



XXXVII Jornadas Forestales de Entre Ríos

28 de septiembre de 2023

Cartilla de Campo

CAMPO EL ALAMBRADO – INTA CONCORDIA

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina



Parada 1. Plantaciones clonales: el programa que desarrolla la EEA Concordia de INTA en eucaliptos.

El desarrollo de plantaciones clonales apunta a generar forestaciones con material genético uniforme, que puede suponer una ventaja productiva frente a la utilización de material de semilla.

Desde la década de 1980, el INTA viene realizando la selección de individuos de *Eucalyptus grandis* (EG) y la prueba de estos materiales como clones. Hasta hoy, posee un Banco Clonal con 655 clones EG, 90 de ellos de reciente introducción y que pasarán pronto a las etapas de prueba.

El programa también se ha enfocado en la generación y selección de individuos híbridos, principalmente, *E. grandis* x *E. camaldulensis* (GC) y *E. grandis* x *E. tereticornis* (GT). La generación de estos individuos híbridos busca la obtención de individuos con características en crecimiento similares a *E. grandis*, pero con otras cualidades que le aportaría la sangre de otras especies (como tolerancia a frío, rusticidad a diferentes ambientes o diferencias en la madera). En el banco clonal existen 435 clones híbridos, 170 de los cuales son recientes. Además, se cuenta con un banco de germoplasma (plantaciones de individuos híbridos) bastante amplio para selecciones futuras.

Hasta el momento, se han inscripto 10 clones EG, 45 clones GC y 3 clones GT, en el Registro Nacional de Cultivares del INASE.

Actualmente se viene llevando a cabo el seguimiento de una red de ensayos de clones “pre-comerciales”, tanto de EG (12) como de GC (14), con los cuales se definirán en breve nuevos clones disponibles para las forestaciones de la región.

Se muestran algunos resultados de crecimiento comparativo de estos materiales precomerciales. Se puede observar cómo los nuevos materiales se desenvuelven adecuadamente, sin ser superlativos en crecimiento, pero sí similares a los materiales clonales ya conocidos o al material seminal (Figura 1.1 y 1.2).

También se muestra el comportamiento en crecimiento entre clones EG y GC (comerciales en este caso), en diferentes sitios. (Figura 1.3 y 1.4)

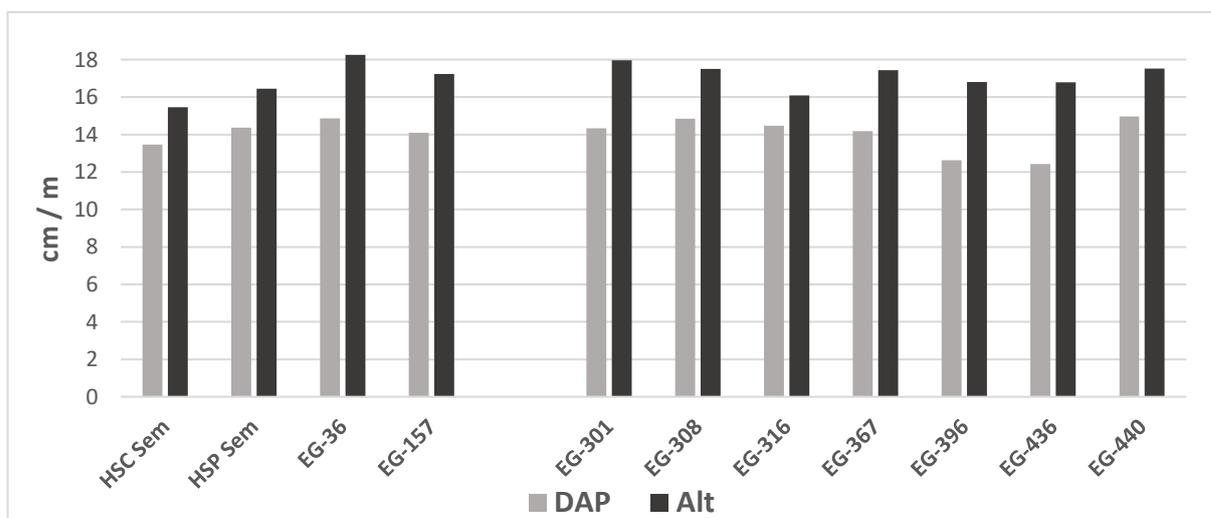


Figura 1.1. Clones EG precomerciales. Sitio EEA Concordia (Concordia, Entre Ríos), suelo arenoso (Udifluvente óxico/ Cuartzipsamente óxico), 5 años de implantado.

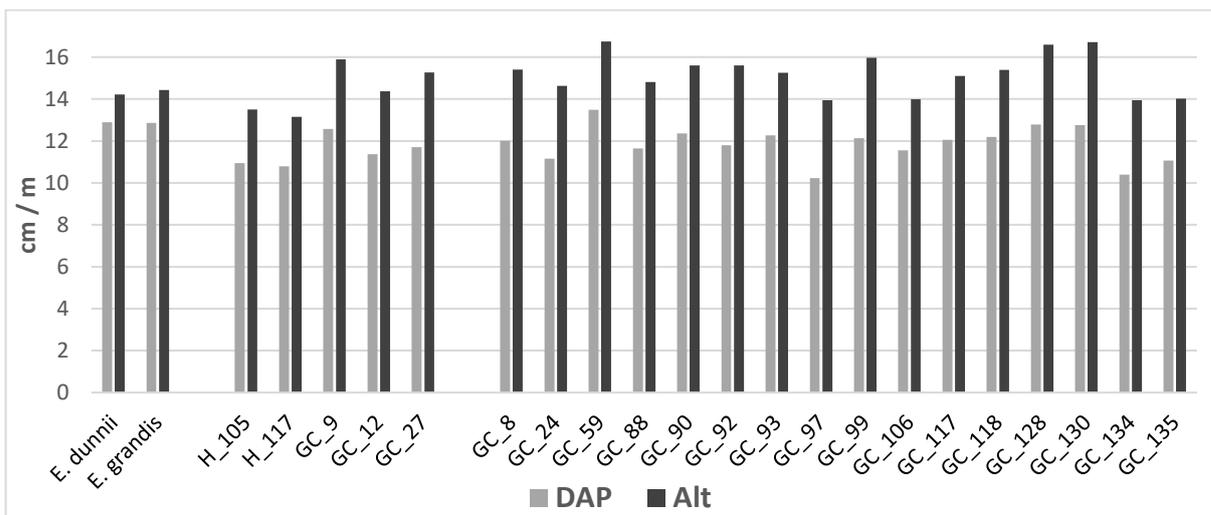


Figura 1.2. Clones GC pre-comerciales. Sitio Ea. El Potrero (Gualeguaychú, Entre Ríos). Suelo Peluderte argiudólico / Udifluvente óxico. Edad: 4,5 años de implantado.

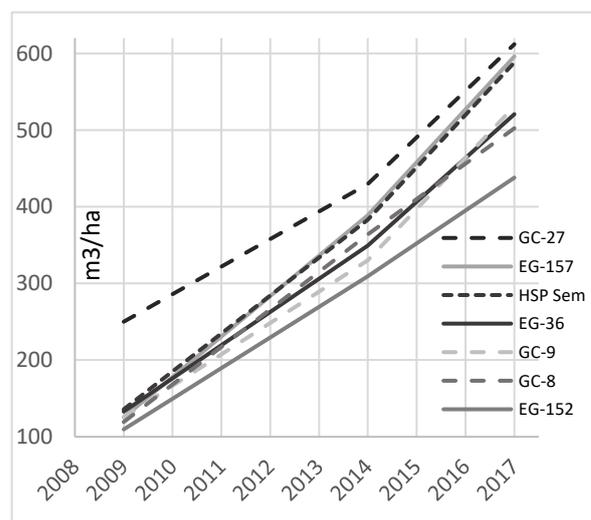
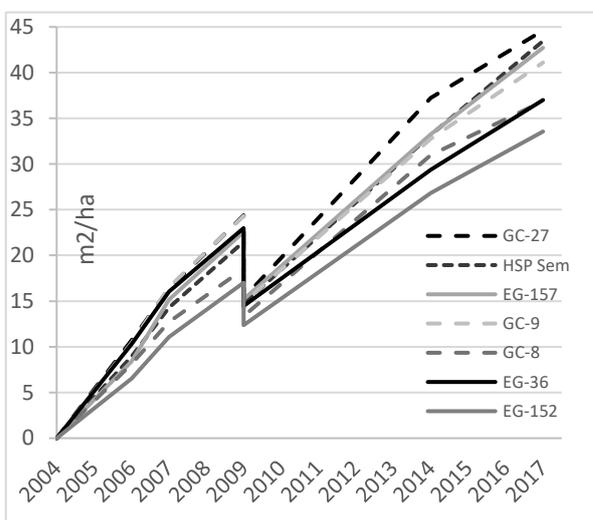


Figura 1.3. Evolución del Área Basal (m²/ha) y del Volumen Total (m³/ha) para diferentes clones. Sitio EEA Concepción del Uruguay (C. del Uruguay, E.R.). Suelo mestizo/arenoso (Cuarzisamente óxico).

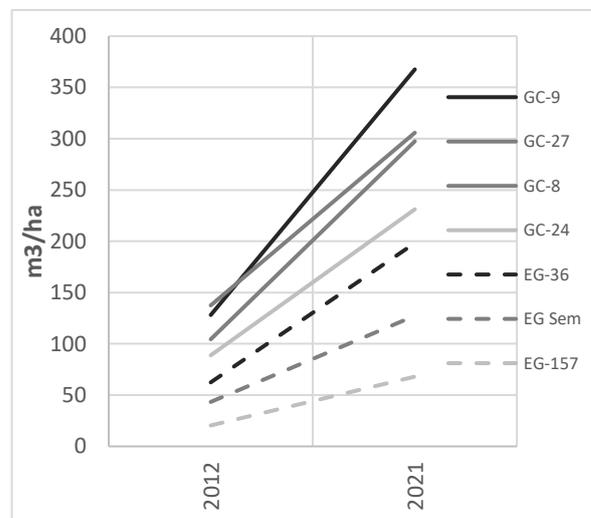
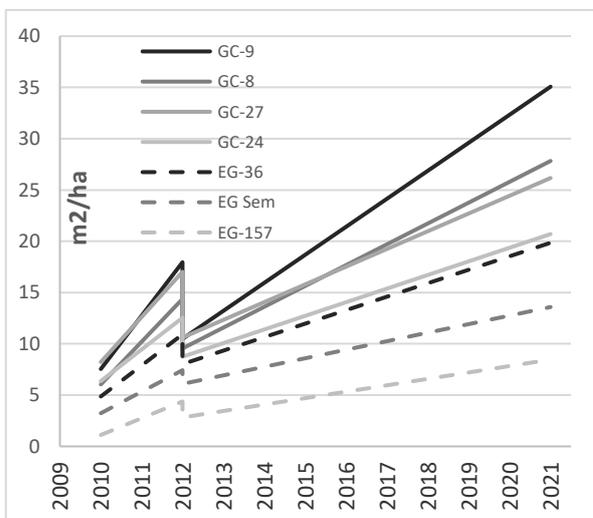


Figura 1.4. Evolución del Área Basal (m²/ha) y del Volumen Total (m³/ha) para algunos de los tratamientos del ensayo. Sitio: Estancia "San Luis de las Mulass", Feliciano, E.R. Suelo Vertisol (Argiacuol vértico)

Los clones, la homogeneidad y el sitio de plantación

La ventaja principal en la utilización operativa de un clon proviene de su homogeneidad genética, lo que se puede ver reflejado en una mayor homogeneidad en crecimiento, en características de su madera, como también en su respuesta frente a adversidades ambientales o biológicas. Generalmente, las plantaciones clonales muestran una homogeneidad en crecimiento muy superior a la que muestran las plantaciones de semilla, con coeficientes de variación (expresión numérica de la variabilidad existente) equivalentes al doble de estas últimas en comparación con las plantaciones clonales. Sin embargo, la expresión de esa homogeneidad depende mucho de la homogeneidad existente en el sitio de plantación, dada por cuestiones intrínsecas del suelo, pero también del manejo en la preparación previa del suelo.

Se muestra a continuación la situación actual en un lote plantado en 2018 con el clon GC INTA 27, en un suelo de la Serie Arroyo Yuquerí (Cuarzicamente ácuico) –según Carta de Suelos-, y sus valores de diámetro y altura a los 5 años. Los valores corresponden a dos extremos opuestos del lote, donde se observa una alta heterogeneidad en los valores entre plantas, pero sobre todo se encuentra mayor heterogeneidad entre líneas de plantación, coincidiendo los mayores crecimientos y mayor homogeneidad, con las escolleras de quema de preparación de sitio.

| | | DAP (cm) | | | | | Altura (m) | | | | | |
|-----------------------|--------------|----------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|
| Sitio Bajo (NO) | | 10 | 9,3 | 17,1 | 10,1 | 17,5 | 12,4 | 10,9 | 18,2 | 13,2 | 19,2 | |
| | | 15,9 | 12,2 | 14,2 | 7,8 | 7,5 | 18,5 | 16,9 | 18 | 11,9 | 11,8 | |
| | | 7,3 | 11,7 | 14,6 | 14 | | 11 | 18 | 18,2 | 18,7 | | |
| | | 18,2 | 6,7 | 16,1 | | 13,1 | 22,7 | 11,1 | 20,4 | | 17,2 | |
| | | 16,1 | 14 | 17,6 | 14,4 | | 21,4 | 18,7 | 20,9 | 18,9 | | |
| | | 19,4 | 4,6 | 8,4 | 5 | | 22 | 7,7 | 13,3 | 8,6 | | |
| | | 6,4 | | 15,2 | 5,2 | | 9,5 | | 19,6 | 8,6 | | |
| | | 14,7 | | 12,8 | 8,6 | 11,5 | 19,2 | | 19 | 14 | 16,8 | |
| | | 10 | | 15 | 5 | 13,7 | 15,3 | | 18,9 | 6,8 | 17,8 | |
| | | | 11,2 | 12,1 | 12,1 | | | 15,5 | 17,3 | 16,2 | | |
| Media | | 13,1 | 10,0 | 14,3 | 9,1 | 12,7 | 16,9 | 14,1 | 18,4 | 13,0 | 16,6 | |
| CV | | 36% | 33% | 19% | 41% | 29% | 30% | 30% | 11% | 34% | 17% | |
| Sitio Alto (SE) | | 11,5 | 10,9 | 14,7 | 11,4 | 11,9 | 14,7 | 16,1 | 18,6 | 16,3 | 16,7 | |
| | | 6,9 | 7,9 | 7,5 | 15,1 | 8,3 | 11,1 | 12,9 | 11,7 | 19,8 | 14,1 | |
| | | 6,1 | 12 | 13,3 | 14,5 | 7,5 | 10,4 | 17,5 | 18,3 | 19,6 | 13,3 | |
| | | 9 | 11,7 | 10,8 | 10,1 | 9,5 | 13,1 | 16,6 | 16,2 | 16,5 | 15,3 | |
| | | 6,3 | 6,9 | 12,1 | 12,7 | 11,3 | 10 | 10,1 | 16,9 | 17,6 | 17,2 | |
| | | 6,7 | 13,3 | 11,7 | 7,8 | 14,1 | 10,3 | 17,7 | 17 | 13,1 | 18,9 | |
| | | 6,3 | 11,6 | 14,7 | 10,2 | 8,3 | 9,8 | 16,3 | 18,9 | 15,7 | 13,4 | |
| | | 10,5 | 12,7 | 11,3 | 12,2 | 6,6 | 13,4 | 16,7 | 17 | 16 | 11,9 | |
| | Media | | 7,9 | 10,9 | 12,0 | 11,8 | 9,7 | 11,6 | 15,5 | 16,8 | 16,8 | 15,1 |
| | CV | | 27% | 21% | 20% | 21% | 26% | 16% | 17% | 14% | 13% | 16% |

Figura 1.5. Valores de diámetro (cm) y altura (m) para 2 parcelas de un lote clonal. Valores Promedio y Coeficiente de variación a nivel de línea de plantación (columna) y total para toda la parcela. Espacios en blanco corresponden a fallas de plantación.

Consideraciones finales

La utilización operativa de un clon dependerá de los objetivos de la forestación, donde debe combinarse la elección correcta del material genético con una correcta preparación del sitio y manejo de la plantación, para poder garantizar el resultado esperado.

Parada 2. Manejo de plantaciones clonales

Las plantaciones clonales se manejan, en general, con las mismas pautas que las plantaciones de semilla; esto afecta los resultados esperados y la calidad de los productos que se obtienen de la cosecha. Para planificar y ejecutar manejos adecuados de cada material se requiere del conocimiento de la respuesta de los clones, entre otras prácticas silvícolas, al espaciamiento inicial, la fertilización, el raleo y la poda.

Espaciamiento inicial

María de los A. García, Nicolás Del Tufo, Mario Flores, Carlos Romero y Ulises Cosoli

Los resultados de ensayos de espaciamiento inicial desarrollados por INTA Concordia en el Sur de Corrientes y Noreste de Entre Ríos, con la colaboración de empresas de la región, permitieron obtener tendencias de respuesta a diferentes espaciamientos iniciales según el clon, y se identificaron limitantes en el desarrollo de los clones evaluados debidas a las condiciones de los sitios y a eventos climáticos extremos (Ej. encharcamiento prolongado, sequía, heladas). La información elaborada a partir de esos ensayos incluye producción en volumen y su distribución por clases diamétricas en los diferentes espaciamientos evaluados, incremento medio anual en volumen de las edades de medición, valores medios de diámetro a la altura del pecho y altura total según el manejo para las edades de medición, evolución de la supervivencia, y eficiencia de uso de recursos de dos clones muy difundidos en Entre Ríos.

En un ensayo plantado en octubre de 2010, los clones de *Eucalyptus grandis* EG INTA 1, CIEF279 y CIEF385 se evalúan en 5 espaciamientos y densidades iniciales: 4 m x 2,5 m, 1000 plantas/ha; 4 m x 3 m, 833 plantas/ha; 4 m x 4 m, 625 plantas/ha; 4 m x 5 m, 500 plantas/ha; 4 m x 6 m, 417 plantas/ha). Se muestran algunos resultados a los 10,5 años de edad de la plantación.

En el Cuadro 2.1 se presenta el incremento medio anual en volumen por clon y espaciamiento, donde se observa una disminución a medida que aumenta el espaciamiento, y diferentes respuestas de incrementos volumétricos medios de los clones según los espaciamientos iniciales. Se observa también cómo, a medida que disminuye la cantidad de plantas por hectárea, aumentan el diámetro medio (Cuadro 2.1) y la cantidad de las plantas en las clases diamétricas mayores (Figura 2.1).

Cuadro 2.1. Incremento medio anual en volumen (IMA) en m³/ha y diámetro medio a la altura del pecho (DAP) en cm de los clones en los espaciamientos evaluados a los 10,5 años

| clon | espaciamiento inicial | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 4*2,5 | | 4*3 | | 4*4 | | 4*5 | | 4*6 | |
| | IMA | DAP | IMA | DAP | IMA | DAP | IMA | DAP | IMA | DAP |
| EG INTA 1 | 38,5 | 19,8 | 38,1 | 22,1 | 36,7 | 24,9 | 33,4 | 25,9 | 30,4 | 27,4 |
| CIEF279 | 39,5 | 19,5 | 37,7 | 21,0 | 33,5 | 23,4 | 30,3 | 24,3 | 27,1 | 25,6 |
| CIEF385 | 36,4 | 19,9 | 34,7 | 20,8 | 32,0 | 23,6 | 30,9 | 25,8 | 27,5 | 27,4 |

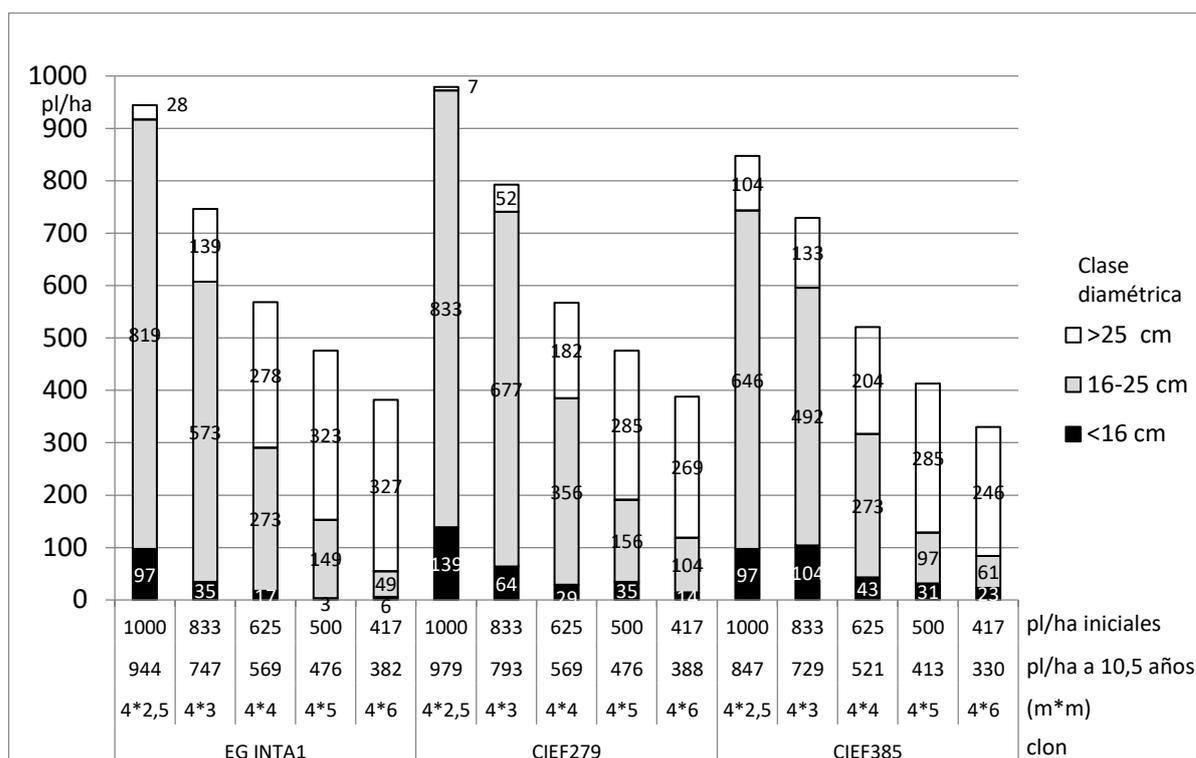


Figura 2.1. Número de plantas por hectárea según clase diamétrica por clon, espaciamiento y densidad.

Suponiendo la cosecha del monte a esa edad, se realizó la simulación del trozado del clon CIEF385 en los distintos espaciamientos, obteniendo la distribución del volumen en clases de trozas según diámetro en punta fina (DPF) y dos largos de trozado (Figura 2.2).

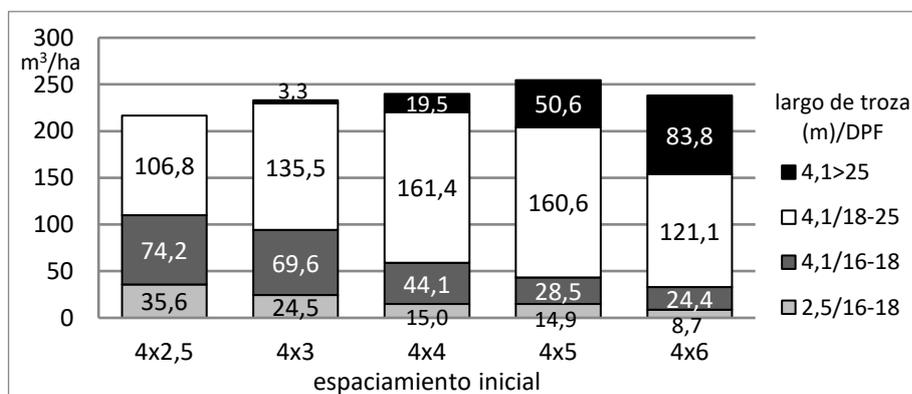


Figura 2.2. Volumen de trozas aserrables según diámetro en punta fina sin corteza. Rodal de 10,5 años del clon CIEF385

Otros ensayos clonales muestran respuestas similares al espaciamiento inicial. En un ensayo con dos clones de INTA en El Duraznal (Yuquerí, Concordia, Entre Ríos), donde se evalúan diferentes espaciamientos y manejos de la densidad con raleos, a los 7 años de edad también se observa la disminución del incremento medio anual en volumen y del volumen total a medida que aumenta el espaciamiento, y es notable la menor producción volumétrica del clon *E. grandis* x *E. camaldulensis* GC INTA 27 en comparación con el clon de *E. grandis* EG INTA 36 (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Variables de rodal de los dos clones según el espaciamiento.

| Espaciamiento (m x m) | CLON | | | | | | GC INTA 27 | | | | | |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 1,5*4 | 2,25*4 | 3*4 | 4*4 | 6*4 | 9*4 | 1,5*4 | 2,25*4 | 3*4 | 4*4 | 6*4 | 9*4 |
| Número de plantas por hectárea | 1488 | 592 | 782 | 609 | 379 | 210 | 1518 | 640 | 792 | 605 | 402 | 247 |
| Área Basal (m ² /ha) | 30,2 | 23,2 | 23,1 | 22,0 | 17,1 | 12,0 | 23,3 | 17,9 | 17,6 | 17,4 | 14,3 | 11,4 |
| Altura dominante (m) | 27,2 | 27,4 | 27,2 | 27,4 | 27,3 | 26,8 | 27,3 | 27,6 | 27,3 | 27,9 | 28,3 | 28,5 |
| IS 15 años (m) | 40,1 | 40,4 | 40,2 | 40,4 | 40,3 | 39,7 | 40,3 | 40,6 | 40,4 | 41,0 | 41,3 | 41,6 |
| Diámetro Cuadrático medio (cm) | 16,1 | 22,4 | 19,4 | 21,4 | 23,9 | 27,0 | 14,0 | 18,9 | 16,8 | 19,1 | 21,3 | 24,2 |
| Relación altura/DAP | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| Volumen total por hectárea con corteza (m ³ /ha) | 325,5 | 270,1 | 263,2 | 255,4 | 198,1 | 133,9 | 239,9 | 206,1 | 194,1 | 201,1 | 170,2 | 136,4 |
| Volumen total por ha sin corteza(m ³ /ha) | 284,6 | 239,1 | 232,0 | 225,9 | 175,5 | 118,4 | 208,3 | 181,7 | 170,1 | 177,5 | 150,9 | 121,3 |
| IMA cc (m ³ /ha/año) | 46,5 | 38,6 | 37,6 | 36,5 | 28,3 | 19,1 | 34,3 | 29,4 | 27,7 | 28,7 | 24,3 | 19,5 |

La Figura 2.3 muestra los promedios de DAP (cm) y altura total (m) de los clones a los 7 años de edad según el espaciamiento inicial, donde se indica también la densidad actual (plantas/ha). Se observa que el DAP promedio aumenta a medida que disminuye la densidad, mientras que la altura muestra valores similares para densidades de 785 plantas/ha o menores en el clon de *E. grandis*, y aumento de la altura promedio en el clon híbrido GC INTA 27 a medida que la densidad es menor.

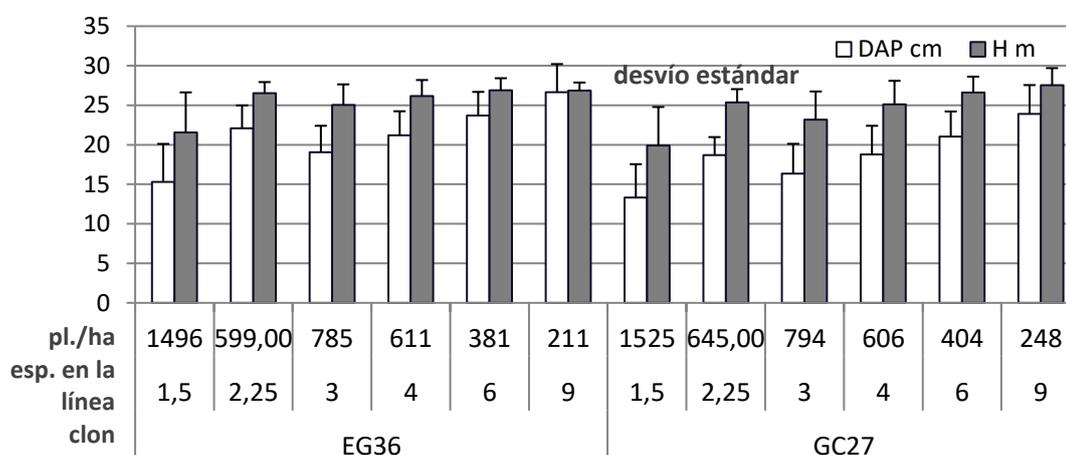


Figura 2.3. Promedios y desvíos estándar del DAP (cm) y altura total (m) de los clones según el espaciamiento, a los 7 años.

Manejo de la densidad

Para estimar la posibilidad de aplicar un raleo comercial a los 7 años, con los datos del ensayo en El Duraznal se simuló un raleo por lo bajo para alcanzar la densidad de 417 plantas por hectárea en las parcelas de 1,5, 2,25, 3 y 4 m entre plantas en la línea. Las parcelas con espaciamiento original de 4 m x 2,25 m se habían raleado a desecho a los 4 años, a densidad objetivo de 625 plantas/ha. Por otra parte, en las parcelas de 6 m x 4 m se simuló un raleo a 277 plantas/ha remanentes. A los individuos seleccionados para el raleo se les aplicó un simulador de trozado con dos opciones de procesamiento: 1) extracción de 1 poste basal

de 7,5 m y diámetro en punta fina con corteza (DPFcc) ≥ 16 cm, 2) extracción de 1 rollo basal de 4,10 m de largo y DPFcc ≥ 16 cm (aserrable); el volumen de trozas de DPFcc de 8 – 16 cm se clasificó como madera triturable. Con la diferencia entre el volumen total y el volumen comercial se calculó el volumen de despuntes.

Los resultados muestran que, para las condiciones del sitio del ensayo, del clon EG INTA 36 (Cuadro 2.3) a los 7 años se podrían sacar postes de 7,5 m en rodales con densidades iguales o menores que 611 plantas/ha, y rollos aserrables en rodales con el rango de densidades evaluadas (≤ 1496 plantas/ha). Del clon GC INTA 27, en cambio, no sería posible extraer postes a esa edad, y solo se podrían obtener rollos aserrables en los rodales plantados a 6 m x 4 m (Cuadro 2.4). Estos resultados hacen aún más notables las diferencias en el crecimiento y producción volumétrica de estos clones.

Cuadro 2.3 Resultados de la simulación del raleo y trozado del clon EG INTA 36 para estimar el volumen comercial de 3 formas de procesamiento de los árboles provenientes de raleo a los 7 años de edad.

| distancia en la línea plantas/ha | | 1,5 1496 | | 2,25 599 | | 3 785 | | 4 611 | | 6 381 | |
|---|-------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| Principal criterio de trozado de cada árbol | clase rollo | vol. m ³ /ha | n°/ha |
| 1) 1 poste basal | postes | 0 | 0 | 14,6 | 69 | 0 | 0 | 10,6 | 50 | 20,6 | 115 |
| | triturable | 129,1 | | 37,8 | | 77,9 | | 40,2 | | 15,6 | |
| | despuntes | 30,1 | | 3,97 | | 8,5 | | 4,3 | | 1,8 | |
| 2) 1 rollo basal aserrable | aserrable | 4,6 | 45 | 22,9 | 240 | 16,8 | 157 | 19,4 | 201 | 21,9 | 236 |
| | triturable | 129,2 | | 29,9 | | 61,4 | | 31,8 | | 14,5 | |
| | despuntes | 25,5 | | 3,4 | | 8,2 | | 3,9 | | 2 | |

Cuadro 2.4. Resultados de la simulación del raleo y trozado del clon GC INTA 27 para estimar el volumen comercial de 3 formas de procesamiento de los árboles provenientes de raleo a los 7 años de edad.

| Clon | | GC27 | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| distancia en la línea plantas/ha | | 1,5 1525 | | 2,25 645 | | 3 794 | | 4 606 | | 6 404 | |
| Principal criterio de trozado de cada árbol | clase rollo | vol. m ³ /ha | n°/ha |
| 1) 1 poste basal | postes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | triturable | 71,7 | | 46,4 | | 41,9 | | 28,5 | | 30,9 | |
| | despuntes | 37,4 | | 5,6 | | 10,3 | | 5,2 | | 2,7 | |
| 2) 1 rollo basal aserrable | aserrable | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8,5 | 86 |
| | triturable | 81 | | 47,1 | | 42,7 | | 29,2 | | 22,4 | |
| | despuntes | 28,3 | | 4,9 | | 9,4 | | 4,5 | | 2,7 | |

Índice de Área Foliar en el ensayo de El Duraznal

Natalia Tesón

Se estimó el índice de Área Foliar (IAF) a los 9 y 16 meses de edad para caracterizar de manera temprana el desarrollo de las plantas en los distintos tratamientos. Se determinó el área foliar específica de cada clon y la biomasa foliar, la que luego se relacionó con la altura total de los árboles para estimar el índice de área foliar (IAF) en los distintos tratamientos. A partir de la biomasa de cada individuo se calculó la superficie foliar total, y de la relación entre la superficie foliar con la superficie de las parcelas se obtuvo el IAF. Los resultados de la estimación a 9 meses se muestran en el Cuadro 2.5.

Cuadro 2.5. Índice de Área Foliar (IAF) correspondiente a cada tratamiento y clon a los 9 meses.

| GC INTA 27 | | | EG INTA 36 | | |
|----------------------------------|--------------------|------|--------------------|------|--|
| Densidad inicial (árboles/ha) | Supervivencia % | IAF | Supervivencia % | IAF | |
| 1666 | 95 | 0,22 | 93 | 0,67 | |
| 1111 | 93 | 0,13 | 94 | 0,34 | |
| 833 | 99 | 0,12 | 100 | 0,36 | |
| 625 | 95 | 0,07 | 97 | 0,29 | |
| 416 | 100 | 0,05 | 98 | 0,19 | |
| 277 | 91 | 0,03 | 93 | 0,07 | |

A los 16 meses se observó que el clon híbrido GC INTA 27 presenta, en general, valores más bajos de índice de área foliar (IAF) que el clon de *Eucalyptus grandis* EG INTA 36 para las distintas densidades de plantación (Cuadro 2.6). El híbrido, con valores menores del IAF, logra crecimientos en altura similares o mayores que EG INTA 36, lo que manifiesta una mayor eficiencia de crecimiento a la edad analizada. En el bloque muestreado, para la densidad inicial de 1111 árboles/ha se observó menor supervivencia del clon EG INTA 36 respecto del GC INTA 27. La altura promedio también mostró amplias diferencias: $2,71 \pm 0,62$ m para el GC INTA 27 y $1,58 \pm 0,48$ m para el EG INTA 36. En consecuencia, para este marco de plantación el IAF resultó más bajo para el EG.

Cuadro 2.6. Índice de Área Foliar (IAF) correspondiente a cada tratamiento y clon a los 16 meses.

| GC INTA 27 | | | | EG INTA 36 | | |
|----------------------------------|--------------------|------|------------------|--------------------|------|------------------|
| Densidad inicial (árboles/ha) | Supervivencia % | IAF | Altura media (m) | Supervivencia % | IAF | Altura media (m) |
| 1666 | 95 | 0,44 | 2,19 | 93 | 0,49 | 1,70 |
| 1111 | 93 | 0,48 | 2,71 | 87 | 0,26 | 1,58 |
| 833 | 92 | 0,22 | 2,17 | 92 | 0,38 | 2,15 |
| 625 | 95 | 0,20 | 2,36 | 97 | 0,35 | 2,31 |
| 416 | 98 | 0,12 | 2,24 | 98 | 0,18 | 2,00 |
| 277 | 91 | 0,10 | 2,55 | 93 | 0,09 | 1,79 |

Fertilización al establecimiento de clones de *Eucalyptus grandis*

María de los Ángeles García y Sergio O. Ramos

La fertilización con la plantación o en los primeros meses posteriores provee de nutrientes a los plantines durante la fase crítica del establecimiento, favoreciendo la supervivencia y el crecimiento inicial. Para plantaciones forestales de eucalipto de semilla de esta región, los fertilizantes usados son fosfato diamónico en dosis de 80 a 100 g/planta, o superfosfato triple, triple 15, y fertilizantes de liberación controlada en dosis de 10 a 20 gramos por planta y diferentes tiempos de liberación teórica de los nutrientes.

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, Tapebicuá 130 y Pomera DDT02155) se aplicaron 27 tratamientos de fertilización (Cuadro 2.7), resultantes de la combinación de fuentes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en tres dosis diferentes de cada nutriente.

Cuadro 2.7. Tratamientos de fertilización evaluados, según dosis de cada fertilizante aplicada. SFTCa=superfosfato triple de Calcio.

| TRATAMIENTO | UREA | SFTCa | KCl |
|-------------|------|-------|-----|
| 1=TESTIGO | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 50 |
| 3 | 0 | 0 | 100 |
| 4 | 0 | 90 | 0 |
| 5 | 0 | 90 | 50 |
| 6 | 0 | 90 | 100 |
| 7 | 0 | 180 | 0 |
| 8 | 0 | 180 | 50 |
| 9 | 0 | 180 | 100 |
| 10 | 45 | 0 | 0 |
| 11 | 45 | 0 | 50 |
| 12 | 45 | 0 | 100 |
| 13 | 45 | 90 | 0 |
| 14 | 45 | 90 | 50 |
| 15 | 45 | 90 | 100 |
| 16 | 45 | 180 | 0 |
| 17 | 45 | 180 | 50 |
| 18 | 45 | 180 | 100 |
| 19 | 90 | 0 | 0 |
| 20 | 90 | 0 | 50 |
| 21 | 90 | 0 | 100 |
| 22 | 90 | 90 | 0 |
| 23 | 90 | 90 | 50 |
| 24 | 90 | 90 | 100 |
| 25 | 90 | 180 | 0 |
| 26 | 90 | 180 | 50 |
| 27 | 90 | 180 | 100 |

Se midió altura total a los 48, 120 y 240 días desde la fertilización (ddf), a los 228 ddf se evaluó el grado de daño por heladas en el 30% de las plantas según una escala de copa (Cuadro 2.8), y a los 240 ddf se midió también altura de copa verde.

Cuadro 2.8. Escala de daños de copa por heladas

| Grado | Daño de copa (%) |
|-------|------------------|
| 0 | sin daño visible |
| 1 | Hasta 25 |
| 2 | >25 -50 |
| 3 | >50 - 75 |
| 4 | >75 |
| 5 | 100 (seca) |

Los datos de altura total se analizaron por fecha de medición con modelos mixtos, la asociación entre los daños por heladas y los clones se analizó mediante Tablas de contingencia, y la relación entre la altura total y la copa verde mediante Análisis de correlación y Regresión lineal. Se utilizó el programa InfoSTAT versión 2017 (Di Rienzo *et al.*, 2017).

En el análisis de las alturas medias se encontraron interacciones significativas entre los factores clon y fertilización. Para cada fecha de medición el menor valor de altura total en todos los tratamientos de fertilización se observó en el clon 130 de Tapebicuá, mientras que a los 240 ddf, en casi todos los tratamientos el clon de mayor altura media resultó ser el DDT02155 de Pomera.

(Figura 2.4).

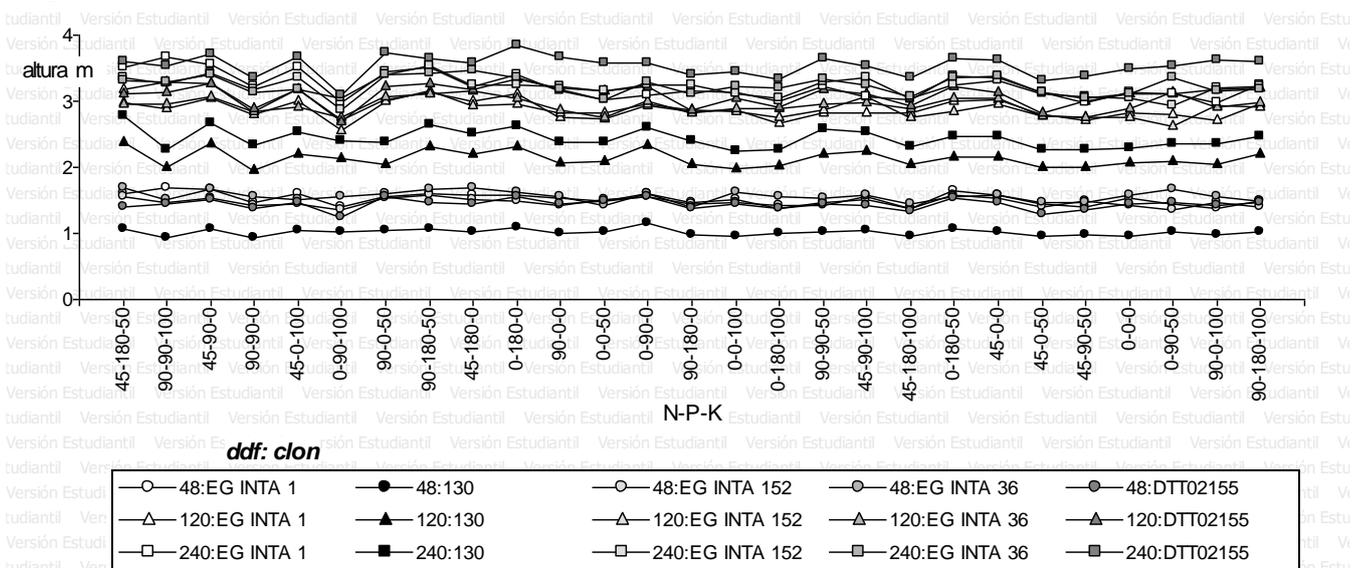


Figura 2.4. Altura promedio de los 5 clones según fertilización, para los 3 momentos de medición (48, 120 y 240 días desde la fertilización).

En cuanto a los daños por heladas, se observó asociación significativa ($p < 0,0001$) entre las frecuencias relativas de cada clon en las 6 categorías de grado de daño (Cuadro 2.9).

Cuadro 2.9. Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) en cada clase de daño de copa por efecto de las heladas (evaluación a los 228 ddf).

| Clon | Grado de daño | | | | | |
|--------------------|---------------|------|------|------|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| EG INTA 1 | 0,3 | 58,3 | 29,3 | 10,8 | 0,6 | 0,6 |
| 130 | 0 | 9,7 | 37,2 | 49,7 | 3,4 | 0 |
| EG INTA 152 | 0 | 24,9 | 45,4 | 29 | 0,6 | 0 |
| EG INTA 36 | 0,3 | 57,3 | 35,3 | 5,6 | 1,2 | 0,3 |
| DDT02155 | 0 | 36,7 | 37,5 | 24,3 | 1,5 | 0 |

Se observa que la altura de copa verde se correlaciona significativamente con la altura total a los 240 ddf (coeficiente de correlación de Pearson=0,80, $p < 0,0001$) y esa relación entre alturas es similar para los 5 clones (Figura 2.5).

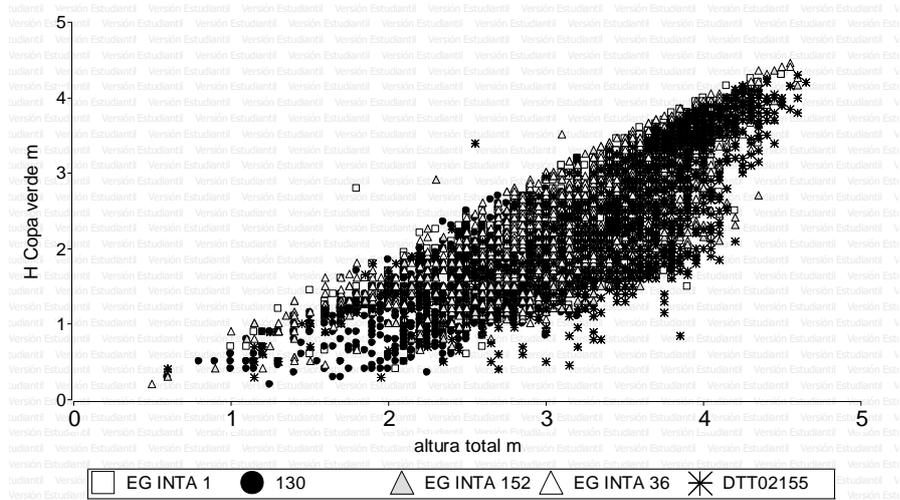


Figura 2.5. Relación entre la altura total y altura de copa verde de todos los tratamientos de fertilización y de los 5 clones, en la medición a los 240 ddf.

Agradecimientos: Forestadora Tapebicuá S.A., Pomera Maderas, Beyga Humaitá S.A., Profertil.

Ensayos de poda en diferentes materiales

En esta región las plantaciones de eucalipto se podan según la edad y tamaño de las plantas y la disponibilidad de recursos, aplicando muchas veces podas tardías, a árboles con gran proporción de ramas muertas y con diámetros mayores a los del cilindro defectuoso deseado. A pesar de las diferencias entre clones de eucalipto en cuanto a la persistencia de las ramas y al crecimiento, las plantaciones clonales se podan sin tener en cuenta esas cuestiones. Por otro lado, la poda debe justificarse por el aumento en el precio de los rollizos. Realizar la poda a 4,5 m en una sola intervención permitiría obtener al menos un rollizo basal podado y podrían reducirse los costos. Estos ensayos estudian el efecto de la intensidad y época de poda en la cicatrización de las heridas y el crecimiento de diferentes materiales comerciales de eucalipto, la relación entre el manejo y las características de las ramas, y las variables que permiten definir el momento adecuado para podar efectivamente.

Efecto de la época y la intensidad de poda en los clones de *Eucalyptus grandis* EG INTA 152 y del híbrido *E. grandis* x *E. camaldulensis* GC INTA 27

María de los Ángeles García y Sergio O. Ramos

Efecto sobre la cicatrización de las heridas

Se midieron los diámetros vertical y horizontal de los nudos (Cuadro 2.10) mensualmente durante un año, y se registraron en cada fecha las heridas cicatrizadas.

Cuadro 2.10. Diámetro inicial de nudos según material genético

| Edad | época poda | Clon | Diámetro inicial (mm) |
|----------|------------|-------------|-----------------------|
| 13 meses | primavera | EG INTA 152 | 9,5 |
| | | GC INTA 27 | 6,9 |
| 20 meses | invierno | EG INTA 152 | 12,0 |
| | | GC INTA 27 | 7,1 |

Las heridas de poda de primavera cicatrizaron más rápido que las de invierno. Además, el clon EG INTA 152 cicatrizó más rápido las heridas de poda que el clon híbrido GC INTA 27 en ambas épocas de poda (Figura 2.6).

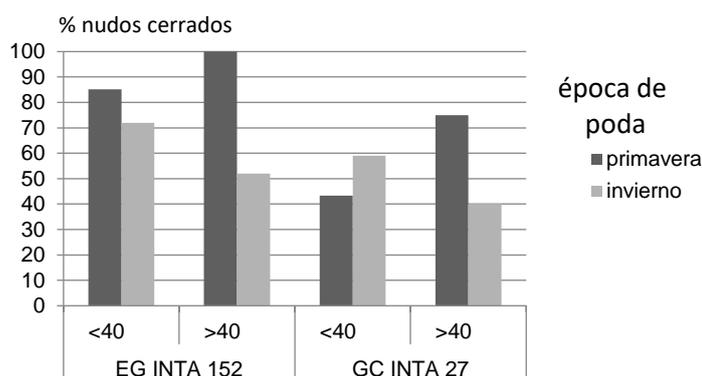


Figura 2.6. Proporción de nudos cerrados al final de la evaluación (12 mdp) según clon, porcentaje de copa remanente y época de poda.

Las plantas podadas en primavera con >40 % de copa remanente (% CR) presentaron una mayor proporción de las heridas cicatrizadas en comparación con las plantas con <40 % CR. En cambio, de las plantas podadas en invierno, las con >40 % CR mostraron menor proporción de heridas de poda cicatrizadas que las plantas con <40 % CR.

Efecto sobre el crecimiento

Se midieron DAP y altura antes de las podas (Cuadro 2.11) y un año después de la poda se remidieron los ensayos y se evaluó el efecto de la época e intensidad de poda sobre el crecimiento diamétrico y en altura de los clones.

Cuadro 2.11. Altura total y diámetro a 1,30 m (DAP) de los rodales antes de las podas.

| Edad | Clon | Variable | Media | Desvío estándar | Mínima | Máxima |
|----------|-------------|------------|-------|-----------------|--------|--------|
| 13 meses | EG INTA 152 | Altura (m) | 2,7 | 1,1 | 0,3 | 5,8 |
| | | DAP (cm) | 3,5 | 1,4 | 1,0 | 7,5 |
| | GC INTA 27 | Altura (m) | 4,0 | 1,6 | 0,4 | 7,5 |
| | | DAP (cm) | 4,2 | 1,7 | 0,8 | 9,0 |
| 20 meses | EG INTA 152 | Altura (m) | 4,1 | 1,4 | 0,6 | 8,0 |
| | | DAP (cm) | 4,1 | 1,7 | 1,0 | 9,7 |
| | GC INTA 27 | Altura (m) | 6,2 | 2,0 | 1,0 | 11,4 |
| | | DAP (cm) | 5,4 | 2,0 | 1,0 | 11,6 |

El crecimiento diamétrico de ambos clones fue significativamente menor cuanto menor % CR (20-29 % CR <30-39 % CR <40-49 % CR <50-59 % CR) en las plantas podadas en primavera; en las podadas en invierno fue menor en las plantas de <40 % CR que en las de >40 % CR (Figura 2.7.A).

El crecimiento en altura de EG INTA 152 resultó significativamente menor en las plantas de <40 % CR que en las de >40 % CR después de la poda de primavera, sin diferencias entre plantas podadas en invierno. El clon GC INTA 27, en cambio, presentó diferencias en crecimiento en altura según % CR (20-29 % CR <30-39 % CR <40-49 % CR <50-59 % CR), tanto en las plantas podadas en primavera como en invierno (Figura 2.7.B).

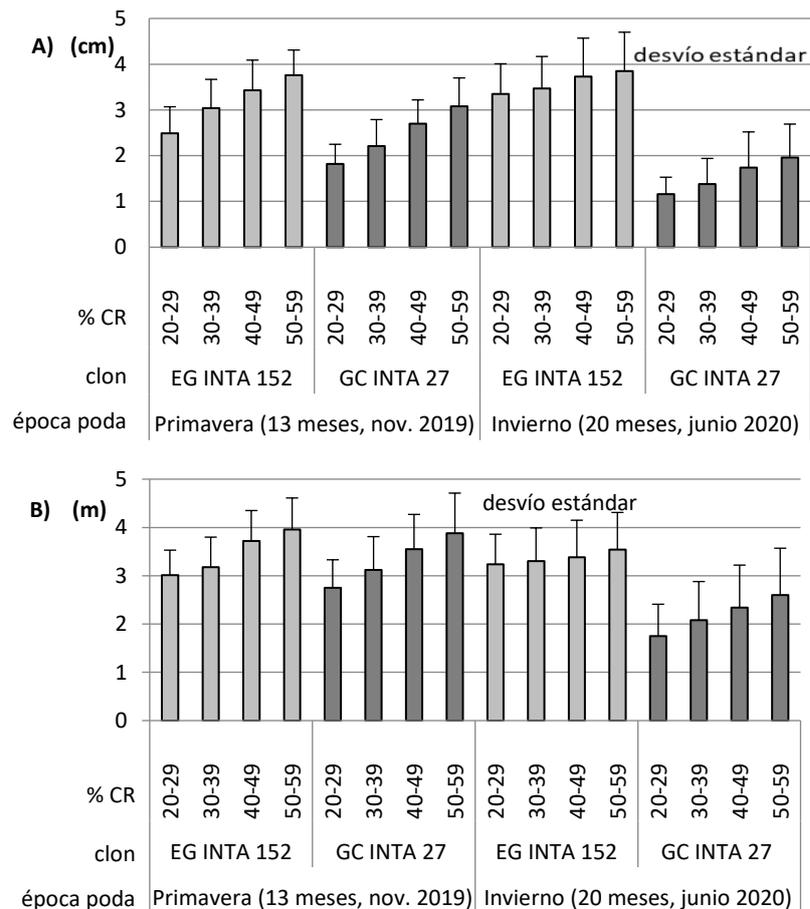


Figura 2.7. Crecimientos medios en diámetro (A) y altura (B) de los clones estudiados y sus desvíos estándar, agrupados según clase de copa remanente y época de poda.

Ensayos de poda de *Eucalyptus grandis* de HSP y de los clones de *E. grandis* EG INTA 36 y los híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* GC INTA 8, GC INTA 24, GC INTA 9

María de los A. García, Sergio O. Ramos y Jorge Alejandro

En lotes comerciales de 21 y 24 meses de edad se instalaron diferentes ensayos de poda a dos alturas: 2,5 m y 4,5 m. En *E. grandis* y GC INTA 8 se aplicaron los tratamientos T1: poda a 2,5 m y T2: poda a 4,5 m; en los clones EG INTA 36, GC INTA 24 y GC INTA 9 los tratamientos fueron T1: poda a 2,5 m a 21 meses, T2: poda a 4,5 m a 21 meses, T3: poda a 2,5 m a 21 meses y levante a 4,5 m a 24 meses. El Cuadro 2.12 muestra

las características de las ramas según el material y el Cuadro 2.13 la copa remanente resultante de cada poda.

Cuadro 2.12. Diámetro medio, cantidad y proporción de ramas vivas en la porción de 1,2 m – 1,4 m del fuste antes de la poda, según el material

| | <i>E. grandis</i> | EG INTA 36 | GC INTA 8 | GC INTA 24 | GC INTA 9 |
|--------------------------------|-------------------|------------|-----------|------------|-----------|
| Diámetro medio (mm) | 10,0 | 11,2 | 6,5 | 9,0 | 9,3 |
| Cantidad (rango) | 2-4 | 2-5 | 2-7 | 2-4 | 3-6 |
| Cantidad (frecuencia %) | 3 (50 %) | 4 (47 %) | 3 (51 %) | 3 (75 %) | 4 (56 %) |
| | 4 (42 %) | 3 (42 %) | 4 (37 %) | 4 (14 %) | 5 (22 %) |
| Ramas vivas 21 meses | 66,3 % | 98 % | 65,8 % | 66 % | 82 % |
| Ramas vivas 24 meses | 31,3 % | | 19 % | | |

Cuadro 2.13. Copa remanente promedio (%) después de la poda

| Época (Edad) | <i>E. grandis</i> | EG INTA 36 | GC INTA 8 | GC INTA 24 | GC INTA 9 |
|-----------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| Invierno (21 meses) | T1: 65 | T1: 68 | T1: 75 | T1: 73 | T1: 65 |
| | T2: 42 | T2 y T3: 42 | T2: 56 | T2 y T3: 47 | T2 y T3: 45 |
| Primavera (24 meses) | T1: 71 | | T1: 77 | | |
| | T2: 48 | | T2: 60 | | |

Efecto sobre la cicatrización de las heridas

Se midieron los diámetros vertical y horizontal de los nudos bimensualmente durante un año, y se registraron en cada fecha las heridas cicatrizadas; el ensayo de los clones EG INTA 36 y GC INTA 24 se encuentra todavía en evaluación, mientras que en el clon GC INTA 9 se han aplicado T1 y T2 a la fecha, y se cuenta con la información inicial presentada en la sección anterior.

La Figura 2.8 muestra el porcentaje de heridas de poda cicatrizadas 12 meses después de la poda (mdp) de invierno y 13 mdp de primavera en *E. grandis* y GC INTA 8, mientras que la Figura 2.9 muestra el porcentaje de heridas de poda cicatrizadas 11 mdp de los clones EG INTA 36 y GC INTA 24.

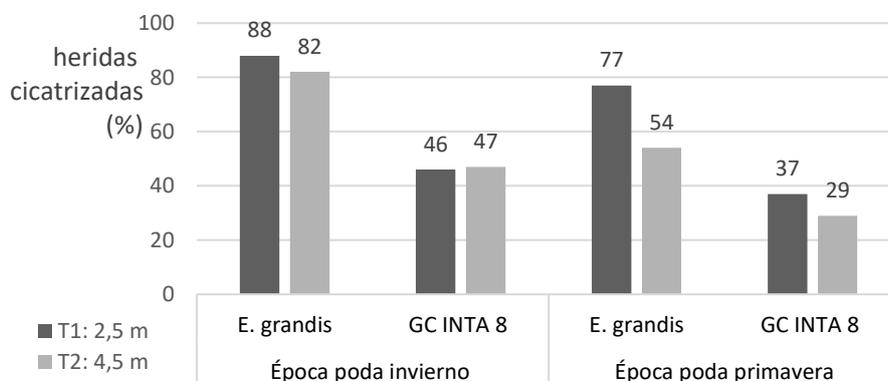


Figura 2.8. Porcentaje de heridas de poda cicatrizadas hasta 12 mdp de invierno y 13 mdp de primavera

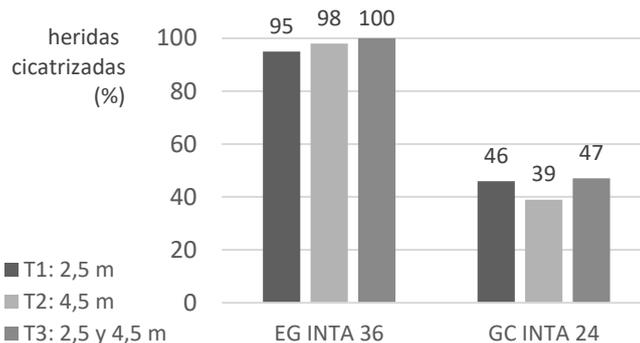


Figura 2.9. Porcentaje de heridas de poda cicatrizadas hasta 11 mdp

Se observan diferencias en la cicatrización de las heridas entre los materiales evaluados: *E. grandis* (material de semilla) y el clon de *E. grandis* EG INTA 36 presentan mayor porcentaje de heridas de poda cicatrizadas en comparación con los clones híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* GC INTA 8 y GC INTA 24, en los controles de 11 y 12 mdp. Esto sugiere que, además de considerar el estado de las ramas y el diámetro de las plantas para definir el momento de podar, es importante considerar las diferencias en cuanto a las respuestas de los materiales a esa intervención; mientras las heridas permanecen abiertas hay mayor riesgo de ingreso de organismos perjudiciales, y hasta no cerrar y cubrirse los muñones de la poda por el crecimiento, no se comienza a producir madera libre de nudos.

Efecto sobre el crecimiento

Se evaluó el efecto de la época e intensidad de poda sobre el crecimiento diamétrico y en altura de *E. grandis* y del clon GC INTA 8 un año después de la poda, y el efecto de la poda en el crecimiento diamétrico de los clones EG INTA 36 y GC INTA 24 a 6 y 3 meses de haberse aplicado los tratamientos. El Cuadro 2.14 muestra el diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura de los materiales antes de la poda.

Cuadro 2.14. DAP y altura promedio de los materiales antes de la poda

| | <i>E. grandis</i> | GC INTA 8 | EG INTA 36 | GC INTA 24 |
|-------------------|-------------------|-----------|------------|------------|
| DAP (cm) | 8,7 | 8,9 | 8,5 | 8,9 |
| Altura (m) | 8,4 | 10,7 | 7,9 | 8,8 |

Las plantas de *E. grandis* podadas en primavera presentaron crecimiento diamétrico significativamente mayor en T1 (3,9 cm) en comparación con T2 (3,4 cm), mientras que las del clon híbrido GC INTA 8 mostraron crecimiento en altura significativamente mayor en T1 (3,5 m) en comparación con T2 (3,2 m). Entre las plantas podadas en invierno, en cambio, no se encontraron diferencias significativas en los crecimientos. El crecimiento diamétrico de EG INTA 36 no mostró diferencias significativas según el tratamiento de poda, con valor promedio de 2,0 cm en los tres tratamientos. En GC INTA 24, en cambio, el crecimiento diamétrico resultó significativamente diferente según el tratamiento: T1 (1,8 cm) > T3 (1,6 cm) > T2 (1,3 cm).

Relación entre el manejo del rodal y características de las ramas de los clones *E. grandis* EG INTA 152 y *E. grandis* x *E. camaldulensis* GC INTA 27

Sergio Ramos y María de los Ángeles García

Se estudió la relación entre la cantidad, tamaño y persistencia de las ramas y la orientación de las líneas de plantación, el espaciamiento y la velocidad de oclusión de las heridas de poda.

- La cantidad de ramas no mostró asociación con el clon ni con el espaciamiento.
- Se observó asociación significativa entre la persistencia de las ramas, el clon y el espaciamiento a los 13 y a los 20 meses de edad.
- El diámetro de las ramas vivas resultó mayor que el de las ramas muertas.
- La oclusión de las heridas de poda de ramas vivas se produjo a mayor velocidad que en las ramas secas.
- Las ramas de mayor tamaño se orientan al Este.

Evaluación del momento de poda en *E. grandis*

Ciro Mastrandrea

En este estudio se evaluó la incidencia del momento de poda en la calidad de los rollos obtenidos. Se evaluaron los rollos 1 (basal) y 2 de 4 árboles por cada tratamiento de poda (Cuadro 2.15). Los rollos evaluados tenían 3,10 m de largo.

Cuadro 2.15. Tratamientos y tipo de poda según el momento de aplicación.

* Tratamiento 6: el levante de poda se realizó a 6,5 m

| <i>Tratamientos</i> | <i>Poda baja (2,3m)</i> | | <i>Levante de poda (4,5m)</i> | |
|---------------------|------------------------------|------------------|------------------------------------|---------------------|
| 3 | muy temprana | 1 año y 5 meses | temprano | 2 años |
| 4 | temprana | 1 año y 8 meses | temprano | 2 años |
| 5 | intermedia | 2 años | intermedia | 3 años y 3 meses* |
| 6 | tardía | 2 años y 6 meses | tardía* | 3 años y tres meses |
| 7 | sin poda | | sin poda | |

Para la evaluación de los tratamientos de poda según la calidad de rollos producidos, se utilizaron tres indicadores: el cilindro con defectos (Cd), el factor de conversión clear (volumen o porcentaje de madera libre de nudos obtenido de cada rollo) y el Índice de grado (Cuadro 2.16).

Cuadro 2.16. Tratamientos y valores de los indicadores para los rollos 1 y 2

* Tratamiento 6: el levante de poda se realizó a 6,5 m

| TRATAMIENTO | CD (cm) | | FACTOR DE CONVERSIÓN (CLEAR) | | ÍNDICE DE GRADO | |
|-------------|---------|---------|------------------------------|---------|-----------------|---------|
| | rollo 1 | rollo 2 | rollo 1 | rollo 2 | rollo 1 | rollo 2 |
| 3 | 14,28 | 20,43 | 0,33 | 0,11 | 1,05 | 0,85 |
| 4 | 16,05 | 19,83 | 0,20 | 0,09 | 0,79 | 0,88 |
| 5 | 15,69 | 17,67 | 0,16 | 0,09 | 0,74 | 0,81 |
| 6 | 19,30 | 19,38 | 0,12 | 0,10 | 0,61 | 0,84 |
| 7 | 20,69 | | 0,12 | | 0,67 | |

El índice de grado es un indicador de la calidad de un rollizo podado y surge del producto del diámetro a la altura del pecho (dap) por el factor de conversión industrial de aserrado en relación al diámetro que contiene los defectos. Park (1980, 1983) considera que valores del Índice de grado menores a 1 es el límite inferior de una poda con posible retorno económico.

En base a los resultados de este ensayo se concluye que:

- La poda debe ser realizada antes del año y cinco meses (8 cm de DAP), lo que permitiría obtener valores aceptables de Cd, % de madera clear, e Índice de grado.
- Para el rollo 1 el mejor tratamiento resultó ser el número 3 (Figura 2.10).
- El levante de poda debe ser realizado con mayor frecuencia o a una mayor altura que la utilizada en este ensayo.
- Las podas deben ser de acuerdo con los largos de rollos utilizados. Para que una poda se justifique es imprescindible que ella cubra en su totalidad el largo comercial de una troza, o, en su defecto, que el diámetro máximo sobre muñón no sea superior al de la poda anterior.
- El mayor potencial para producir madera clear se encuentra en las trozas basales del árbol. Sin embargo, las trozas 2 presentan buen potencial para producir madera clear y mejor aptitud para usos estructurales que las trozas basales.
- Existe una relación entre el porcentaje de remoción de área verde y la pérdida de incremento en altura, área basal y volumen. Sin embargo, y de acuerdo con antecedentes neozelandeses, es preferible podar más, que podar menos. Lo importante es reducir al máximo el cilindro con defectos aunque se pierda temporalmente crecimiento.

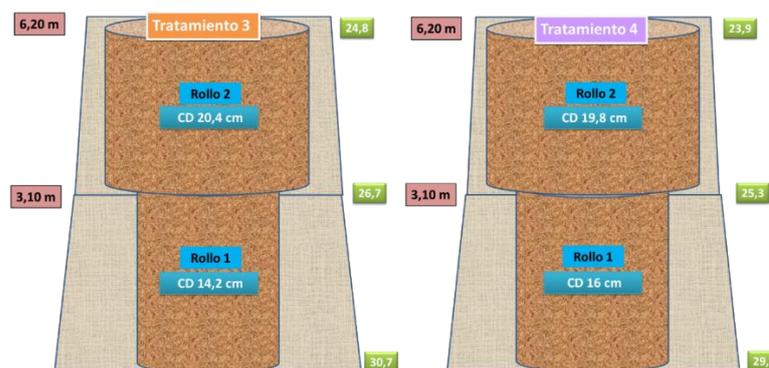


Figura 2.10. Tratamientos 3 y 4: relación del diámetro con el cilindro con defectos

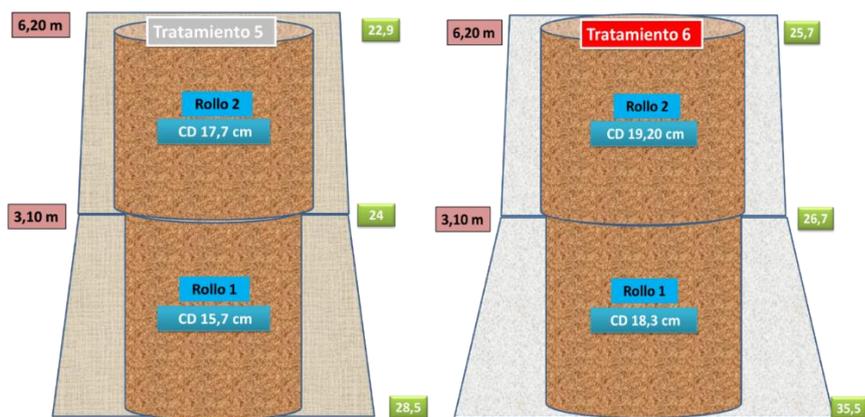


Figura 2.11. Tratamientos 5 y 6: relación del diámetro con el cilindro con defectos

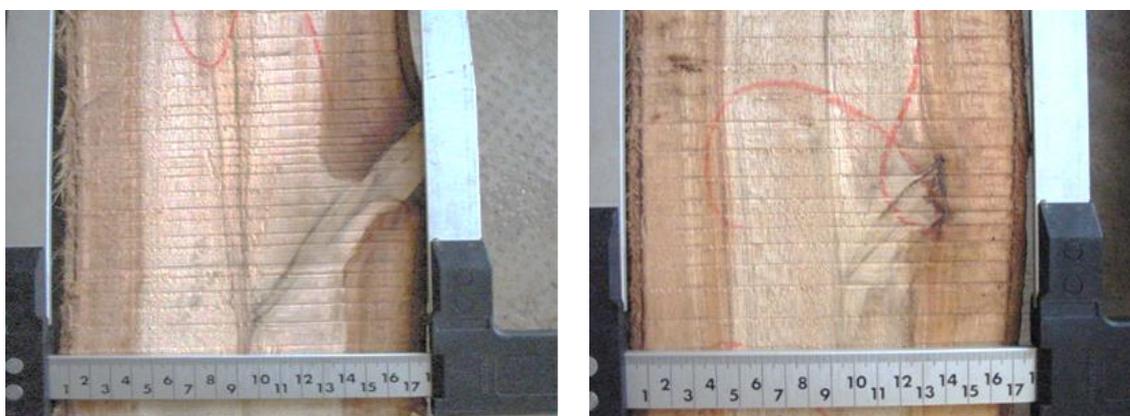


Figura 2.12. Detalle diámetro total en relación al cilindro con defectos: sin poda (Izquierda) y con poda (derecha)- Fuente: Informe Final PIA 03/01

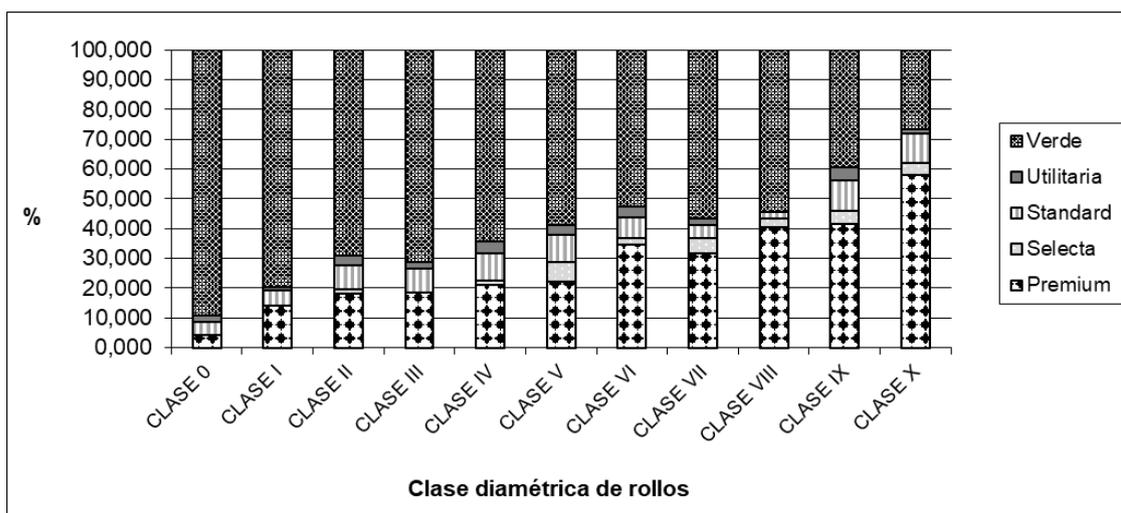


Figura 2.13. Rendimiento por calidad de tablas según clase diamétrica de rollos

Rendimientos por calidad de tablas y clases diamétricas de rollos

Tesis de grado de Matías Baccon

Para este estudio se seleccionaron 6 clases diamétricas de rollos de 12 pies, con manejo forestal y sin manejo forestal, con el objetivo de evaluar el efecto del manejo y el diámetro sobre la calidad de tablas producida. Los resultados del rendimiento según el manejo se muestran en la Figura 2.14. Los árboles con manejo contaban con poda baja (2,4 m) y poda alta (5 m).

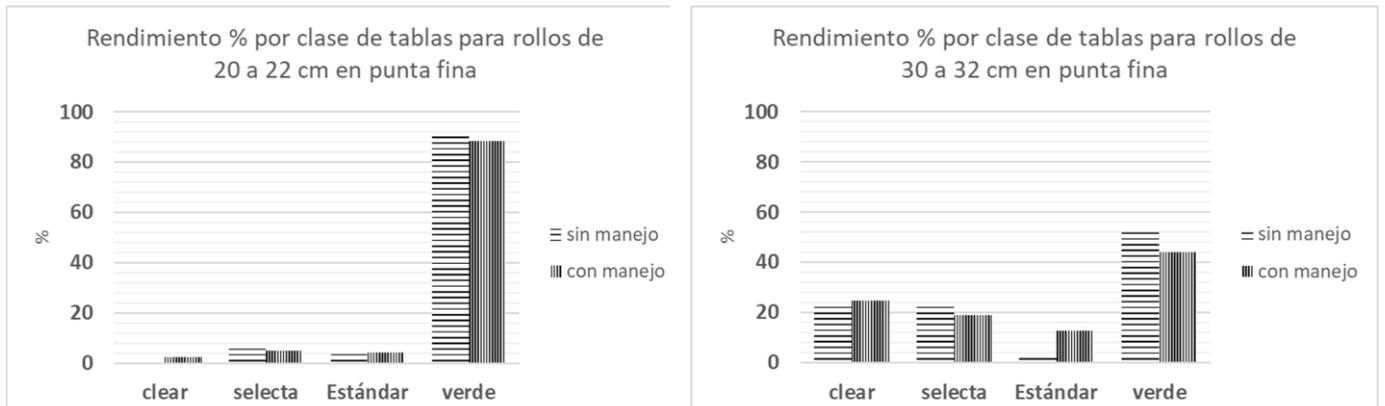


Figura 2.14. Rendimiento porcentual por calidad de tablas para la clase de rollos de 20 a 22 cm (izquierda) y de 30 a 32 cm (derecha)

Tiempos y costos de Poda

Ciro Mastrandrea y Matías Martínez

El rendimiento de la operación de poda depende, entre otros factores, de la especie, de la altura de poda, del entrenamiento del personal y del tipo de equipamiento utilizado (Fonseca 1979). En la región, la operación de poda se paga principalmente por planta o por hectárea; en ambas modalidades la diferente estructura de ramas de los materiales genéticos influyen sobre los tiempos de operación, elevando o disminuyendo el rendimiento por hora o por día de los operarios, y por tanto inciden en los costos.

A simple vista es factible determinar que los diferentes clones (sean puros o híbridos) poseen diferente estructura de copa y ramas. Estas variables afectan el rendimiento y tiempos de poda, y por tanto el costo de la misma para cada material genético; tener en cuenta estas diferencias permite planificar más eficientemente las actividades anuales y determinar la conveniencia de la plantación de alguno de estos materiales genéticos en base a estas variables.

Se realizaron estudios de tiempos de poda baja (a 2,5 m) en dos establecimientos. En ambos casos la poda se realizó cumplido el año y diez meses. En uno de los establecimientos la poda se realizó con serrucho, en el otro con tijeras de poda. El personal que realizó la poda fue diferente en cada caso.

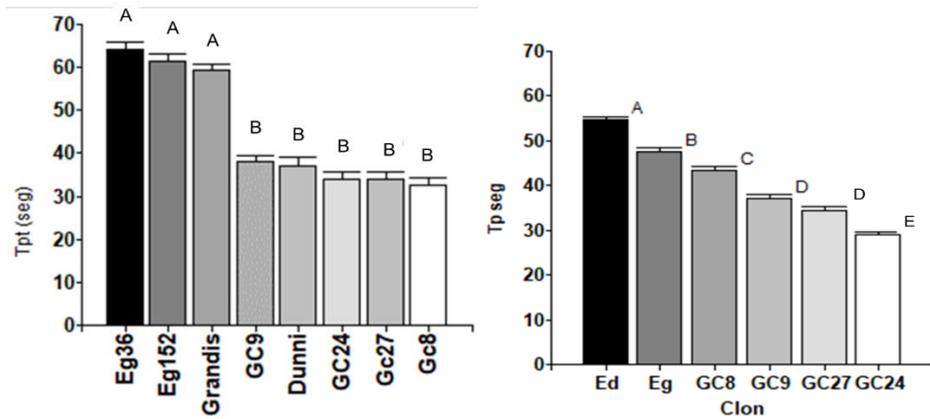


Figura 2.15. Tiempos medios de poda por planta para ensayo A (Izquierda) poda con serrucho y B (Derecha) poda con tijeras. Medias con una letra en comun no son significativamente diferentes.LSD fisher ($p > 0,05$)

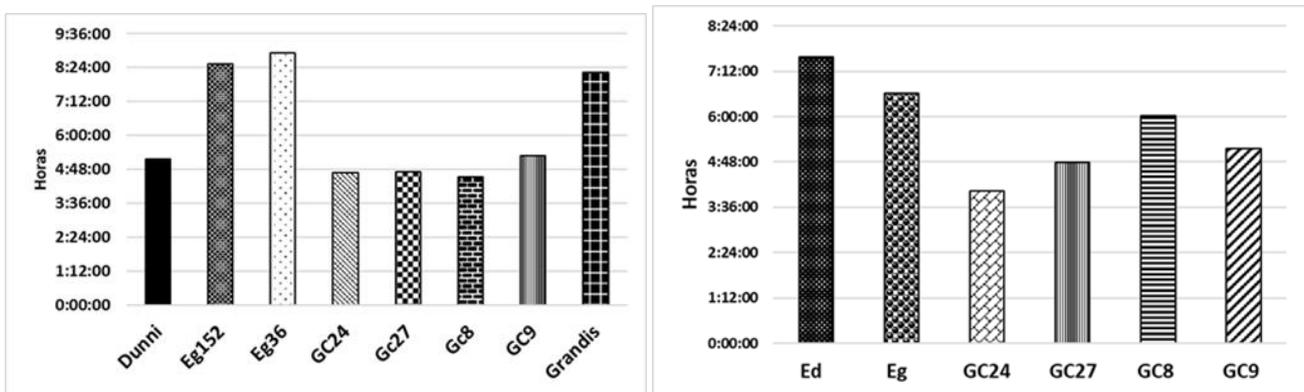


Figura 2.16. Tiempos medios de poda por hectarea (500 plantas) para ensayo A (Izquierda) poda con serrucho y B (Derecha) poda con tijeras.

Conclusiones:

- En el proceso de poda los clones híbridos insumieron menores tiempos que los clones puros y el material seminal. Para el ensayo A, no se encontraron diferencias significativas en los tiempos de poda entre los clones híbridos, mientras que para el ensayo B se encontraron diferencias significativas entre clones híbridos (Figura 2.15).
- Los clones puros presentaron ramas bajas vivas y más gruesas que el podador debió serruchar para extraerlas.
- Muchos de los clones híbridos presentaron ramas muertas finas que el podador quitaba con un arrastre de arriba hacia abajo con la mano o el envés del serrucho o tijera. Esto permitió reducir los tiempos de poda.
- Para el caso de los clones híbridos el podador puede podar una mayor cantidad de plantas en el transcurso de la jornada laboral en comparación con materiales de *E.grandis* puros.
- La poda con tijera resultó realizarse con mayor rapidez y mejor corte (Figura 2.16).
- En una jornada laboral de 8 horas un podador podrá realizar casi dos hectáreas en el caso de los clones híbridos, mientras que para los clones puros una hectárea. Se deberá incentivar al podador más productivo para que no baje su productividad.

Parada 3. Propiedades de la madera

Ciro Mastrandrea y Matías Martínez

El conocimiento de la anatomía, propiedades físicas, químicas y mecánicas de la madera es indispensable si se quiere contar con una base sólida que permita determinar su utilización adecuada. La madera presenta variaciones en sus propiedades físicas y mecánicas entre árboles de la misma especie y aun en el mismo árbol. Hay gran variabilidad de acuerdo con la altura del fuste y la profundidad desde la corteza hacia adentro, aunque las variaciones entre los árboles son más significativas que la variación dentro del mismo.

En general, la característica de la madera de una especie depende de una serie de factores, entre ellos la edad, clima, suelo y silvicultura, además de la ubicación geográfica y sitio. La densidad es una de las propiedades físicas más importantes, dado que es un buen indicador de la calidad en varios usos y se encuentra relacionada a propiedades de resistencia (MOE y MOR) y estabilidad de la madera, teniendo, además, influencia en la trabajabilidad y propiedades acústicas.

Variación del MOEd y la densidad según material genético, densidad inicial y factores de rodal

En un ensayo plantado en octubre de 2010 con los clones EG INTA 1, CIEF279 y CIEF385 se evalúa el efecto de la densidad inicial, el material genético y variables de rodal (esbeltez) sobre las propiedades de la madera: Módulo de elasticidad dinámico (MOEd) y densidad. Los espaciamientos iniciales analizados fueron: 4 m x 2,5 m, 1000 plantas/ha; 4 m x 4 m, 625 plantas/ha y 4 m x 6 m, 417 plantas/ha. Las hipótesis planteadas fueron que el módulo de elasticidad (MOEd) y la densidad de la madera son afectados por el material genético, el distanciamiento, la esbeltez y sus interacciones

Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre variables y análisis estadístico utilizando el Módulo de Modelos lineales generalizados mixtos (MLGM) del software InfoSTAT (2020), donde el MOEd y la densidad fueron las variables a analizar y clon y distanciamiento las variables de clasificación, mientras que la esbeltez se utilizó como covariable. Se utilizó el modelo de errores independientes y el test LSD de Fisher para la comparación de medias.

Análisis de correlación para el Módulo de elasticidad dinámico (MOEd) y la densidad de la madera

El MOEd mostró correlación negativa ($r = -0,58$) y significativa ($p < 0,001$) con la esbeltez.

| | MOE (Gpa) | Distconv | Esbeltez |
|-----------|-----------|----------|----------|
| MOE (Gpa) | 1,00 | 0,63 | 0,14 |
| Distconv | 0,03 | 1,00 | 0,00 |
| Esbeltez | -0,08 | -0,58 | 1,00 |

Cuadro 3.1. Coeficiente de correlación de Pearson para MOEd, distanciamiento y esbeltez

Se observó que la esbeltez se correlaciona negativa y significativamente con el distanciamiento inicial (coef. de Pearson= - 0,58, $p < 0,001$) y con la densidad normal (DN) de la madera (coef. de Pearson= - 0,15, $p = 0,0047$) (Cuadro 3.2).

| | Distconv | Esbeltez | DN (Kg/m3) |
|-------------|----------|----------|-------------|
| Distconv | 1,000 | 0,000 | 0,784 |
| Esbeltez | -0,579 | 1,000 | 0,005 |
| DN (Kg/m3) | 0,014 | -0,149 | 1,000 |

Cuadro 3.2. Coeficiente de correlación de Pearson para densidad normal (DN), distanciamiento (Distconv) y esbeltez

Resultados

Se observa que el material genético posee una baja correlación con el valor de MOEd, mientras que presenta una alta correlación para la densidad normal. Los diferentes distanciamientos afectan el coeficiente de esbeltez. Se observa una tendencia decreciente del Índice de esbeltez (Figura 3.1) con el mayor espaciamiento inicial, y la misma es igual para los tres materiales analizados.

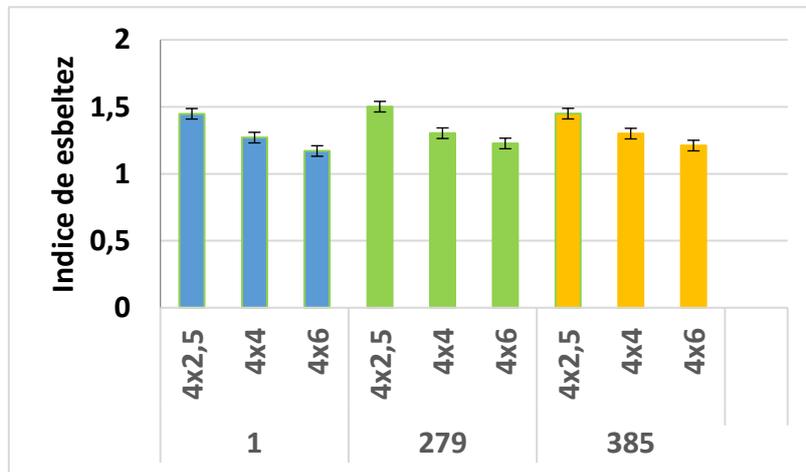


Figura 3.1. Índices de esbeltez para diferentes materiales genéticos y distanciamientos

Análisis de medias para MOEd y densidad normal (12%)

Para el análisis estadístico se utilizó MLGM, con esbeltez como covariable. En el análisis de medias para el módulo de elasticidad (MOEd) se observaron diferencias significativas entre materiales ($p < 0,001$), siendo el clon 279 el que mayores valores presentó y se diferenció significativamente del resto de los materiales. Para las variables distanciamiento ($p = 0,5585$) y la interacción entre esta con material genético, no se encontraron diferencias significativas ($p = 0,3070$). En la figura 3.2.b. se puede observar la correlación entre distanciamiento y Moed sin observar una tendencia clara.

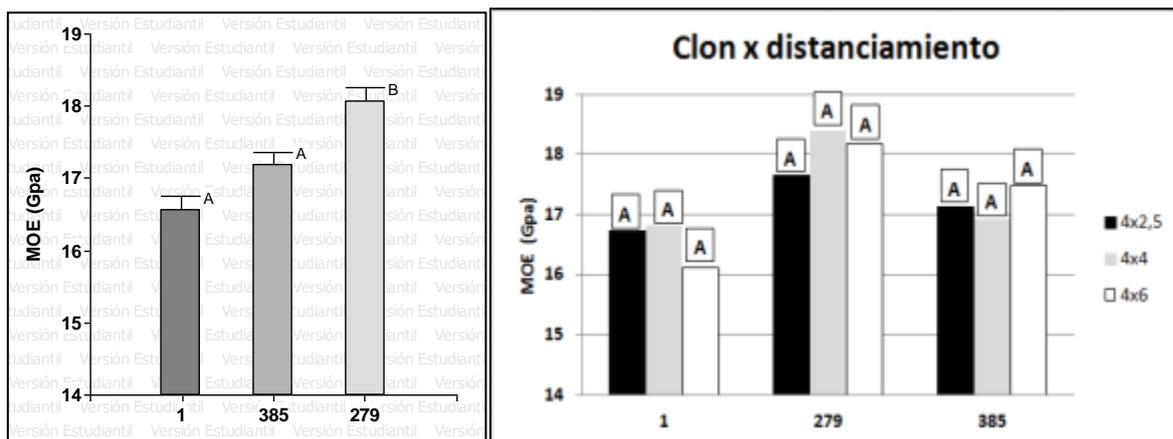


Figura 3.2. Valores de medias para el MOEd, según material genético (a) y según distanciamiento (b). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Test LSD de Fisher

Densidad normal (12%) de la madera

Para el análisis estadístico se utilizó MLGM, con esbeltez como covariable. Para la densidad normal (12 %) se encontraron diferencias significativas entre los diferentes materiales genéticos ($p < 0,001$), y la

interacción entre material genético (clon) y el distanciamiento ($p=0,0014$). El clon 385 resultó ser el de mayor densidad y el clon 1 el de menor densidad (Figura 3.3).

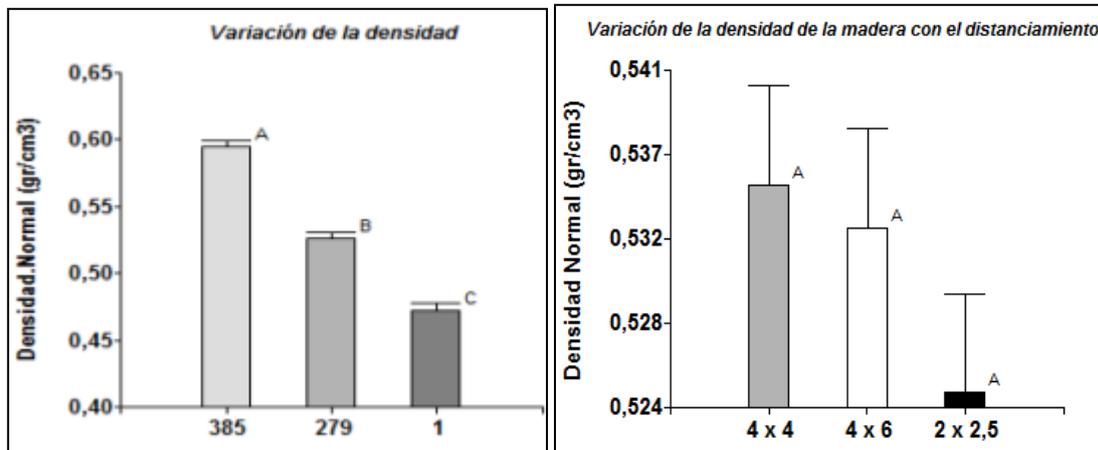


Figura 3.3. Valores de medias para la densidad normal, según material genético (a) y según distanciamiento (b). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Test LSD Fisher

Para la interacción entre materiales genéticos y distanciamientos no se observa una tendencia general, siendo esta interacción diferente en cada caso. Existen diferencias significativas entre materiales y en uno de los distanciamientos para el caso del clon 279.

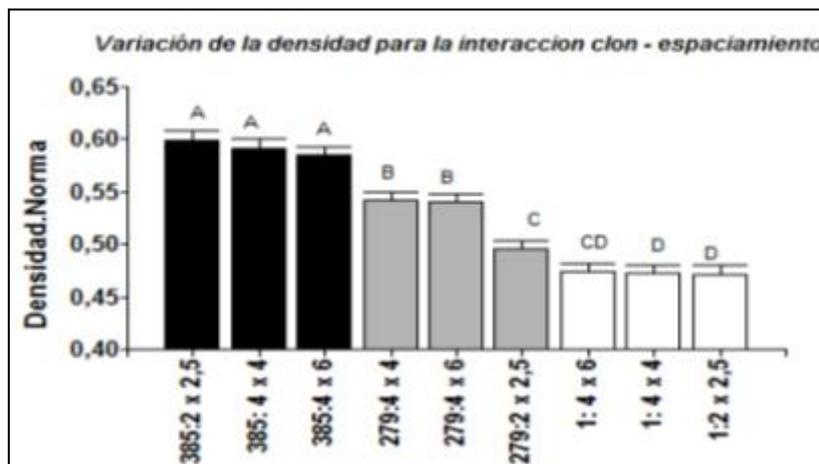


Figura 3.4. Valores de medias para la interacción clon y distanciamiento. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Test LSD Fisher

Para ambas propiedades analizadas el material genético es la variable más influyente, mientras que el distanciamiento no presenta efecto sobre las mismas. Para la densidad, la interacción entre material genético y distanciamiento produce variación en un solo material genético.

Flexión estática y dureza de clones de eucaliptos de INTA

Matías S. Martínez, Ciro Mastrandrea Ciro, Rosa A. Winck Rosa, Leonel Harrant y Javier Oberschelp

Las propiedades mecánicas de la madera se relacionan con su resistencia a fuerzas externas y son esenciales para un uso eficiente del recurso maderero. Estas propiedades pueden verse afectadas por factores como la genética, la silvicultura, la edad, la humedad, la densidad, la composición química y anatómica. La densidad, que refleja la composición de la madera, influye en estas propiedades.

Uno de los ensayos más comunes para evaluar las propiedades mecánicas es la flexión estática (Fig. 3.5 a), que implica aplicar una fuerza a una pieza de madera hasta su deformación elástica y posterior rotura. Se evalúa mediante dos parámetros clave: el módulo de elasticidad (MOE), que indica la rigidez, y el módulo de rotura (MOR), que representa la resistencia máxima. La dureza de la madera se refiere a su resistencia a la penetración y está relacionada con la densidad (Fig. 3.5 b). Es crucial para pisos y para la retención de tornillos y clavos.

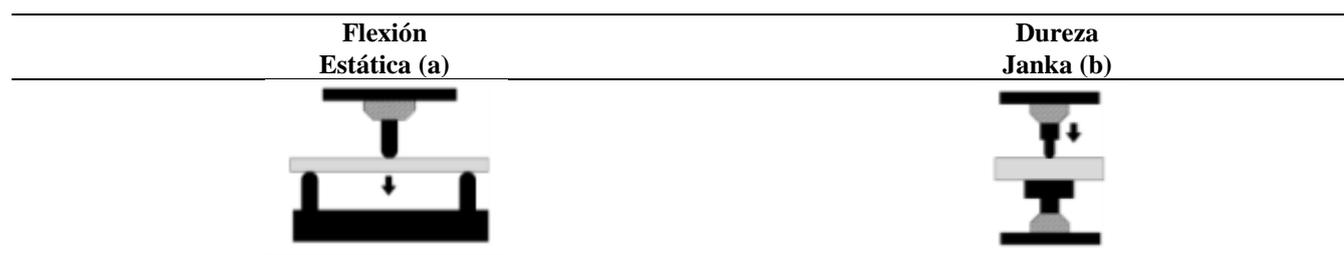


Figura 3.5. Esquema de los ensayos mecánicos. Fuente: Derikvand et al., 2019.

Se detallan a continuación resultados de la determinación de las propiedades mecánicas, flexión estática y dureza de dos clones de *Eucalyptus grandis* (EG), dos clones híbridos, *E. grandis* x *E. camaldulensis* (GC), y material seminal de *E. grandis* (HSP).

En el Cuadro 3.3 se presentan información descriptiva de los datos de densidad básica y estacionada, de los diferentes materiales evaluados.

Cuadro 3.3. Densidad básica (Db) y estacionada (De) por material genético. Valores promedios. Coeficiente de variación (C.V.), mínimos (Mín.) y máximos (Máx.) y cantidad de muestras (N)

| Tipo densidad | Materiales genéticos | Promedio (gr/cm ³) | C.V. | Mín. | Máx. |
|------------------|----------------------|--------------------------------|-------|------|------|
| Básica (Db) | EG INTA HSP | 0,42 | 7,48 | 0,35 | 0,50 |
| | EG INTA 157 | 0,36 | 5,92 | 0,31 | 0,42 |
| | EG INTA 36 | 0,44 | 6,51 | 0,38 | 0,52 |
| | GC INTA 24 | 0,51 | 8,28 | 0,39 | 0,64 |
| | GC INTA 27 | 0,55 | 11,73 | 0,42 | 0,75 |
| Estacionada (De) | EG INTA HSP | 0,52 | 8,25 | 0,42 | 0,63 |
| | EG INTA 157 | 0,47 | 9,48 | 0,39 | 0,60 |
| | EG INTA 36 | 0,55 | 8,27 | 0,43 | 0,66 |
| | GC INTA 24 | 0,64 | 9,79 | 0,50 | 0,83 |
| | GC INTA 27 | 0,74 | 14,31 | 0,53 | 1,01 |

Flexión estática

En la Figura 3.6 se presentan los valores de módulo de elasticidad y módulo de rotura a la flexión estática. Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los materiales genéticos para las variables MOE y MOR (Figura 3.6). EG INTA 157 presentó diferencias significativas con el resto de los materiales para ambas variables de estudio, obteniendo menores valores de MOE y MOR respecto a los demás materiales evaluados, para MOE su valor medio fue un 37 % más bajo con respecto al material de mayor promedio, GC INTA 27. Para el MOR el GC INTA 27 también presentó diferencias significativas con el resto de los materiales, pero en este caso con un valor significativamente superior. El clon EG

INTA HSP mostró un MOE promedio un 22% mayor que el clon EG INTA 157, pero un 24% menor que el clon GC INTA 27. En cuanto al MOR, EG INTA HSP tuvo un valor promedio un 19% más alto que EG INTA 157, pero un 29% más bajo que GC INTA 27.

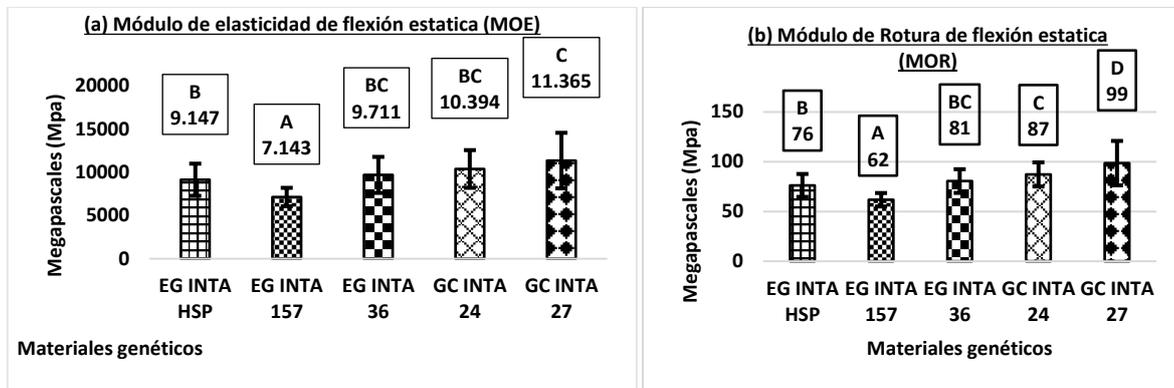


Figura 3.2. Flexión estática. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Test Tukey-Kramer. Las barras indican el desvío estándar.

Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que encontraron un orden jerárquico similar en los valores de MOE y MOR para clones puros a los 6 años.

De acuerdo con los valores de rigidez, la madera de los materiales híbridos *E. grandis* x *E. camaldulensis*, soportaría mejor las solicitaciones en flexión, lo que sugiere una mayor aptitud para aplicaciones estructurales, por lo que podrían ser considerados adecuados en usos como vigas.

Dureza Janka

Cuadro 3.4. Estadísticos de resumen para dureza Janka (Du) en tres sentidos de evaluación de la madera. Valores promedio (Du), Coeficiente de variación (C.V.), mínimo (Mín.), máximo (Máx.).

| Materiales genéticos | Sentido | Comparación de medias | Du (MPa) | C.V. (%) | Mín. (MPa) | Máx. (MPa) |
|----------------------|-------------|-----------------------|----------|----------|------------|------------|
| EG INTA HSP | Transversal | AB | 42 | 15 | 28 | 52 |
| EG INTA 157 | | A | 32 | 12 | 24 | 40 |
| EG INTA 36 | | BC | 47 | 22 | 29 | 69 |
| GC INTA 24 | | CD | 58 | 25 | 39 | 92 |
| GC INTA 27 | | D | 66 | 18 | 37 | 89 |
| EG INTA HSP | Radial | AB | 31 | 23 | 16 | 45 |
| EG INTA 157 | | A | 21 | 19 | 14 | 29 |
| EG INTA 36 | | B | 37 | 29 | 21 | 59 |
| GC INTA 24 | | B | 43 | 23 | 28 | 68 |
| GC INTA 27 | | C | 54 | 24 | 28 | 85 |
| EG INTA HSP | Tangencial | AB | 34 | 24 | 22 | 54 |
| EG INTA 157 | | A | 23 | 15 | 15 | 32 |
| EG INTA 36 | | BC | 39 | 24 | 23 | 57 |
| GC INTA 24 | | CD | 48 | 24 | 28 | 69 |
| GC INTA 27 | | D | 59 | 28 | 24 | 90 |

Los valores de dureza Janka fueron mayores en el sentido transversal, seguido por el tangencial y radial. Para los 3 sentidos de corte analizados, EG INTA 157 presentó los menores valores medios de dureza. Al contrario, se obtuvieron valores mayores en los clones GC INTA 27 y GC INTA 24. Por otra parte, se observó que el clon EG INTA 157 presentó un menor coeficiente de variación.

Según la clasificación de maderas argentinas propuesta por García y García (1949), la madera del clon EG INTA 157 se clasificaría dentro de la categoría **muy blanda**, mientras que la madera obtenida del material seminal EG INTA HSP, los clones EG INTA 36 y GC INTA 24 se clasificaría como **blanda**, y la del clon GC INTA 27, como **semidura** (Figura 3.7).

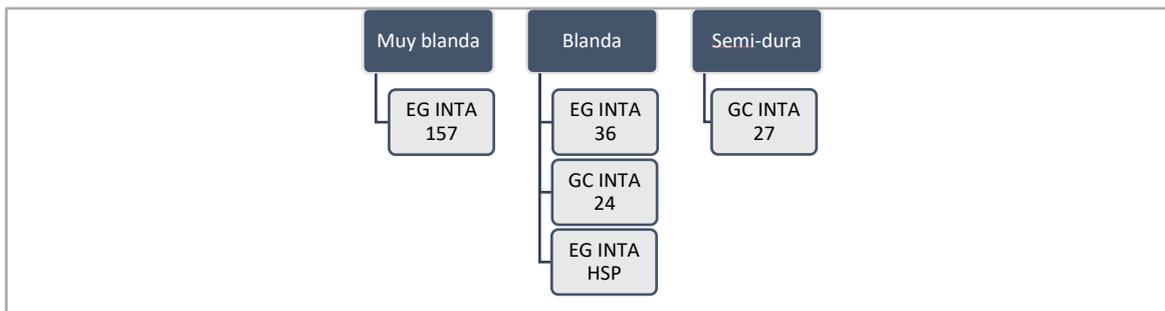


Figura 3.7. Clasificación de madera por su dureza

Conforme a los valores hallados en resistencia a la penetración o dureza, los clones híbridos interespecíficos se podrían destinar para aplicaciones de pisos, decks.

Conclusiones generales

- Los clones híbridos *E. grandis* x *E. camaldulensis* se destacaron con valores medios superiores para todas las propiedades mecánicas ensayadas.
- El clon *E. grandis* x *E. camaldulensis* GC INTA 27 resultó superior a *E. grandis* x *E. camaldulensis* GC INTA 24. A su vez, presentaron valores intermedios a los promedios de las especies parentales, con valores superiores a *E. grandis* e inferiores a los de *E. camaldulensis*.
- Por las propiedades mecánicas alcanzadas, los materiales clonales de *E. grandis* puros podrían desempeñarse bien en usos para muebles, construcciones ligeras o fabricación de componentes que requieran solicitudes estructurales de manera similar a los clones híbridos, pero con la precaución de utilizar mayores escuadrías.

Estudio de presencia de médula en clones de eucaliptos

Matías Martínez y Ciro Mastrandrea

La médula es un tejido parenquimático que generalmente se encuentra en el centro del tronco. En tablas aserradas, su presencia se considera un defecto, ya que posee implicancias estéticas y estructurales negativas en tablas aserradas. En el aserrado de *Eucalyptus grandis*, las tablas con médula a menudo no son secadas debido a su limitada aplicación y valor. La presencia de medula en *Eucalyptus* causa pérdida de rendimiento por su asociación a las rajaduras. El objetivo de este trabajo fue determinar la existencia de diferencias significativas en la presencia de médula en tablas aserradas de diferentes materiales genéticos de *Eucalyptus*.

Se evaluaron 5 materiales genéticos de *Eucalyptus*: 2 clones híbridos *E. grandis* x *E. camaldulensis* (GC INTA 27 y GC INTA 24), 2 clones intraespecíficos de *E. grandis* (EG INTA 36 y EG INTA 157) y material

seminal de *E. grandis* (EG HSP) de huerto semillero de progenie. Se emplearon 753 tablas aserradas de ½ pulgada a 1 pulgada aproximadamente de espesor, con ancho variable, provenientes de 80 rollizos. En el cuadro 3.5 se describen las principales características de los rollizos evaluados: 1 (R1) 1,45 m a 4,65 m y 2 (R2) 4,80 m a 8 m.

Cuadro 3.5. Caracterización de los rollizos evaluados. Diámetros y volúmenes de los rollos analizados, tipo de rollo (TR), punta fina del rollo sin corteza (PF sc), punta gruesa del rollo sin corteza (PG sc), volumen del rollo sin corteza (Vol. sc).

| Materiales genéticos | TR | PF sc (cm) | PG sc (cm) | Vol. sc (m³) |
|----------------------|----|------------|------------|--------------|
| EG INTA HSP | R1 | 25,1 | 27,2 | 0,17 |
| | R2 | 22,9 | 25,0 | 0,14 |
| EG INTA 157 | R1 | 19,1 | 20,6 | 0,10 |
| | R2 | 17,6 | 19,4 | 0,09 |
| EG INTA 36 | R1 | 26,4 | 28,2 | 0,19 |
| | R2 | 24,8 | 26,5 | 0,17 |
| GC INTA 24 | R1 | 18,2 | 20,1 | 0,09 |
| | R2 | 16,2 | 17,9 | 0,07 |
| GC INTA 27 | R1 | 23,1 | 24,6 | 0,14 |
| | R2 | 21,2 | 22,9 | 0,12 |

En la Figura 3.8 se observa el rendimiento de conversión y los porcentajes de tablas con presencia de médula. Se observa una participación de 12% a 17 % de producción de tablas con médula en relación al volumen total de los rollizos (sin corteza). A su vez, este tipo de tablas incide entre el 23 % al 30 % con respecto al total de tablas aserradas producidas. En ambos casos, la incidencia de las tablas con médula se demuestra por material genético evaluado. Se deben contemplar los diámetros de punta fina, sistema de aserrado y diagrama de corte de los rollizos, pues este tiene una repercusión en el rendimiento del producto final.

El EG INTA 157 resultó ser el material genético con mayor proporción de tablas con médula en relación al volumen del rollizo, y en menor medida el EG INTA 36. Esto puede explicarse en cierta medida por los diámetros presentes en los rollizos evaluados, siendo menores en el EG INTA 157 respecto del resto de los evaluados. Por el contrario, el EG INTA 36 resultó obtener los mayores valores de diámetro de rollizos con respecto a los demás.

En cuanto a la proporción de tablas con médula con respecto al total de tablas aserradas, se observan mayores valores en el EG INTA 157 y GC INTA 27, con 30 % de participación. En la incidencia de estos valores puede incorporarse, además de los diámetros de rollizos, la característica del material genético. En el Cuadro 3.6 se observan porcentajes de tablas aserradas, clasificadas según la presencia o ausencia de médula y diámetro en punta fina de rollos. La tendencia general para diferentes materiales genéticos fue la disminución de tablas con médula al aumentar los diámetros.

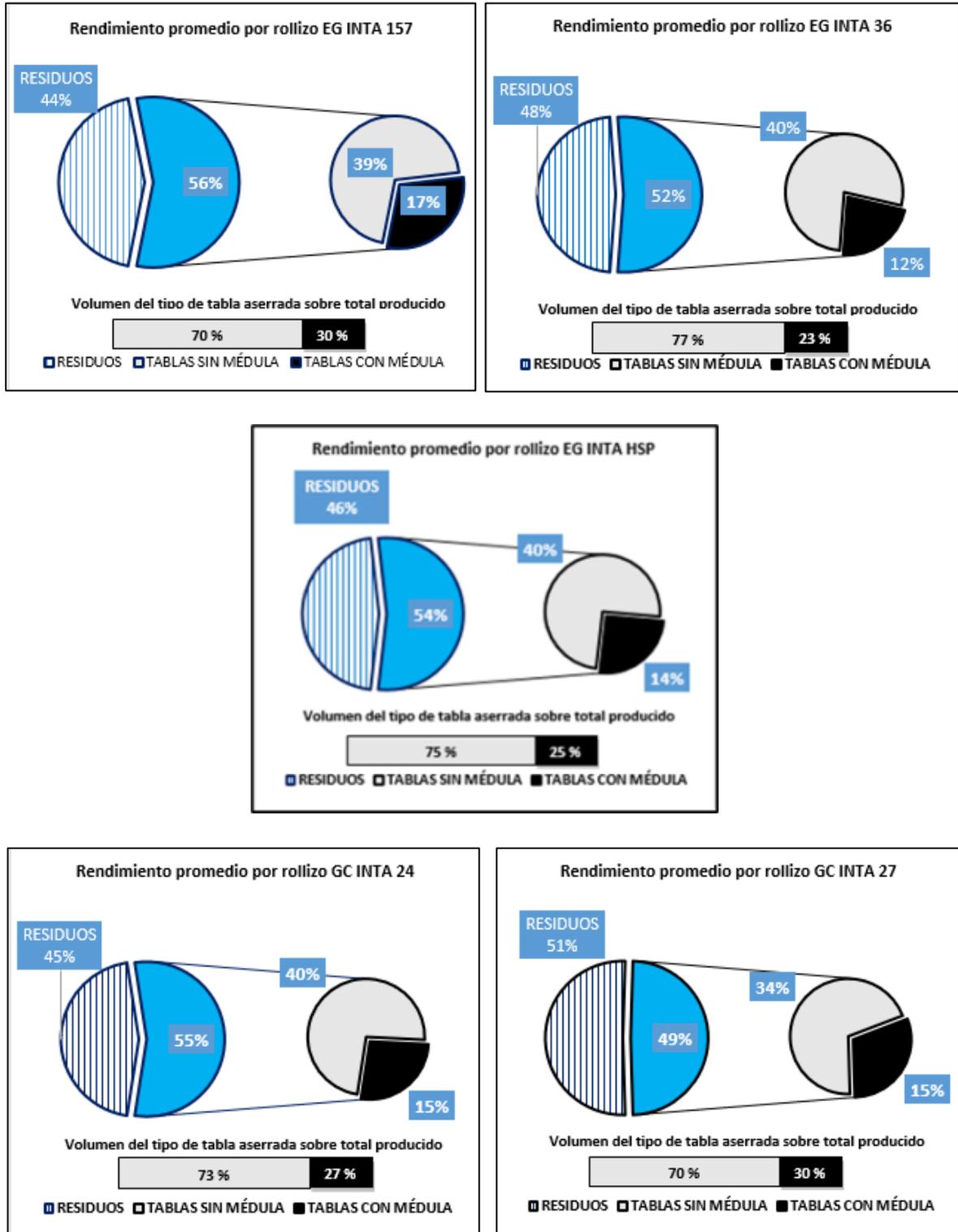


Figura 3.8. Rendimiento promedio de los rollizos de diferentes materiales genéticos, distinguiendo tablas con presencia de médula.

Cuadro 3.6. Rendimiento de tabla aserrada clasificada por presencia de médula, en distintos materiales genéticos por clase diamétrica de rollizos.

| Clase diamétrica (cm) | Rendimiento de tablas | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | EG INTA 157 | | EG INTA 36 | | EG INTA HSP | | GC INTA 24 | | GC INTA 27 | |
| | sin médula (%) | con médula (%) | sin médula (%) | con médula (%) | sin médula (%) | con médula (%) | sin médula (%) | con médula (%) | sin médula (%) | con médula (%) |
| 12 - <15 | 61% | 39% | | | | | 51% | 49% | | |
| 15 - <18 | 53% | 47% | | | 78% | 22% | 75% | 25% | 35% | 65% |
| 18 - <21 | 75% | 25% | | | 62% | 38% | 72% | 28% | 61% | 39% |
| 21 - <24 | 72% | 28% | 72% | 28% | 74% | 26% | 86% | 14% | 73% | 27% |
| 24 - <27 | 79% | 21% | 78% | 22% | 74% | 26% | | | 78% | 22% |
| 27 - <30 | | | 82% | 18% | 78% | 22% | | | 73% | 27% |
| 30 - <33 | | | 85% | 15% | | | | | | |
| 33 - <36 | | | 78% | 22% | | | | | | |

En la Figura 3.9 se presenta el porcentaje medio de tablas con o sin médula por clase diamétrica de rollo, sin diferenciar materiales genéticos, donde se observa una tendencia al aumento de tablas sin médula a mayor diámetro de rollizos. Se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 0,94$ para ambos tipos de tablas evaluadas, con respecto al incremento de los diámetros de punta fina.

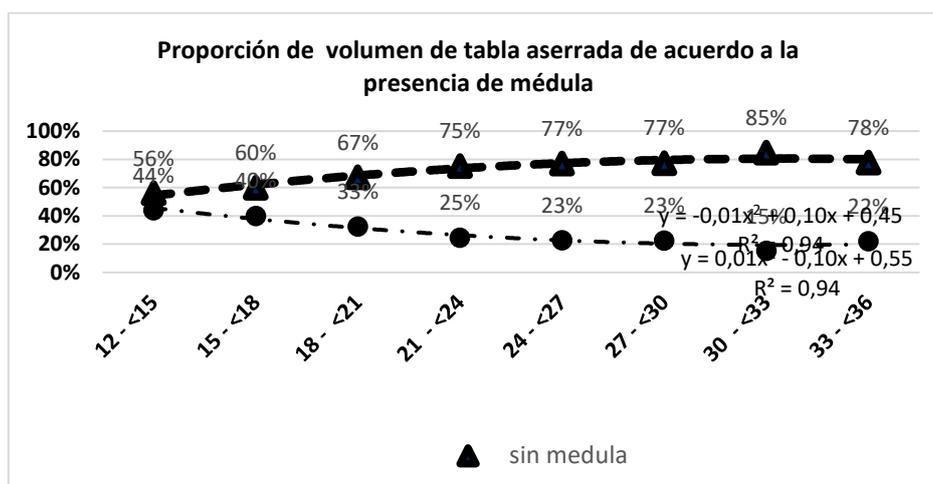


Figura 3.9. Proporción de volumen del tipo de tabla aserrada en diferentes diámetros de rollizos.

En la Figura 3.10 se presenta una comparación de las medias de los materiales genéticos evaluados utilizando el método de DGC. Se observa que el clon GC INTA 24 presenta menor volumen de tablas con médula con respecto al resto de los materiales, y que ese valor es significativo.

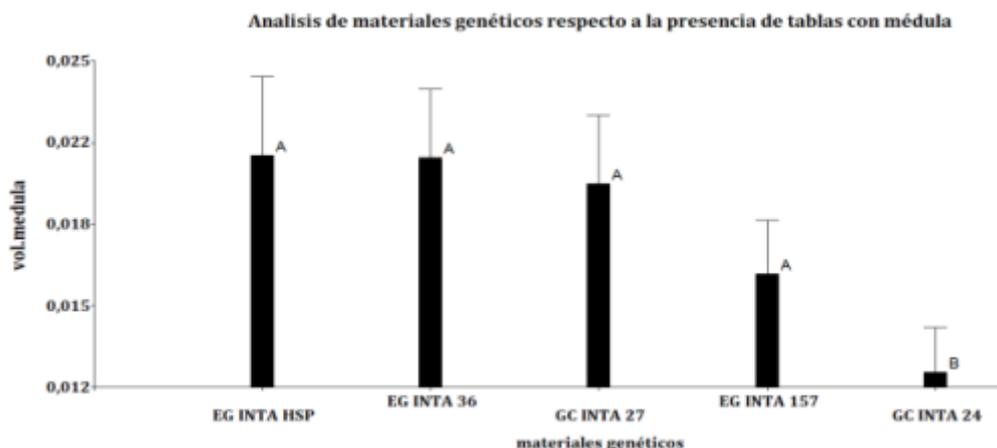


Figura 3.10. Comparación de medias de volumen de tablas con médula (m³). Promedios con letras iguales no son significativamente diferentes (p-valor ≤0,05). Test DGC.

Las tablas con médula también demostraron estar asociadas a mayor presencia de rajado, teniendo un incremento de 6 % a 9 % de pérdida de volumen en tablas por el rajado en todos los materiales genéticos. (Figura 3.11).

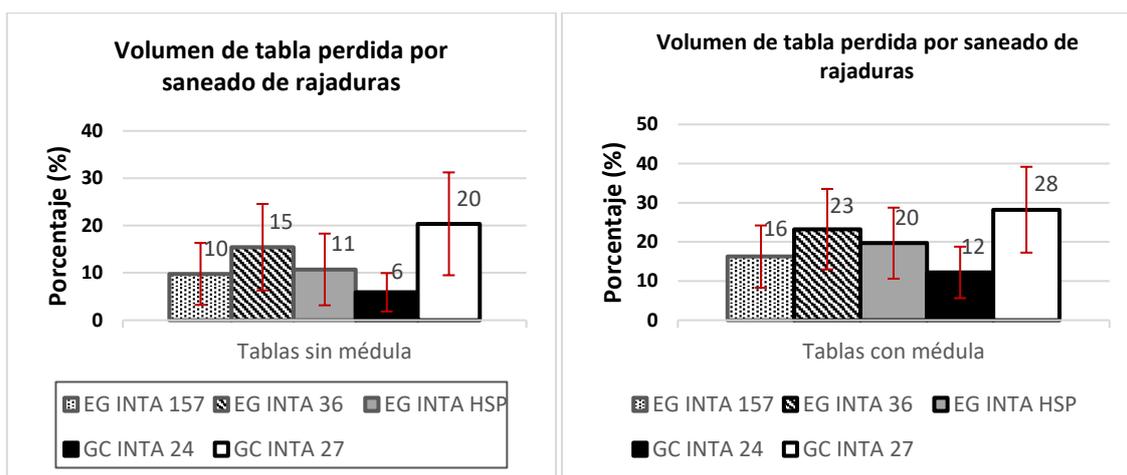


Figura 3.11. Porcentaje de pérdida de volumen por saneado de tablas por presencia de rajado.

Resultados de rajado, deformaciones en tablas provenientes de dos ensayos de clones de *E. grandis* e híbridos

Ciro Mastrandrea, Matías Martínez, Leonel Harrand y Javier Oberschelp

Durante los procesos de primera transformación de la madera y con posterioridad a su aserrado se producen pérdidas de material debidas a deformación excesiva. Tales deformaciones se ponen de manifiesto, sobre todo, durante el secado del material. El material deformado puede ser redimensionando a escuadrías menores o utilizado como base de productos de segunda transformación, pero, en ambos supuestos, se produce un incremento de costos de producción y una indeseable disminución de beneficios.

Las tensiones de crecimiento se encuentran en todas las especies forestales, siendo en algunas latifoliadas considerada como el defecto estructural más importante. Según Malan (1995) y Waugh (1998), el alto nivel de las tensiones de crecimiento de los eucaliptos es considerado uno de los mayores problemas para uso sólido, causando problemas tecnológicos y pérdidas financieras en madera redonda y aserrada. La liberación de las tensiones de crecimiento posvolteo causan defectos como rajaduras, deformaciones o alabeos, médula blanda o débil, acebolladuras y grietas. La evaluación de las pérdidas de rendimiento por tensiones de crecimiento y de secado y sus causas, cobra gran relevancia para conocer la aptitud de los nuevos materiales genéticos desarrollados por los planes de mejora, principalmente cuando se quiere obtener tablas de calidad.

En este trabajo se evaluó rajado en tablas y deformaciones u alabeos (arqueado-combado, encorvado, abarquillado, revirado). El material de estudio provino de 2 ensayos, ubicados en Concepción de Uruguay (Entre Ríos) y Leandro N. Alem (Misiones), de 14 y 7 años de edad respectivamente.

Para el análisis de rajado y deformaciones se analizaron 271 tablas de aproximadamente 1 pulgada de espesor y anchos variables que se obtuvieron del procesado de los rollizos con sierra sin fin y múltiple, provenientes de 18 rollos en el caso del ensayo de Entre Ríos y 173 tablas provenientes de 34 rollos en el caso de Misiones. Las tablas se secaron al aire, bajo techo, y al momento de la medición la humedad relativa (H%) promedio de las tablas analizadas fue de 15,3% y 17,8% para cada sitio. De las 271 tablas de Entre Ríos, 55 (20%) presentaron médula, mientras que, para Misiones, 90 tablas (52%) de las 173 tablas analizadas, característica probablemente asociada a la edad de las plantaciones.

Cuadro 3.7. Diámetros medios en centímetros para los Rollos 1 (primer rollo desde la base) y 2 (segundo) de los sitios analizados

| Rollo | HSP | | EG36 | | EG157 | | GC27 | | GC8 | | GC24 | |
|------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|----|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Entre Ríos | 26,6 | 25,2 | 25,6 | 23,9 | 27,6 | 26,6 | 26,1 | 24,4 | 25,4 | 24,1 | | |
| Misiones | 21,0 | 20,0 | 23,2 | 21,7 | 22,2 | 21,0 | 21,4 | 19,9 | | | 20,1 | 19 |

Ambos ensayos mostraron valores diferentes para rajado en tablas, indicando un fuerte efecto ambiental, en este caso atribuible a las diferentes edades de los ensayos. Si bien con mayor variación, las tablas del material de semilla (HSP) presentaron un buen comportamiento en ambos sitios, con bajos porcentajes de pérdida. En el caso de los clones, para cada sitio se observaron clones con igual o mejor comportamiento al HSP, como EG157, GC8 y GC24 y clones de comportamiento inferior, como GC27 y EG36 (Figura 3.12).

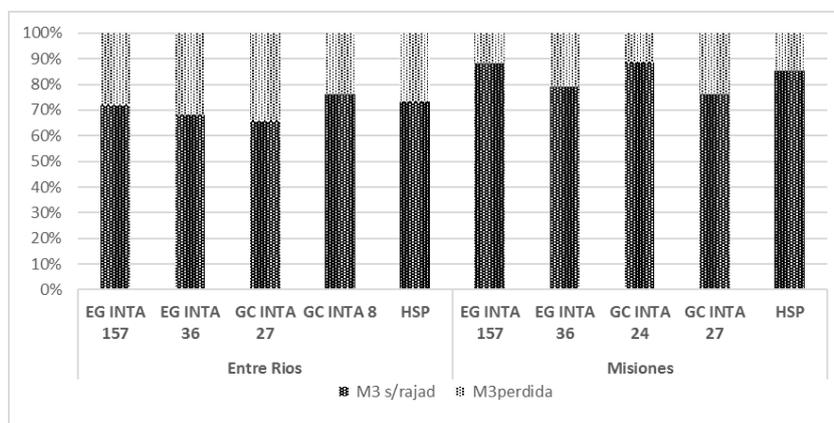


Figura 3.12. Porcentaje de m³ libres de rajadura (M3s/rajad) y m³ perdidos (M3Perdida) por rajado en tablas.

La presencia de médula en las tablas fue determinante para el rajado, y al analizar las pérdidas por causa del rajado para ambos sitios, se encontró que las tablas con presencia de médula obtuvieron valores mayores para ambos sitios (Figuras 3.13 y 3.14).

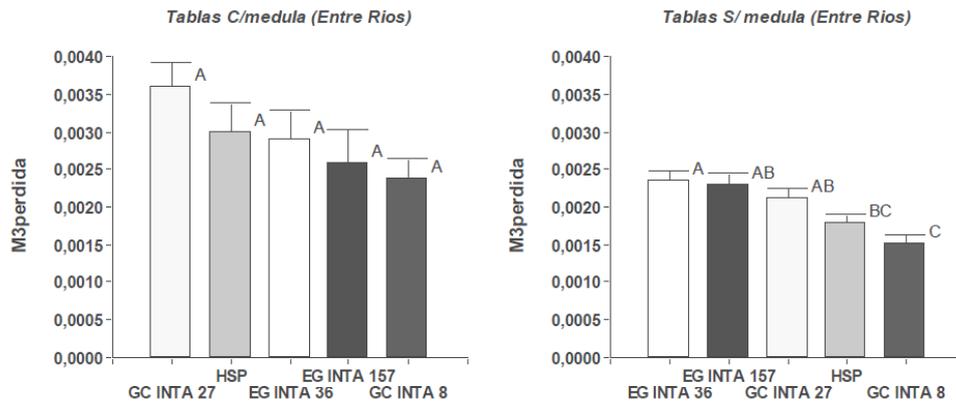


Figura 3.13. Pérdidas a causa de rajaduras en tablas con y sin presencia de médula para el sitio de Entre Ríos. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

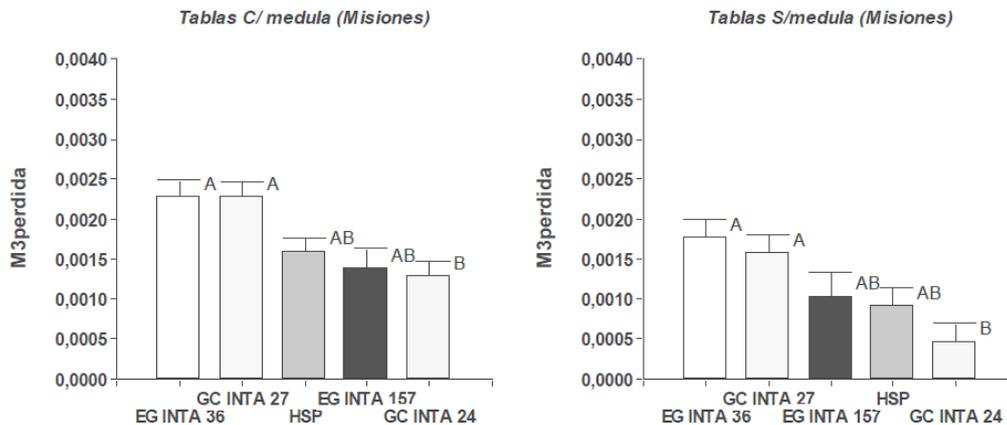


Figura 3.14. Pérdidas a causa de rajaduras en tablas con y sin presencia de médula para el sitio de Misiones. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Combado

No se encontraron diferencias significativas entre materiales genéticos en tablas con médula, en ambos sitios (Cuadro 3.8). Para las tablas sin médula, en Entre Ríos el EG INTA 157 fue el que presentó menores valores de combado, diferenciándose significativamente de GC INTA 8 y EG INTA 36, pero no del resto de los materiales. Para Misiones, EG INTA 157 y HSP se diferenciaron significativamente de EG INTA 36 y GC INTA 24, que presentaron mayores valores de combado.

Cuadro 3.8. Combado de tablas por sitio, según presencia de médula. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

| Sitio | Material genético | c/ médula | | | s/médula | | | | |
|------------|-------------------|-----------|------------|--------|----------|------------|--------|----|-------|
| | | n | Media (mm) | CV (%) | n | Media (mm) | CV (%) | | |
| Entre Ríos | HSP | 9 | 8,10 | a | 69,26 | 55 | 10,10 | ab | 58,34 |
| | EG36 | 9 | 7,17 | a | 35,77 | 35 | 11,43 | a | 46,12 |
| | EG157 | 7 | 5,24 | a | 79,04 | 34 | 6,96 | b | 65,80 |
| | GC27 | 12 | 10,62 | a | 33,01 | 39 | 10,53 | ab | 51,29 |
| | GC 8 | 18 | 5,52 | a | 66,62 | 53 | 11,69 | a | 50,90 |
| Misiones | HSP | 21 | 10,93 | a | 48,82 | 18 | 13,78 | b | 45,48 |
| | EG36 | 16 | 7,20 | a | 86,65 | 18 | 21,11 | a | 24,73 |
| | EG157 | 11 | 8,25 | a | 48,21 | 11 | 12,73 | b | 28,66 |
| | GC27 | 20 | 7,77 | a | 95,89 | 19 | 19,01 | ab | 41,46 |
| | GC24 | 22 | 9,25 | a | 94,95 | 17 | 20,00 | a | 29,13 |

Encorvado

En el Cuadro 3.9 se observa que no existieron diferencias significativas para tablas con médula, entre materiales genéticos. Para las tablas sin médula, solo en Entre Ríos se observaron diferencias significativas, entre EG INTA 157 que presentó los menores valores y GC INTA 8 que obtuvo los mayores valores de encorvado. En Misiones los valores más bajos de encorvado los presentó HSP, pero con el mayor coeficiente de variación.

Cuadro 3.9. Encorvado de tablas por sitio y por presencia de médula. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

| Sitio | Material genético | c/ médula | | | | s/médula | | | |
|------------|-------------------|-----------|------------|---|--------|----------|------------|----|--------|
| | | n | Media (mm) | | CV (%) | n | Media (mm) | | CV (%) |
| Entre Ríos | HSP | 9 | 10,07 | a | 45,94 | 55 | 6,81 | ab | 68,51 |
| | EG36 | 9 | 10,81 | a | 74,19 | 35 | 7,54 | ab | 73,03 |
| | EG157 | 7 | 4,76 | a | 91,71 | 34 | 4,54 | b | 65,41 |
| | GC27 | 12 | 6,35 | a | 29,14 | 39 | 7,38 | ab | 65,27 |
| | GC8 | 18 | 7,77 | a | 67,80 | 53 | 7,86 | a | 48,50 |
| Misiones | HSP | 21 | 4,29 | a | 71,85 | 18 | 1,61 | a | 157,2 |
| | EG36 | 16 | 6,32 | a | 50,19 | 18 | 3,04 | a | 110,9 |
| | EG157 | 11 | 4,51 | a | 23,66 | 11 | 2,35 | a | 79,56 |
| | GC27 | 20 | 6,11 | a | 66,35 | 19 | 2,73 | a | 133,5 |
| | GC24 | 22 | 4,13 | a | 62,68 | 17 | 2,17 | a | 110,2 |

Abarquillado

Tanto para Entre Ríos como para Misiones se observan diferencias significativas entre materiales en tablas con médula y sin médula. En Entre Ríos, para tablas con médula EG INTA 157 presentó los menores valores de abarquillado, diferenciándose significativamente del resto de los materiales, salvo del material seminal; por otro lado, GC INTA 27 junto a GC INTA 8 presentaron los mayores valores de abarquillado, diferenciándose significativamente del material seminal y de EG INTA 157. En el análisis de tablas sin médula se observa que HSP obtuvo los menores valores de abarquillado, diferenciándose significativamente de GC INTA 27 y de GC INTA 8, que obtuvieron los mayores valores.

En Misiones, en tablas con médula solo se diferenciaron significativamente GC INTA 27 que presentó el mayor valor de abarquillado y GC INTA 24 que presentó el menor valor. De las tablas sin médula, GC INTA 24 se diferenció del resto de los materiales, exceptuando a EG INTA 157 Cuadro 3.10).

Cuadro 3.10. Abarquillado de tablas por sitio y por presencia o ausencia de médula. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

| Sitio | Material genético | c/ médula | | | | s/médula | | | |
|------------|-------------------|-----------|------------|----|--------|----------|------------|-----|--------|
| | | n | Media (mm) | | CV (%) | n | Media (mm) | | CV (%) |
| Entre Ríos | HSP | 9 | 2,81 | bc | 56,15 | 55 | 2,40 | c | 77,53 |
| | EG36 | 9 | 4,26 | ab | 22,18 | 35 | 3,46 | abc | 47,78 |
| | EG157 | 7 | 1,95 | c | 52,58 | 34 | 2,91 | bc | 44,84 |
| | GC27 | 12 | 5,19 | a | 31,45 | 39 | 4,47 | a | 47,18 |
| | GC8 | 18 | 4,70 | a | 24,27 | 53 | 3,95 | ab | 54,09 |
| Misiones | HSP | 21 | 1,01 | ab | 139,8 | 18 | 1,91 | ab | 86,3 |
| | EG36 | 16 | 1,61 | ab | 101,4 | 18 | 3,18 | a | 43,56 |
| | EG157 | 11 | 1,20 | ab | 119,3 | 11 | 0,82 | bc | 154,5 |
| | GC27 | 20 | 2,02 | a | 155,3 | 19 | 2,64 | a | 77,8 |
| | GC24 | 22 | 0,32 | b | 224,2 | 17 | 0,22 | c | 225,4 |

Revirado

Sobre el total de tablas analizadas (444), solo 56 (12,6%) presentaron este defecto. A nivel de medias se observó una mayor incidencia en HSP y en EG36, este último solamente en el sitio de Misiones (Cuadro 3.11).

Cuadro 3.11. Porcentaje de Tablas afectadas por revirado de cada material genético y sitio evaluado.

| Sitio | Tablas afectadas (%) | | | | | |
|------------|----------------------|------|-------|------|------|------|
| | HSP | EG36 | EG157 | GC27 | GC8 | GC24 |
| Entre Ríos | 23,1 | 6,8 | 4,9 | 9,8 | 15,5 | - |
| Misiones | 23,1 | 32,3 | 13,6 | 7,7 | - | 12,8 |

Como resumen, del conjunto de alabeos (combado, encorvado, abarquillado y revirado) se puede decir que EG INTA 157 tuvo el mejor comportamiento, mientras que EG INTA 36, GC INTA 27 y GC INTA 8 presentaron un inferior desempeño que HSP.

Potencial de especies, clones puros e híbridos de eucaliptos para elaboración de carbón vegetal

Juan Marcelo Gauna, Natalia Raffaelli, María Laura Tonello, Leonel Harrand, Ciro A. Mastrandrea, Matías S. Martínez, Gustavo Pedro Javier Oberschelp, A. José Barotto

Este trabajo se desarrolló en base a dos lotes ubicados en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Concordia del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Los dos lotes evaluados fueron instalados en 2014. En total se evaluaron 13 materiales: los clones híbridos GC INTA 8, GC INTA 9, GC INTA 12, GC INTA 24, GC INTA 27, GT INTA 31 (híbrido *E. grandis* x *E. tereticornis*), el clon puro EG INTA 36 y las especies puras *E. grandis* (EG), *E. dunnii* (ED), *E. benthamii* (BE), *E. cloeziana* (CL), *E. camaldulensis* (EC) y *E. tereticornis* (ET). Los árboles se apearon a los 7 años de edad, con DAP entre 10 y 20 cm. Se voltearon 4-5 árboles de cada material genético y de cada uno se extrajo una porción basal de 1,5 metros de longitud, de donde se cortaron cubos de aproximadamente 2 cm de lado, utilizados como probetas destinadas a las evaluaciones de laboratorio.

Densidad aparente relativa (g/cm³): fue calculada en base a la norma brasilera NBR 9165/85

$$\text{Densidad aparente relativa (g/cm}^3\text{)} = \text{peso seco} / \text{volumen húmedo}$$

Una mayor densidad del carbón, generalmente, aumenta su resistencia mecánica y es una característica fundamental a ser tenida en cuenta cuando su destino es la producción siderúrgica. Es por ello que resulta deseable que las densidades sean tan altas como sea posible (> 0,25 - 0,30 g/cm³). Los resultados obtenidos en este trabajo se encuentran por encima de ese rango, con valores extremos de 0,280 y 0,431 g/cm³, con un efecto significativo de los materiales probados (Figura 3.15). Entre aquellos de mayor densidad se encuentran GC9, EC, ED, GC8, GC27 y ET, mientras que los materiales de menor densidad resultaron EG y EG36

Humedad de equilibrio (%): $\text{Humedad de equilibrio (\%)} = (\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) / \text{peso seco} * 100$

Los materiales que presentaron un menor nivel de humedad fueron ET, CL, GC9, EC y GT31, todos ellos por debajo de 9,2 %. En el otro extremo, se ubicaron EG36, ED y EG, con un contenido de humedad superior al 10 %. Los valores hallados se encuentran dentro de los usualmente reportados por la bibliografía, que varían entre 2 y 10 %. De manera análoga a la madera (aunque en un nivel menor), el carbón vegetal es un material higroscópico cuya estructura porosa y gran superficie específica le permiten adsorber vapor de agua, variando su contenido de humedad según las condiciones de humedad relativa del ambiente (Costa, 2020). Para uso doméstico, existen algunos estándares europeos que establecen límites de referencia para el contenido de humedad del carbón vegetal (7 % la norma belga NBN M11-001; 8 % la norma alemana DIN 51749), mientras que la norma N° 40 de la Secretaría

de Agricultura y Abastecimiento de Brasil establece un contenido máximo del 5 %. En cuanto a los carbones elaborados en Argentina, algunos trabajos reportan valores aceptables entre 5 y 10 % de humedad (De Bedia, 2018). En el caso de la industria siderúrgica, son deseables contenidos menores al 7%, si bien suele aceptarse hasta 10%, aunque en estos casos se aplican descuentos por calidad. Sobrepasar estos niveles puede afectar la eficiencia energética, resistencia mecánica, liberación excesiva de gases y retraso en la ignición del carbón (Costa, 2020). A este respecto, la mayoría de los materiales ensayados se encontrarían dentro del rango aceptable tanto para su uso doméstico como siderúrgico.

Proporción de cenizas (%): $Proporción\ de\ cenizas\ (\%) = peso\ cenizas / peso\ carbón * 100$

La proporción de cenizas de los materiales analizados osciló entre 0,3 y 2 %, con un efecto significativo de los diferentes genotipos sobre esta característica. La bibliografía consultada presenta un rango de variación similar al encontrado en este trabajo, con valores entre 0,17 y 1,9 %.

Al igual que en la madera, las cenizas afectan negativamente el poder calorífico, además de repercutir en las tareas de mantenimiento y limpieza de hornos y calderas. Por otro lado, de acuerdo con Ramos et al. (2019), las cenizas de los materiales de *Eucalyptus* están compuestas principalmente por óxidos metálicos que, durante la producción de acero, son transferidos a la aleación metálica, contaminándola y afectando su composición química. Varios autores mencionan que, en siderurgia, el contenido de cenizas del carbón debe ser lo más bajo posible, siendo deseable un contenido en torno o menor al 1%. Si tomamos esto como referencia los materiales CL, GT31, EG INTA 36, GC INTA 8, GC INTA 27 y EG serían aptos para este uso industrial, mientras que GC INTA 9 y GC INTA 24 (1,1 %) serían marginalmente aptos. En cuanto a su uso doméstico, un buen carbón vegetal tiene, típicamente, un contenido de cenizas de alrededor del 3%. En nuestro continente, la norma N° 40 de la Secretaría de Agricultura y Abastecimiento de Brasil establece como valor de referencia aceptable para el uso doméstico un contenido de cenizas menor a 1,5 %. A excepción de ED, todos los materiales cumplen con dichos valores de referencia.

Proporción de volátiles (%)= $(peso\ con\ volátiles - peso\ sin\ volátiles) / peso\ con\ volátiles * 100$

La fracción de volátiles consiste en la cantidad de materia volátil residual en el carbón y se compone principalmente de hidrógeno, hidrocarburos, CO y CO₂. Esta evidenció poca variación entre materiales, si bien presentó un alto valor absoluto. En este sentido, el material que menor contenido de volátiles evidenció fue GC9, mientras que aquel con mayor proporción de volátiles fue ED, los cuales se diferenciaron estadísticamente de los demás genotipos, que se mantuvieron en una situación intermedia. Según Frederico (2009, citado por Santos et al., 2016), un alto contenido de volátiles aumenta significativamente la producción de humo, además de una menor eficiencia energética en la cocción. Una alta proporción de volátiles tampoco es deseable para fines siderúrgicos.

Carbono fijo (%): $Carbono\ fijo\ (\%) = 100 - (Cont.\ Humedad + Prop.\ Volátiles + Prop.\ cenizas)$

GC9, GC8, CL, GT31 y GC12 se presentaron como aquellos genotipos que presentaron el mayor contenido de carbono fijo, mientras que ED, GC24, BE y EC fueron aquellos que se ubicaron en el extremo opuesto. A mayor contenido de carbono fijo, mayor estabilidad térmica, lo cual hace que se queme más lentamente, con mayor tiempo de residencia y menor volumen ocupado, siendo uno de los indicadores más importantes de la calidad del carbón vegetal como termorreductor en la industria siderúrgica

Poder calorífico superior del carbón (kcal/kg): la bibliografía consultada sobre carbón de especies de *Eucalyptus* reporta rangos de variación amplios, entre 6800 y 8800 kcal/kg. En este sentido, los valores de este trabajo se ubican dentro de la porción inferior de estos rangos. Entre los materiales testeados, los que presentaron mayores niveles para esta propiedad son; ET, GC INTA 9, GC INTA 8, CL y GC INTA 27, mientras que aquellos ubicados en el extremo opuesto resultaron EG INTA 36, BE, EG, GC24 y ED.

Un mayor poder calorífico proporcionará, en el caso de su uso en siderurgia, un menor consumo de carbón (insumo reductor) para un mismo nivel de productividad. Respecto de esta industria, son deseables poderes caloríficos superiores a 7.500 kcal/kg.

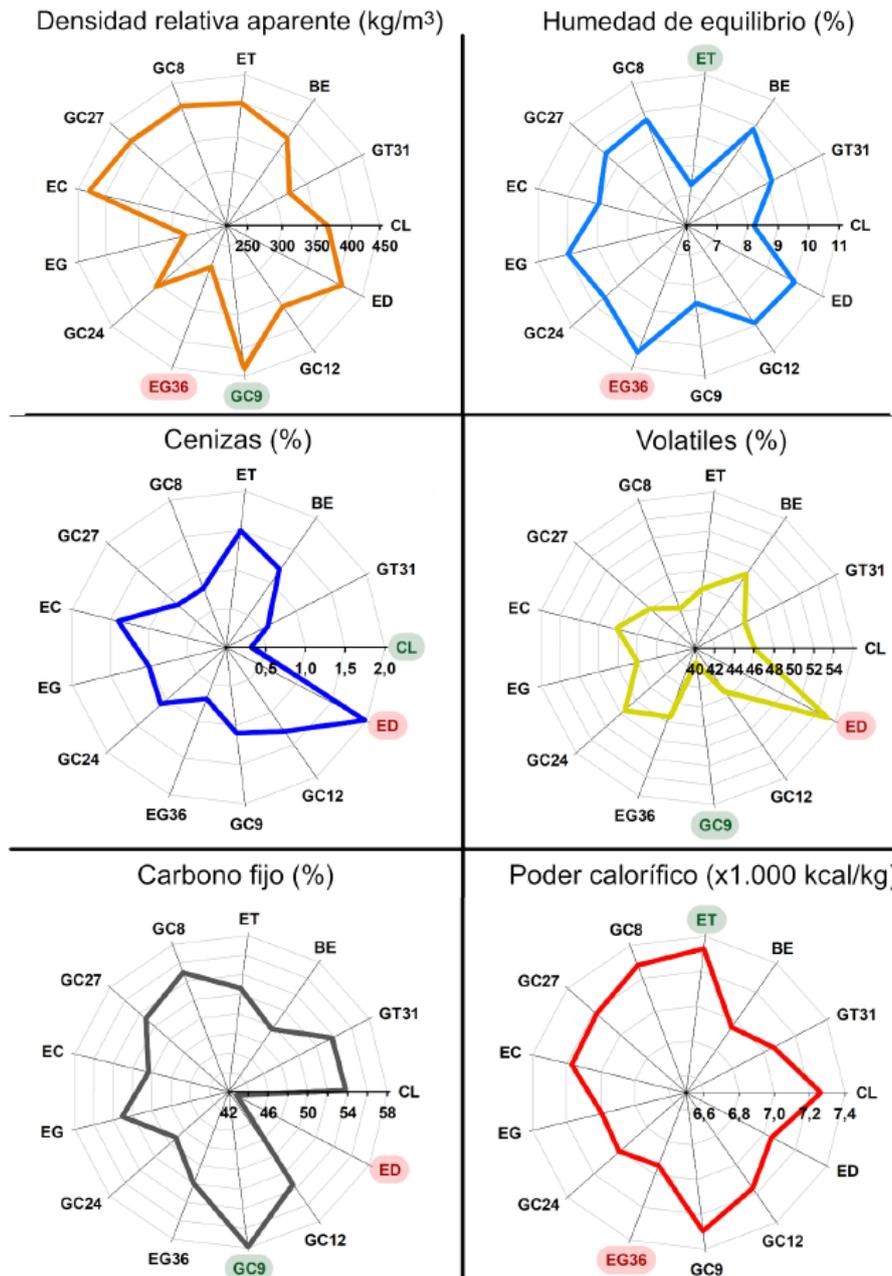


Figura 3.15. Propiedades de importancia para la calidad del carbón vegetal, según los materiales analizados.