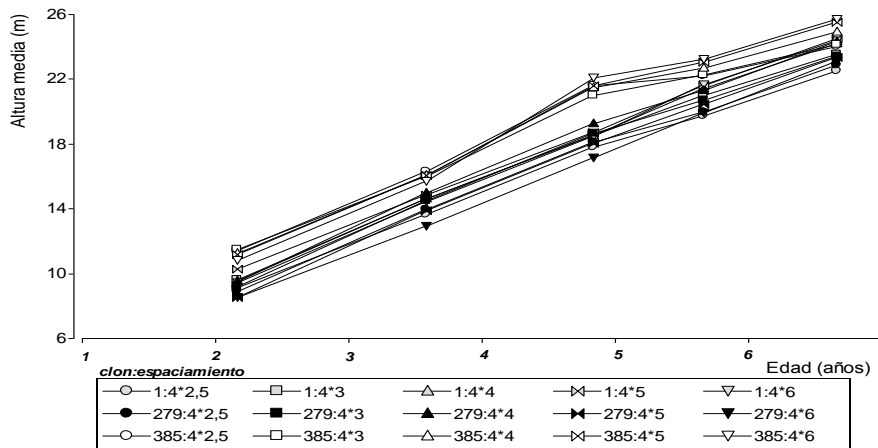


Gráfico 8. Altura media en función de la edad, para 3 clones en cada espaciamiento

En todos los ensayos y clones se observa que el volumen total disminuye a medida que la densidad es menor, y se hace más evidente a medida que crece la plantación (Gráfico 9). Sin embargo, la distribución del volumen según clases diamétricas muestra que a menor densidad el volumen se concentra en árboles más gruesos (Gráfico 10).

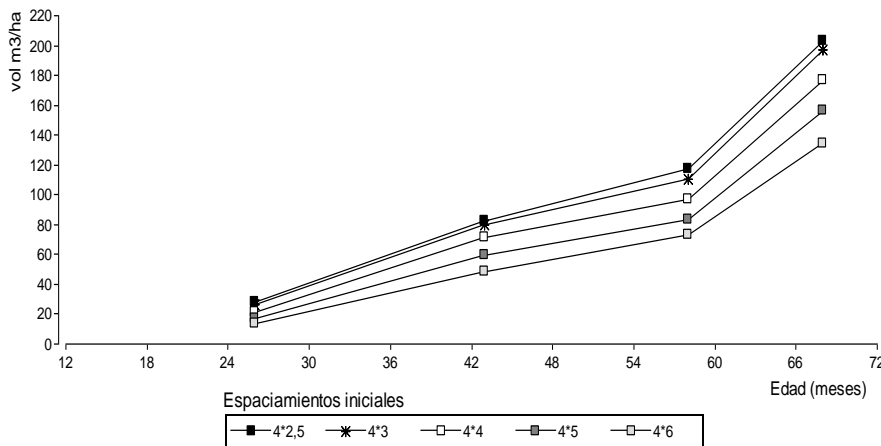
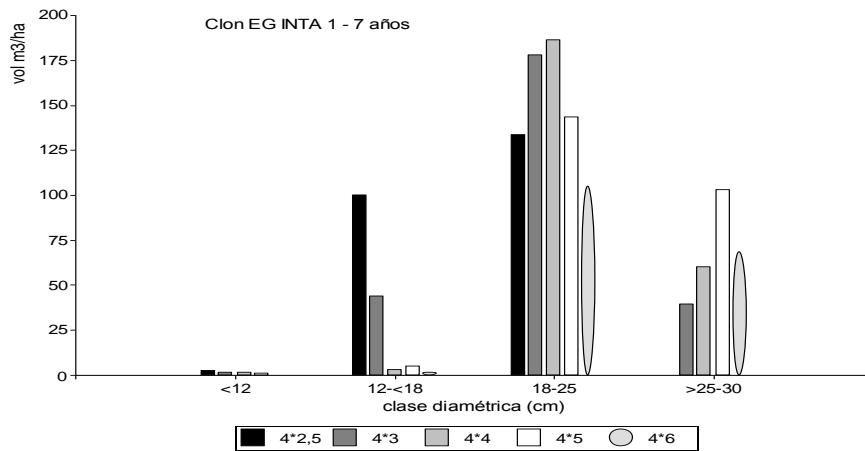


Gráfico 9. Evolución del volumen con la edad de la plantación (promedio de los clones EG-INTA-1, G385 y G279), según los espaciamientos evaluados.

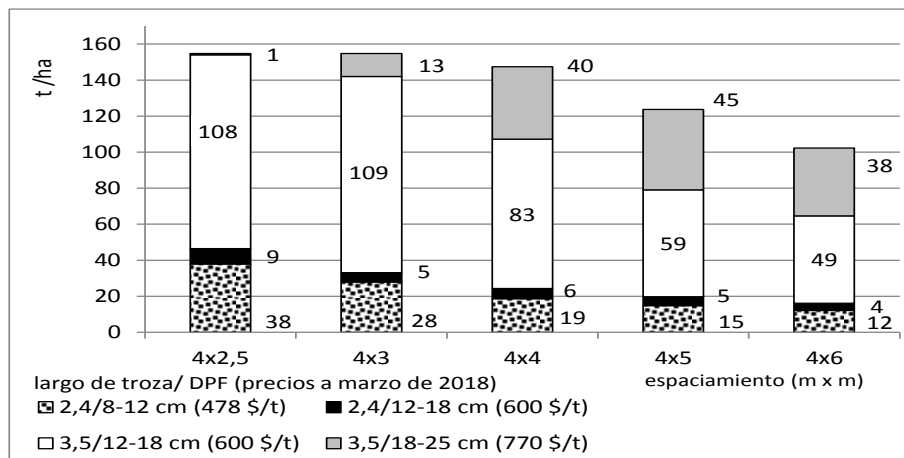


Por otro lado, la decisión de plantar a un determinado espaciamiento debe basarse en un conjunto de criterios, como el costo de implantación, el precio de los plantines clonales, los cuidados iniciales requeridos, las intervenciones y productos intermedios deseados, el destino de la producción, el manejo a futuro.



**Gráfico 10.** Volumen del Clon EG-INTA-1 en cada espaciamiento, a los 7 años, dividido por clase diamétrica

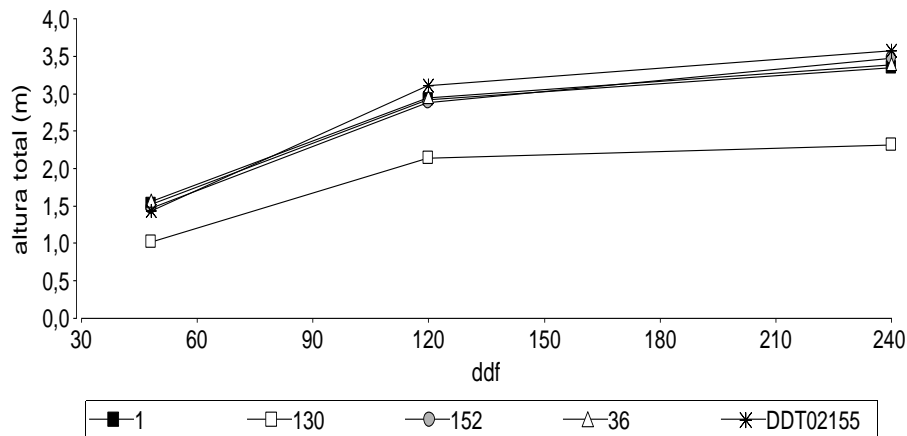
Al estimar el volumen de trozas que se obtendrían a los 6 años de los árboles provenientes de cada espaciamiento, las parcelas con menor densidad inicial (espaciamientos 4x4, 4x5 y 4x6) presentan mayor proporción de volumen en trozas de mayor valor según las clases comerciales (Gráfico 11), entre las que el espaciamiento de 4x4 m es el que, a los 6 años, genera el ingreso por hectárea más alto cuando se valora el volumen según precio de mercado.



**Gráfico 11.** Volumen comercial según clase de trozas clasificadas por diámetro en punta fina (DPF) y largo (m), con el precio de comercialización de marzo de 2018 (Planilla de precios INTA Concordia)

Con respecto a la fertilización en plantaciones clonales, poco se sabe sobre los requerimientos y respuestas de cada clon. Por ello, para evaluar la respuesta a la fertilización inicial de 5 materiales clonales comerciales de *Eucalyptus grandis* (EG INTA 1, EG INTA 36, EG INTA 152, DDT02155 de Pomera y FTSA A-130-96 de Forestadora Tapebicuá), se aplicaron 27 tratamientos de fertilización NPK a los 60 días de plantados, en un suelo arcilloso. Los tratamientos resultaron de la combinación de 3 dosis de: urea (0, 45 y 90 g), superfosfato triple de calcio (0, 90 y 180 g) y cloruro de potasio (0, 50 y 100 g).

La altura se midió a los 48, 120 y 240 días después de la fertilización, y para cada fecha de medición se encontraron interacciones significativas entre los clones y la fertilización. En ninguna de las mediciones se vieron diferencias con tendencia clara entre tratamientos cuando se analizaron las alturas de cada clon. Sin embargo, se encontraron diferencias en la altura entre clones (Gráfico 12).



**Gráfico 12.** Altura promedio por clon, para los 3 momentos de medición

En cuanto a los daños por heladas, a los 10 meses de edad, no se observó asociación entre los daños en las copas según la fertilización, pero sí con los clones: los clones EG-INTA-1 y EG-INTA-36 son los que tuvieron la mayor proporción de plantas con menor parte de la copa afectada y los únicos con plantas sin daño visible, luego los clones DDT02155 y EG-INTA-152, y el más afectado resultó el clon 130. Además, se encontró que la porción de ápice dañado puede estimarse a partir de la altura total, para los 5 clones.

#### 4. CONCLUSIONES

Para el desarrollo de un proyecto forestal clonal se deberán atender: i) los desempeños diferenciales de los clones para las condiciones de sitio de una propiedad; ii) ajustar estrictamente los tratamientos silviculturales al material seleccionado para aprovechar su potencial; iii) en sitios con condiciones desfavorables se deben realizar inversiones en mejoras de campos, además de seleccionar clones puros o híbridos (*E. grandis* x *E. camaldulensis*, *E. grandis* x *E. tereticornis*) de mejor comportamiento probado para cada situación y destino de la producción, o plantar con plantas de semilla, que en algunos casos han demostrado tener mejor desempeño promedio que algunos clones puros de *E. grandis*.

#### 6. AGRADECIMIENTOS

A las empresas Pomera Maderas S.A., Forestadora Tapebicuá S.A., Beyga-Humaitá S.A, Profértil, Eucaforest SRL, Las Taperitas y E.V.A.S.A..

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

ESCOBAR E.H., LIGIER H.D., MELGAR R., MATTEIO H., VALLEJOS O. 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales. EEA Corrientes. 432 p