

INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE SILVOPASTOREO CON PRODUCTORES GANADEROS DE COLONIA GESTIDO (URUGUAY)

Sergio Aguirre¹, Guillermo A. Galván²

¹Unidad de Sistemas Ambientales, Regional Norte, Facultad de Agronomía, Universidad de la República;

²Departamento de Producción Vegetal, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

Email: saguirre@unorte.edu.uy

Resumen

Ubicada al norte de Uruguay la Colonia Gestido ocupa 3000 hectáreas, distribuidas en 55 predios dedicados a cultivos y frutales diversificadas con ganadería y lechería. Enmarcado en una tesis del Doctorado en Agroecología (Colombia), este trabajo define como problema "el pobre desempeño global de estos sistemas productivos" dado entre otros aspectos por una "inadecuada integración animal-vegetal" y "escasa presencia de árboles y arbustos multipropósito". Para levantar estas restricciones se propone como objetivo general evaluar alternativas locales en el diseño de sistemas de producción que integran animales, cultivos y árboles. La integración de árboles en sistemas intensivos de silvopastoreo, permite generar bancos de forraje con alta densidad de arbustos forrajeros combinados con pastos de alta productividad, y árboles para sombra y madera. Los arbustos forrajeros proveen alimento en períodos de sequía por la extracción de agua desde capas más profundas que las que exploran especies herbáceas, producen biomasa de alta calidad forrajera, permiten incrementos en la carga animal y en la productividad, reducen el estrés por calor de los animales, favorecen la regulación del ciclo hidrológico, potencian la regulación natural de plagas debido al incremento de la biodiversidad, y mitigan los efectos del cambio climático. Este trabajo presenta el diseño y manejo de dos módulos de silvopastoreo intensivo en el primer año de instalación, se evalúan sus comportamientos con indicadores biofísicos, y se mencionan los aprendizajes logrados así como los aspectos a mejorar.

Palabras clave: Silvopastoreo intensivo, angico, *Parapiptadenia rigida*, *Leucena leucocephala*.

Summary

Installing agri-forestry systems with beef cattle production farmers in Colonia Gestido (Uruguay)

Located north of Uruguay, Colonia Gestido occupies 3000 hectares distributed in 55 farms devoted to crops and fruit production diversified with livestock and dairy. In the frame of a PhD thesis in Agroecology (Colombia), "the poor global performance of these production systems" is identified as a problem because of "inadequate animal-vegetal integration" and "scarcity of multipurpose trees and shrubs", among other reasons. To overcome these restrictions, the assessment of local alternatives in the design of production systems that integrate animals, crop and trees is proposed as general objective. The integration of trees in intensive tree-pasture systems, allows the generation of fodder banks with high dense fodder shrubs combined with grass of high productivity, and trees for shade and wood. Fodder shrubs provide food in times of drought by extracting water from deeper layers than those explored by herbaceous species, produce high quality forage biomass, allow increases in stocking rate and productivity, reduce the heat stress of the animals, favor the regulation of hydrological cycle, enhance the natural pest control by increased biodiversity, and mitigate the effects of climate change. This article presents the design and management of two modules of intensive tree-pasture systems in the first year of installation, their behaviors are evaluated with biophysical indicators, and learning achievements and areas to be improved are outlined.

Key words: silvopastoral intensive systems, angico, *Parapiptadenia rigida*, *Leucena leucocephala*

INTRODUCCIÓN

Al noroeste del Uruguay y en torno a la ciudad de Salto, se halla el "Cordón Hortifrutícola" ocupando más de 37.000 ha, donde debido a sus condiciones agroecológicas especiales¹, se logran cosechar productos como tomate, morrón, zapallito, frutilla, cebolla, entre otros, en épocas donde se alcanzan mejores precios. Desde la década de los 60, se introdujeron y se desarrollaron paquetes tecnológicos intensivos en el uso de agroquímicos, lográndose de esta manera aumentos importantes en los rendimientos y la calidad visual de los productos. La producción de hortalizas intensiva en el uso de insumos tuvo una concentración económica en un número cada vez menor de empresas capitalizadas capaces de aplicar el paquete tecnológico en su totalidad. Como contrapartida, además de problemas socioeconómicos graves, se produjeron problemas ambientales como la degradación de los suelos con pérdida de materia orgánica y estructura, el aumento en la incidencia de enfermedades y plagas en los cultivos cada vez más difíciles de combatir, y la pérdida de recursos genéticos tradicionales (Aguirre 2009).

En este contexto, en el año 2010 se desarrolla en Colonia Gestido (al norte de la ciudad de Salto), el proyecto "Apoyo a las iniciativas de producción agroecológica en Colonia Gestido-Salto" de la Universidad de la República. Este proyecto incluyó actividades de investigación, extensión y enseñanza, con un equipo universitario interdisciplinario que trabajó con un grupo de productores de la colonia.

Desde 2011 y como una segunda etapa, se inicia el proyecto "Estudio de alternativas de producción agroecológica en Colonia Gestido-Salto". En este proyecto se instalan áreas de investigación en sistemas de producción agroecológicos y se diseñan módulos en cuatro predios, con el objetivo de evaluar alternativas de manejo que integran animales, cultivos y árboles, profundizando la diversificación en el proceso de transición agroecológica. Para lograrlo, se tienen en cuenta los cultivos y animales ya presentes en estos sistemas de producción, incorporando nuevas especies (gramíneas y leguminosas, tanto anuales como perennes). En el diseño de los módulos se procura potenciar las interacciones positivas entre sus componentes y procesos, a los efectos de implementar sistemas sostenibles y adaptados a estas condiciones biofísicas y socioeconómicas (Altieri 2002).

1 En relación con el clima del sur del país cercano a Montevideo (principal consumidor de los productos hortícolas): una mayor amplitud térmica con mayor temperatura promedio durante el día (3° C más alta), y en invierno, un mayor número de horas con temperaturas por encima del mínimo para el crecimiento y cercanas al óptimo de los distintos cultivos. Com. Per. de Ing. Agr. Celmira Saravia en base a: Normales Climatológicas, período 1961-1990 (Dirección Nacional de Meteorología 1996).

En el proyecto es importante el papel que juega el componente arbóreo, tanto en los cercos vivos perimetrales presentes en todos los módulos, como al interior de los módulos de silvopastoreo, donde especies leñosas están siendo implantadas en alta densidad. Estos sistemas de silvopastoreo son una alternativa novedosa para la zona, donde se pretenden aprovechar sus múltiples beneficios en el corto y mediano plazo: aporte de forraje de alta calidad, mejoras en la calidad del suelo que se espera incidan positivamente sobre la productividad total del sistema, y mejoras en las condiciones microclimáticas (Murgueitio *et al.* 2011). En este artículo se presentan las características de estos dos módulos de silvopastoreo instalados en Colonia Gestido, los avances realizados hasta el momento, así como los primeros resultados.

BENEFICIOS DE LA INTEGRACIÓN DE LOS ÁRBOLES Y LA GANADERÍA

La actividad antrópica establece una continua presión de deforestación de los bosques naturales con distintos fines: extracción de madera y leña, "limpieza" de territorios para ganar tierras para la ganadería y agricultura, construcción de carreteras, represas y la urbanización. A pesar de ello, América Latina y el mundo entero mantienen múltiples ejemplos de integración de los árboles con sistemas agrícolas y ganaderos en ambientes de ecosistemas en los cuales naturalmente predominan los árboles. Así, los huertos frutales en zonas del trópico americano, el cultivo del cacao en los bosques de Mesoamérica, la yerba mate en sotobosques de América del Sur o los cerdos con los encinos en la dehesa española y portuguesa, son enseñanzas de la memoria sociocultural en co-evolución con los ambientes en que se desarrollan (Murgueitio 2011).

Tomando en cuenta las interacciones suelo-árbol-pastura-animal (Hernández y Gutiérrez 1999), los sistemas de silvopastoreo (SSP), presentan beneficios entre los que se destacan:

- Tienden a aumentar la eficiencia del sistema en captación de recursos disponibles (agua, luz y nutrientes). Al ocupar distintos estratos aprovechan mejor, tanto la radiación solar como los nutrientes y el agua que están en las capas más profundas del suelo, a los que no acceden las raíces más superficiales de la vegetación herbácea (Balieiro *et al.* 2004).
- Ejercen una función protectora sobre el suelo, disminuyendo la energía cinética de la lluvia con la intercepción del follaje y la hojarasca depositada en el suelo (disminuye la erosión hídrica), y atenuando la velocidad de los vientos lo que reduce consecuentemente su efecto desecante y la erosión eólica (Balieiro *et al.* 2004).

- El suelo recibe mayores aportes de materia orgánica a distintas profundidades (más o menos estable según la proporción de hojas, tallos, ramas o raíces de distinto grosor). Estos aportes, sumados al efecto físico de las raíces, provocan mejoras en la estructura del suelo², un contenido más estable de humedad, y aumentos de la micro, meso y macrofauna. Todos estos factores atenúan además los procesos erosivos (Hernández y Gutiérrez 1999, Joaquin y Lizárraga 2001).
 - Mejoran los aspectos químico-biológicos del suelo, debido a un mejor y más eficiente ciclage de nutrientes por captación de nutrientes desde capas profundas, que se reintroducen en el sistema a través del lavado de hojas, ramas, mantillo y la muerte de raicillas en el suelo, así como por el efecto de la fauna presente. A esto se suma la fijación biológica de nitrógeno (FBN), y el aumento de la disponibilidad y absorción de nutrientes por micorrizas, procesos simbióticos que ocurren con varios árboles de la familia de las leguminosas (Hernández y Gutiérrez 1999, Joaquin y Lizárraga 2001, Balieiro *et al.* 2004).
 - Los pastos presentan algo menos de biomasa en algunos SSP, debido a la menor intercepción de la radiación solar, pero con un período vegetativo más largo, más contenido de proteína y menor contenido de fibra debido a la sombra y humedad (Daccarett y Blydenstein 1968, citados por Hernández y Gutiérrez 1999). Además, se han detectado mayores contenidos de nitrógeno en gramíneas creciendo bajo la copa de árboles leguminosos, aumento derivado de la FBN (Dias *et al.* 2007).
 - Los árboles incrementan la producción de biomasa aérea total del sistema. La biomasa de los árboles aumenta con la densidad y la edad en forma asintótica hasta un máximo determinado por las condiciones agroclimáticas locales. El crecimiento de los árboles, a su vez se puede ver favorecido por la disminución de la competencia por el pastoreo (Daniel y Couto, 1998), y son inducidos a explorar horizontes más profundos para evitar la competencia de las raíces más superficiales de los pastos (Schroth 1999).
 - Los animales en este contexto tienen mejores niveles de productividad, al recibir mayores volúmenes de una alimentación más equilibrada y diversa. En un microclima donde están atenuadas las temperaturas extremas, tienen sombra, mayor humedad
- relativa atmosférica y menos viento (Hernández y Gutiérrez 1999, Joaquin y Lizárraga 2001, Balieiro *et al.* 2004, Carranza y Ledesma 2005, Murgueitio *et al.* 2011). Sin embargo, en condiciones climáticas más amenas al crecimiento animal, estos beneficios de los SSP no son tan claros (Aguar y Targa 1999, citados por Balieiro *et al.* 2004).
- En los SSP también se observan mejoras en los procesos de regulación natural de plagas (mosca de los cuernos, garrapatas y parásitos internos), debido a la presencia de parasitoides y predadores en ambientes más biodiversos (Murgueitio *et al.* 2011).
- En zonas templadas se mencionan algunas particularidades: en condiciones de clima mediterráneo se deben manejar adecuadamente los efectos combinados de facilitación y competición (por agua y nutrientes) entre los árboles y las pasturas (Moreno 2008); para la elección de especies arbóreas y arbustivas más aptas en cada región, se deben considerar conjuntamente aspectos como productividad, composición química, palatabilidad y desempeño de los animales al consumir estos materiales (Addlestone *et al.* 1999, Papanastasis *et al.* 2008). Para el caso concreto del norte de Uruguay, el manejo de árboles nativos y/o introducidos promovería la reaparición de gramíneas nativas invernales a la sombra de ellos. Estas gramíneas son muy nutritivas y se desarrollan en una estación en la que existe déficit de forraje para los animales. Las gramíneas invernales han disminuido su presencia en el tapiz natural, producto de la destrucción de los ecosistemas naturales más arborizados, por la introducción de la ganadería y el sobrepastoreo (Picasso com. lit., Rodríguez *et al.* 2011).
- Entre los SSP, los Sistemas de Silvopastoreo Intensivos (SPI) son bancos de forraje para pastoreo directo o corte, con alta densidad de arbustos forrajeros³ (5000 a 10000 plantas/ha) combinados con pastos de alta productividad, manejo con cercas eléctricas y que además pueden incluir árboles para sombra y madera (Murgueitio e Ibrahim 2009, Murgueitio *et al.* 2011). Proveen servicios ambientales entre los que se citan la resistencia en los períodos de sequía, por la exploración radicular u extracción de agua desde capas más profundas que las que exploran especies herbáceas. Los arbustos forrajeros actúan también atenuando los efectos desecantes del viento sobre el ambiente circundante, tienen una rápida producción de biomasa de alta calidad forrajera, permiten incrementos en la carga animal y en la productividad, reducen el estrés por calor de los animales, favorecen la regulación del ciclo hidrológico, y potencian

2 Sobre este aspecto Daniel y Couto (1998), y sobre la base de SSP con eucaliptus tienen una visión contraria, señalando la compactación de los suelos por pisoteo del ganado.

3 Generalmente leguminosas entre las que se destaca *Leucaena leucocephala* por su alta productividad y calidad forrajera, así como adaptabilidad a diversos ecosistemas (Murgueitio *et al.* 2011; Shelton y Dalzell 2007).

la regulación natural de plagas y enfermedades debido al incremento de la biodiversidad. Además, en el suelo fijan nitrógeno atmosférico y solubilizan el fósforo, provocan mejoras físico-biológicas y extraen nutrientes de capas profundas (Murgueitio *et al.* 2011). Basados en resultados en Colombia, Costa Rica, Nicaragua y Australia, distintos autores (Molina Castro *et al.* 2009; Murgueitio *et al.* 2011, Shelton y Dalzell 2007) agregan otra ventaja de los SPI que es la atenuación y mitigación de los efectos del cambio climático, manteniendo la temperatura y humedad relativa en valores más adecuados, disminuyendo las emisiones de metano ruminal y secuestrando carbono atmosférico.

METODOLOGÍA

En este punto se presentan los dos módulos de Silvopastoreo Intensivo (SPI1 y SPI2): los materiales utilizados, los diseños en cada módulo, y los procesos de instalación y manejos realizados. En ambos módulos se incorporaron dos leguminosas arbóreas: una especie nativa de Uruguay (angico, *Parapiptadenia rigida*) y otra introducida (leucaena, *Leucaena leucocephala*). Además, se utiliza una gramínea introducida de alto rendimiento (pasto elefante, *Pennisetum purpureum*), y otras leguminosas y gramíneas herbáceas.

La leucaena tiene centro de origen en México, y amplia distribución en el mundo, donde se destaca por su uso forrajero en distintos sistemas de silvopastoreo (Murgueitio *et al.* 2010, Shelton y Dalzell 2007). En Uruguay, a pesar de que no hay información publicada, en la zona norte se observan ejemplares con buen crecimiento y su follaje es muy apetecido por el ganado. El angico es nativo de Uruguay, y se lo encuentra también en Brasil austral, Paraguay, y norte de Argentina. Los árboles alcanzan 18 a 30 metros de altura, y tienen follaje semi-persistente. Es señalado como un árbol multi-propósito: su madera es densa y muy dura, de alto contenido energético, utilizada en carpintería fina, de alta durabilidad; tiene usos medicinales y paisajísticos, así como para recuperación de ambientes degradados. Además, lo que es de interés en este trabajo, su follaje puede ser usado como forraje debido a sus altos contenidos de proteínas y bajos tenores de taninos (Leme *et al.* 1994, Ramalho Carvalho 2002). La tabla 1 recoge información nutricional disponible de las principales especies que se están incorporando en estos SPI1 y SPI2.

Se realizaron dos siembras de las leguminosas arbóreas en un invernáculo de un predio de Colonia Gestido: el 3 de agosto/2011 (invierno) y el 25 de enero/2012 (verano). Las semillas de angico para la primera siembra fueron cosechadas de un árbol de 15 años de un predio cercano. Las semillas de leucaena fueron de dos orígenes: de árboles del mismo predio donde estaba el angico y de una finca experimental de la Universidad Nacional en Medellín (Colombia). Esta última leucaena per-

tenece a la variedad Cunningham y su procedencia es del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). La variedad Cunningham es empleada en Sistemas de Silvopastoreo Intensivo en Colombia por sus atributos de alta FBN, bajos tenores de mimosina, gran flexibilidad en las ramas para tolerar el ramoneo, extraordinaria capacidad de rebrote y rápido crecimiento⁴.

En la primera siembra, se realizó una inoculación artesanal de las semillas, utilizando tierra de la base de los árboles de donde fueron extraídas las semillas. La siembra se realizó en canteros de 1 m de ancho, en hileras distanciadas a 7 cm. Los angicos tuvieron un alto porcentaje de germinación (mayor al 90%), mientras que para las leucaenas emergieron un número de plantines menor al 10% de la cantidad de semillas sembradas (en esto influyó la época, invierno en el hemisferio sur). En tanto, la germinación de ambas especies en la segunda siembra fue normal (mayor a 90%). A los 45 días en invierno y a los 20-30 días de la siembra en verano, se trasplantaron los plantines a macetas individuales con un volumen de sustrato de un litro. El sustrato se preparó con partes iguales de tierra del lugar y estiércol fermentado en la primera siembra, y con 2/3 de tierra y 1/3 de estiércol fermentado en la segunda oportunidad.

En la segunda siembra además se utilizaron semillas de angico de dos orígenes: del mismo predio de Salto de la siembra anterior, y de otro predio cercano al límite con Brasil (estancia "Mandiyú") en el que se encontraron ejemplares de mayor altura. Además, en esta siembra, la mitad de las semillas de ambos orígenes de angico se inocularon con cepas específicas de bacterias simbióticas aisladas en el Instituto Clemente Estable (Fabiano 2010), y la otra mitad se sembraron sin inocular.

Los suelos de ambos módulos SSP son clasificados como Argisoles, con textura arenosa a franco-arenosa, y de poca fertilidad. El horizonte A tiene de 20-30 cm de profundidad en el SPI1 y algo más superficiales en el SPI2, con un horizonte Bt de 30 a 50 cm por debajo (de difícil penetración de las raíces debido a su compactación y contenido de arcillas), y un horizonte C de 50-70 cm de la superficie. Presentan acidez moderada y con bajo porcentaje de materia orgánica, en especial en el caso del SSP1 (tabla 2). Además, tienen contenidos adecuados de fósforo y de potasio considerando las necesidades normales de las pasturas (salvo en el caso de SPI1 donde el potasio está algo por debajo de los valores límites). Como en este caso hay una alta producción de biomasa (en especial de pasto elefante), se observará periódicamente la evolución de estos nutrientes⁵.

4 Comentario personal del Dr. Enrique Murgueitio, quien proporcionó las semillas.

5 En Cuba, trabajando con sistemas integrados de producción, se detectaron caídas en los niveles de fósforo en las áreas donde está instalado el pasto elefante (Funes-Monzote 2009).

Tabla 1: Valor nutricional de las principales especies introducidas en los módulos de silvopastoreo en este trabajo.

Fracción	Pasto elefante ⁺	Leucaena ⁺⁺	Angico ⁺⁺	Vicia sativa /villosa ⁺⁺⁺
Proteína Bruta (%)	15,0	20-25	18,9	16,2
FDN (%)	57,0	25-45	s/d	50,0
Lignina (%)	4,2	8 (taninos) 11 (lignina)	9,3 (taninos)	6,1

⁺ *Pennisetum purpureum*. Corte a los 42 días con 6,5 ton/ha de materia seca (González et al. 2011)

⁺⁺ Leme et al. (1994)

⁺⁺⁺ Corte al inicio de floración (Renzi et al. 2011) Límites: PB mayor al 10%, Taninos menor al 10%.

Tabla 2: Resultados de análisis químico de los suelos donde se instalaron los dos módulos de silvopastoreo (realizados en setiembre 2011).

Sistema de silvopastoreo intensivo	pH		M.O. %	Nutrientes				
	H ₂ O	KCl		P ⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺
SPI1	5,2	4,5	1,0	13	0,13	3,0	0,5	0,09
SPI2	5,3	4,6	2,9	12	0,24	12,6	3,0	0,17

M.O.: Materia orgánica; ⁺ mg P₂O₅/kg de suelo ⁺⁺ meq/100g de suelo

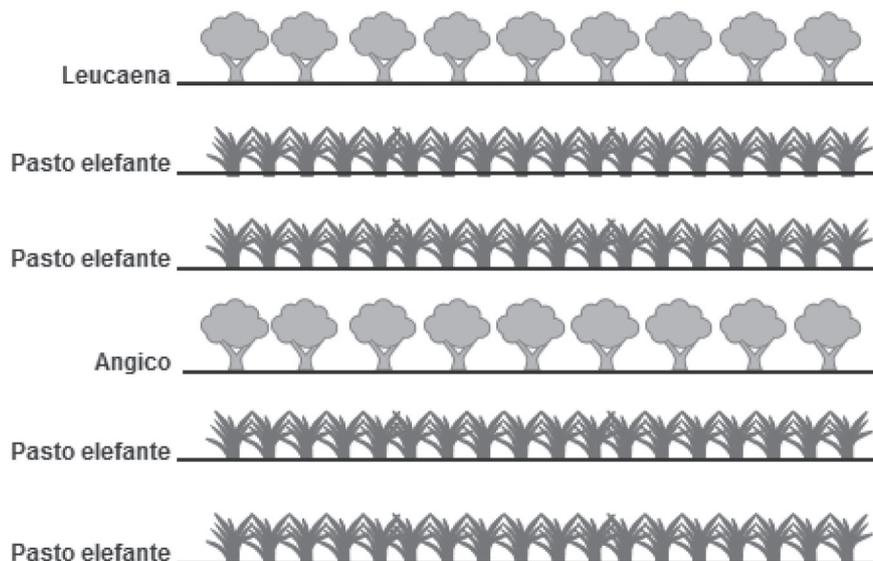


Figura 1: Diseño del Módulo de Silvopastoreo 1 (SPI1) con hileras distanciadas a 1,5 m en bloques de seis hileras: una de leucaena (*Leucaena leucocephala*), dos hileras contiguas de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), una de angico (*Parapiptadenia rigida*), dos de pasto elefante, y así sucesivamente. En total, 23 hileras de 75 m (15 de pasto elefante y 8 de leguminosas). Las leguminosas se trasplantaron a 1 m en la hilera, mientras que el pasto elefante a 0,5 m entre plantas.

En ambos módulos también se instalaron desde agosto/2011, cercos vivos perimetrales con árboles cada 5 metros de diversas especies: Ibirapitá (*Peltophorum dubium*), timbó (*Enterolobium contortisiliquum*), jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), anacahuíta (*Schinus molle*) y arazá (*Psidium cattleianum*). Los cercos vivos son un diseño particular de los sistemas agroforestales en

los cuales los árboles se integran a los bordes de cultivos anuales, frutales y/o áreas de pastoreo. Además de otras funciones y servicios ya mencionados, los cercos vivos (que pueden incluir frutales y plantas ornamentales, nativas o introducidas) funcionan como reserva de biodiversidad y corredores biológicos. De esta manera, son espacios de protección y circulación de enemigos

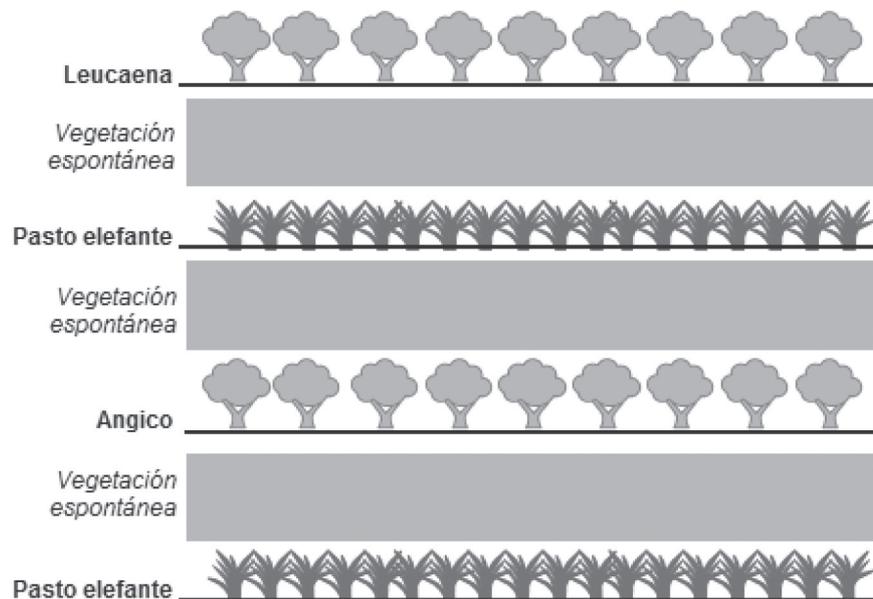


Figura 2: diseño del Módulo de Silvopastoreo 2 (SPI2), con hileras de 90 m de largo distanciadas a 5 m que alternan leucaena, pasto elefante, angico, pasto elefante, y así sucesivamente. En las entrefilas, se mantiene el crecimiento de la vegetación herbácea espontánea, también para pastoreo.

naturales, fortaleciendo así los mecanismos de regulación natural de plagas (Nicholls 2002).

El SPI1 se instaló en una parcela de 0,3 ha donde el año anterior se habían plantado hileras de pasto elefante y cultivos hortícolas (frutilla, cebolla, zanahoria, ajo, perejil y acelga). Para el SPI1 se plantaron hileras distanciadas a 1,5 m en bloques de seis hileras, que comprenden dos hileras contiguas de pasto elefante, una de leucaena, dos de pasto elefante, una de angico, y así sucesivamente (Fig. 1). Las leguminosas se trasplantaron a 1 m en la hilera, mientras que el pasto elefante, que se propaga en forma vegetativa, se instaló a 0,5 m entre plantas. Cuando el SPI1 esté completo serán 23 hileras de 75 m: 15 de pasto elefante y 8 de leguminosas, incluyendo las dos cortinas de nativas y los bordes. De las 23 hileras, 15 ya se realizaron entre Octubre y Noviembre/2011, en las que se aplicó estiércol de animales del mismo predio en una dosis promedio de 90 m³/ha. En el verano 2011-12, se realizó un policultivo de maíz, zapallo (*Cucurbita* sp.), poroto caupí (*Vigna unguiculata*) y poroto de cerdo (*Canavalia ensiformis*), sembrados entre los árboles trasplantados.

Como el principal aporte de biomasa de estos materiales se concentra en los meses de primavera y verano, en el otoño de 2012 se sembró vicia (*Vicia villosa*) y avena negra (*Avena strigosa*) entre las hileras de leguminosas y de pasto elefante. Estas especies forrajeras se agregan con el objetivo de obtener una mejor oferta de forraje en el período invernal, mejorar la cobertura del suelo y lograr un aporte complementario de nitrógeno por la FBN de la vicia.

Con una menor densidad de árboles y de pasto elefante, el SPI2 tiene una superficie de 1 ha. Se instaló donde años atrás se hacían cultivos hortícolas, y el año inmediatamente anterior se había sembrado lotus (*Lotus corniculatus*) para el pastoreo de animales. También hay hileras alternadas con angico, leucaena y pasto elefante, de 90 m de largo. En este caso, se dejaron franjas (entrefilas) de 5 m de ancho entre ellas destinadas a forrajeras herbáceas (Fig. 2). Para el SPI2 se optó por mantener los plantines de leucaena y angico creciendo en macetas hasta julio-agosto 2012. En su lugar en el verano 2011-12, se sembró en fajas de 2 m de ancho una mezcla de sorgo y caupí (*Vigna unguiculata*), sembradas a una densidad de 55 kg/ha (sorgo) y 20 kg/ha (caupí). Estas fajas tuvieron una fertilización de base con un fertilizante binario (NPK 7-40-0) en una dosis de 112 kg/ha y una refertilización con urea (46-0-0), luego del primer pastoreo y a la misma dosis. La siembra se realizó en octubre 2011, y se realizaron pastoreos con terneros, en franjas rotativas con pastor eléctrico en febrero y abril 2012.

En las entrefilas se dejó crecer la vegetación espontánea, compuesta por las leguminosas "lotus rincón" (*Lotus corniculatus*), *L. subbiflorus* y pega pega (*Desmodium incanum*), y por las gramíneas *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis*, *Digitaria sanguinalis*, *Cynodon dactylon*, además de otras especies consideradas malezas como chirca (*Eupatorium buniifolium*) y flor morada (*Echium plantagineum*). Las especies malezas serán controladas periódicamente con cortes de pastera rotativa.

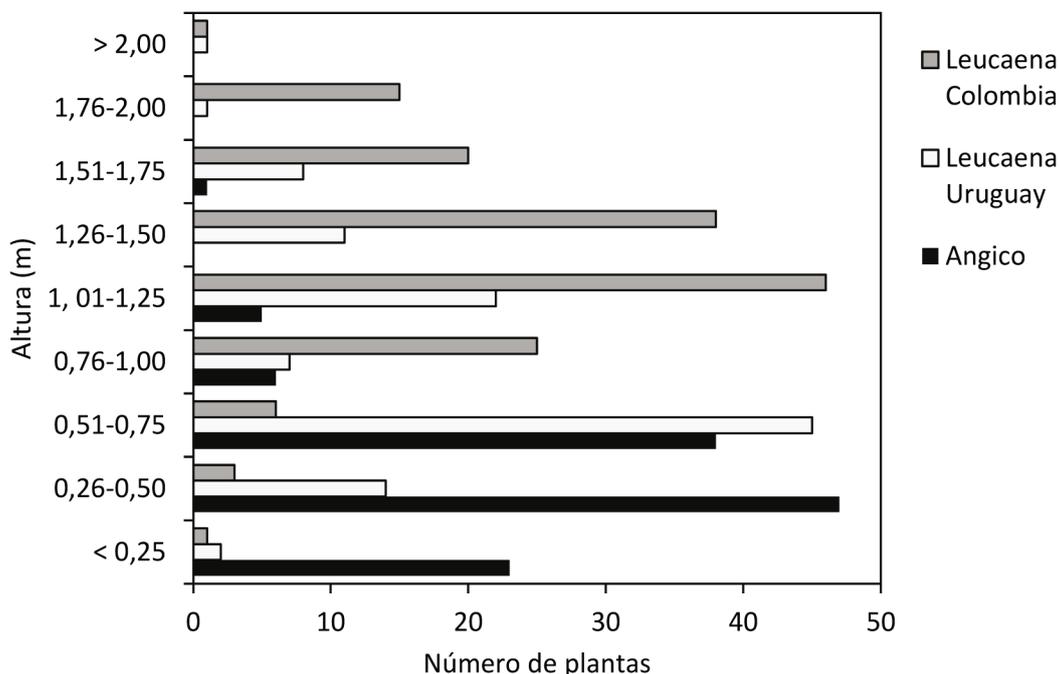


Figura 3. Distribución de la altura de las plantas de leucaena (*Leucaena leucocephala*) originaria de Colombia (171 plantas), leucaena originaria de Uruguay (94 plantas), y angico (*Parapiptadenia rigida*) (120 plantas), en el SPI1, a siete meses y medio desde la siembra. Las distribuciones de alturas de los dos orígenes de leucaena y de angico difieren todas entre sí significativamente (test Chi-cuadrado, $p < 0.001$).

RESULTADOS

En los primeros diez meses de iniciados los módulos de silvopastoreo, tanto en las evaluaciones individuales en cada predio como en talleres colectivos cada dos meses con los productores, se han analizado temas tales como: el diseño adaptado a cada situación, la elección de especies, el cronograma de trabajo, el manejo más adecuado y las formas de evaluación de los resultados.

1. Resultados en el SPI1

Para el pasto elefante en el SPI1, se realizaron dos cortes en este primer ciclo. En forma paulatina (balanceando las necesidades de alimento con la disponibilidad de pasto), el primer corte fue realizado entre fines de enero y mediados de marzo, y el segundo corte entre mediados de marzo y fines de abril. El rendimiento fue 18084 kg/ha en el primer corte y 17010 kg/ha en el segundo, logrando así un rendimiento total promedio de 35094 kg/ha de materia verde. Como este material tenía en promedio 28% de materia seca, el rendimiento expresado en materia seca se estimó en 9826 kg/ha.

El material cortado fue acarreado y proporcionado a los animales fuera del módulo. Se hicieron menos cortes de los recomendados para mantener una buena relación entre producción de materia seca, contenido de proteína y fibra de la biomasa. Considerando su uso en la alimentación de bovinos, se deberían realizar cortes cada 42-56 días y/o cuando el follaje alcanza 1,2 m de altura (Bemhaja 2000, González *et al.* 2011).

La supervivencia de las leguminosas arbóreas trasplantadas a campo en octubre-noviembre/2011 fue casi el 99% (murieron 5 de 385 arbolitos). La altura promedio al 21/3/2012 fue de 47 cm para los angicos y 117 cm en el caso de las leucaenas, diferencia estadísticamente significativa (test Chi-cuadrado, $p < 0.001$). Hubo diferencia en la altura de las leucaenas según el origen de la semilla, donde en promedio las provenientes de semilla de Colombia fueron 26 cm más altas que las que se produjeron con la semilla local (Fig. 3). En este resultado puede haber influido un ataque intenso de hormigas cortadoras, que atacaron especialmente a las hileras de leucaena "local" trasplantadas más tarde que las de Colombia. Aparentemente prefieren los arbolitos más tiernos relacionados con su menor contenido de mimosina⁶. Las mudas de angico no sufrieron daños de hormigas, aunque las plantas más chicas por haber tenido un crecimiento menor, parecen haberse afectado negativamente por el sombreado y posible efecto alelopático de las plantas de zapallo, que estaban sembrados en policultivo junto con maíz entre las plantas de leucaena y angico.

Con la finalidad de aprovechar el espacio, los nutrientes disponibles y el riego (realizado en diciembre-enero en el período de sequía), mientras los árboles estaban creciendo entre cada planta se sembró una planta de zapallo o una de maíz (variedad local "diente de caballo"), en forma alternada. Además en varias hileras que en este ciclo todavía no se trasplantaban los arbolitos,

6 Comunicación personal del Dr. E. Murgueitio.

se hizo un policultivo de maíz/poroto. Los zapallos y el maíz ocuparon el mismo espacio junto con los arbolitos en cuatro hileras (dos con angicos y dos con leucaena en 300 m²). La producción de los zapallos calabaza (*Cucurbita moschata*) y criollo (*C. pepo*) fue de 177 y 170 kg respectivamente, que totalizan 347 kg obteniendo así un rendimiento promedio de 11567 kg/ha. El caupí produjo 25 kg en 50 m² (5.000 kg/ha), y el maíz 40 kg de granos y marlos (unos 32 kg de grano en 300 m², lo que da un rendimiento de 1.066 kg/ha de grano). Los rendimientos de zapallos y de caupí fueron similares a los promedios nacionales, mientras que el maíz fue inferior a los 3570 kg/ha promedio de Uruguay⁷, probablemente por la baja densidad de plantas en el policultivo.

Respecto al crecimiento de la segunda siembra de árboles de leguminosas realizada en verano, a 100 días de la siembra se observó una diferencia notoria en la altura de los angicos según su origen e inoculación con cepas específicas. Los árboles provenientes de Salto (locales) tuvieron entre 15 y 20 cm de altura, mientras que los de semillas de la estancia "Mandiyú" (Artigas, Uruguay) entre 30 y 40 cm. Además se observó una diferencia a favor de los árboles inoculados con las cepas del Rizobio específicas, tanto en altura de la planta como en el color del follaje (verde más intenso en los árboles inoculados). Las leucaenas, al igual que en la primera siembra, alcanzaron mayor altura (50-60 cm) que los angicos.

2. Resultados en el SPI2

En el SPI2 las plantas de angico y leucaena no se instalaron durante el primer año, sino que se conservaron en macetas. Los angicos alcanzaron una altura de 30-40 cm y las leucaenas entre 70 y 80 cm. En su lugar, para aprovechar el área e ir preparando la tierra, en noviembre/2011 se sembraron en forma consociada sorgo y caupí en franjas de dos metros de ancho. Aunque inicialmente germinaron bien, en diciembre y enero enlentecieron su crecimiento debido a un período de sequía. A los 15 días de que se reiniciaron las lluvias a fines de enero, se comenzaron a pastorear dividiendo el potrero en franjas, en las que terneros pastorearon durante una semana en cada una.

El 1/2/12 se realizaron muestreos para determinar la producción de forraje del sorgo/caupí, que arrojó como resultado 8610 kg/ha de materia verde (2150 kg/ha de materia seca). En base a ese valor, se decidió pastorear con 5 terneros de 210 kg de peso vivo promedio en 4 franjas de pastoreo (manejadas con pastor eléctrico), en un ciclo de pastoreo del 5/2 al 28/2/2012. En ese período (23 días), los terneros obtuvieron una ganancia total de 54 kg de carne/ha.

El 4/4/12 se realizó el segundo muestreo del sorgo (en ese momento era claramente predominante sobre

el caupí), y se determinó que había 5750 kg/ha de materia verde (1440 kg/ha de materia seca). El segundo pastoreo en franjas fue realizado en abril, nuevamente con 5 terneros durante 4 semanas. En 26 días la ganancia de peso vivo total fue de 15 kg de carne/ha. La menor productividad en este segundo pastoreo se explica por la menor cantidad de biomasa del sorgo, así como su mayor contenido de fibra y menor contenido de proteína, asociados con el fin del ciclo de este cultivo.

CONSIDERACIONES FINALES

Luego del primer año de iniciadas estas experiencias de silvopastoreo intensivo implementadas de manera participativa con el grupo de productores, se destaca la flexibilidad en la implementación de la propuesta para aumentar la productividad inicial de los módulos, con cultivos hortícolas intercalados en el SPI1, y una mezcla de sorgo-caupí que se explotó para la producción de carne en el SPI2. Se pueden señalar algunos aprendizajes y aspectos a mejorar:

- al igual que en otras condiciones (Murgueitio 2011), los sistemas SPI demandan para su instalación (siembra, trasplantes, preparación de tierra y control de malezas), un aporte mayor de trabajo por unidad de superficie que los sistemas ganaderos convencionales, basados en pasturas naturales o forrajes sembrados. La siembra intercalada de cultivos anuales en el caso del SPI1, fue una alternativa interesante para hacer más eficiente ese trabajo (se obtuvo un ingreso de la producción de maíz y zapallo), aprovechando además el espacio entre los árboles, los nutrientes disponibles y el riego.
- Se debe cuidar que el efecto alelopático del zapallo (Gliessman 2002) y otros cultivos que eventualmente se instalen no repercuta negativamente sobre los arbolitos recién trasplantados (efecto probablemente ocurrido en los angicos más pequeños). Para ello, en algunos momentos es necesario deshojar el zapallo en el área próxima a los arbolitos.
- La introducción de pasto elefante ha sido acertada en el caso del SPI1, ya que su producción de biomasa ha sido buena ya en el primer año. De todas formas, considerando el análisis del suelo y el color del follaje, parece necesario realizar aportes anuales de materiales orgánicos (por ejemplo, estiércoles compostados) para mantener y mejorar esa producción, lo que compensaría el déficit de nitrógeno y otros nutrientes minerales. Además, para cosechar el material con buena calidad nutricional se debería aumentar la frecuencia de cortes en el

7 Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. 2012. Anuario Estadístico Agropecuario 2012. Montevideo.

período de crecimiento, llegando a 3 o 4 cortes entre noviembre y abril (primavera-verano-otoño).

- La inclusión de *Vicia villosa* (invernal) se espera que interactúe positivamente con el pasto elefante (estival), por su aporte invernal de forraje, cobertura del suelo y fijación biológica de nitrógeno.
- Luego de la primera siembra, trasplante y período de crecimiento de las plantas, la leucaena se destacó superando en más del doble al angico en su velocidad de crecimiento. Si bien resta observar y cuantificar su comportamiento durante el primer invierno, la leucaena sería la especie que aportaría mayor cantidad de biomasa para ser utilizada como forraje en el corto plazo.
- Un aspecto importante a solucionar de las leucaenas es la inoculación de las semillas y/o de los plantines con un rizobio efectivo para acelerar la nodulación. Hasta el momento, hay algunas plantas de leucaenas con su follaje de color verde intenso, pero otras tienen tonalidades más amarillentas seguramente por no estar noduladas en un nivel efectivo, o con las cepas adecuadas.
- Los angicos, luego de la segunda siembra en verano, mostraron resultados alentadores considerando el crecimiento de los plantines de estancia "Mandiyú" y la respuesta inicial positiva a las cepas con las que fueron inoculados. Se evaluará su crecimiento luego del trasplante para confirmar ese mejor desempeño.
- Con un diseño y propuesta de manejo menos demandante en mano de obra, el SPI2 desde el primer año permitió el pastoreo directo en franjas (con el uso de la cerca eléctrica). En 5 meses y medio del cultivo de sorgo/caupí, se realizaron dos períodos de pastoreo directo durante un total de 49 días. Como resultado de ello, a la vez que prepara el terreno para el trasplante de los árboles en el invierno de 2012, se logró un aumento de 69 kg/ha de peso vivo de los terneros utilizados. Esta producción de carne es similar a la reportada por Gamio et al. (1995), quienes también en la región de Salto evaluaron 60 a 72 kg/ha en 114 días con campo natural mejorado, y superior a la productividad promedio nacional de carne equivalente en el período 2011-2012, que se estimó en 84,5 kg/ha/año⁸.

- En la combinación sorgo/caupí del SPI2, proporcionalmente el caupí produjo menos follaje que el sorgo. Esto puede estar asociado al cultivo bastante denso del sorgo, y a su probable efecto alelopático sobre el caupí. Una siembra menos densa y/o la siembra en hileras en vez de al voleo, puede mejorar el desempeño del caupí en esta siembra consociada con sorgo.

A pesar de que falta terminar de instalar ambos módulos y evaluar su desempeño en otros ciclos de crecimiento, es importante señalar algunas ideas respecto al aporte de estos módulos a la totalidad del sistema de producción en que se encuentran. En el mediano plazo el SPI2 puede extenderse a ocupar mayores dimensiones dentro de la finca sin alteraciones importantes en la estructura del sistema productivo. Esta hipótesis se fundamenta en su menor requerimiento de horas de trabajo, que suele ser el factor limitante en estos sistemas pastoriles, y en su mayor integración/convivencia con el tapiz natural dada la menor densidad de árboles y pasto elefante que se propone. El último punto es importante desde el punto de vista ecológico, ya que con el diseño del SPI2 se estaría imitando parcialmente a los ecosistemas naturales, aprovechando de esa forma los aspectos sinérgicos que se promueven con los mayores grados de biodiversidad.

El módulo SPI1 por su parte, puede jugar un papel muy importante en el sistema de producción como un complemento alimenticio de alta calidad para la dieta de los animales. Ese complemento puede ser utilizado en momentos críticos por fenómenos climáticos extremos (sequías, o períodos de baja temperatura en invierno). Difícilmente pueda ocupar mayores dimensiones dentro del predio debido a sus necesidades de mano de obra. La integración de angico, leucaena y otras especies leñosas para pastoreo directo en el resto del predio, se podrían viabilizar con un uso más extensivo como cercos vivos, con el aumento de las subdivisiones usando cercas eléctricas, y junto a la siembra en cobertura (sin laboreo) de especies forrajeras mejoradoras dentro del tapiz herbáceo.

AGRADECIMIENTOS

A los Ing. Agro M.Sc. Celmira Saravia, Ricardo Rodríguez y al Dr. Enrique Murgueitio, por los aportes específicos que realizaron.

REFERENCIAS

Addlestone, B.J., Mueller, J.P., Luginbuhl, J.M. 1999. The establishment and early growth of three leguminous tree species for use in silvopastoral systems of the southeastern USA. *Agroforestry Systems* 44:253-265

⁸ La carne equivalente se estimó sumando la producción total anual de carne y lana, dividido la superficie total dedicada a la ganadería en Uruguay (Ricardo Rodríguez, com. pers.), a partir de los datos extraídos del Anuario Estadístico Agropecuario (DIEA 2012), y de los Datos de la Declaración Jurada (DICOSE 2012).

- Aguirre, S. 2009. Sustentabilidad e indicadores. Un estudio de casos con horticultores salteños. Salto, Uruguay. Regional Norte-Universidad de la República.
- Altieri, M. 2002. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En Agroecología: El camino para una agricultura sustentable (Sarandón SJ, ed.). La Plata, Argentina: Ediciones Científicas Americanas, 49-56 pp.
- Balheiro, F., Franco, A., Días, P., Souto, S., Campello, E. 2004. Sistemas Agrossilvipastoris: a importancia das leguminosas arbóreas para as pastagens da região centro-sul. http://www.capriltvirtual.com.br/Artigos/sist_agrossilvipast_nutrir.pdf. (Consultado en noviembre 2011).
- Bemhaja, M. 2000. Pasto Elefante (*P. Purpureoum* Schum.) INIA Lambaré. INIA, Boletín de Divulgación N°72. Uruguay.
- Carranza, C., Ledesma, M. 2005. Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. IDIA 21(8): 230-236.
- Daniel, O., Couto, L. 1998. Una visión general de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles con Eucalipto en Brasil. pp. 337-354. <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document/Agrofor1/daniel21.htm> (Consultado en noviembre 2011).
- Días, P.F., Manhães Souto, S., Silva Resende, A., Urquiaga, S., Porto Rocha, G., Fernandes Moreira, J., Franco, A. 2007. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio. *Ciência Rural*, Santa Maria 37(2): 352-356.
- Fabiano, E. 2010. Optimización del crecimiento de una leguminosa nativa con alto potencial forestal (*Parapiptadenia rigida*) mediante el empleo de microorganismos promotores de su crecimiento. Proyecto angico/Informe final FPTA 216. Uruguay.
- Funes-Monzote, F.R. 2009. Agricultura con Futuro. La alternativa agroecológica para Cuba. Estación Experimental Indio Hatuey. Matanzas, Cuba.
- Gamio, J.I., Rodríguez, F.Y., Volonté, R., Zeballos, S. 1995. Utilización de mejoramientos de campo en la recría de terneros durante el período invernal. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Gliessman, S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- González, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., Lugo, M. 2011. Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Tropical* 29(1):103-112.
- Hernandez, S., Gutierrez, M. 1999. Manejo de sistemas agrosilvopastoriles. <http://www.dfid.gov.uk/r4d/PDF/Outputs/R6606q.pdf> (Consultado en octubre/2011)
- Joaquin, A.N., Lizárraga, L.H. 2001. Sistemas silvopastoriles en el Chaco boliviano. http://201.120.157.239/comunidades/download/Sistemas%20silvopastoriles%20en%20el%20Chaco_Joaquin%20AN.pdf (Consultado en octubre/2011)
- Leme, M.C.J., Durigan, M.E., Ramos, A. 1994. Avaliação do potencial forrageiro de espécies florestais. En Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul do Brasil. Anais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, Documentos 26, 47-155 pp.
- Molina Castro, C.H., Molina Durán, C.H., Molina Durán, E.J., Molina Durán, J.P. 2009. Carne, leche y mejor ambiente en el sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Mimosaceae. En Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo. Segunda edición (Murgueitio E, Cuartas C, Naranjo J, eds.). Cali: Fundación CIPAV, 41-66 pp.
- Moreno, G. 2008. Response of understory forage to multiple tree effects in Iberian dehesas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123: 239-244
- Murgueitio, E., Ibrahim, M. 2009. Ganadería y medio ambiente en América Latina. En Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo. Segunda edición (Murgueitio E, Cuartas C, Naranjo J, eds.). Cali: Fundación CIPAV, 19-40 pp.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261(10): 1654-1663.
- Murgueitio, E. 2011. Los árboles en la agricultura: una antigua amistad rescatada del olvido en América. *LEISA* 27(2): 6-7.
- Nicholls, C. 2002. Manipulando la biodiversidad vegetal para incrementar el control biológico de insectos plaga: un estudio de caso de un viñedo orgánico en el Norte de California. En Agroecología: El camino para una agricultura sustentable (Sarandón SJ, ed.). La Plata: Ediciones Científicas Americanas, 495-513 pp.
- Papanastasis, V.P., Yiakoulaki, M.D., Decandia, M., Dini-Papanastasi, O. 2008. Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Animal Feed Science and Technology* 140: 1-17
- Ramallo Carvalho, P. 2002. Angico-Gurucaia. EMBRAPA, Circular Técnica 58. Paraná, Brasil. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/304480/1/CT0058.pdf> (Consultado en enero de 2013).
- Renzi Pagni, J., Marinissen, J., Oriente, S., Cantamutto, S. 2001. Efecto del momento de corte sobre el valor nutritivo de *Vicia sativa* L. y *V. villosa* Roth. en siembra pura y consociada con *Avena sativa*. INTA. <http://inta.gob.ar/documentos/efecto-del>

momento-de-corte-sobre-el-valor-nutritivo-de-vicia-sativa-l-y-v-villosa-roth.-en-siembra-pura-y-consociada-con-avena-sativa/ (Consultado en mayo/2011).

Rodríguez, C., Cayssials, V. 2011. Cambios estructurales en los pastizales asociados a la ganadería. En Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales (Altesor A, Ayala W, Paruelo JM, eds.). Serie FPTA n°26, 69-78 pp.

Schroth, G. 1999. A review of belowground interactions in agroforestry, focussing on mechanisms and management options. *Agroforestry Systems* 43: 5–34.

Shelton, M., Dalzell, S. 2007. Production, economic and environmental benefits of leucaena pastures. *Tropical Grasslands* 41: 174–190.

Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. 2012. Anuario Estadístico Agropecuario 2012. Montevideo. <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,659,O,S,0,MNU;E;41;1;MNU> (Consultado en febrero de 2013).

Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. División Contralor de Semovientes (DICOSE). 2012. Datos de la Declaración Jurada de DICOSE 2012. http://www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/Informe2012/DJ2012_TotalNacional.pdf (Consultado en febrero de 2013).