

Aprendizajes de una parcela agroforestal para implementar sistemas silvopastoriles con especies latifoliadas en Misiones, Argentina

Learnings from agroforestry trial the implement silvopastoral systems with deciduous species in Misiones, Argentina

*Luis Colcombet*¹; *Sara Barth*¹; *Paola Gonzalez*¹; *Mauro Loto*¹; *Néstor Munaretto*¹; *María Belén Rossner*²; *Ariana Ziegler*²; *Nahuel Pachas*³

1Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – EEA Montecarlo, Argentina.

2INTA - EEA Cerro Azul, Argentina. 3Universidad

de Queensland, Australia.

colcombet.luis@inta.gob.ar

Resumen

Investigaciones demuestran que varias especies latifoliadas ofrecen interacciones positivas para facilitar manejos sustentables, tales la disponibilidad para los cultivos de Ca por parte del loro negro, P de la grevilea y N la cañafístola. Por otro lado, varios medios productivos, disponen de bajas habilidades y condiciones para competir exitosamente en costos con *Pinus* y *Eucalyptus*. Surge entonces la demanda de experimentar sistemas silvopastoriles que incluyan otras especies arbóreas. Este trabajo extrajo aprendizajes útiles para incorporar a sistemas silvopastoriles en base a la plantación de 8 especies latifoliadas en un sistema agroforestal con yerba mate a los 7,25 años de edad. Uniformidades de plantación con desvío estándar inferior al 10% fueron logradas con las especies nativas guatambú, lapacho negro y cañafístola y la especie exótica grevilea. La mayor permeabilidad a la radiación fotosintéticamente activa se alcanzó con cañafístola (71%), cedro australiano (6%) y grevilea (64%); esto a pesar de que cañafístola presentó la mayor longitud de copa viva de las 8 especies estudiadas. Las menores RFA relativas se obtuvieron con kiri (31%) y anchico colorado (53%). Los mayores índices volumétricos compatibles con manejos silvopastoriles con RFA relativas superiores al 60% fueron alcanzados por grevilea (14), cedro australiano (11) y cañafístola (10).

Palabras claves: *Servicios ecosistémicos, arborización, radiación fotosintéticamente activa, interacción.*

Abstract

Research demonstrates that various deciduous tree species offer positive interactions that may facilitate sustainable managements, such as offering Ca (*Cordia trichotoma*), P (*Grevillea robusta*) and N (*Peltophorum dubium*). On the other hand, certain farmers do not have the abilities and conditions to compete in costs with *Pinus* and *Eucalyptus*. Then, the demand to experiment silvopastoral systems that include other tree species. The work exposes the useful learnings that can be used in silvopastoral systems from an agroforestry trial that included 8 tree deciduous tree species in a yerba mate plantation.

The best planting uniformities, with a DST under 10%, have been attained with *Balfuroemdrom redelianum*, *Cordia trichotoma* and *Peltoforum dubium*. The best light permeability was obtained by *Peltoforum dubium* (71%), *Grevillea robusta* (67%) and *Toona ciliata* (64%), even do *Peltoforum dubium* has the longest tree crown of the 8 species under trial. The lowest PAR's wear found with *Paulownia* (31%) and *Parapiptadeniarígida* (53%). The highest volume indexes compatible with silvopastoral systems with PAR over 60% have been attained by *Grevillea robusta* (14), *Toona ciliate* (11) and *Peltoforum dubium*.

Keywords: *Ecosystem services, arborization, photosynthetically active radiation, interaction.*

Introducción

El cultivo de mayor extensión en la provincia de Misiones, Argentina, son las plantaciones forestales, que alcanzan un área de 416.000 hectáreas. Le siguen el cultivo de yerba mate (*Ilex paraguariensis*, 176.000 ha) y el té (*Camelia sinensis*, 36.000 ha). La ganadería podría ocupar más de 250.000 ha. La cultura productiva predominante se centra en el monocultivo. La agrosilvicultura (cultivos agrícolas en combinación con árboles) como práctica para optimizar los resultados por unidad de superficie y/o la recuperación de áreas degradadas puede constituirse en una útil herramienta. Un correcto arreglo de árboles en los sistemas agroforestales (SAF) puede contribuir con manejar el impacto erosivo del agua y reciclar nutrientes, fijar nitrógeno, crear ambientes propicios para el establecimiento de la biodiversidad y los enemigos naturales de múltiples plagas, reduciendo y hasta eliminando el uso de agentes sanitarios para la protección de cultivos. Así mismo pueden contribuir en la mitigación del Cambio Climático por secuestro de carbono (Montagnini *et al.*, 2005, 2011; Ilany *et al.*, 2010; Day *et al.*, 2011). Al mismo tiempo, pueden diversificar las fuentes de ingresos (Montagnini *et al.*, 2005, 2006). A modo de ejemplo, investigaciones realizadas en Misiones, determinaron que probablemente especies de árboles nativos apreciadas por su madera, como *Balfourodendron riedelianum* (guatambú), *Bastardiopsis densiflora* (loro blanco), *Cordia trichotoma* (loro negro), *Enterolobium contortisiliquum* (timbó) y *Ocotea puberula* (laurel guaicá), entre otras, aumentan los niveles de macronutrientes del suelo hasta 15 cm de profundidad, con un efecto detectado a una distancia de hasta 1 m del tronco (Fernández *et al.*, 1997). En un yerbal plantado bajo cubierta de *Bastardiopsis densiflora* (loro blanco), *Cordia trichotoma* (loro negro), se triplican y duplican respectivamente respecto al yerbar "a cielo abierto" convencional (Hamilton, 1991, 1993). En otra investigación SAF en yerba mate con especies de árboles nativos, a 0-10 cm de profundidad del suelo, se observó beneficios en cultivo de yerba en combinación con *Enterolobium contortisiliquum* (timbó), fijador de N y niveles más altos de fósforo que en la combinación yerba + *Handroanthus heptaphyllus* (lapacho negro). Por otro lado, yerba + timbó, y yerba + timbó + lapacho contenían significativamente más magnesio que los otros tratamientos (Day *et al.*, 2011). Otra investigación demuestra que las concentraciones de fósforo en hojas de paraíso (*Melia azedarach*) se duplica cuando se encuentra acompañada de *Grevillea robusta* (Dordel, 2000). Es consistente pensar que, si el sistema de producción adoptado en una determinada región tiende a asemejarse a la condición "clímax", existente previa a la acción

antrópica, se logrará una mayor sustentabilidad en el uso de los recursos. Por otro lado, no todos los productores tienen las habilidades y condiciones para competir en costos con los sistemas productivos predominantes. Surge entonces la demanda de conocimientos para implementar SAFs y Sistemas Silvopastoriles (SSPs) con especies forestales de alto valor relativo respecto a los *Pinus* y *Eucalyptus* preponderantemente utilizadas. Si bien en la provincia de Misiones, los SSP constituyen una alternativa productiva de gran potencial (28.000 ha, M.A.P., 2009). Hasta el momento los mismos se han implementado en asociación con las especies forestales exóticas predominantemente utilizadas, *Pinus* 84 % y *Eucalyptus* 13 %. El objetivo del presente trabajo es exponer los aprendizajes logrados en la implantación y manejo de 8 especies de especies arbóreas latifoliadas integradas a un cultivo de yerba mate, desde su implantación hasta los 7 años y 3 meses de edad. El ensayo arroja resultados de Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) compatibles con una buena producción forrajera bajo un SSP (Colcombet *et al.*, 2009; Pachas *et al.*, 2009).

Materiales y métodos

En octubre de 2010, se instala en la localidad de Santo Pipó un ensayo agroforestal con yerba mate (*Ilex paraguariensis*) de 9,7 ha, utilizando un diseño en bloques completamente aleatorizado con cuatro (4) repeticiones y ocho (8) tratamientos, las especies forestales y un (1) tratamiento testigo, sin árboles, (Wyss, *et al.* 2015). El ensayo consistió en la implantación de árboles nativos y exóticos “alternativos” a los géneros *Pinus* y *Eucalyptus* en un yerbal plantado en junio del mismo año a una densidad de 3.704 plantas.ha⁻¹. El espaciamiento de los árboles fue de 1,5 m entre plantas de cada línea y 9 m entre líneas, lo que resulta en una densidad de plantación de 741 árboles.ha⁻¹. Cada parcela disponía de 2.700 m² con una superficie útil de medición, descontadas las borduras, de 720 m² cada una. Los tratamientos evaluados fueron las especies nativas Cañafístola (*Peltophorum dubium*), Loro negro (*Cordia trichotoma*), Anchico colorado (*Parapiptadenia rígida*), Guatambú (*Balfourodendron riedelianum*) y Lapacho negro (*Handroanthus heptaphyllus*) y las especies exóticas Grevilea (*Grevillea robusta*), Cedro australiano (*Toona ciliata*) y Kiri (*Paulownia* sp). Respecto al origen del material de multiplicación, se sabe que las especies exóticas provienen de huertos semilleros (o sea que disponen de algún grado de mejora genética) mientras que el material seminal utilizado para las especies nativas fue colectado de árboles seleccionados fenotípicamente en bosques nativos de la región. A lo largo de los años, el productor ha aplicado podas correctivas de forma y podas de ramas, con la finalidad de lograr árboles con un fuste de valor maderable. También se perdieron plantas por heladas, ataques de insectos y hongos. El productor ha también eliminado árboles que ofrecían una excesiva competencia entre ellas y al cultivo de yerba mate. En el fondo, aplicando el “sentido común” trató de evitar el excesivo sombreado, logrando para 6 de las 8 especies RFA del orden del 60%-71%. Anualmente, desde la implantación, se realizaron mediciones del desarrollo de los árboles en cuanto a diámetro a altura de pecho (DAP), altura de base de copa viva (Hbcv) y altura total (Ht), determinándose en forma indirecta a través de dichos datos la longitud de copa viva (LCV). Se presenta los resultados obtenidos en la evaluación de los árboles a la edad de 7 años y tres meses, siendo el valor de RFA tomado en el mes de enero de 2018 (verano). Esta última variable fue

medida mediante un ceptómetro de barra de un metro de longitud. A modo inferencial, a fines de realizar comparaciones de desarrollo entre las distintas especies, se aplicó un índice volumétrico. Este índice se obtuvo considerando a la porción de fuste maderable como un cilindro, tomando en cuenta el diámetro, la longitud del mismo y el número de individuos por hectárea en cada una de las especies.

Resultados

Tanto la densidad de plantación como los valores dendrométricos y la RFA pueden ser observados en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros del dosel arbóreo registrados a una edad de 7 años y tres meses.

| ESPECIE | RFA o PAR (%) | Sig. Est. | Densidad actual (árboles.ha ⁻¹) | DST | DAP (cm) | H _{bcv} (m) | H _t (m) | LCV (m.ha ⁻¹) | Índice Volumétrico |
|-------------------------------|---------------|-----------|---|-----|----------|----------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| Kiri | 31% | C | 27 | 26% | 37 | 6,3 | 11,0 | 128 | 18 |
| Anchico colorado | 53% | B | 49 | 16% | 9 | 3,5 | 5,5 | 98 | 1 |
| Loro negro | 60% | B | 69 | 27% | 16 | 5,0 | 8,0 | 207 | 7 |
| Lapacho negro | 63% | B | 108 | 7% | 11 | 3,5 | 6,0 | 270 | 4 |
| Guatambú | 63% | B | 109 | 4% | 10 | 3,8 | 7,5 | 409 | 3 |
| Grevillea | 64% | B | 84 | 18% | 18 | 6,5 | 10,0 | 294 | 14 |
| Cedro australiano | 67% | B | 69 | 8% | 20 | 5,0 | 8,5 | 240 | 11 |
| Cañafistola | 71% | B | 99 | 8% | 15 | 5,5 | 11,0 | 546 | 10 |
| "Cielo abierto" (sin árboles) | 100% | A | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

Referencias: RFA: Radiación fotosintéticamente activa; DAP: diámetro medio a altura de pecho; H_{bcv}: altura de base de copa viva de los árboles o longitud de fuste; H_t: altura total media del rodal y LCV: longitud de copa verde.

De la interpretación de los resultados logrados con las especies implantadas hasta el momento de la medición cuyos resultados se exponen, se deducen tres aspectos importantes a tener en cuenta: Uniformidad de la plantación, permeabilidad de la RFA y desarrollo dendrométrico de los individuos. Respecto a la uniformidad de plantación, las especies que alcanzaron mayor uniformidad en el desarrollo del dosel, interpretado a través del desvío estándar de la densidad de plantación entre los 4 bloques del ensayo, fueron lapacho negro, cedro australiano y cañafistola. Las relaciones árboles presentes/árboles trasplantados, una aproximación de indicador de "precesión de selección" para lograr árboles con portes forestales, varió entre 7:1 (cañafistola, guatambú, lapacho negro) hasta 15:1 (anchico colorado) y 26:1 (kiri). En lo referente a radiación fotosintéticamente activa, el trabajo de raleo y podas realizado por el productor ha logrado una RFA relativa sobre el estrato inferior entre el 71% y 60% para la cañafistola, cedro australiano, grevillea, guatambú, lapacho negro y loro negro, sin diferencia estadística entre tratamientos. Anchico colorado presentó una RFA de 53 % pero al igual que las especies anteriormente citadas, sin diferencia estadísticamente significativa. A diferencia de ello, kiri se diferenció estadísticamente con una RFA de 31%. Es llamativo el hecho de que en el caso de cañafistola y guatambú, se logran RFA relativas superiores al 63% teniendo las mayores densidades de árboles (99 árboles.ha⁻¹ y 109

árboles.ha-1 respectivamente) y longitudes de copa verde (LCV) superiores a 400 m.ha-1. Ello podría parcialmente explicarse por la estructura de la copa y la disposición de hojas de cada una de estas especies. Las RFA relativas inferiores al 53%, que son insuficientes para mantener en funcionamiento un SSP con una productividad de forraje que soporte una carga animal superior a 0,5 vacas.ha-1 y una ganancia diaria animal superior a 0,500 kg animal-1.día-1, se encuentran bajo anchico colorado y kiri, que disponen de las menores densidades (49 árboles.ha-1 y 27 árboles.ha-1, respectivamente); con las menores LCV, 98 m.ha-1 y 128 m.ha-1 respectivamente. Esa “permeabilidad intuitiva” del orden del 63% +/- 9% de RFA que manejó el productor, se corresponde aproximadamente con la mínima RFA del 60% respecto al cielo abierto que se aconseja para lograr un SSP productivo bajo *Pinus* sp. Y *Eucalyptus* sp. en las provincias de Misiones y Corrientes de la República Argentina (Colcombet *et al.*, 2009; Pachas *et al.*, 2009). En cuanto a diámetro a altura de pecho y longitud de fuste de los individuos, los mayores valores de DAP se logran con kiri (37 cm), cedro australiano (20 cm) y grevilea (16 cm), seguidos de loro negro (16 cm) y cañafístola (15 cm). El menor diámetro lo alcanza el anchico colorado (9 cm), seguido de guatambú (10 cm) y lapacho negro (11 cm). Los mayores fustes forestales se logran con la grevilea (6,5 m), kiri (6,3 m) y cañafístola (5,5 m) y los de menor longitud fueron guatambú (3,8 m), anchico colorado (3,5 m) y lapacho negro (3,5 m). El mayor índice volumétrico lo logró kiri (18) seguido de grevilea (14), cedro australiano (11) y cañafístola (10). El menor índice volumétrico corresponde a anchico colorado (1) seguido de guatambú (3), lapacho negro (4) y loro negro (7). A los 7 años y tres meses de edad, las especies nativas, loro negro y cañafístola lograron las mayores alturas de fuste (5,5 m de altura), los mayores diámetros (16 cm y 15 cm respectivamente) y mayores índices volumétricos (7 y 10 respectivamente). La cañafístola (99 árb.ha-1), a una densidad 44% superior al loro negro (69 árb.ha-1) ofrece una RFA del 71% versus 60% del loro negro. Ello ofrece a futuro una mayor ductilidad de manejo a la hora de decidir los raleos para luz, lo que debería contribuir con facilitar la toma de decisiones para administrar la RFA sobre el estrato forrajero por parte del productor. La primera, dada la estabilidad de su madera, goza de un reconocido potencial de mercado para mueblería, aberturas y pisos, y la segunda en la carpintería de obra y pisos. Las especies exóticas grevilea y cedro australiano, con una presión de selección de 9:1 y 10:1 respectivamente, alcanzaron fustes de 6,5 y 5 m de altura respectivamente, DAPs de 18 cm y 20 cm respectivamente e índices volumétricos de 14 y 11 respectivamente. Las RFA resultantes fueron de 64% y 67% a las densidades de 84 árb.ha-1 y 69 árb.ha-1. Pueden también calificarse estas especies como promisorias para SSP, siendo la grevilea sumamente sensible a los ataques de hormigas mineras (*Atta sexdens*) y la Toona menos dúctil para el manejo de la RFA que la grevilea. Desde el punto de vista comercial, el cedro australiano, dada sus coloraciones rojizas y un cerne amplio, beneficia del status de “reemplazante natural del cedro nativo” que ya dispone de un reconocido mercado, mientras que se debe desarrollar el mercado que merecería el status de madera semi-preciosa que la grevilea merecería. Las especies más difíciles de manejar resultaron ser el kiri y el anchico colorado. En el caso de la primera, la sensibilidad a la fitóftora es alta. El rápido sombreado que produce un árbol de rápido crecimiento y copa globosa densa como el kiri, que ya se encuentra al 70% de su ciclo forestal a tala rasa y ya limitó la RFA relativa

disponible a tan solo 31%, no sería entonces una especie promisorias para incluir en SSP. El anchico colorado ofrece una reconocida madera de obra con apreciados subproductos como postes, varillas y leña, más con tan solo 49 árb.ha-1 ya solo ofrece 53% de RFA relativa para el estrato forrajero. A modo de discusión, en términos prácticos, para recomendar su implantación hay que considerar la sensibilidad en cuanto a las heladas de cada una de las especies ya que puede ser motivo de éxito o fracaso de la propuesta. En Misiones, las especies nativas son llevadas a campo recién pasada la fecha extrema de última helada, siendo en ocasiones dicha implantación acompañada de cobertura con mallas anti heladas individuales durante los tres primeros años de edad de las plantas.

Conclusiones

Considerando una presión de selección de selección de 7:1 a 10:1, las especies nativas más promisorias para la implantación de SSP son la cañafístola y el loro negro. A pesar de lograr el material seminal de huertos semilleros, con presiones de selección de 9:1 a 10:1, las especies exóticas cedro australiano y grevilea ofrecen índices volumétricos entre 10% (cedro australiano/cañafístola) y 100% (grevilea/loro negro) superiores a la cañafístola y loro negro. Las especies menos recomendadas para integrar SSP son el kiri y el anchico colorado.

Agradecimientos

Agradecemos al Señor Todo Poderoso la oportunidad que se nos brindó para diseñar el ensayo agroforestal con yerba mate, extraer aprendizajes para los sistemas silvopastoriles y compartirlos.

Bibliografía

- Colcombet, L.; Pachas, A. N. A. y Fassola H. E. 2009. Sistemas silvopastoriles de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *Hondurensis* (F2), *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf y *Axonopus catarinensis* Valls, a diferentes densidades arbóreas en el NO de Misiones. Actas 1º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles.271-276.
- Day, S.; Montagnini, F. and Eibl, B. 2011. Effects of native trees in agroforestry systems on the soils and yerba mate in Misiones, Argentina. Pp. 99-112 In: Montagnini, F., Francesconi, W. and Rossi, E. (eds.). Agroforestry as a Tool for Landscape Restoration. Nova Science Publishers, New York. 201pp.
- Dordel, J.; 2009. Effects of nurse tree species on growth environment and physiology of under planted *Toona ciliata* Roemer in subtropical Argentinian plantations.
- Eibl, B.; Fernández, R.; Kozarik, J. C.; Lupi, A.; Montagnini, F. and Nozzi, D. 2000. Agroforestry systems with *Ilex paraguariensis* (American Holly or yerba mate) and native timber trees on small farms in Misiones, Argentina. *Agrofor. Sys.* 48:1-8.
- Fernández, R.; Montagnini, F. and Hamilton H. 1997. The influence of native tree species on soil chemistry in a subtropical humid forest region of Argentina. *Journal of Tropical Forest Science*, 10: 188-196.
- Ilany, T.; Ashton, M. S.; Montagnini, F. and Martinez, C. 2010. Using agroforestry to improve soil fertility: effects of intercropping on *Ilex paraguariensis* (yerba mate) plantations with *Araucaria angustifolia*. *Agroforestry Systems*, 80(3): 399-409.

Montagnini, F.; Eibel, B and Fernandez, R. 2005. Agroforestry systems with native tree species in Misiones, Argentina: Productive, social and environmental services. AFTA 2005 Conference Proceedings.

Montagnini, F.; Eibl, B.; Barth, S. 2011. Organic yerba mate: an environmentally, socially and financially suitable agroforestry system. Año 2011. Bois et Forets des Tropiques 308:59- 74. CIRAD. Francia.

Pachas, A.; Colcombet, L.; Correa, M. y Henning, H. 2009. Producción forrajera de *Axonopus catarinensis* Valls bajo diferentes densidades de *Eucalyptus grandis* en sistemas silvopastoriles. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNAM y EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.

Wyss, F.; Schegg, E.; Munaretto, N.; Pachas, A.; Fassola, H.; Colcombet, L.; Postchka, J.;

Barth, S.; Ritter, L.; Comolli, L.; Benitez, C.; Villasanti, A. e Infuleski, C. 2015. Sistemas Agroforestales con Yerba Mate y Arbóreas Maderables. Informe final PIA 12056. INTAUCAR. MAGyP-BIRF 7520.