

Herramientas para estimar oportunidad de poda en diferentes materiales de eucalipto

María García¹, Sergio Ramos²,
Luciana Ingaramo³ y Jorge Alejandro⁴

Palabras clave: *Eucalyptus*, regresión logística, longevidad de las ramas

Introducción

La poda permite generar madera libre de nudos, demandada por las industrias de aserrío, debobinado, remanufactura, y otros usos visuales y estructurales de la madera. Sin embargo, cuando se retrasa esta tarea, suelen podarse ramas secas, lo que reduce la velocidad de oclusión y afecta la calidad de la madera. Emmingham & Fitzgerald (1995) recomiendan planificar los raleos y las podas en conjunto para favorecer el crecimiento y la formación de madera libre de nudos, y cuando son latifoliadas podar cuando el diámetro del fuste a 1,30 m de altura (DAP) es igual o menor que 10 cm, o un diámetro mayor según cuánto tiempo se va a dejar crecer el rodal luego de la poda. Aunque la persistencia de las ramas y la tasa de crecimiento varían de acuerdo con el material genético, las podas se aplican sin tener en cuenta esas diferencias; en muchas ocasiones se podan ramas muertas, con DAP mayores que el cilindro nudoso objetivo (García & Ramos 2020).

La longevidad de las ramas se relaciona con su diámetro basal (DBR), que es mayor en las ramas vivas (Smith et al. 2006). Ramos & García (2022) mencionan que las ramas vivas de dos clones de eucalipto presentan mayor diámetro y mayor velocidad de oclusión de las heridas de poda que las ramas muertas, con diferencias entre clones. Según West & Smith (2020) las ramas tienden a ser más pequeñas en densidades iniciales más altas, y se observa relación entre la longevidad de las ramas y la densidad inicial. En resultados de la evaluación de dos especies de eucalipto se menciona que la densidad inicial afecta la persistencia de las ramas: la base de la copa viva está a mayor altura en densidades iniciales más altas (Kearney et al. 2007).

La mortalidad de las ramas debería tenerse en cuenta

para definir el momento adecuado para aplicar podas efectivas; sin embargo, resulta poco práctico evaluar los rodales según ese criterio. El objetivo de este trabajo fue ajustar modelos que estimen la probabilidad de que las ramas estén vivas a partir de variables sencillas de medir o de datos del rodal, para planificar más eficientemente las podas.

Materiales y Métodos

En suelos arenosos de Concordia (Entre Ríos, Argentina) se seleccionaron 162 árboles de 9 rodales de eucalipto con diferencias en su edad y material genético: *Eucalyptus grandis* clon EG INTA 152 y *E. grandis* x *E. camaldulensis* clon GC INTA 27, de 13 y 20 meses de edad (31°16'07.93"S, 57°59'07.93"O); *E. grandis* de semilla del Huerto Semillero de Progenies INTA Concordia (HSP) y *E. grandis* x *E. camaldulensis* clon GC INTA 8, de 20 y 24 meses de edad (31°16'08.86"S, 57°58'51.86"O); material del Huerto Semillero San Juan INTA Concordia (HSSJ), de 34 meses de edad (31°21'57.42"S, 58°06'09.33"O).

En la porción del fuste entre 1,2 m y 1,4 m desde la base de las plantas se midieron con calibre digital el diámetro basal de las ramas (DBR) y su estado (viva o muerta), con brújula la orientación, y con cinta diamétrica el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles de la muestra. Se midieron en total 610 ramas. Con tablas de contingencia se estudió la asociación entre el estado de las ramas con la clase de edad (0=13 meses y 1=más de 13 meses de edad), definida en función de un criterio operativo donde los 13 meses pueden tomarse como la edad para la aplicación temprana de la primera poda. Además, se ajustaron modelos de regresión logística para estimar la probabilidad de que las ramas estén vivas, con las variables predictoras: DBR, orientación de la rama, DAP, material genético y las interacciones entre ellas. Se utilizó el software Infostat versión 2020 (Di Rienzo et al. 2020).

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Concordia. Contacto: garcia.mariaa@inta.gob.ar.

2 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Concordia. Contacto: ramos.sergio@inta.gob.ar.

3 LUMIN. Contacto: luciana.ingaramo@lumin.com.

4 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Concordia. Contacto: alejandro.jorge@inta.gob.ar.

Para utilizar material genético como variable regresora se construyeron variables dummy, con HSSJ como variable de referencia.

Para calcular la probabilidad a partir de las regresiones ajustadas se aplicó la fórmula:

$$p = \frac{e^{(\alpha+\beta x)}}{1+e^{(\alpha+\beta x)}}$$

Donde p es la probabilidad de éxito (ramas vivas) que se desea conocer, α es la constante, que corresponde al valor que toma la variable independiente cuando la variable dependiente toma el valor cero, β supone el incremento de la variable dependiente por cada aumento de una unidad de la variable regresora (Camarero Rioja et al. s.f). A partir de los coeficientes de las regresoras se construye la ecuación lineal para estimar la probabilidad de que las ramas estén vivas.

Resultados

Los valores de DBR y DAP de los árboles de la muestra variaron de 1,5 a 41,2 mm y de 3,2 a 12,7 cm, respectivamente. Las ratios calculadas a partir de las tablas de contingencia mostraron en plantas de 13 meses de edad, 1,57 ramas vivas por cada rama muerta, mientras que, en plantas de más de 13 meses de edad, se observaron 1,1 ramas vivas por cada rama muerta (Cuadro 1). A partir del cociente de ratios, se estima que la probabilidad de que una rama esté viva en plantas de más de 13 meses se reduce un 30 % respecto de plantas de 13 meses de edad. Sin embargo, las plantas de 13 meses corresponden solo a dos materiales genéticos, un clon de *Eucalyptus grandis* puro y un híbrido, con características de ramas contrastantes, pero que no representan a los demás materiales evaluados. Por ese motivo la clase de edad no se incluyó en los análisis de regresión.

Cuadro 1. Frecuencias relativas (%) del estado de las ramas, ratios y cocientes de ratios para ramas de plantas de 13 meses y de más de 13 meses de edad, de los materiales genéticos muestreados.

Clase de edad	vivas	muertas	Razón o ratio	Cocientes de ratios
13 meses	61,11	38,89	1,57	1,43
>13 meses	52,39	47,61	1,10	0,70

De los diferentes modelos de regresión logística ajustados con las variables orientación de las ramas, DBR, DAP de los árboles, material genético y sus interacciones, la orientación de la rama no resultó significativa

para la regresión en ninguno de los modelos ajustados.

Los modelos de regresión que resultaron significativos fueron: 1) con el DAP, 2) con el DBR, 3) con el DBR y el material genético y 4) con el DBR, el DAP y el material genético. Las ecuaciones para el cálculo de la probabilidad construidas a partir de los coeficientes de los modelos ajustados son:

$$1) p = \frac{e^{(1,643-0,198DAP)}}{1+e^{(1,643-0,198DAP)}}$$

$$2) p = \frac{e^{(-4,76+0,66DBR)}}{1+e^{(-4,76+0,66DBR)}}$$

$$3) p = \frac{e^{(-12,304+0,730DBR+7,970EG152+6,945GC27+7,565GC8+5,770HSP)}}{1+e^{(-12,304+0,730DBR+7,970EG152+6,945GC27+7,565GC8+5,770HSP)}}$$

$$4) p = \frac{e^{(-7,94+0,81DBR-0,56DAP+5,99EG152+5,22GC27+7,85GC8+6,05HSP)}}{1+e^{(-7,94+0,81DBR-0,56DAP+5,99EG152+5,22GC27+7,85GC8+6,05HSP)}}$$

Aplicando el modelo 1 se observa que cuanto menor es el DAP, mayor es la probabilidad de que las ramas estén vivas: para un DAP=5, por ejemplo, la probabilidad de que la rama esté viva es de 65,8 %, mientras que para un DAP= 8 cm, la probabilidad baja a 51,5 %. Por el contrario, con el modelo 2 se observa que cuanto mayor el DBR, mayor es la probabilidad de que la rama esté viva: por ejemplo, para un DBR= 10 mm la probabilidad de que la rama esté viva es de 86,30 %, mientras que para un DBR= 5mm la probabilidad disminuye a 18,85 %.

A partir de los coeficientes del modelo de regresión 4, ajustado con tres variables, se estima que cuanto mayor DBR y menor DAP, mayor es la probabilidad de que la rama esté viva, y esa probabilidad varía con el material genético: para un DAP de 5 cm y DBR de 5 mm la probabilidad de que la rama esté viva es mayor en el clon GC INTA 8 (76,1 %) en comparación con los demás materiales estudiados, en los que varía entre 34,5 % y 0,1 %.

Discusión y Conclusiones

La orientación de las ramas no resultó una variable significativa para estimar la longevidad de las ramas, en coincidencia con lo encontrado por Ramos & García (2022) al evaluar dos clones de eucalipto. Sin embargo, algunos trabajos sugieren que la incidencia de la luz afecta la longevidad de las ramas (Chen & Sumi-

da 2018; Forrester et al. 2010), por lo cual la orientación podría afectar la cantidad de luz incidente.

El modelo que relaciona la longevidad de las ramas y el DAP mostró que cuanto menor es el DAP, mayor es la probabilidad de que las ramas estén vivas. Sin embargo, Kearney et al. (2007) mencionan como tendencia general para dos especies de eucalipto que la densidad del rodal afecta el DAP y la altura de la copa viva, por lo que definir la oportunidad de podar solamente en base al DAP puede resultar inapropiado. Por otro lado, cuanto mayor el DBR, mayor es la probabilidad de que la rama esté viva, en coincidencia con Smith et al. (2006), que indican que las ramas vivas presentan mayor diámetro.

Por último, las diferencias en longevidad de las ramas de acuerdo con el material genético también las mencionan Ramos & García (2022), que encontraron que *E. grandis* EG INTA 152 presenta mayor la proporción de ramas vivas en comparación con *E. grandis* x *E. camaldulensis* GC INTA 27. Otros autores también se refieren a las diferencias en la persistencia de las ramas según el material genético (Smith et al. 2006; Kearney et al. 2007).

En conclusión, los modelos de regresión logística ajustados con variables sencillas de medir permiten calcular la probabilidad de que las ramas estén vivas y utilizar esa información como herramienta para programar las podas de acuerdo con las características de los rodales y de los diferentes materiales genéticos. A medida que los rodales crecen las ramas se van muriendo y una poda tardía produce defectos en la calidad de la madera, resultando en un gasto innecesario. Estimar la probabilidad de que las ramas estén vivas puede servir para programar las podas, y la elección del modelo para estimar esa probabilidad dependerá de los datos disponibles en cada caso.

Bibliografía

Camarero Rioja L, Almazán Llorente A, Mañas Ramírez B. s.f. Regresión Logística: Fundamentos y aplicación a la investigación sociológica. Accesible en <https://docplayer.es/81863120-Regresion-logistica-fundamentos-y-aplicacion-a-la-investigacion-sociologica.html>

Chen L, Sumida A. 2018. Effects of light on branch growth and death vary at different organization levels of branching units in Sakhalin spruce. *Trees* (2018) 32:1123–1134 <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1700-5>.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez L,

Tablada M, Robledo CW. 2020. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Emmingham W, Fitzgerald S. 1995. Stand management: Pruning to enhance tree and stand value. The woodland workbook. Oregon State University Extension Service, EC 1457, septiembre de 1995.

Forrester D, Medhurst JL, Wood M, Beadle CL, Valencia JC. 2010. Growth and physiological responses to silviculture for producing solid-wood products from Eucalyptus plantations: An Australian perspective. *Forest Ecology and Management* 259 (2010) 1819–1835.

García MA, Ramos S. 2020. Evaluación de poda temprana en clones de eucalipto. En: <https://inta.gov.ar/noticias/evaluacion-de-poda-temprana-en-clones-de-eucalipto>.

Kearney D, James R, Montagu K, Smith GB. 2007. The effect of initial planting density on branching characteristics of Eucalyptus pilularis and *E. grandis*. *Australian Forestry*, diciembre de 2007. DOI: 10.1080/00049158.2007.10675028.

Ramos SO, García MA. 2022. Caracterización de las ramas de dos clones de eucalipto y su relación con el manejo del rodal. En: Acta de disertaciones y contribuciones voluntarias, XXXVI Jornadas Forestales de Entre Ríos, 13 y 14 de octubre de 2022, Concordia, Entre Ríos (Argentina). Accesible en <https://www.jornadasforestales.com.ar/book/revista/REVISTA-FORRESTAL-2022.pdf>

Smith RGB, Dingle J, Kearney D, Montagu YK. 2006. Branch occlusion after pruning in four contrasting sub-tropical eucalypt species. *Journal of Tropical Forest Science* 18(2): 117–123.

West PW, Smith RGB. 2020. Effects of tree spacing on branch-size development during early growth of an experimental plantation of Eucalyptus pilularis in subtropical Australia, *Australian Forestry*, 83:1, 39-45, DOI: 10.1080/00049158.2020.1715016.