

CAPACIDAD DE CRECIMIENTO Y ACLIMATACIÓN DE PLANTAS JÓVENES DE UNA ESPECIE NATIVA DE ALTO VALOR MADERERO (*Cabralea canjerana*, CANCHARANA) A DIFERENTES CONDICIONES DE COBERTURA DE DOSEL

Ana P. Moretti <sup>1</sup>, Martín A. Pinazo <sup>2</sup>, Corina Graciano <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Fisiología Vegetal (CONICET- Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata), Diag. 113 n° 495, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup> INTA EEA Montecarlo, Av. El Libertador n° 2472, 3384 Montecarlo Misiones, Argentina. <sup>3</sup> corinagraciano@agro.unlp.edu.ar

### Resumen

La selva subtropical que ocupa actualmente el territorio misionero ha sufrido el avance de la frontera agrícola y la sobreexplotación de los recursos madereros. Una estrategia que permite aumentar el valor económico del bosque nativo degradado es el enriquecimiento con especies de valor maderero. Para enriquecer el bosque es indispensable conocer la dinámica de regeneración de las especies de interés, para poder aumentar su establecimiento. Es escaso el conocimiento de las condiciones ambientales que requieren y toleran los individuos jóvenes de especies nativas. Este problema limita la posibilidad de sugerir prácticas de manejo, y de brindar opciones silviculturales para la restauración de bosques nativos, áreas degradadas y sitios de bajo potencial con especies de alto valor maderable. La falta de información básica dificulta también la introducción de especies forestales no tradicionales y el manejo de especies nativas de alto valor en plantaciones con sucesión natural. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y los mecanismos de aclimatación de *Cabralea canjerana* a condiciones contrastantes de cobertura: bajo dosel arbóreo y a sol pleno. Se colocaron 34 individuos de 2 meses de edad a pleno sol y 68 bajo dosel. Seis meses después no se observó mortalidad en ninguna condición. Se midió crecimiento en altura y diámetro al cuello y se determinaron características fisiológicas que indican los mecanismos por los cuales la especie se aclimata a vivir en ambas situaciones lumínicas. Los resultados indican que la especie puede ser utilizada para repoblación tanto a cielo abierto como bajo cobertura.

Palabras claves: regeneración, cobertura, fotosíntesis, transpiración, hidráulica

## Summary

The subtropical rainforest in Misiones, Argentina, has been affected by the conversion of forests to agricultural land and the overexploitation of wood. One option to restore the degraded native forest is its enrichment with high wood quality species. To enrich the forest it is necessary to know the dynamic of the regeneration of the species, to increase their survival. The environmental requirements of seedlings of native species to succeed are little known. This lack of information makes it difficult to manage the regeneration and to recommend new options to restore the native forest, degraded areas and low quality sites with valuable species. It also impairs the possibility of planting non-traditional species and the management of high quality species in reforestations with natural succession. The aim of this work was to evaluate *Cabralea canjerana* growth and acclimatation to different environmental conditions: below the canopy or in open areas, i.e. not protected by tree crowns. Thirty four plants were put in the sunny position and 68 below the forest canopy. Six months later no mortality was observed in any condition. Growth was evaluated through plant height and collar diameter. Physiological characteristics that can explain the way in which this species acclimatize to different light conditions were measured. Results indicate that *Cabralea canjerana* can be planted both below the canopies and in open areas.

Keywords: regeneration, crown cover, photosynthesis, transpiration, hydraulic

## Antecedentes

La provincia de Misiones cuenta con 1 422 661 ha de bosques nativos que albergan la mayor diversidad vegetal del país, con más de 2800 especies (Rodríguez et al., 2005). La selva subtropical ha sufrido el avance de la frontera agrícola y la sobreexplotación de los recursos madereros mediante la extracción de especies económicamente valiosas, lo que ha generado consecuencias muy graves a nivel ecológico y ambiental (Frangi et al., 2005). Actualmente, la Selva Paranaense, como parte integral del denominado Bosque Atlántico, es uno de los ecosistemas más amenazados y forma parte de iniciativas de conservación (Olson y Dinerstein, 2002). Una estrategia que podría permitir aumentar el valor económico del bosque nativo degradado es el enriquecimiento con especies de valor maderero (Parrotta et al., 1997). Para la aplicación de esta práctica silvícola es indispensable conocer la dinámica de regeneración de las especies de interés, de manera

de poder asegurar el establecimiento de dichas especies. La especie elegida, *Cabralea canjerana* Mart. (cancharana) es una especie de importancia económica de la Selva Paranaense, y por lo tanto está sometida a una fuerte presión de corta (Pinazo et al., 2009). Su calidad maderera presenta características similares al cedro misionero. Es frecuente observar grupos de regeneración bajo el dosel de bosque nativo y de plantaciones de pino, y es poco frecuente observar plantas jóvenes a sol pleno. Dado que la regeneración natural ocurre, es una especie potencialmente adecuada para manejar y enriquecer el bosque nativo degradado. Es por ello que conocer la plasticidad fenotípica de caracteres importantes para la supervivencia en diferentes condiciones de cobertura de dosel es muy importante para comprender su capacidad de regeneración en los diferentes ambientes producidos por la dinámica de los bosques. El manejo podrá basarse en la conducción de la regeneración natural mediante apertura de claros y, en caso de bosques degradados, el enriquecimiento mediante plantación en el bosque en las condiciones ambientales adecuadas. Adicionalmente, este conocimiento será útil para evaluar la posibilidad de manejar esta especie en plantación coetánea monoespecífica y para evaluar la posibilidad de utilizar la especie en programas de restauración.

La capacidad de una especie a tolerar cambios en el ambiente lumínico se relaciona con los mecanismos de los que dispone esa especie para aclimatarse a las diferentes disponibilidades de luz y evitar el estrés lumínico. Es importante tener en cuenta también la capacidad que tenga de mantener un buen estado hídrico (Schall et al., 2012) porque las condiciones de luz plena se asocian con alta demanda evapotranspirativa, de manera que la mortandad o baja tasa de crecimiento en situación de apertura de claro o plantación a luz plena puede deberse al estrés hídrico. Dicho estrés puede estar provocado por un bajo contenido de agua del suelo o porque la planta no logra abastecer de agua a las hojas y tejidos en crecimiento a la velocidad suficiente para compensar las pérdidas por transpiración (Rodríguez-Calcerrada et al., 2008). En estos casos, se podrá observar pérdida de turgencia de los tejidos, cierre estomático parcial o total, reducción del potencial hídrico de los tejidos y disminución en la conductancia de los tejidos por cavitación y embolismo de pecíolos, tallos o raíces (Campanello et al., 2008). Algunas especies pueden modificar su morfología y fisiología para aclimatarse a dichas condiciones (Valladares et al., 2005). Algunos cambios posibles son: reducción del área foliar, aumento de sistema radical absorbente, mayor cierre estomático, ajuste osmótico o elástico, generación de xilema menos vulnerable a la cavitación, mayor conductividad de

raíces y tallos, entre otros mecanismos posibles. Todos estos cambios tienden a mejorar el estado hídrico de los tejidos.

Los objetivos del proyecto en que se enmarca este trabajo buscan determinar los cambios morfológicos y fisiológicos de plantas jóvenes de cancharana (*Cabralea canjerana* Mart) cuando crecen en condiciones contrastantes de cobertura de dosel: a sol pleno y bajo dosel. Se busca conocer: 1) la plasticidad de esta especie para aclimatarse a diferentes condiciones de cobertura de dosel a las que puede estar expuesta, en un claro en el bosque nativo o una zona desmontada y bajo cobertura del bosque. 2) la capacidad de respuesta de esta especie a cambios súbitos de cobertura, esto es, el pasaje de condición de sombra a luz plena, correspondiente a la apertura de un claro en el bosque.

En el presente trabajo se desarrollan los resultados preliminares del primer objetivo.

### Metodología

Se utilizaron plantas de *Cabralea canjerana* de 2 meses de edad producidas en el vivero del campo Anexo Manuel Belgrano ubicado en San Antonio, Misiones, perteneciente al INTA EEA Montecarlo. En el momento de iniciar el experimento (octubre de 2012), las plantas estaban en contenedores de 1 litro y fueron transplantadas a macetas de 7 litros rellenas con una mezcla de tierra extraída del monte nativo y compost de corteza de pino (1:1). Las plantas se colocaron en dos condiciones contrastantes: 1) 34 plantas se colocaron a pleno sol, lejos de la influencia de árboles y edificios (sol); 2) 68 plantas se ubicaron debajo de cobertura de bosque nativo (canopeo).

Seis meses después se midió la altura total, diámetro del cuello y área foliar específica (AFE) de la hoja superior completamente expandida. La concentración de clorofila se midió con el Spad (Minolta). Para correlacionar esos valores arbitrarios con la concentración de clorofila (mg de clorofila/cm<sup>2</sup> o mg de clorofila/g), se extrajo la clorofila con DMF (Inskeep y Bloom, 1985) y se calculó la relación entre la concentración de clorofila a y b. Para evaluar si la cancharana modifica la estructura del aparato fotosintético y su capacidad de realizar fotosíntesis cuando crece en situaciones con alta y baja disponibilidad de luz, se midió la respuesta de la fotosíntesis a la irradiancia. Se midió la fotosíntesis neta con un IRGA (Ciras 2, PP System) a 360 ppm de CO<sub>2</sub> ambiental y 25 °C de temperatura, a densidades de flujo fotónico fotosintético (PAR) crecientes entre 0 a 1500  $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Se midió el potencial hídrico (con cámara de Scholander, BioControl) y la conductancia estomática (porómetro Decagon) y Fv'/Fm' (FMS2,

Hansatech) a las 9, 12, 14 y 16:30 h. Se muestrearon 6 plantas por tratamiento y se midió la conductividad hidráulica, i.e. la capacidad de conducir agua con el método de las resistencias conocidas (Brodrribb y Feild, 2000) del sistema radical, vástago (tallo + hojas), tallos, hojas y pecíolos. Posteriormente se determinó el área foliar y el peso seco de cada compartimento. Los resultados se analizaron mediante ANOVA, utilizando la condición lumínica de crecimiento (sol y sombra) como factor. Las diferencias se considerarán significativas si  $p < 0,05$ . En los casos en que se realizaron mediciones a lo largo del día, la hora fue otro factor y las medias se compararon por el test de Duncan ( $p < 0,05$ )

## Resultados y discusión

Los ambientes elegidos fueron contrastantes en cuanto a disponibilidad luz. Se observó menor humedad relativa ambiente en el sitio de las plantas expuestas a luz plena (Figura 1 A). A pesar de que no se observaron diferencias importantes en la temperatura del aire, la temperatura del suelo en el horario cercano al mediodía en las plantas bajo canopeo fue sensiblemente menor que en las plantas expuestas al sol (Figura 1 B).

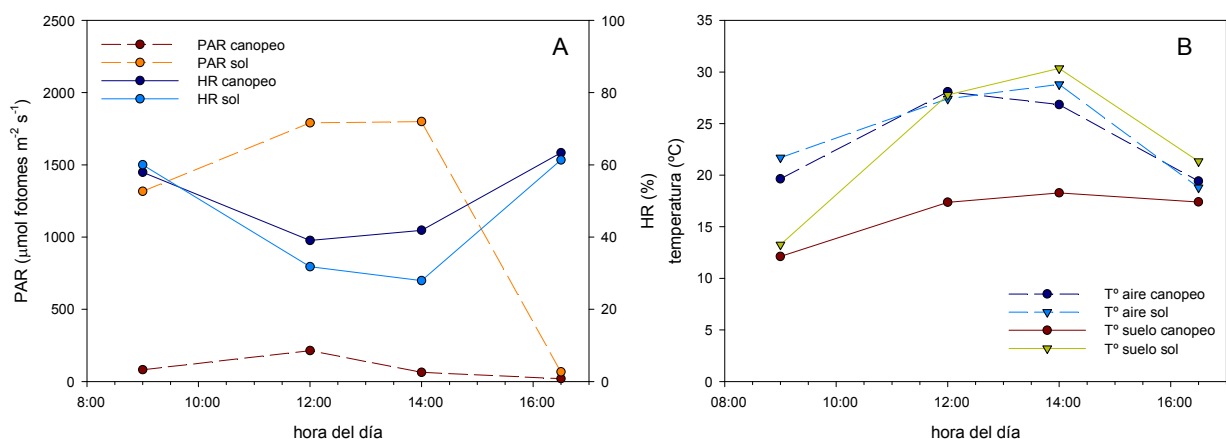


Figura 1. A) Intensidad de luz fotosintéticamente activa (PAR) ( $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), humedad relativa del aire (HR) (%), B) temperatura del aire ( $T^{\circ}\text{aire}$ ) y temperatura en los 5 cm superiores del suelo ( $T^{\circ}\text{suelo}$ ) en plantas creciendo a luz plena (sol) o bajo canopeo del bosque nativo (canopeo).

Las plantas que crecieron al sol pleno tuvieron mayor diámetro del cuello (DAC) y menor altura (H) que las plantas que crecieron bajo canopeo (Figura 2 B). El peso seco aéreo fue similar en ambos tratamientos y no hubo diferencias significativas en el peso de hojas ni tallo, aunque las plantas de sol desarrollaron un sistema radical significativamente más grande, que redundó en mayor peso seco total (Figura 2 B).

A pesar de que el peso seco de hojas fue similar en ambos tratamientos, el área foliar de las plantas bajo canopeo fue mayor que el de las plantas de sol, debido que poseen

mayor número de hojas con mayor área foliar individual, pero más delgadas, es decir, con mayor área foliar específica (AFE) (Figura 3).

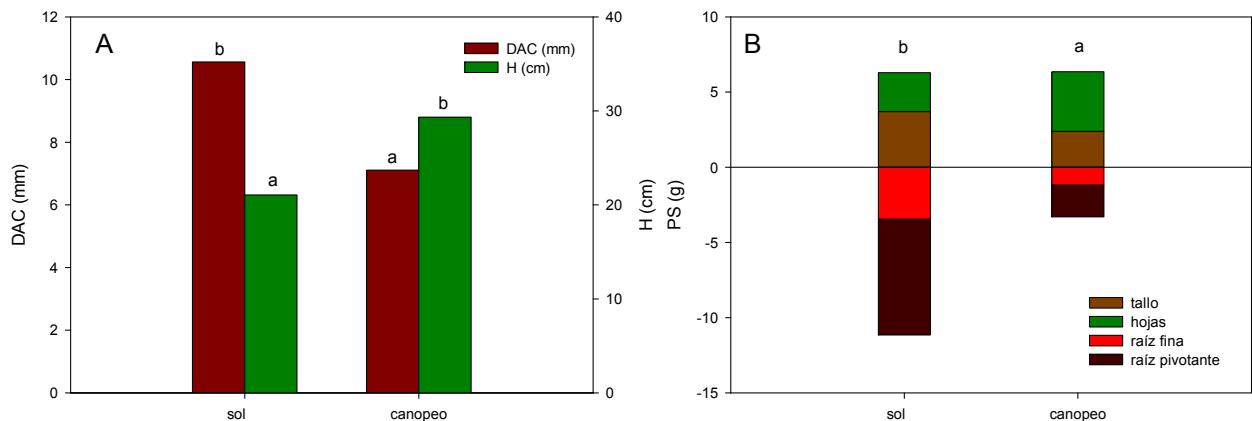


Figura 2. A) Diámetro del cuello (DAC) (mm) y altura total de la planta (cm); B) peso seco de cada compartimento y total (g).

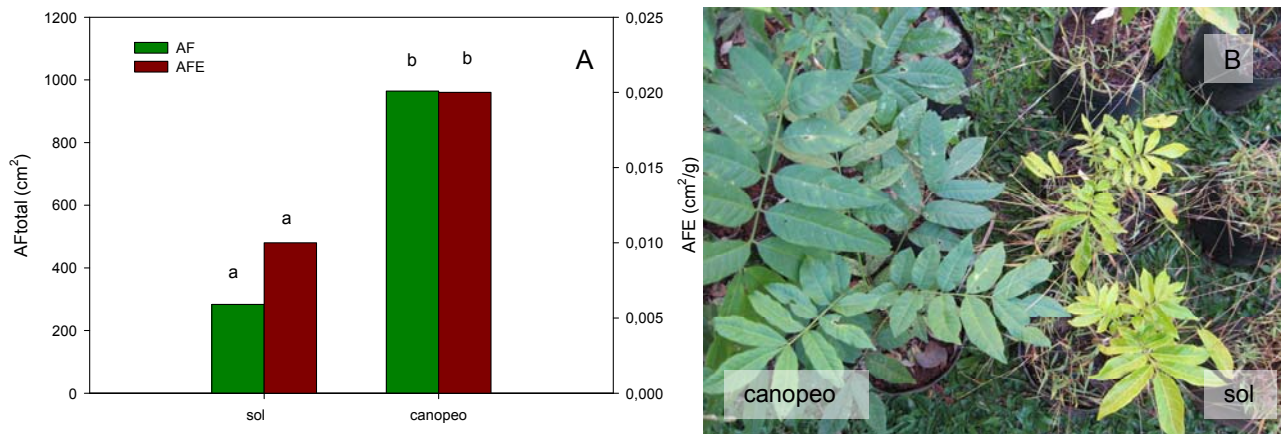


Figura 3. A) Área foliar total por planta (AF)(cm<sup>2</sup>) y área foliar específica (AFE)(cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>); B) Imágenes ilustrativas de las plantas que crecieron bajo canopeo y a sol pleno en las que se puede apreciar la diferencia en color, número y tamaño de hojas.

La concentración de clorofila medida con spad correlacionó con la medición de clorofila total mediante extracción con DMF ( $r^2 = 0,93$ ,  $p < 0,01$ ). La concentración de clorofila fue mayor en las hojas de las plantas que crecieron bajo el canopeo, mientras que la relación entre clorofila a y b disminuyó, resultado esperable ya que al aumentar el tamaño de las antenas colectoras de luz de los fotosistemas, se incrementa proporcionalmente más la concentración de clorofila b que de clorofila a (Figura 4 A). A pesar del aumento en la concentración de clorofila por unidad de área foliar, la fotosíntesis neta fue similar en ambos tratamientos, respuesta que indica que las plantas aclimatadas a crecer debajo del canopeo, si bien realizan modificaciones morfológicas y fisiológica para aumentar la intercepción de luz (mayor AF, mayor AFE, mayor concentración de clorofila) poseen elevada capacidad fotosintética a altas irradiancias, posiblemente porque aprovechan los

flecos de luz de alta intensidad lumínica que suelen llegar al suelo de los bosques (Posada et al., 2012). No se observó diferencias en las tasas respiratorias ni en el punto de compensación lumínico entre tratamientos (Figura 4 B). Las respuestas de la fotosíntesis a la luz indican que las plantas de cancharana tienen igual capacidad potencial de realizar fotosíntesis independientemente del ambiente lumínico al que estén aclimatadas. Sin embargo la fotosíntesis real que realicen estas plantas va a depender de la intensidad de luz que reciban y del tiempo que dure la radiación, que es muy diferente en ambos ambientes (Figura 1 A). Una manera sencilla de estimar la fotosíntesis que realmente está ocurriendo es la medición de la tasa de transporte de electrones del fotosistema 2 (ETR) (Figura 5).

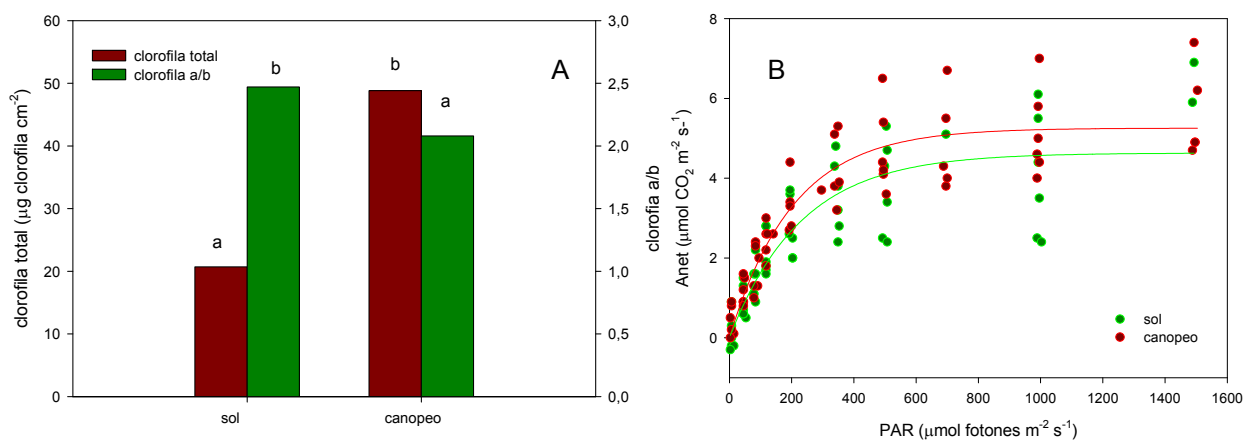


Figura 4. A) Concentración de clorofila total ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) y relación entre clorofila a y b; B) Fotosíntesis neta ( $Anet$ ) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en respuesta a la irradiancia en hojas de plantas creciendo a luz plena (sol) o debajo de un canopeo (canopeo).

A pesar de que la eficiencia de transporte de electrones ( $\phi\text{PSII}$ ) es inferior en las plantas creciendo al sol, debido a la alta radiación que reciben estas plantas (Figura 1) la ETR de las plantas es mayor desde la mañana hasta pasado el mediodía, en comparación con las plantas que crecen bajo canopeo. El bajo  $\phi\text{PSII}$  en las plantas de sol indica que no pueden canalizar la totalidad de la luz incidente (Figura 5), por lo tanto en las plantas de sol, la fotosíntesis no está limitada por la intensidad de luz en ningún momento del día. Al contrario, en las plantas bajo canopeo, la baja luz incidente limita la fotosíntesis.

Además de las limitaciones que ofrece el aparato fotosintético, la capacidad fotosintética de la planta puede estar limitada por el grado de apertura estomática. Si las plantas que crecen al sol sufren estrés hídrico, es posible que cierren parcialmente los estomas, para limitar la transpiración. Como consecuencia, el cierre estomático disminuiría la fotosíntesis. Las plantas aclimatadas al sol tuvieron una conductancia estomática ( $g_s$ ) alta y similar durante todo el día. Sin embargo, las plantas bajo el canopeo tuvieron mayor  $g_s$

al mediodía, y menor a la mañana temprano y a la tarde (Figura 6) pero a pesar del aumento marcado de  $g_s$  al mediodía, las hojas se mantuvieron en un buen estado de hidratación, tal como lo indica el potencial hídrico de la hoja ( $\psi$ ) cercano a cero. En el caso de las plantas de sol, mantener los estomas abiertos durante todo el día tuvo como consecuencia la deshidratación de las hojas, que se refleja en caída del  $\psi$  al mediodía, cuando la demanda evapotranspirativa es mayor (Figura 6). Sin embargo, hacia el final del día las plantas recuperan su estado de hidratación, a pesar de continuar con los estomas abiertos. Esto indica que el sistema hidráulico de estas plantas es capaz de abastecer de agua a las hojas durante gran parte del día.

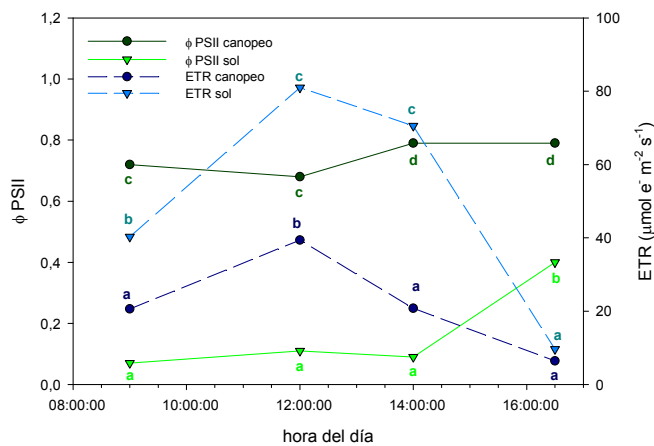


Figura 5. Rendimiento cuántico del fotosistema 2 ( $\phi$ PSII) y tasa de transporte de electrones (ETR) en plantas de cancharana aclimatadas a sol plena (sol) o debajo del canopeo (canopeo).

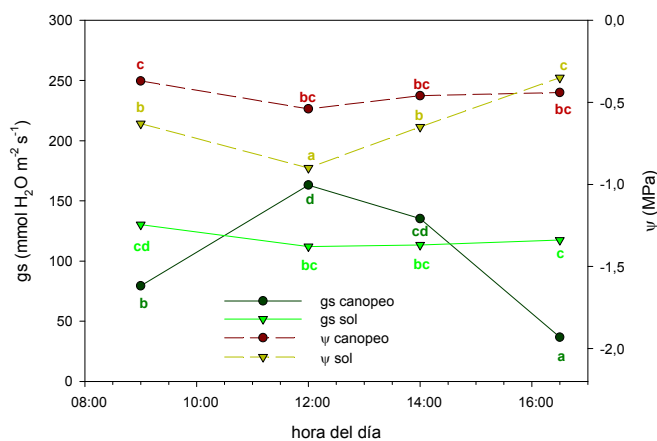


Figura 6. Conductancia estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y potencial hídrico de las hojas ( $\psi$ ) (MPa) en plantas de cancharana aclimatadas a sol pleno (sol) y bajo canopeo (canopeo).

La falta de capacidad de una especie a sobrevivir o crecer si no están protegidas por un dosel arbóreo, puede deberse a la arquitectura hidráulica de la misma, que no le permite



controlar la pérdida de agua o conducir el agua a los ápices y hojas de manera que los tejidos en expansión tengan la turgencia necesaria para el crecimiento. En el caso de la cancharana expuesta a sol pleno no cierra los estomas para conservar el agua, sino que se producen modificaciones anatómicas que aumentan la capacidad conductiva específica de algunos tejidos, como por ejemplo hojas y pecíolos, como se puede observar en el aumento de conductividad del normalizado por área de xilema (kh pecíolo/AX) y por área foliar (kh pecíolo/AF) y la conductancia de la hoja (K hoja/AF) (Figura 7 B).

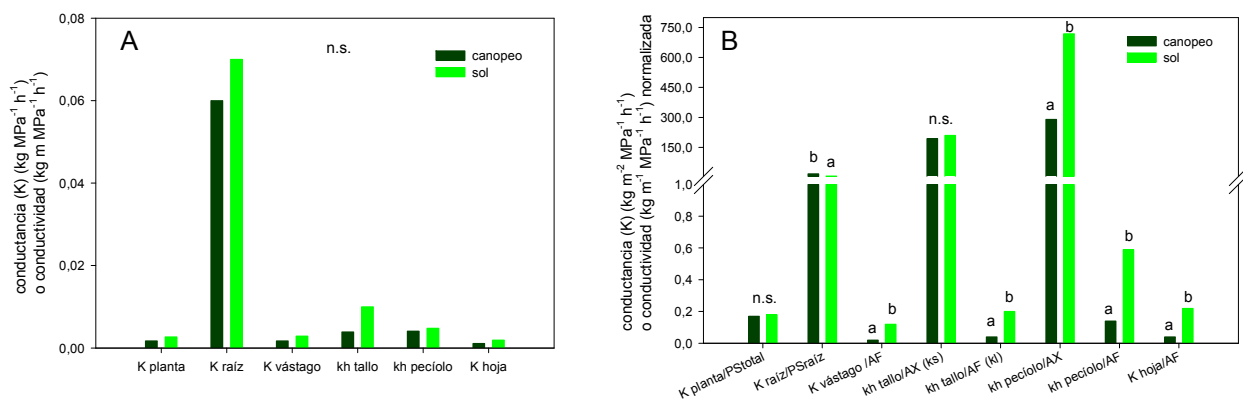


Figura 7. A) Conductancia hidráulica (K) de la planta entera, la raíz, el vástago y la hoja y conductividad hidráulica (kh) de tallo principal y pecíolo; B) Conductancias y conductividades normalizadas por el tamaño del sistema conductivo correspondiente a cada caso en plantas de cancharana aclimatadas a sol pleno (sol) y bajo canopeo (canopeo).

Este aumento en K y k puede compensar la reducción del área foliar en las plantas de sol. El único tejido con menor conductancia en plantas de sol son las raíces, que es el único compartimento que se incrementa en pesos seco en las plantas de sol. Por lo tanto, los cambios en el crecimiento y la partición de materia seca se compensan con cambios en la conductancia y redundan en conductancias y conductividades similares cuando se evalúa la capacidad bruta de conducir el agua, es decir involucrando las conductancias específicas y el tamaño (Figura 7 A).

### Conclusiones y recomendaciones

*Cabralea canjerana* sobrevive en los dos ambientes a los que fue expuesta: sol pleno y debajo de un canopeo denso. Tiene la capacidad de aclimatarse a los ambientes con disponibilidad de luz contrastantes, realizando modificaciones morfológicas y fisiológicas en el mediano plazo. Aún las plantas aclimatadas a baja irradiancia tienen la capacidad de utilizar alta intensidad de luz, por lo tanto posiblemente no sufran daño severo si se remueve totalmente el canopeo protector. Sin embargo, es posible que sufran estrés

hídrico porque son necesarias modificaciones anatómicas y fisiológicas relacionadas con el crecimiento para ajustar el abastecimiento de agua a las altas demandas evaporativas que implican la exposición a luz plena.

#### Agradecimiento

Este proyecto es financiado por el PIA 12010 (UCAR- MAGyP). APM es contratada por el PIA 12010- FCAyF (UNLP). MAP es investigador INTA EEA Montecarlo. CG es investigadora del CONICET (CCT La Plata) y docente de la FCAyF (UNLP).

#### Bibliografía

- Brodribb TJ y Feild TS (2000) Stem hydraulic supply is linked to leaf photosynthetic capacity: evidence from New Caledonian and Tasmanian rainforests. *Plant, Cell & Environment* 23: 1381-1388.
- Campanello PI, Gatti MG y Goldstein G (2008) Coordination between water-transport efficiency and photosynthetic capacity in canopy tree species at different growth irradiances. *Tree Physiology* 28: 85-94.
- Frangi JL, Arturi M, Goya JF, et al. (2005) La sucesión secundaria del bosque subtropical y su importancia ecológica y agrícola en el centro y sur de Misiones, *en* (Goya JF, Frangi JL y Arturi M ed) *Ecología y manejo de los bosques de Argentina* pp, La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Inskeep WP y Bloom PR (1985) Extinction Coefficients of Chlorophyll a and b in N,N-Dimethylformamide and 80% Acetone. *Plant Physiol* 77: 483-485.
- Olson DM y Dinerstein E (2002) The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89: 199-224.
- Parrotta JA, Turnbull JW y Jones N (1997) Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology & Management* 99: 1-7.
- Pinazo MA, Moscovich FA, Dummel C, et al. (2009) Patrón espacial de la regeneración de dos especies leñosas en un sector aprovechado de la Selva Paranaense. *Ecología Austral* 19: 139-148.
- Posada JM, SievÄnen R, Messier C, et al. (2012) Contributions of leaf photosynthetic capacity, leaf angle and self-shading to the maximization of net photosynthesis in *Acer saccharum*: a modelling assessment. *Annals of Botany* 110: 731-741.
- Rodríguez-Calcerrada J, Pardos JA, Gil L, et al. (2008) Ability to avoid water stress in seedlings of two oak species is lower in a dense forest understory than in a medium canopy gap. *Forest Ecology and Management* 255: 421-430.
- Rodríguez ME, Cardozo A, Díaz MR, et al. (2005) Los bosques nativos misioneros: estado actual de su conocimiento y perspectivas *en* (Goya JF, Frangi JL y Arturi M ed) *Ecología y manejo de los bosques de Argentina* pp, La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Schall P, Lödige C, Beck M, et al. (2012) Biomass allocation to roots and shoots is more sensitive to shade and drought in European beech than in Norway spruce seedlings. *Forest Ecology and Management* 266: 246-253.
- Valladares F, Dobarro I, Sánchez-Gómez D, et al. (2005) Photoinhibition and drought in Mediterranean woody saplings: scaling effects and interactions in sun and shade phenotypes, in *Journal of Experimental Botany* pp 483-494: Society for Experimental Botany.