

## 27. Sistemas silvopastoriles de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *caribaea* var. *hondurensis* (F2), *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf y *Axonopus catarinensis* Valls, a diferentes densidades arbóreas en el NO de Misiones

Colcombet; L.; Pachas; A. N. A.; Fassola; H. E.

INTA, EEA Montecarlo. Av. Del Libertador 2472, (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. Icolcombet@montecarlo.inta.gov.ar

### Resumen

Con la finalidad de evaluar el crecimiento, producto de las interacciones entre los componentes arbóreo y forrajeros en un sistema silvopastoril, compuesto por *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *caribaea* var. *hondurensis* (F2), *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf y *Axonopus catarinensis* Valls, bajo diferentes densidades arbóreas, se instaló un ensayo en abanico con líneas paralelas (Nelder modificado) en el NO de Misiones, Argentina. Se plantaron los árboles en 1997, con densidades que variaron entre 100 y 2.500 árb.ha<sup>-1</sup>. Se midió: a) del componente arbóreo, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (H<sub>t</sub>), altura de poda (H<sub>p</sub>), altura a base de copa verde (H<sub>BCV</sub>) y se calculó la longitud de copa verde (LCV); b) del componente forrajero, producción forrajera anual, proporciones de broza y suelo descubierto y c) radiación fotosintéticamente activa (RFA) sobre el estrato herbáceo. A los 11 años de edad, el sistema silvopastoril estudiado presentaría bajas productividades forrajeras del *Axonopus catarinensis* a densidades del pino híbrido igual o superiores 491 árb.ha<sup>-1</sup> y de la *Brachiaria brizantha* a densidades igual o superiores a 249 árb.ha<sup>-1</sup> serían marginales. A menores densidades, la proporción de forraje verde de *Axonopus catarinensis* sobre la materia seca herbácea total superaría el 74% y alcanzó el 88%. A densidades entre 174 y 355 árb.ha<sup>-1</sup>, y niveles de RFA entre el 63% y el 25%, *Axonopus catarinensis* obtendría mayor acumulación de biomasa forrajera (5,7 tn MS.ha<sup>-1</sup>) respecto a *Brachiaria brizantha* (4,0 tn MS.ha<sup>-1</sup>).

**Palabras clave:** RFA, productividad, madera, forraje, densidad arbórea.

### Silvopastoral systems of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *caribaea* var. *hondurensis* (F2), *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf and *Axonopus catarinensis* Valls at different tree densities in NW Misiones

#### Abstract

With the aim to evaluate the interactions between the tree and grass components of silvopastoral systems of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *caribaea* var. *hondurensis* (F2), *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf y *Axonopus catarinensis* Valls, at different tree densities, a modified Nelder trial was installed in NW Misiones, Argentina. It was planted in 1997 with tree densities varying between 100 and 2.500 stems.ha<sup>-1</sup>. The following items were measured: a) from the tree component, diameter at breast height (DBH), total height (H<sub>t</sub>), pruning height (H<sub>p</sub>), crown base height (H<sub>CBH</sub>) and total live crown length (TLCL) and bear soil proportions and c) photosynthetically active radiation (PAR). It was concluded that at age 11 years, the silvopastoral system studied seems to present low *Axonopus catarinensis* and *Brachiaria brizantha* forage productivities at densities equal or higher than 491 stems.ha<sup>-1</sup> and 249 stems.ha<sup>-1</sup> respectively. At lower tree densities, the dry matter proportion of *Axonopus catarinensis* forage tends to be superior to 74% and gets up to 88%. At densities between 174 and 355 stems.ha<sup>-1</sup>, *Axonopus catarinensis* tends to demonstrate higher productivity (5,7 tn MS.ha<sup>-1</sup>) than *Brachiaria brizantha* (4,0 tn MS.ha<sup>-1</sup>).

**Key words:** PAR, productivity, wood, forage, tree density

#### Introducción

Los sistemas silvopastoriles (SSP) constituyen integraciones deliberadas de árboles en sistemas agrícolas y ganaderos (Cameron et al, 1994) que generan interacciones ecológicas y/o económicas entre los componentes leñosos y no leñosos del sistema. En ellas, al igual que en sistemas naturales donde estas dos formas de vida coexisten, se desarrollan interacciones ecológicas de competencia y facilitación, que van a tener un efecto neto diferente de acuerdo a las especies

intervinientes, las características ambientales, la distribución espacial de los distintos componentes y la evolución temporal del sistema (Fernández, 2003).

La práctica de SSP es cada vez más frecuente entre productores PyMEs. Estos buscan beneficiarse: a) de la diversificación de la producción y b) de la participación en los mercados menos inestables de los rollos gruesos libres de nudos y de reces jóvenes bien terminadas respecto de los rollos y reces corrientes.

Evaluaciones del rendimiento de especies forrajeras sometidos a diferentes grados de sombreado, han sido evaluadas en el sur de Misiones bajo *Pinus elliottii*. (Benvenuti y col., 1997) y en el NE de Corrientes, bajo dosel de *Pinus caribaea* (Alegraza y col., 1997) y de *Pinus taeda* (Fassola 2005).

Los buenos resultados en crecimiento, productividad y adaptabilidad observados en los pinos híbridos (Pahr y col., 2002) y la alta proporción de radiación fotosintéticamente activa que atraviesa el dosel en comparación con otros materiales (Fassola, 2002), los ubica como materiales genéticos de gran aptitud para ser utilizados en SSP.

Con el objetivo de determinar el efecto de la densidad de plantación del componente arbóreo sobre el forrajero y sus interacciones, se probaron diferentes densidades de plantación de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (F2) con *Brachiaria brizantha* y *Axonopus catarinensis*.

### Materiales y métodos

El ensayo se instaló sobre una parcela de un productor agro-foresto-ganadero del Municipio de Puerto Esperanza, Departamento Iguazú, Misiones, a 26° 05' de latitud sur y 54° 24,9' de longitud oeste. El lote estuvo cubierto por monte nativo hasta el año 1969 y por una plantación de *Araucaria angustifolia* entre los años 1970 y 1996. El diseño de plantación de pino utilizado fue de tipo sistemático en abanico (Nelder modificado) (Colcombet y col., 2003).

Se plantó el componente forestal en Septiembre de 1997. Consistió de 10 filas paralelas y 19 radios de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (F2) más 1 fila de bordura en cada extremo. Las densidades iniciales variaron entre 2.500 y 100  $\text{arb. ha}^{-1}$ . Se practicaron podas sucesivas del 30% de la copa viva hasta la altura objetivo de 8,5 m de altura entre los años 2000 y 2006. De este componente se midió diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total ( $H_t$ ), altura de poda ( $H_p$ ) y a la base de copa verde ( $H_{BCV}$ ). Para cada fila, se calculó el DAP Promedio con su correspondiente desvío estándar, la altura total promedio, el volumen total promedio de madera ( $V_t$ ) y volumen de madera de más de 30 cm de diámetro en punta fina ( $V_{>30}$ ).

Se implantaron los componentes forrajeros *Brachiaria brizantha* y *Penisetum purpureum* cv. *enano* "Zaimán" en Septiembre de 1999. Ante la sensibilidad del *Penisetum* a ataques de insectos chupadores *Mahanarva spp* y *Deois sp* (Trujillo, 1984) en 2001, 2002 y 2003, esta especie fue reemplazada por *Axonopus catarinensis* en 2004. De este componente se midió producción anual forrajera, cantidad de broza y proporción de suelo desnudo en las fajas comprendidas entre las filas de árboles aplicando la técnica de Botanal (Tothill, 1978). Del material recolectado al aplicar el Botanal, se registró el peso en húmedo y peso seco (obtenido en estufa a 60 °C hasta peso constante) del forraje, malezas, acículas de pino y otras materias extrañas.

En 2006, se introdujo la medición de la radiación fotosintéticamente activa (RFA), utilizando para ella un ceptómetro de barra (Decagon devices Inc). Esta se midió efectuando 10 transectas en diagonal de 100 lecturas cada una sobre las nueve fajas que crean las 10 filas de árboles, y la faja bordura de menor densidad (equivalente a 85  $\text{arb. ha}^{-1}$ ) que genera la última fila (100  $\text{arb. ha}^{-1}$ ) y la fila de bordura (70  $\text{arb. ha}^{-1}$ ) en el momento del cenit +/- 1 hora. Ante la carencia de un área de pastura a cielo abierto en las inmediaciones de la parcela, se referencia la proporción de luz de cada faja con la faja bordura de menor densidad. Las mediciones se repiten en los solsticios y equinoccios +/- 10 días. Al no disponer de una parcela "a cielo" abierto en las inmediaciones de la parcela de ensayo, se ha asumido como tal la faja bordura en la fila 10 de 100  $\text{arb. ha}^{-1}$  y la fila bordura con 70  $\text{arb. ha}^{-1}$ .

Respecto del número de árboles plantados en 1997 y los realmente existentes en 2008, algunas filas han sufrido modificaciones (ver cuadro 1). Las intensas heladas registradas en 1999 y 2000, cuando la plantación tenía 2 y 3 años respectivamente, produjo mortandad de algunos árboles, mortandad de ápice en otros y, árboles con hojas que presentan claros síntomas ferruginosos combinado con ramas finas y tortuosas. Las bifurcaciones se quiebran cuando deben soportar

tormentas, especialmente aquellas de Octubre y Noviembre de cada año, con vientos de 80 a 160 km.h<sup>-1</sup>. Se han registrado 26% de árboles con claros síntomas ferruginosos en hojas en la última fila, que han crecido en promedio apenas 2 m entre 2003 y 2008. También es posible adjudicar la disminución de árboles en la fila 1 a la mortandad por competencia.

**Cuadro 1:** Densidad (árb.ha<sup>-1</sup>) original de las filas (año 1997) y real actual (año 2008).

Fila Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1997	2.500	1.751	1.223	855	598	418	292	205	143	100
2008	2.083	1.751	1.223	760	565	418	292	205	143	89

## Resultados y discusión

### Componente forestal

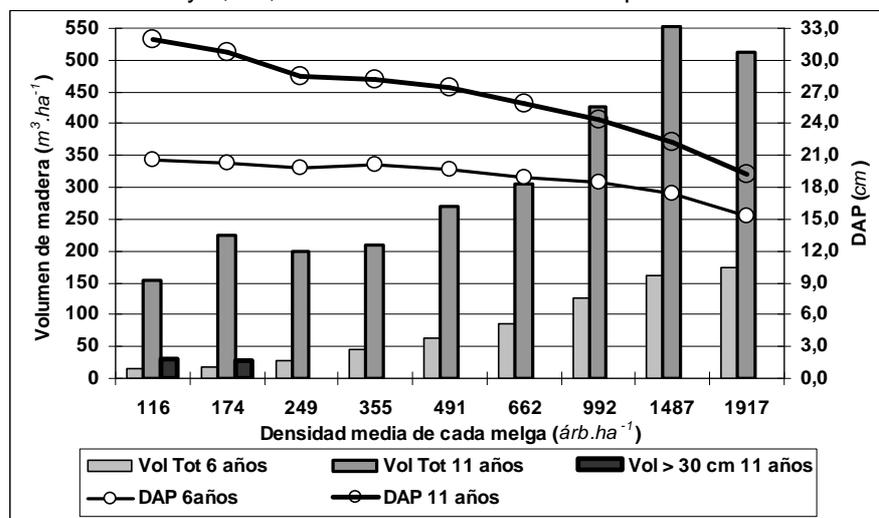
Las H<sub>i</sub> promedio registrados se consignan en el cuadro 2. La menor altura promedio de la fila 10, 13,4 m, en lugar de la franja de 17,3 – 18,7 m de las demás filas se debería al 26% de árboles afectados por heladas de dicha fila.

**Cuadro 2:** Altura total promedio (m) de las filas de árboles a los 6 y 11 años de edad.

Fila Edad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6 años	10,1	10,0	9,9	9,7	10,5	11,1	11,1	11,3	11,6	11,4
11 años	18,6	18,6	18,5	18,6	18,3	18,7	17,4	17,3	17,9	13,4

Si se han registrado diferencias importantes en el DAP, el V<sub>t</sub> y V<sub>>30</sub> (figura 1). Se registraron incrementos diamétricos en el lustro 2003 – 2008 que varían entre 26% y 51-56% a las densidades de 143 y 89 árb.ha<sup>-1</sup> respectivamente, afectando las fajas con densidades equivalentes de 116 y 174 árb.ha<sup>-1</sup>. A estas últimas dos densidades se registraron 27 y 31 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de madera con más de 30 cm de diámetro en punta fina. Esta situación podría implicar un salto cualitativo en las existencias madereras que, en valor, podría compensar las pérdidas volumétricas de madera del orden del 60% a estas últimas densidades respecto de las 2 mayores densidades del experimento (1.487 y 1917 árb.ha<sup>-1</sup>).

Respecto de la disponibilidad de RFA relacionados a la longitud de la copa viva (LCV), se habrían identificado diferencias entre el pino híbrido y los *Pinus elliottii* y *P. taeda*. Comparando las disponibilidades de RFA y la LCV de este ensayo y los resultados obtenidos con *Pinus elliotti* (Colcombet y col., 2008) y *Pinus taeda* (Fassola y col., 2006), se aprecia que con el pino híbrido es posible alcanzar RFA's del 50% o más con LCV's inferiores o iguales a 1,8 km.ha<sup>-1</sup> versus 1,4-1,7 km.ha<sup>-1</sup> en el caso del *Pinus elliotti* y 1,2-1,5 km.ha<sup>-1</sup> del *Pinus taeda* respectivamente.



**Figura 1:** Evolución del DAP, el volumen total de madera y el volumen de madera de más de 30 cm de diámetro en punta fina a los 6 y 11 años de edad.

### Componente forrajero

Respecto a la evolución de la disponibilidad de forraje de *Brachiaria brizantha*, a los 6 años de edad, se disponían volúmenes de materia seca promedio superiores a las 4 tn MS.ha<sup>-1</sup> a las densidades equivalentes de árboles menores o iguales a 1.487 árb.ha<sup>-1</sup> (figura 1). A los 11 años de edad, estos volúmenes sólo se mantuvieron a las densidades equivalentes de árboles menores o iguales a 116 árb.ha<sup>-1</sup> (última faja y faja bordura de menor densidad). A los 11 años de edad, estas situaciones se habrían correspondido con proporciones de RFA superiores o iguales al 75% de lo disponible en la faja bordura de menor densidad y LCV inferiores o iguales a 1,6 km.ha<sup>-1</sup> (figura 3).

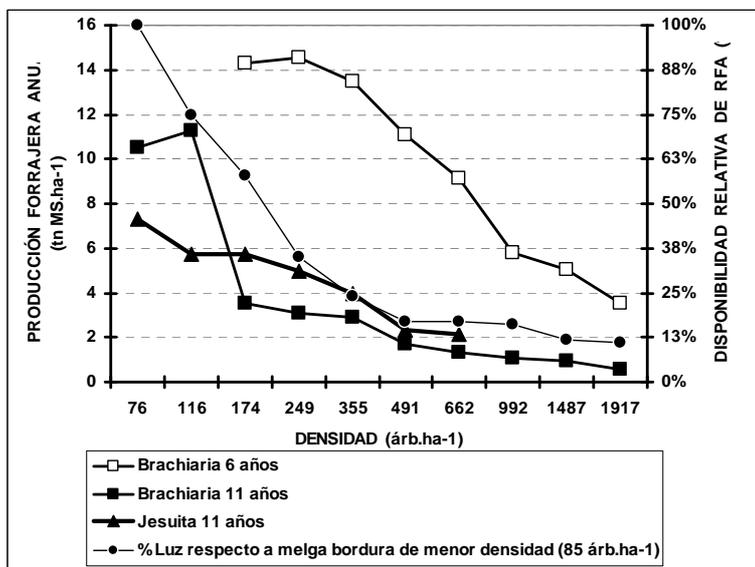


Figura 2: Evolución de la disponibilidad de luz y forraje en función de la edad y la densidad de árboles.

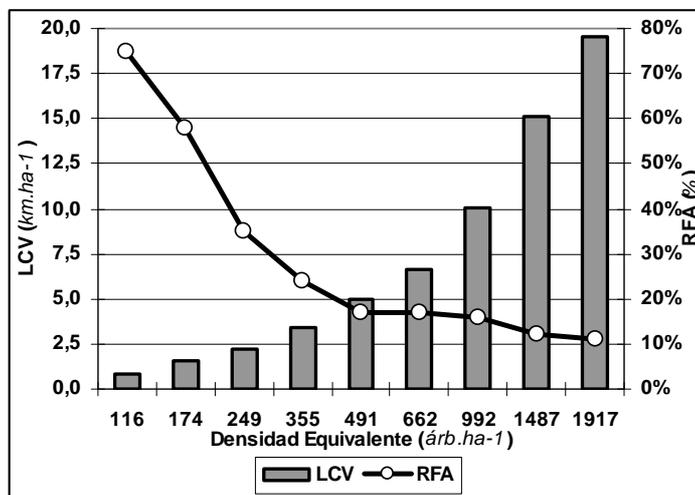


Figura 3: Longitud de Copa Viva promedio (LCV) y Radiación Fotosintéticamente Activa promedio (RFA) en función de la Densidad Equivalente de Pinos híbridos de las Fajas a los 11 años de edad.

El pastizal de *Axonopus catarinensis*, a los 11 años de edad, si bien tendría posiblemente una menor productividad promedio (7,3 y 5,7 tn MS.ha<sup>-1</sup> que el pastizal de *Brachiaria brizantha* (10,5 y 11,3 tn MS.ha<sup>-1</sup> respectivamente) a densidades equivalentes menores o iguales a 116 árb.ha<sup>-1</sup>, la primera de las especies habría presentado una mayor tolerancia a la disminución de RFA, pudiendo mantener productividades superiores a las 4 tn MS.ha<sup>-1</sup> entre las fajas de densidades equivalentes a 174 y 355 árb.ha<sup>-1</sup>. A estas últimas densidades, la RFA disminuye del 58% al 24% respectivamente y las LCV son inferiores a los 4 km.ha<sup>-1</sup> (figura 3).

Existirían diferencias en la cantidad de broza, básicamente compuesta por acículas de pino, bajo diferentes densidades arbóreas. Bajo la 1<sup>er</sup> faja (1.917 árb.ha<sup>-1</sup>), las acículas habrían alcanzado al 62% del peso seco, ocupando el 91% de la superficie. Bajo la última faja (116 árb.ha<sup>-1</sup>), las acicu-

las habrían alcanzado al 19% de la materia seca total, cubriendo apenas el 7% de la superficie total.

### Conclusiones

A los 11 años de edad, los pinos híbridos habrían alcanzado DAPs superiores o iguales a 30 cm con densidades inferiores o iguales a 140 árb.ha<sup>-1</sup>. Asimismo, los copas estrictas y traslúcidas a la RFA del híbrido, habrían permitido mantener RFA superiores o iguales al 50% con densidades inferiores o iguales a 200 árb.ha<sup>-1</sup> y en el rango del 50-25% con densidades comprendidas entre la anterior y 355 árb.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Respecto del componente forrajero, si bien *Brachiaria brizantha* alcanza mayores productividades de MS que *Axonopus catarinensis* a densidades de pino híbrido inferiores o iguales a 116 árb.ha<sup>-1</sup>, *Axonopus catarinensis* logra mantener productividades superiores a las 4 tn MS.ha<sup>-1</sup> hasta densidades del pino híbrido comprendidas entre 174 y 355 árb.ha<sup>-1</sup>. Ello permitiría hipotetizar que *Axonopus* es más tolerante a la sombra y más plástico para manejar bajo SSP que *Brachiaria brizantha*. Ello permitirá lograr SSP más equilibrados y productivos con *Axonopus catarinensis*.

### Agradecimientos

Agradecemos al Señor la oportunidad brindada para lograr conducir el experimento. Agradecemos las participaciones de los Ing. Diego Alegranza, Santiago María Lacorte, Paula Ferrere y Ángela Winck en la planificación, instalación y toma de datos. Agradecemos también a los propietarios, al Sr. Ernesto Dummel y el personal a su cargo la buena predisposición para manejar el experimento.

### Bibliografía

- Alegranza D. A., Torres E., Reboratti H. y Fassola H.E., 1997. Efecto de la densidad del *Pinus caribaea* var. *caribaea* sobre la oferta forrajera. Actas IIº Congreso Ftal. Arg. y Latin. Tomo Bosques Nativos y Protección ambiental. Posadas. Misiones. Arg.
- Benvenuti, M., Pavetti, D., Pérego, J., Correa, M. 1997 Evaluación de especies forrajeras en distintos niveles de iluminación bajo monte forestal de pino. Cuadernillo curso de capacitación: Suplementación en la ganadería. INTA. Eldorado, Misiones.
- Cameron, C.; Drance, S.; Edwards, D.; Jones, D. 1994. Árboles y pasturas: Un estudio sobre los efectos del espaciamiento. Agroforestería de las Américas, Pág. 8-9. (Traducido por Adrienne Gienenez).
- Colcombet, L; Lacorte, S. M.; Fassola, H. E.; Pachas, N; Ferrere, P.; Alegranza, D. 2003. Resultados iniciales de un sistema silvopastoril en el norte de misiones, argentina, entre *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (F2) y *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. Actas Xª Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF-INTA. 7pp.
- Colcombet, L., Pachas, N., Carvallo, A. 2009. Evolución de sistemas silvopastoriles de *Pinus elliottii* – *Brachiaria brizantha* y *Penisetum purpureum* en predios de pequeños productores en el NE de Misiones, Argentina. Actas 1º CNSSP 2009. Posadas, Misiones, Argentina.
- Fassola, H. E.; Lacorte, S. M.; Pachas, A. N.; Pezzuti, R. 2005. Factores que influyen la producción de biomasa forrajera de *Axonopus jesuiticus* valls, bajo dosel de *Pinus taeda* l. en el nordeste de Corrientes. En RIA 34 (3):21-38, Diciembre de 2005 Edición INTA, Argentina
- Fassola, H. E., Lacorte, S. M.; Pachas, A. N.; Pezzuti, R. 2006. Efecto de distintos niveles de sombra del dosel de *Pinus taeda* L. Sobre la acumulación de biomasa forrajera de *Axonopus Compressus* (Swartz) Beauv. Revista Argentina de Producción Animal 26: 101-111
- Fernández, M. E. 2003. Influencia del componente arbóreo sobre aspectos fisiológicos determinantes de la productividad herbácea en sistemas silvopastoriles de la Patagonia Argentina. Tesis Doctoral.
- Pahr, N.P; Gauchat, M. E, Sorge F.; Rodríguez G. H. 2002. Ensayo comparativo de pinos subtropicales mejorados en el NO de Misiones, Argentina. Disponible en CD: Actas 9º Jornadas Técnicas. Fac. Cs. Ftal. UNAM, INTA y MENyR. Eldorado, Misiones.
- Tothill, J.C., Hargreaves, J.N.C. & Jones, R.M. 1978. Botanal: A Comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. 1. Field Sampling. Trop. Agron. Tech. Memoir., N°8, 20 pág. CSIRO -Div. Tropical Crops and Pastures. Australia.
- Trujillo, M. R. y Lacorte S. M. La chicharrita de los pastos. Diario "El Territorio", suplemento agropecuario, pág. 21, 28/04/84. Posadas, Misiones.
-