

NOTA DE INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DE *Brachiaria brizantha* Y *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden) EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN EL DEPARTAMENTO SANTO TOMÉ, CORRIENTES (ARGENTINA)

Evaluation of *Brachiaria brizantha* and *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden) in silvopastoral systems in Santo Tome, Corrientes(Argentina)

Uguet Vaquier Piloni, Pablo.¹  ; Vera Bravo, Carlos D.² 

¹AER INTA Virasoro, Corrientes – Argentina. Email: uguet.pablo@inta.gob.ar

²EEA INTA Bella Vista, Corrientes – Argentina. Email: vera.bravo@inta.gob.ar

RESUMEN En este estudio se comparó la producción de forraje de *Brachiaria brizantha* de un sistema silvopastoril y otro a cielo abierto. Se determinó también la producción de madera dentro del sistema, utilizando dos clones comerciales de *Eucalyptus grandis* (2155 y 2136) que produjeron 132 y 110 m³/ha respectivamente a los 7 años de crecimiento. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los clones, donde el crecimiento del clon 2155 fue superior al clon 2136 en cuanto al diámetro a la altura del pecho (DAP), altura, volumen de madera y altura de copa. En cuanto a la producción de forraje de *B. brizantha* a cielo abierto mostró mayor rendimiento promedio con diferencias significativas en materia seca (1885 kg/ha) en comparación con el sistema silvopastoril (1181 kg/ha).

Palabras clave: sistemas silvopastoriles, materia seca, clones, producción de madera.

ABSTRACT This study compares the forage production of *Brachiaria brizantha* from a silvopastoral and an open-air system and the wood production within each system using two commercial clones (2155 and 2136) of *Eucalyptus grandis* that produced 132 and 110 m³/ha. respectively at 7 years of growth. The results showed significant differences between the clones, where the growth of clone 2155 was superior to clone 2136 in terms of DBH, height, wood volume and crown height at the seventh. Regarding forage production, the open-air system showed yields with significant differences in dry matter (1885 kg/ha) compared to that produced on average under the silvopastoral system (1181 kg/ha).

Keywords: silvopastoral systems, dry matter, clones, wood production.

INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera, que durante mucho tiempo fuera participe del auge económico de la región, se ve reemplazada en los últimos años por la actividad Forestal. Esta actividad ocupa un lugar privilegiado en empresas que tratan de estar a la vanguardia del sector. Como respuesta a esta nueva visión empresarial, se observa una gran difusión de los sistemas Silvopastoriles (SSP), ya que visualizan en ellos una estrategia de ganancias con basamento no sólo en la disponibilidad de conocimiento técnico, sino también en su capacidad de gestión empresarial para lograr productos que atiendan los requerimientos de mercados solventes (Esquivel et al., 2004). En los SSP interactúan el árbol, el forraje, el ganado y el suelo con un objetivo global de gestión (Mead et al., 2009).

Los SSP deben verse con un enfoque diversificado, donde no solo genera mayores ingresos potenciales, sino que también contribuye a la sostenibilidad del sistema al mejorar la estructura del suelo y la biodiversidad en comparación con sistemas de monocultivo (Murgueitio et al., 2011).



Sin embargo, existen limitaciones en la producción de forraje en los SSP debido a la competencia por luz, agua y nutrientes entre los árboles y las especies herbáceas. Estudios anteriores, como los de Geremia (2016), sugieren que esta competencia, particularmente por la reducción de la radiación fotosintéticamente activa puede disminuir el rendimiento de pastura, especialmente en especies C4 como *Brachiaria brizantha*.

El presente estudio busca comparar la producción de forraje y madera en un sistema silvopastoril, comparando el comportamiento de dos clones de *Eucalyptus grandis* y la producción forrajera de *B. brizantha* en el SSP y a cielo abierto (CA) en el norte de la provincia de Corrientes, departamento de Santo Tomé sobre lomas de suelo laterítico profundo.

Objetivos

Evaluar agronómicamente la producción primaria neta aérea (PPNA) de *B. brizantha* mediante jaulas móviles bajo SSP y a CA

Evaluar las características dasométricas de dos clones de *Eucalyptus grandis* en el SSP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el norte del departamento de Santo Tomé sobre lomas de suelo de la serie 50 asociación Días de Vivar y Garruchos, en un sistema pastoril de *B. brizantha* implantada en 2006 y un SSP con dos clones (2136 y 2155) de *E. grandis* implantados en 2015, con un marco de plantación de filas apareadas de 2,5 x 5 y 20 m de callejón, lo que equivale a una densidad inicial de 320 árb/ha, sobre una *B. brizantha* implantada en 2007.

Se marcaron en forma aleatoria dos parcelas incluyendo ambos componentes de 1.375 m² por cada clon, abarcando dos líneas dobles, un callejón amplio de 20 m y dos mitades de callejones amplios; el largo de la parcela incluía 10 a 11 plantas por línea, totalizando 44 árboles por parcela aproximadamente. De las parcelas fijas forestales dan una densidad 321 y 314 pl/ha para ambos clones 2155 y 2136 respectivamente. Para el análisis estadístico y comparar variables de crecimiento entre clones se realizó una prueba de T de Student para muestras independientes, con la hipótesis que las muestras proceden de poblaciones diferentes.

El diseño experimental utilizado para medir la PPNA de la pastura fue en Bloques Completos al Azar. Los bloques fueron los periodos de crecimiento donde la pastura fue cortada durante el periodo abril 2021 - agosto 2024, cada año fue dividido en un periodo de crecimiento (octubre a marzo) y de receso invernal (abril a septiembre).

Los tratamientos correspondieron a la producción de la pastura (*B. brizantha*) bajo SSP y a CA. Como el arreglo del SSP eran líneas apareadas (a 5m entre líneas y 2,5m entre plantas dentro del línea) con callejones amplios de 20m, se tomaron muestras de productividad primaria neta aérea en tres parcelas por bloque, que representaban las distintas situaciones de sombreado. Los cortes se realizaron con jaulas móviles de exclusión ubicadas entre los líneas apareados de los árboles ésta fue el área de mayor sombreado; en otra área de media sombra (a 5m del doble línea); y en el medio del callejón amplio (área de menor sombreado). Mientras que a cielo abierto fueron ubicadas las jaulas aleatoriamente a pleno sol. El número de jaulas fue de seis (6) en el SSP y tres (3) a CA.

Los cortes se efectuaron en promedio cada 58 días; se realizó un corte de emparejamiento al ras del suelo, luego se colocó la jaula de exclusión y a los 58 días se cortó al ras el material de crecimiento dentro de las mismas. Para un nuevo periodo de corte se evitó colocar la jaula sobre la misma superficie repitiéndose la modalidad de emparejamiento y colocación de jaula en lugar contiguo. Los valores descriptivos de probabilidad (p) obtenidos fueron calculados por el procedimiento GLM (modelos lineales generalizados) de sistema estadístico SAS (2016). Debido a la falta de homogeneidad de varianzas de los residuos y para realizar el análisis de la varianza se tuvo que transformar aplicando \sqrt{x} (Box y Cox, 1964), siendo x la variable respuesta de cada parcela; para la comparación de medias mediante el test de Tukey-Kramer preestablecido en el sistema estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados muestran diferencias significativas en cuanto al crecimiento en todas las variables estudiadas entre los dos clones probados como se observa en la tabla 1, así mismo, se observa que el clon 2155 posee mayor longitud de copa que el clon 2136. Ante la falta de homogeneidad de varianzas entre los dos materiales comparados se realizó una prueba de T de Welch para dos muestras independientes, ambas con una distribución normal, para ello se utilizó el sistema estadístico SAS (SAS institute, 2016) que calcula los grados de libertad a, través del método de Satterthwaite, dando como resultado un estadístico de prueba mayor que el

valor crítico, por lo tanto, hay evidencias estadísticas para afirmar que las medias de los clones de las variables altura total, DAP, volumen individual y longitud de la copa (Valor $T < 0,0001$) son diferentes.

Tabla 1. Comparación de medias de las variables de crecimiento entre los dos clones de *E. grandis* a los 7 años de crecimiento (2015-2022).

Variable	Unidad	Clon 2136		Clon 2155		GL	t-value	P-value
		Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar			
DAP	Cm	20 a	1.9344	22.0 b	3.061	117.8	3.8882	0.0001675
Altura	M	20 a	1.2803	22.9 b	3.268	89.9	7.0918	2.92E-10
Volumen	m ³ /árbol	0.47 a	0.0935	0.64 b	0.216	94.0	6.3722	6.85E-09
H. Copa	M	7.5 a	0.8262	9.5 b	1.763	97.9	8.9299	2.55E-14

DAP: Diámetro medido a la altura del pecho (1,70m), H. copa = altura de copa, desvío estándar con un n=82 para el clon 2136 y un n=72 para el clon 2155. Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas entre las medias de las variables de crecimiento de ambos clones.

Los clones 2155 y el 2136 tuvieron a los 7 años un crecimiento acumulado de 132 y 110 m³/ha respectivamente, encontrándose diferencias significativas a favor del clon 2155. En cuanto al área basal para el clon 2136 fue de 8,7 m²/ha. y para el clon 2155 de 10,2 m²/ha.

En cuanto a la producción de forraje de *B. brizantha*, ambos tratamientos (CA y SSP) presentaron diferencias significativas ($p < 0,0028$). El coeficiente de variación fue del 40%, este valor se justifica por la variabilidad existente entre las producciones entre los líneas de árboles, a un cuarto de la calle amplia y a la mitad de la calle amplia; la mayor producción en media durante los diferentes cortes corresponde a cielo abierto con una media de 1885 kgMS/ha mientras que para el SSP en general corresponde a una media de 1181 kgMS/ha. habiendo diferencias significativas entre los dos tratamientos estudiados según el modelo estadístico propuesto. En la Figura 1, se puede apreciar el mismo patrón de crecimiento en las cuatro áreas muestreadas a lo largo de los meses de los periodos de crecimiento, donde las áreas A, B y C corresponden al SSP, donde A corresponden a datos de las jaulas ubicadas en medio de los líneas apareados de los árboles, B a un cuarto del área de la calle de amplia y C corresponde a la productividad del pasto en el medio de la calle amplia de 20 m y CA corresponden a la productividad de la pastura a cielo abierto.

En dicha figura también se puede apreciar que durante los periodos de menor crecimiento que coinciden con los inviernos, en ambos tratamientos la producción de pastura fue nula. Cabe mencionar, que la menor producción forrajera se registró entre los líneas dobles de los árboles explicada por la sombra generada por los árboles, incrementando la producción forrajera a medida que ingresa más luz al SSP.

El comportamiento de la producción de forraje en ambos tratamientos puede estar enfocado en aspectos clave como las diferencias en rendimiento por la variabilidad de ambientes en el sistema silvopastoril, la competencia por luz y nutrientes y la distintas Interacciones.

La producción media de materia seca es superior significativamente en el tratamiento a CA (1885 kgMS/ha) en comparación con el SSP (1181 kgMS/ha). Este resultado es consistente con investigaciones que indican que los sistemas de Cielo Abierto suelen generar una mayor biomasa debido a la exposición total a la luz solar, lo cual maximiza la fotosíntesis en especies herbáceas, sobre todo en Brachiarias que son especies megatérmicas, Sin embargo, algunas especies de gramíneas estivales presentan buena producción de biomasa con niveles de 40 a 60% de luz solar, siendo igual o superior a la producción bajo luz solar plena (Barro *et al.* 2012). Geremia (2016) señala que los cambios de la luz y nutrientes en los sistemas silvopastoriles pueden provocar cambios estructurales verticales de la pastura y puede reducir el rendimiento de estas. Barro *et al.* (2008) encuentran diferencias de producción de forrajes hasta un cierto porcentaje de luz; especies C4 adaptadas a la sombra se comportan con mayores rendimientos hasta 50% de sombra. Esto puede ser una de las explicaciones ya que el sistema se encuentra por encima del 50% de sombra (datos no mostrados en el presente trabajo). En la figura 2, se aprecia la acumulación promedio de materia seca durante el periodo invernal crece la pastura, observándose hay una mayor acumulación en promedio a la mitad del lineo amplio, esto se explica porque durante el receso invernal no deja de producir forraje favorecido por los árboles del sistema; a diferencia de la pastura a cielo abierto durante el receso invernal retarda el crecimiento. No obstante, a cielo abierto el crecimiento estival es superior debido a que no tiene sombra.

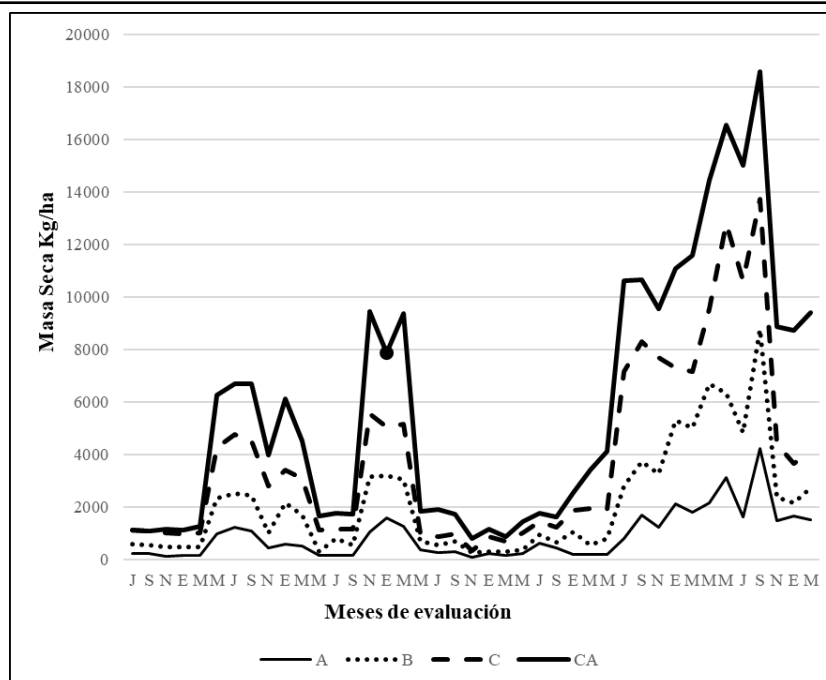


Figura 1. Evolución de la producción primaria del componente forrajero de *Brachiaria brizantha* (kgMS/ha). Durante los períodos de crecimiento estival y receso invernal bajo cielo abierto (CA) y en SSP con *Eucalyptus*, con diferentes grados de sombreamiento (A: en medio de los líneas dobles; B: a 5 m del lineo doble y C: a 10 m del lineo doble (es decir, a la mitad del lineo amplio). Las letras en el eje X corresponden a las iniciales de los meses desde Julio de 2021 hasta marzo de 2024.

En componente forrajero (*Brachiaria*) del sistema silvopastoril muestra una menor producción en comparación con áreas de cielo abierto pudiendo atribuirse a la competencia por luz, agua y nutrientes entre árboles y pasturas como lo indican Barro et al. (2008, 2012).

La inclusión de árboles en sistemas pastoriles permite diversificar los productos obtenidos, aportando a la producción de pasto la obtención de madera. Esta proporción productiva es beneficiosa, ya que reduce la dependencia de un único recurso y mejora la sostenibilidad del sistema. Murgueitio et al. (2011) destacan que los sistemas silvopastoriles no sólo ofrecen producción de forraje, sino que también mejoran la calidad del suelo, fomentan la biodiversidad y estabilizan los ingresos a lo largo del tiempo.

Pretzsch (2009) explica que la competencia entre árboles y pasturas en sistemas silvopastoriles genera una “reducción compensada”, donde la disminución de biomasa de pasto se justifica por los ingresos adicionales de la madera y el mejoramiento del suelo.

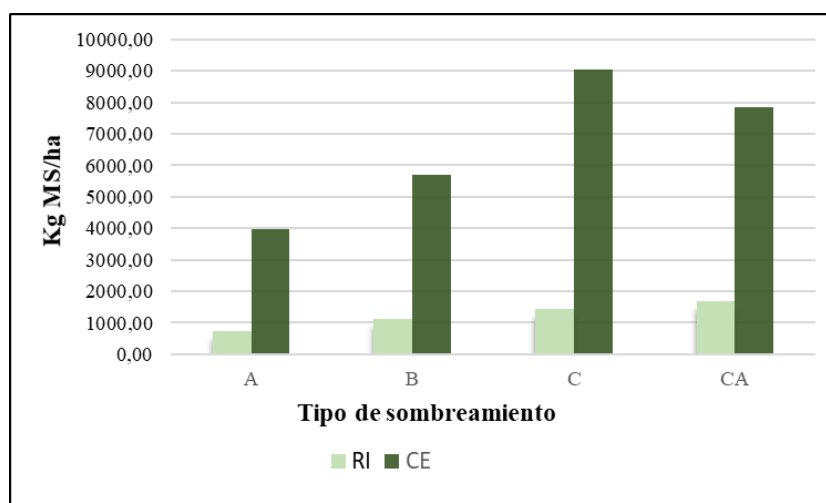


Figura 2. Acumulación de materia seca en promedio durante el receso invernal (RI) y durante el crecimiento estival (CE), según el tipo de sombreamiento (A: en medio de los líneas dobles; B: a 5 m del lineo doble y C: a 10 m del lineo doble, durante todo el período de evaluación del componente forrajero).

CONCLUSIONES

La comparación de la producción forrajera de *B. brizantha* en el sistema silvopastoril y el sistema a cielo abierto muestra que el rendimiento de forraje es inferior al del cielo abierto. Esto puede deberse a distintos factores como la competencia por luz y recursos que presentan los sistemas con árboles. Esto genera la posibilidad de futuras líneas de trabajo.

La producción forrajera en ambos tratamientos muestra que el SSP genera un 37% menos de biomasa en promedio que el CA, afectada especialmente en zonas con mayor sombra, y que dicha producción tiende a incrementarse en áreas con mayor radiación solar.

El clon 2155 de *E. grandis* se destaca por su mayor crecimiento en volumen de madera, lo que podría aportar un valor económico adicional en el SSP. Si bien el clon 2136 presenta un menor volumen, ambos clones presentarían adecuado desempeño en estos sistemas mixtos.

Estos resultados resaltan la importancia de considerar los sistemas silvopastoriles como sistemas integrados, donde la producción de forraje y madera pueden combinarse estratégicamente para optimizar/maximizar los beneficios empresariales.

REFERENCIAS

- Barro, R. S., Saibro, J. C., Medeiros, R., Silva, J. L. S., & Varella, A. C. (2008). Rendimiento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(10), 1822–1830. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001000002>
- Barro, R. S., Varella, G. L., Lemaire, G., Medeiros, R. B., Saibro, J. C., Nabinger, C., Bangel, F. V., & Carassai, J. (2012). Forage yield and nitrogen nutrition dynamics of warm-season native forage genotypes under two shading levels and in full sunlight. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(7), 1589–1597. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000700006>
- Box, G. E. P., & Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 26(2), 211–252.
- Esquivel, J., Fassola, H. E., Lacorte, S. M., Colcombet, L., Crechi, E., Pachas, N., & Keller, A. (2004). Sistemas silvopastoriles: Una sólida alternativa de sustentabilidad social, económica y ambiental. En 11as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales – FCF, UNaM – EEA Montecarlo, INTA (pp. 1–11). Misiones, Argentina.
- Geremia, E. V. (2016). Estrutura do dossel forrageiro e comportamento ingestivo de novilhas em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã sob regimes de sombra em área de integração lavoura-pecuária-floresta [Tesis de doctorado, Universidade de São Paulo]. https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-10112016-164332/publico/Eliana_Vera_Geremia.pdf
- Mead, D. J. (2009). Biophysical interactions in silvopastoral systems: A New Zealand perspective [Conferencia N.º 1]. 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas, Misiones.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1654–1663. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>
- Pretzsch, H. (2009). Forest dynamics, growth, and yield. En *Forest dynamics, growth and yield* (pp. 1–39). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88307-4>

