

¿La disminución del estrés por exceso de luz mediante la regulación del dosel superior mejora el rendimiento de plantas de yerba mate?

Fermin Gortari¹, Nardia Bulfe², Martin Pinazo², Alejandro Sebastián Azame³, Simón Roediger³, Rodrigo Ezequiel Pires³, Corina Graciano⁴

Palabras Clave: *Ilex paraguariensis*, sistemas agroforestales, estrés abiótico.

Introducción

La yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) es un árbol que tiene una distribución natural en el bosque atlántico interior o selva paranaense (Argentina, Paraguay y Brasil) (Gregianini & Winge 2019) y en esa región se concentran casi la totalidad de las plantaciones comerciales. En Argentina existe una superficie cultivada de aproximada de 153000 ha (INYM 2020); mientras que en Brasil son 85000 ha y en Paraguay 35000 ha. La gran mayoría de estas plantaciones comerciales se realiza en forma de monocultivo; sin embargo la yerba mate es una planta que crece bajo dosel en condiciones naturales (Eibl et al. 2000), donde las condiciones ambientales están reguladas por la presencia del canopeo. En las producciones actuales, monocultivo de yerba mate, las plantas están expuestas a condiciones estresantes, como consecuencia de la radiación directa del sol y mayores demandas evapotranspirativas; ya que no cuentan con la regulación que ejerce en condiciones naturales el dosel superior (Al-Namazi et al. 2017).

El exceso de luz, al no poder ser disipado, causa foto-inhibición del fotosistema II y la consiguiente pérdida de crecimiento y rendimiento (Nishiyama & Murata 2014). El mayor desarrollo de hojas en plantas de yerba mate se da cuando la radiación es de un 50% de la radiación plena, y es menor bajo radiación directa (Sansberro et al. 2002). El crecimiento en peso seco, también es mayor cuando las plantas crecen con 50% de la radiación plena, en relación a plantas que crecen bajo radiación directa del sol; y este crecimiento puede aumentar en ambas situaciones, si se evita el estrés por falta de agua (Sansberro et al. 2004).

Es de esperar entonces, que la yerba mate se desarrolle mejor en sistemas forestales mixtos y existen experiencias de producción de yerba mate en estos siste-

mas donde se han evaluado rendimientos de plantas de yerba mate (Eibl et al. 2000; Rachwal Gluck et al. 2002; Ilany et al. 2010; Caron et al. 2014) pero no han sido asociados a variables ecofisiológicas. En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta ecofisiológica de plantas de yerba mate que crecen en monocultivo en comparación a plantas de yerba mate en sistemas forestales mixtos.

Materiales y métodos

Se trabajó sobre un ensayo instalado en mayo de 2010, en el establecimiento El Rocío S.A de la localidad de Santo Pipo (Misiones, Argentina). La plantación de yerba mate es de alta densidad (1.5m x 1.5m) con material genético policlonal (INTA). Cada parcela experimental (repetición) posee 2835 m² (90m de largo x 31,5m de ancho) conteniendo 15 hileras de árboles de yerba mate distanciados a 1,5 metros y cada 5 hileras se encuentra un camino de cosecha. Las especies forestales fueron plantadas en la hilera de yerba 3, 8 y 11 respectivamente conformando una densidad de plantación de 740 plantas/ha (9m x 1,5m). El ensayo consta de 3 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos los siguientes: Control, solo plantas de yerba mate; Loro negro, plantas de yerba mate bajo la cobertura de Loro negro (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.); Anchico, plantas de yerba mate bajo la cobertura de Anchico (*Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan.).

En las plantas de yerba mate se midió el contenido de clorofilas (Spad Minolta). también, el rendimiento máximo potencial del fotosistema II (Fv/Fm) con fluorímetro (FMS2, Hansatech). Estas mediciones se realizaron sobre hojas completamente expandidas cercanas al ápice, en al menos 5 hojas de diferentes plantas por parcela. Se midió la radiación fotosintéticamente activa (PAR) con ceptómetro de barra integradora (Cavadevices) inmediatamente por sobre las plantas de yerba mate. Las mediciones se realizaron en invierno, primavera y verano, en días completamente despejados, entre las 12:00 h y las 13:30 h.

1 CONICET; Facultad de Ciencias Forestales, UNaM, Contacto: fermin.gortari@fcf.unam.edu.ar.

2 INTA.

3 CONICET.

4 CONICET; Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

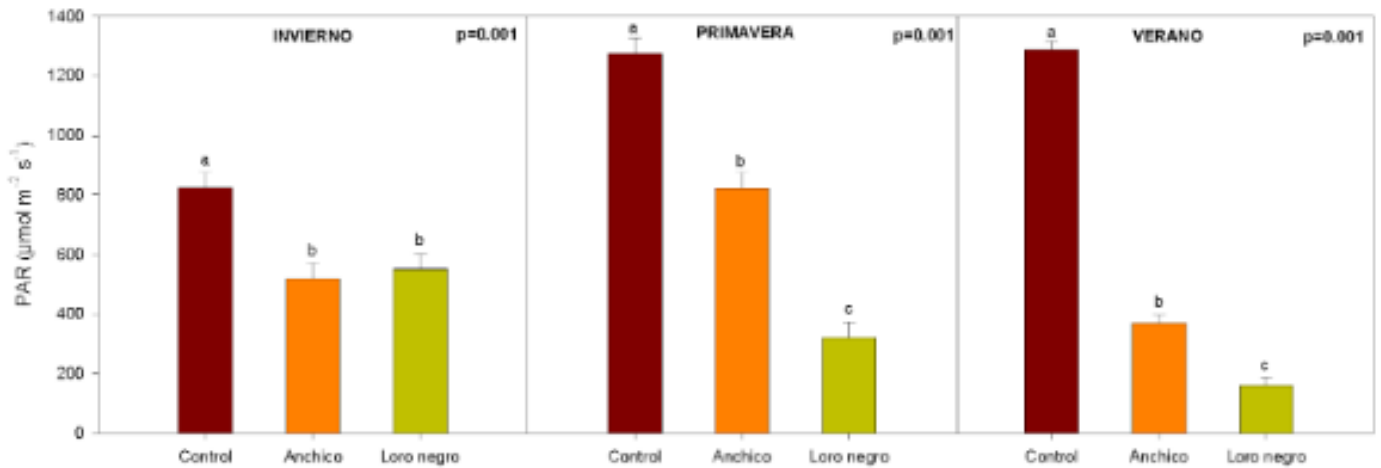


Figura 1: Radiación fotosintéticamente activa (PAR) para los tratamientos en invierno, primavera y verano de 2021. En el margen superior derecho de cada panel se encuentra el valor del ANOVA. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas mediante test de Tukey ($p \leq 0.05$).

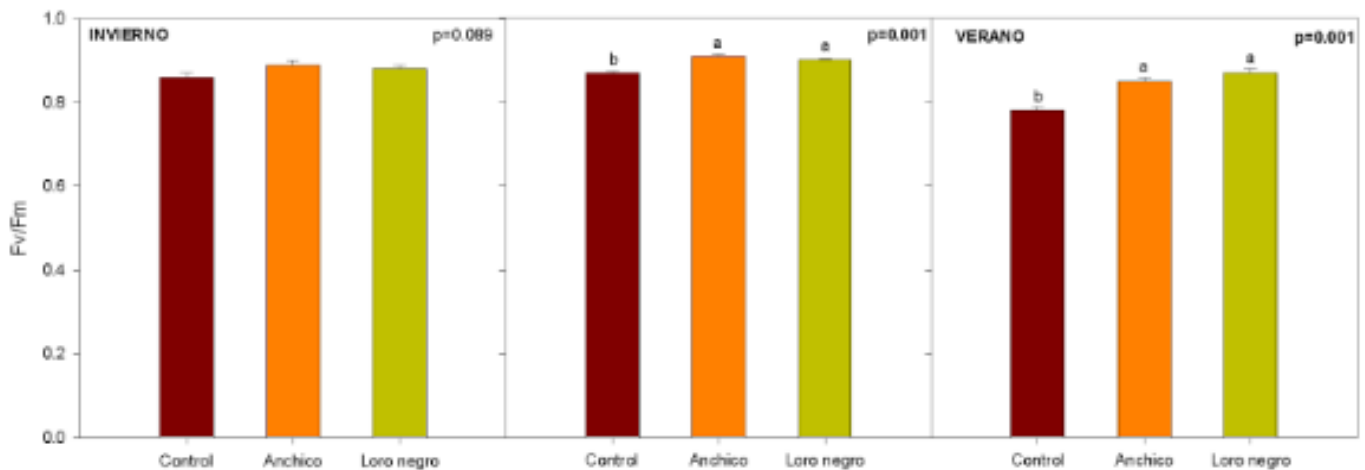


Figura 2: Rendimiento cuántico máximo del fotosistema II (F_v/F_m) para los tratamientos en invierno, primavera y verano de 2021. En el margen superior derecho de cada panel se encuentra el valor del ANOVA. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas mediante test de Tukey ($p \leq 0.05$).

En junio de 2021 se realizó la cosecha individual de plantas de yerba mate y se determinó el peso seco (en estufa a 65°C hasta peso constante).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95%.

Resultados

El contenido de clorofila fue similar en los 3 tratamientos en las 3 estaciones de medición, sin existir diferencias estadísticamente significativas ($p=0.416$ en invierno, $p=0.626$ en primavera y $p=0.568$ en verano). En todos los momentos de medición la radiación PAR fue mayor para el tratamiento control, pasando de valores de 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en invierno a valores superiores a 1300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en verano. Mientras que el tratamiento Loro negro presentó los valores más

bajos en primavera y verano (Figura 1). Asociado a ese aumento en la radiación PAR en las mediciones de primavera y verano se observó una disminución en el valor de F_v/F_m para el tratamiento control en relación con los tratamientos Loro negro y Anchico (Figura 2). Hubo diferencias estadísticamente significativas para el peso seco de hojas por planta ($p=0.014$). El peso seco por planta fue mayor en el tratamiento Loro negro (1,17 kg planta^{-1}) diferenciándose del control (0,76 kg planta^{-1}), mientras que el tratamiento Anchico presentó valores intermedios (1,10 kg planta^{-1}).

Discusión

Las plantas de yerba mate que crecen bajo la cobertura de Loro negro o Anchico generaron más materia seca de hojas por planta en relación con el control. Sin em-

bargo, se observó una disminución en el crecimiento de la yerba mate bajo la cobertura de *Pinus elliottii* (Caron et al. 2014) o no hubo diferencias cuando las plantas crecían asociadas a *Enterolobium contortisiliquum* (Eibl et al. 2000). Estas posibles discrepancias se deben a las condiciones del estrato arbóreo.

Asociado a esto, las hojas de yerba mate en los tratamientos con árboles no presentaron signos de estrés por exceso de luz como si se evidenció en el tratamiento control (hay una disminución de Fv/Fm en primavera y verano, Figura 2). La disminución en Fv/Fm está muy relacionada con los niveles de radiación PAR recibidos. En primavera y verano las plantas de yerba mate del tratamiento control reciben aproximadamente 1300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiación PAR mientras que las plantas bajo árboles no superan los 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 1). Las hojas de yerba mate tienen sus tasas máximas de fotosíntesis entre 1000-1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y luego comienza a disminuir (Rakosevic et al. 2012).

Conclusiones

No hubo cambios en los contenidos de clorofila entre los diferentes tratamientos.

La radiación PAR siempre fue mayor en el tratamiento control en relación con los demás tratamientos, pero el porcentaje de disminución de la radiación solar fue mayor en verano, y menor en invierno.

Asociado a los valores altos de PAR en primavera y verano puede observarse una disminución en el valor de Fv/Fm para el tratamiento control que indica estrés por exceso de luz; que podría explicar el menor peso seco por planta en este tratamiento.

El rendimiento de yerba mate por planta fue máximo con una disminución de radiación solar al mediodía en primavera-verano, por lo tanto, la cobertura de dosel mejoró el rendimiento de yerba mate.

Bibliografía Citada

Al-Namazi AA, El-Bana MI, Bonser SP. 2017. Competition and facilitation structure plant communities under nurse tree canopies in extremely stressful environments. *Ecol Evol* 7: 2747-2755.

Caron BO, dos Santos DR, Schmidt D, Basso CJ, Behling A, Eloy E, Bamberg R. 2014. Biomassa e acúmulo de nutrientes em *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. *Cienc Florest* 24: 267-276.

Eibl B, Fernandez RA, Kozarik JC, Lupi A, Montagnini F, Nozzi D. 2000. Agroforestry systems with *Ilex paraguariensis* (American holly or yerba mate) and

native timber trees on small farms in Misiones, Argentina. *Agrofor Syst* 48: 1-8.

Gregianini TS, Winge H. 2019. Storage protein variability in natural populations of maté (*Ilex paraguariensis*) in Brazil. *Cienc Rural* 49: e20180451.

Ilany T, Ashton MS, Montagnini F, Martinez C. 2010. Using agroforestry to improve soil fertility: effects of intercropping on *Ilex paraguariensis* (yerba mate) plantations with *Araucaria angustifolia*. *Agrofor Syst* 80: 399-409.

INYM. 2020. Superficie cultivada por departamento. <https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/estadisticas/superficie-cultivada-por-departamento/2801-cantidad-de-hectareas-cultivadas-en-misiones-y-corrientes.html>

Nishiyama Y, Murata N. 2014. Revised scheme for the mechanism of photoinhibition and its application to enhance the abiotic stress tolerance of the photosynthetic machinery. *Appl Microbiol Biotechnol* 98: 8777-8796.

Rachwal Gluck F, Coelho GC, Dedecek RA, Curcio GR, Schenkel, EP. 2002. Influência da Luminosidade sobre a Produção de Massa Foliar e Teores de Macronutrientes, Fenóis Totais, Cafeína e Teobromina em Folhas de Erva-mate

Rakosevic M, Janssens M, Scherer R. 2012. Light responses and gender issues in the domestication process of yerba-mate, a subtropical evergreen. In: *Evergreens: Types, Ecology and Conservation*. Nova Science Publishers, New York, pp 63-96.

Sansberro PA, Mroginski LA, Bottini R. 2004. Foliar sprays with ABA promote growth of *Ilex paraguariensis* by alleviating diurnal water stress. *Plant Growth Regul* 42: 105-111.

Sansberro PA, Mroginski LA, Masciarelli OA, Bottini R. 2002. Shoot growth in *Ilex paraguariensis* plants grown under varying photosynthetically active radiation is affected through gibberellin levels. *Plant Growth Regul* 38: 231-236.