



**Policultivos y silvopastoreo como estrategias agroecológicas de
productores familiares en Colonia Gestido**

Sergio Aguirre Mendez

**Tutor
Guillermo Galván**

**Doctorado en Agroecología
Universidad de Antioquia
2017**



*Esta milonga viene deslumbrada con la noticia
de que mi paisito progresista es una viña
Con 3 millones llenamos contenedores para ultramar
que a 50 vamo a alimentar
En la cresta de la ola surfeamos
con 4x4s, mosquitos y guanacos
A la sombra de la soja y eucaliptus
borrachos brindamos glifosato le damo
Y que pasó con los 12 mil productores menos?
borrachos brindamos 2 4D le damo
Y que pasó con tanta tierra a manos de extranjeros?
borrachos brindamos celulosa le damo
Y que pasó que aumentó la importación de venenos?
borrachos brindamos fosforado le damo
Y que pasó que perdimos campo natural?
borrachos brindamos transgénico le damo
Y que pasó con la ética de los agrónomos?
Brindamos salú neonicotinoideamos
Y que pasó con la ética de los políticos?
...Uyuyuy, parapapá!...
La seguridad y la soberanía alimentaria
no son moco e pavo chiquilín*



*La sustentabilidad y la agroecología
andan de la mano si atamos principios, medios y fin
La biodiversidad y su manejo inteligente
son claves de armonía y estabilidad
El diálogo intercultural, horizontal
es base para el buen vivir con identidad
Cultura, identidad, madura la verdad?/ La agroecología va
Razón, corazón, creación, revolución/ La agroecología va
Ciencia, (im)paciencia, (in)conciencia y movimiento/ La agroecología va
Misturando el poroto, boniato y el maíz / La agroecología va
en buena tierra crece buena raíz /La agroecología va
buena raíz sostiene sombra y tapiz/ La agroecología va
en nuestra mesa come hasta la lombriz/ La agroecología va
Ciencia, (im)paciencia, (in)conciencia y movimiento/ La agroecología va*

(“Milonga deslumbrada”: <https://www.youtube.com/watch?v=cEsiRKGZdSc>)



Resumen general

Dentro de una zona reconocida en Uruguay por su producción hortifrutícola, los sistemas productivos en torno a la ciudad de Salto presentan tres rasgos fundamentales de insustentabilidad: disminución de la fertilidad de los suelos y de la biodiversidad, alto uso de agrotóxicos y grandes dificultades para absorber los altos costos de producción por parte de los agricultores familiares.

Para enfrentar esos problemas desde una perspectiva agroecológica, este trabajo se propuso como objetivo evaluar alternativas a la producción convencional que aumenten su biodiversidad y sustentabilidad, a través del diseño de sistemas de silvopastoreo y policultivos adaptados a las condiciones biofísicas y socioeconómicas de productores hortícola-ganaderos de Colonia Gestido, en el norte de Uruguay. Como hipótesis se postula que estos diseños aumentan la biodiversidad planificada, lo que potencia las interacciones positivas entre sus componentes y procesos, generando sistemas sostenibles y adaptados a las condiciones biofísicas y socioeconómicas de estos agricultores. Para ello, durante tres años se realizó la implantación, manejo y evaluación participativa de módulos de silvopastoreo intensivo y de policultivos, dentro de predios familiares en la Colonia Gestido.

Utilizando de manera más eficiente los recursos propios del predio, aprovecharon las sinergias entre componentes, disminuyeron la dependencia externa de insumos y los problemas asociados a su uso, y lograron niveles de productividad similares y a veces superiores a los promedios de la producción convencional (entre 6.049 y 23.965 kg/ha/año de materia seca de forraje y una ganancia diaria de peso de terneros de 0,33 kg/día en los sistemas de silvopastoreo). Como conclusión general, los sistemas productivos diversificados con criterios agroecológicos, a través de los sistemas de silvopastoreo intensivo y los policultivos, resultaron ser alternativas potencialmente viables para los productores familiares participantes en el proyecto, posibles de replicarse a los agricultores vecinos.



Abstract

Within a zone renowned in Uruguay for its fruit and vegetable production, the farms around the city of Salto present three essential features of unsustainability: declining soil fertility and biodiversity, high pesticide use and a great difficulty for family farmers to absorb high production costs.

In order to address these problems from an agroecological perspective, the objective of this dissertation was to evaluate alternatives to conventional production that increase biodiversity and sustainability through the design of silvopastoral and polyculture systems well adapted to the biophysical and socioeconomic conditions of horticultural and livestock producers of Colonia Gestido, in northern Uruguay. As a hypothesis, we postulate that these designs increase planned biodiversity, which in turn enhances positive interactions between the components and processes. This creates systems that are sustainable and adapted to the farmers' biophysical and socioeconomic conditions. To this end, during three years, we conducted participatory implantation, management and evaluation of intensive silvopastoral and polycropping modules with family owned farms in Colonia Gestido.

Using land resources more efficiently, farmers took advantage of the synergies between components, decreased their dependence on agrochemicals and their associated problems, and achieved similar or even higher yields than the ones achieved through conventional production (between 6,049 and 23,965 kg/ha/year of dry matter forage and calf daily weight gain of 0.33 kg a day in silvopastoral systems). We conclude that diversified production systems under agroecological criteria, such as intensive silvopastrure and polycropping, resulted in potentially sustainable alternatives for the family owned farms included in this study. Those results could possibly be replicated on neighboring farms.



Tabla de contenido

Resumen general.....	III
Abstract	IV
Tabla de contenido.....	V
Lista de tablas.....	VII
Lista de figuras	IX
Lista de abreviaturas	X
Capítulo 1_Introducción, objetivos e hipótesis.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos	4
1.3 Hipótesis.....	5
Capítulo 2_Marco teórico	6
2.1 La agroecología	6
2.2 Policultivos	8
2.3 Sistemas de silvopastoreo.....	9
2.4 Metodología	10
Capítulo 3_Sistemas de silvopastoreo en predios familiares de Colonia Gestido (Uruguay)	14
Capítulo 4_Experiencias iniciales con policultivos en Colonia Gestido.....	45
Capítulo 5_Evaluación del policultivo maíz, poroto y boniato	56
Capítulo 6_Rediseño de una finca diversificada con criterios de sostenibilidad en Salto (Uruguay)	72
Conclusiones Generales	90
Recomendaciones	92
Referencias.....	93



Anexos.....	105
Anexo 1: Registros fotográficos.	105
Anexo 2: Directrices para autores de la revista Agroecología	111
Anexo 3: Directrices para autores de la revista Livestock Research for Rural Development	114
Anexo 4: Directrices para autores de la Revista Brasileira de Agroecologia.....	119



Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 capítulo 3. Datos meteorológicos de temperatura, precipitaciones y evapotranspiración entre agosto/2011 y agosto/2014, del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA-Salto Grande).	20
Tabla 2 capítulo 3. Características principales de los tres módulos de silvopastoreo intensivo.	21
Tabla 3 capítulo 3. Altura de plantas de leucaena y angico, según origen e inoculación con bacterias simbióticas.	27
Tabla 4 capítulo 3. Contrastes entre especies, orígenes e inoculación (datos promedios de seis mediciones).	28
Tabla 5 capítulo 3. Composición química de pasto elefante, angico, leucaena de Colombia y leucaena de Salto en el módulo SPI1 (valores expresados en % de la materia seca).	29
Tabla 6 capítulo 3. Composición química de la vegetación espontánea, pasto elefante, leucaena inoculada y leucaena sin inocular en el módulo SPI3 (valores expresados en % de la materia seca).	32
Tabla 7 capítulo 3. Resultados de análisis químico de los suelos donde se instalaron los módulos de silvopastoreo (realizados en setiembre/2011 y en marzo/2013).	35
Tabla 8 capítulo 3. Resumen de indicadores en los tres sistemas de silvopastoreo en comparación con un sistema de pastoreo rotativo sobre campo natural.	36
Tabla 1 capítulo 4. Indicadores de diversidad en el sistema de rotación de policultivos propuesto, en comparación con sistemas de monocultivo, y de rotación sin policultivos.	43



Tabla 2 capítulo 4. Rendimientos (kg/ha) de cada especie en monocultivo y policultivo a distintas densidades, y el Uso Equivalente de la Tierra (UET).	49
Tabla 1 capítulo 5. Análisis químico de suelo en canteros con maíz y/o poroto (en monocultivo y en policultivo).	59
Tabla 2 capítulo 5. Rendimiento promedio estimado de biomasa aérea, choclos de maíz y granos de poroto, ratio (rendimiento policultivo/rendimiento monocultivo de cada especie), y Uso Equivalente de la Tierra (UET), cosecha 29/3/2014.	60
Tabla 3 capítulo 5. Rendimiento promedio estimado de choclos de maíz y granos de poroto, ratio (rendimiento policultivo/rendimiento monocultivo de cada especie), y Uso Equivalente de la Tierra (UET), cosecha 15/4/2014.	61
Tabla 4 capítulo 5. Composición química de plantas y granos de maíz y poroto tape, en condiciones de monocultivo (M) y policultivo (P), valores expresados en % de la materia seca. Cosecha 29/03/2014.	62
Tabla 5 capítulo 5. Rendimiento promedio de choclos de maíz, granos de poroto y raíces de boniato, ratio (rendimiento policultivo/rendimiento monocultivo de cada especie), y Uso Equivalente de la Tierra (UET), cosecha marzo de 2015.	64
Tabla 1 capítulo 6. Análisis químico de suelo en el predio de Juan Ferrao: chacra con ladera al sur (2009) y en módulo de silvopastoreo (SPI) en 2013.	72
Tabla 2 capítulo 6. Especies presentes y su porcentaje en el área de campo natural.	73
Tabla 3 capítulo 6. Prácticas degradativas (iniciales) y prácticas agroecológicas (propuestas) y sus principales consecuencias.	74
Tabla 4 capítulo 6. Esquema de uso de los potreros en el tiempo (años).	79



Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 capítulo 2 Marco teórico. Representación del proceso cumplido durante la tesis.	11
Figura 1 capítulo 4. Rotaciones de cultivos hortícolas y abonos verdes, a realizar entre las primaveras de 2011 y 2013.	42
Figura 2 capítulo 4. Mapa del ensayo policultivo versus monocultivo de cebolla y zanahoria.	45
Figura 1 capítulo 6. Vista en planta del establecimiento y sus sub-divisiones actuales y propuestas, en base a una imagen satelital de la finca en 2008.	78
Figura 2 capítulo 6. Interacciones del sistema finca de Juan Ferrao.	81



Lista de abreviaturas

Diseño de bloques completos aleatorizados	DBCA
Fibra detergente neutra	FDN
Fijación biológica de nitrógeno	FBN
Investigación acción participativa	IAP
Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca	MGAP
Módulos de silvopastoreo intensivo	SPI
Proteína cruda	PC
Sistemas de silvopastoreo	SSP
Uso equivalente de la tierra	UET
Unidades ganaderas	UG
Ciclo primavera–estivo-otoñal	PEO
Ciclo otoño-invierno-primaveral	OIP
Banco forrajero de caña de azúcar y pasto elefante	BF
Banco forrajero silvo-pastoril intensivo	BFSPi



Capítulo 1

Introducción, objetivos e hipótesis

1.1 Introducción

El Uruguay destina a la ganadería 12,3 millones de hectáreas (más del 75% de su área agropecuaria), de las cuales 11 millones conservan la cobertura vegetal del campo natural. Sobre estos pastizales, en los últimos años se ha producido un avance territorial notorio del cultivo de soja y de la forestación artificial (ocupando más de un millón de hectáreas cada una), además de un proceso de extranjerización y concentración de la tierra. Junto con el aumento del precio de la tierra, este fenómeno ha provocado la venta de predios menores a 100 ha y con ello el creciente desplazamiento de los productores familiares (Rossi 2010, MGAP-CGA 2011).

Al noroeste del Uruguay se encuentra el departamento de Salto con una superficie de 1,4 millones de hectáreas, con destino a la producción de ganado de carne en el 94% del área. En torno a su capital departamental, se halla el “Cordón Hortifrutícola” que ocupa 37.140 ha, donde se cosechan productos como tomate, morrón, zapallito, frutilla, cebolla, entre otros, en épocas donde se alcanzan altos precios. Para estas producciones, desde la década de los 60 se introdujeron y desarrollaron paquetes tecnológicos intensivos en el uso de agroquímicos, lográndose de esta manera aumentos importantes en los rendimientos y mejoras en la calidad visual de los productos. Como consecuencia de la aplicación de los modelos industriales de agricultura, además de problemas socioeconómicos graves, se han producido 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, entre otros (Aguirre, 2009).



Luego de distintas experiencias de producción orgánica en zonas urbanas y rurales, entre 2009 y 2010 se desarrolló el proyecto “Apoyo a las iniciativas de producción agroecológica en Colonia Gestido-Salto”¹ al norte del Cordón Hortifrutícola. En éste se realizó una “práctica integral” valorizando el proceso conjunto de investigar, aprender y realizar la extensión, a través de la praxis y la interacción del equipo universitario y un grupo de familias de la colonia. Los predios familiares involucrados tenían como principales actividades a la ganadería y la horticultura, para la venta y el autoconsumo. El manejo predominante de los cultivos había sido hasta ese momento con laboreo convencional y uso de agroquímicos de síntesis, aunque de manera moderada por los costos de los mismos y una visión crítica de los productores respecto a las consecuencias sobre la salud y el ambiente.

Como aspectos a fortalecer en próximas etapas, los productores consideraron que debían mejorar la planificación, los registros, así como la evaluación, tanto en etapas intermedias como al final de las mismas². En los aspectos ambientales y productivos señalaron la necesidad de mejorar el manejo del abono de corral, abonos verdes y laboreos que promuevan la conservación del suelo; disponer de maquinaria y herramientas apropiadas; mejorar el uso del suelo y la diversidad espacial y temporal dentro del predio; priorizar el uso de variedades adaptadas a las condiciones ambientales locales; mejorar la producción de semillas dentro del grupo (García 2014).

Para enfrentar esos aspectos de manera conjunta y equilibrada, se deben considerar los sistemas productivos de manera holística, a los efectos de rediseñar los mismos utilizando estrategias agroecológicas con criterios de sostenibilidad. Entre esas estrategias los sistemas silvopastoriles aumentan la biodiversidad en los

¹ Proyecto financiado por la Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM), de la Universidad de la República (UdelaR). Trabajo no publicado.

² Estos aspectos fueron parcialmente tratados a través de una tesis de grado, donde se evaluaron esos sistemas productivos desde la perspectiva de la sustentabilidad (García 2014).



agroecosistemas ganaderos, mejoran su productividad y estabilidad, promueven mejoras en los mecanismos de regulación natural de plagas, generan condiciones microclimáticas que impactan positivamente en el bienestar animal, y pueden ofrecer múltiples productos: madera, forraje, frutos y otros (Murgueitio et al 2011). Los policultivos promueven beneficios similares en agroecosistemas de cultivos, entre los cuales la combinación de maíz y porotos (frijoles) está ampliamente desarrollada en comunidades indígenas del sur y centroamérica. En este sistema particular de cultivo complejo donde puede participar también el boniato (*Ipomoea batatas*), se generan múltiples funciones en el agroecosistema ocasionando mejoras productivas y de autoregulación ecológica (Vázquez et al. 2015).

En Uruguay las experiencias de silvopastoreo se han realizado básicamente de dos formas: con especies exóticas (eucaliptus, pinos y salicáceas) implantadas como montes de abrigo o para producción de madera, y bajo el monte nativo (Polla 1999, Olmos et al. 2011). No ha habido experiencias en sistemas de silvopastoreo intensivo, donde los componentes arbustivos puedan ser utilizados en la alimentación animal. Los policultivos son poco utilizados en nuestro país (salvo en los casos de agricultores más tradicionales y de horticultores orgánicos), con sólo un resultado experimental documentado empleando maíz y zapallo (Gazzano 1995).

En este contexto de escasos resultados experimentales, asociados a la demanda de los agricultores de Colonia Gestido mencionada, se hacen necesarios más trabajos que promuevan y/o incluyan distintas estrategias agroecológicas. Esos trabajos deben realizarse con la participación de los productores/as y procurando su adaptación a las condiciones locales.



1.2 Objetivos

General

Evaluar alternativas a la producción convencional que aumenten la biodiversidad y sustentabilidad, a través del diseño de sistemas de silvopastoreo y policultivos adaptados a las condiciones biofísicas y socioeconómicas de productores hortícolas y ganaderos de la zona.

Objetivos específicos

1. Evaluar el crecimiento, rendimiento y calidad de forraje de diferentes arreglos silvopastoriles, y su relación con la productividad de ganado vacuno en pastoreo y las necesidades de mano de obra.
2. Evaluar la productividad de los policultivos de distintas especies hortícolas, y sus efectos de complementación sobre diferentes indicadores biofísicos.
3. Discutir el rediseño de una finca en proceso de conversión agroecológica, tomando en cuenta los problemas ecológico-productivos, las aspiraciones del agricultor y su familia, y los recursos con que cuentan.
4. Fortalecer las actividades grupales de investigación participativa con productores hortícola-ganaderos de Colonia Gestido, mediante el manejo de los módulos de silvopastoreo y policultivos, y mediante la evaluación compartida de los resultados agronómicos alcanzados.



1.3 Hipótesis

Como hipótesis general se postula que estos diseños con criterios agroecológicos aumentan la biodiversidad planificada, que potencia las interacciones positivas entre sus componentes y procesos, generando sistemas sostenibles y adaptados a las condiciones biofísicas y socioeconómicas de estos agricultores.

La biodiversidad planificada hace referencia a los cultivos y animales incluidos en el agroecosistema por el agricultor, la cual va a variar según el manejo y los arreglos de los mismos. Este tipo de biodiversidad influye directa e indirectamente sobre la biodiversidad del agroecosistema asociada (flora y fauna benéfica) y en los mecanismos de regulación natural de plagas (Vandermeer y Perfecto 1995).



Capítulo 2

Marco teórico

A modo de bases conceptuales sobre las cuales se desarrolla esta tesis, a continuación se presentan a la agroecología como ciencia transdisciplinar, a los policultivos y al silvopastoreo como estrategias agroecológicas promotoras de sistemas biodiversos más productivos y estables, y a la Investigación Acción Participativa (IAP) como metodología generadora de conocimientos compartidos entre científicos y agricultores.

2.1 La agroecología

La agricultura puede considerarse sustentable cuando “mantiene en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan” (Sarandón et al., 2006). Desde esa perspectiva, la agroecología se proyecta como la ciencia “que provee los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos y conservadores del recurso natural, a la vez que culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables” (Altieri 1999). En ese sentido, Altieri (1999) menciona la profunda interrelación entre la necesaria biodiversificación (para restaurar los mecanismos de autoregulación en los agroecosistemas), y la revalorización de la diversidad cultural (generadora de sistemas productivos adaptados a las especificidades del contexto biofísico y socioeconómico local). Desde esa visión totalizadora de los sistemas agrarios, y afirmando que la ciencia y práctica de la Agroecología es tan antigua como los orígenes de la agricultura, Hecht (1999) alude a la confluencia de corrientes intelectuales que se relacionan con la agronomía formal. Así, menciona a la ecología (que estudia la estructura y funcionamiento de ecosistemas, agroecosistemas y sus interrelaciones), la antropología



(recogiendo enseñanzas de distintas comunidades campesinas e indígenas), el ambientalismo (generando información y visibilidad del impacto de los cambios tecnológicos agrícolas sobre la naturaleza y la salud humana), y las ciencias sociales (interpretando las distintas estrategias y cambios en el sector agrario en aspectos tales como tenencia de la tierra, disponibilidad de mano de obra, acceso y tipos de créditos y subsidios, riesgos percibidos, precios, tipología de productores).

Sevilla Guzmán (2010) enfatiza en la agroecología: la promoción de la gestión ecológica de los sistemas biológicos a través de formas colectivas de acción social, el cambio selectivo de los modos de producción y consumo humano, y el fomento de la dimensión local como espacio del potencial endógeno que promueve la biodiversidad ecológica y sociocultural. Esta diversidad es clave para el diseño de sistemas de agricultura sostenible (Sevilla Guzmán, 2010).

De manera complementaria, Toledo (2012) visualiza tres planos en los que se desarrolla y manifiesta la agroecología: a- como práctica emergente e innovadora que comprende las dinámicas ecológicas y las aplica al manejo agrícola y de los recursos naturales; b- como un movimiento social, cultural y político orientado al empoderamiento del campesinado, a la distribución equitativa de la tierra y al enfrentamiento y reformulación de las dinámicas económicas excluyentes, c- como una disciplina científica en consolidación epistemológica y metodológica. En íntima relación con otras “disciplinas híbridas” (economía ecológica, historia ambiental y etnoecología, entre otras), y en diálogo horizontal con los saberes populares, la agroecología “busca ofrecer información para detener y remontar la crisis social y ambiental” (Toledo 2012).

Sobre esas bases y en la dimensión biofísica, tanto en los ecosistemas naturales como en los agroecosistemas, las poblaciones presentes interactúan entre sí y con el medio físico en que se desenvuelven. Como resultado de estas interacciones, emergen propiedades tales como la productividad, la estabilidad y la resiliencia, determinadas por la estructura y el funcionamiento de estos sistemas. Procurando mejorar esas propiedades especialmente en los agroecosistemas, desde la agroecología se



promueve el diseño de sistemas biodiversos y adaptados al contexto biofísico y socioeconómico particular en que se desarrollan (Altieri 1999, Gliessman 2002). Entre las estrategias para diversificar los sistemas productivos (adoptadas y evaluadas en este trabajo de tesis), se encuentran los policultivos y los sistemas silvopastoriles.

2.2 Policultivos

En los policultivos se procura aprovechar el efecto de complementariedad, producido cuando en la mezcla de cultivos ocurre un incremento del desempeño productivo de la comunidad, por encima de los resultados esperados considerando la productividad de cada especie individual en condiciones de monocultivo. La complementariedad puede surgir del particionamiento de nichos y/o de la facilitación (Loreau y Hector 2001). El particionamiento del nicho es la capacidad de utilizar distintos recursos en un mismo ambiente, dada por rasgos particulares de cada especie como pueden ser raíces más o menos profundas, o diferentes estructuras aéreas que pueden aprovechar diferentes estratos con mayores o menores intensidades de luz (Loreau y Hector 2001, Gliessman 2002). La facilitación por su parte, hace referencia a las interacciones positivas que se generan entre dos o más especies, provocando un incremento en el desempeño del conjunto de la comunidad. Uno de los ejemplos más reconocidos es la asociación entre leguminosas (por la fijación biológica del nitrógeno atmosférico), y otras plantas no fijadoras de nitrógeno (gramíneas, entre otras especies) que aprovechan parte de ese nitrógeno fijado en el sistema (Loreau y Hector 2001, Gliessman 2002).

Los policultivos también pueden promover la regulación natural de plagas, cuando se incluyen especies que funcionan como atrayentes de enemigos naturales y/o repelentes o desorientadores para los insectos plaga (De Medeiros 2007, Vazquez Moreno 2010). Hay distintas hipótesis que explican la menor abundancia de herbívoros en policultivos, entre las que se destacan (Smith y McSorley 2000): la de la concentración de recursos (mayor en los monocultivos lo que propicia el desarrollo de herbívoros especialistas de cada cultivo), y la de los enemigos naturales (que se desarrollan y sobreviven mejor en



ambientes con más fuentes alternativas de alimento y refugio, lo que sería más cierto para los predadores generalistas pero no tanto para los parasitoides especialistas). Procurando aprovechar los efectos de complementariedad y regulación natural de plagas, se compara en esta tesis el policultivo de maíz/poroto/boniato, con esas tres especies en condiciones de monocultivo.

2.3 Sistemas de silvopastoreo

Una estrategia similar se desarrolló en los sistemas de silvopastoreo: este trabajo incorporó combinaciones de gramíneas y leguminosas perennes (pasto elefante, leucaena y angico), con diferentes necesidades nutricionales y ocupando distintos estratos, tanto en la parte aérea como en el suelo, y con roles de complementación en los períodos de menor oferta de forraje a partir de las pasturas naturales. En estos sistemas silvopastoriles es importante además conocer el ecosistema natural local, tanto en su situación de clímax como en su proceso de sucesión. Este conocimiento es clave para diseñar agroecosistemas análogos en estructura y funcionamiento, y por tanto productivos y adaptados al contexto biofísico (Hart 1980).

En el proceso de sucesión, cada etapa genera las condiciones ambientales requeridas para el siguiente estadio, optimizando cada vez más el uso de energía incidente. Para aprovechar estos aspectos se imita la sucesión natural en la finca, donde se pueden sustituir total o parcialmente las especies nativas con especies de mayor valor alimenticio y/o comercial (Hart 1980, Ewel 1986, Gliessman 2002, Altieri y Nicholls 2007). De esta forma, tanto en la estructura como en el funcionamiento se trataría de balancear y renovar periódicamente, los estados de la sucesión más tempranos con los más cercanos a la madurez (incluyendo vegetación anual y perenne en distintos estratos). Así se combinan las productividades elevadas (de los primeros estadios), con una mayor estabilidad en la producción total del agroecosistema (de los últimos).



2.4 Metodología

Durante la tesis se trabajó desde el enfoque de Investigación Acción Participativa (IAP), utilizando la Agroecología Aplicada como campo de análisis y estrategia de investigación, desarrollo e innovación (León Sicard 2010). En la IAP se realiza un rescate crítico del conocimiento popular como fuente del conocimiento formal, aunque “sin necesariamente darle siempre la razón al pueblo... evitando las trampas de la apología del populismo” (Fals Borda, 1999). La IAP incluye el componente ético y de justicia social (“las gentes del común merecen conocer más sobre sus propias condiciones vitales para defender sus intereses, que aquellas otras clases sociales que han monopolizado el saber, los recursos, las técnicas y el poder mismo...”), descartando las definiciones académicas de “neutralidad y objetividad absoluta” que terminan “voluntaria o involuntariamente apoyando el statu quo”, o que utilizan y a veces explotan ...“la investigación y el trabajo de campo principalmente para hacer carrera” (Fals Borda, 1999). La IAP tiende a valorizar la interacción permanente entre la teoría y la práctica (“la práctica es determinante en el binomio teoría/praxis... el conocimiento debe ser para el mejoramiento de la práctica”).

En franca oposición con las posturas conductistas más tradicionales de investigación y extensión agraria, la Investigación Acción Participativa (IAP) parte de la base de que no hay auténticos procesos de desarrollo si no involucran como protagonistas principales a los agricultores a los cuales van dirigidos los proyectos, considerando sus realidades, necesidades, conocimientos y creencias (Vázquez Moreno, 2010). Los agricultores conocen sus recursos naturales, sus potencialidades y limitantes tanto biofísicas como socioculturales y políticas. Esto permite contextualizar mejor las propuestas, resultando en aplicaciones creativas y adaptadas a las condiciones locales (Vázquez Moreno, 2010).

El concepto de Agroecología Aplicada es mencionado por León Sicard (2010), reafirmando la importancia del diálogo de saberes a través de metodologías como la investigación-acción participativa. Así, entre otras maneras de considerar áreas de

conocimiento e investigación nuevas, la Agroecología Aplicada se utiliza con el objetivo de diseñar agroecosistemas diversificados desde un enfoque interdisciplinario. En esta perspectiva se procura explicar las causas y efectos del funcionamiento de estos agroecosistemas y rediseñarlos, a los efectos de optimizar sus resultados.

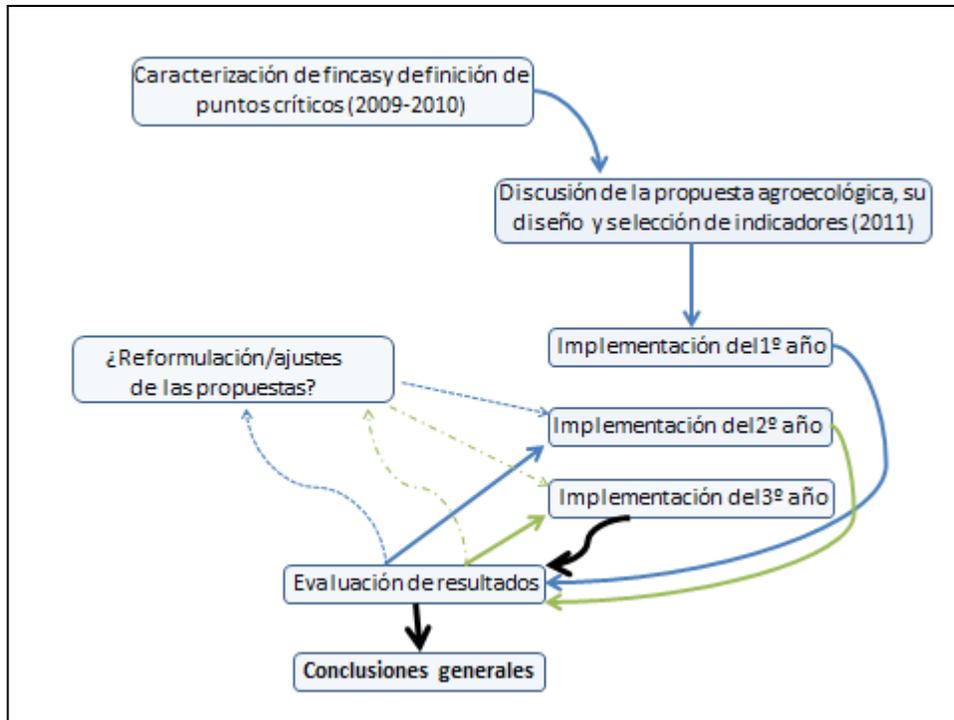


Figura 1: Representación del proceso cumplido antes y durante la tesis.

De manera esquemática en la figura 1 se representa el proceso colectivo de aprendizaje, desde el conocimiento y caracterización de los sistemas productivos en las etapas previas a esta tesis, pasando por el proceso iterativo durante la misma, para llegar a las conclusiones generales del trabajo. Entre los años 2011 y 2014 se realizaron 6 talleres con agricultores: tres de evaluación y planificación a mediados de cada año con un promedio de 10 participantes (donde asistían exclusivamente los más involucrados al manejo de los módulos en sus predios), y tres de monitoreo y seguimiento sobre los fines de año con un promedio de 15 asistentes. En estos últimos



se invitaba a otros vecinos para que conocieran la experiencia e hicieran sus aportes (Ganuza et al., 2010).

Con sus fortalezas y debilidades, el trabajo, el compromiso y los aportes de los productores (en el terreno con el manejo de los módulos y en las reuniones semestrales de evaluación), fueron esenciales para alcanzar los resultados aquí presentes. A partir de esas evaluaciones colectivas y dependiendo de las situaciones particulares de cada finca en relación con la experiencia, en algunos casos se continuaba trabajando básicamente sobre la propuesta original y en otros se la ajustaba a la luz de los resultados parciales alcanzados.

Hubo motivos biológicos, técnicos y metodológicos que llevaron a que, durante el proceso de investigación, se modificara parcialmente la propuesta. En la metodología del proyecto de tesis se propuso un trabajo de investigación participativa con estudio de casos, con fuerte interacción entre el equipo universitario y los agricultores involucrados. En consonancia con ello los módulos planificados se iniciaron en sus propios predios, donde además la mano de obra para la ejecución y mantenimiento de cada módulo estuvo principalmente a cargo de los productores y su familia. Esto se debió a que el proyecto tuvo una escasa financiación externa, que apenas cubrió el seguimiento semanal, los registros de avances y las evaluaciones (principalmente en campo y algunas en laboratorio). En este contexto, y debido a distintos problemas familiares y de disponibilidad de tiempo de estos productores, hubo demoras e impedimentos en la adecuada instalación y luego en el manejo de los módulos. Esto condujo a la decisión de ampliar el período de evaluación a los efectos de reunir información y resultados más consistentes, y a modificar la propuesta, especialmente en el caso de los policultivos.

La rotación de policultivos se implementó sólo de manera parcial en uno de los módulos y en los dos primeros ciclos de la propuesta: setiembre 2011 a noviembre 2012. Esta situación llevó a decidir su reformulación con objetivos menos ambiciosos. De esa



forma, con un diseño y manejo agroecológico, se evaluaron los policultivos cebolla-zanahoria (2013) y maíz-poroto-boniato (2013- 2014).

En los módulos de silvopastoreo intensivo (SPI), esta modificación pasó por reconsiderar los tiempos biológicos y técnicos. Estos SPI son una alternativa a los modelos productivos convencionales en la zona, sin antecedentes similares previos en estas condiciones de clima templado con estaciones contrastantes, razón por la cual consideramos importante evaluar en un tercer año y en un nuevo módulo a las especies involucradas.

Como justificación y propósito de la tesis, se espera alcanzar conocimientos y aprendizajes útiles para los productores involucrados, la zona donde se encuentran y para la universidad. Para los primeros, porque quieren encontrar alternativas tecnológicas y organizativas más sustentables en sus sistemas de producción. Para la zona, porque el conocimiento generado y su intercambio pueden incentivar a otros productores a involucrarse en procesos similares. Para la Universidad y la comunidad académica, porque se pretende aportar nuevos elementos tanto del punto de vista metodológico como de los conocimientos, en una ciencia emergente como es la agroecología.



Relacionado a los objetivos específicos 1 y 4.

Capítulo 3

Sistemas de silvopastoreo en predios familiares de Colonia Gestido (Uruguay)³

S Aguirre, G Galván, A González, T González, A Bentancor y J Souza

Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Rivera 1575 (Salto-Uruguay).

saguirre@unorte.edu.uy

Resumen

Al norte de Uruguay en Colonia Gestido se observan problemas en la sustentabilidad de los sistemas productivos, debido principalmente a una inadecuada integración animal-vegetal y escasa presencia de árboles y arbustos multipropósito. Para levantar estas restricciones se propuso como objetivo evaluar alternativas en el diseño de sistemas de producción que integran animales, cultivos, arbustos forrajeros en alta densidad, pastos de alta productividad y árboles para sombra y madera. Este trabajo presenta el diseño y manejo de tres módulos de silvopastoreo intensivo durante los primeros años de instalación, los aprendizajes logrados así como los aspectos a mejorar. Desde un enfoque de investigación participativa con un grupo de productores, se establecieron dos leguminosas arbóreas (*Leucaena leucocephala* y *Parapiptadenia rigida*) y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) en distintos arreglos y densidades, combinados con la vegetación espontánea de pradera, y en uno de los casos con cultivo de hortalizas.

³ Este capítulo fue publicado en *Livestock Research for Rural Development* 28(2)2016,

<http://www.lrrd.org/lrrd28/2/agui28021.html>. Avances de este trabajo, al año de instalación de los primeros módulos, fueron anteriormente publicados en la revista *Agroecología* 7(2): 111-121 (Universidad de Murcia).



Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, producción de biomasa, resistencia y capacidad de recuperación a las heladas, incidencia de plagas, caracterización química nutricional de las distintas especies, ganancia de peso de terneros en pastoreo, propiedades químicas de los suelos y necesidades de mano de obra. Los resultados fueron superiores a los sistemas tradicionales, en términos de producción de biomasa (especialmente el pasto elefante) y calidad nutricional (leucaena), así como por las ganancias de peso de terneros en los sistemas en pastoreo rotacional, que fueron superiores a la ganancia media en la ganadería tradicional. Es necesario continuar ajustando las propuestas a las condiciones agroecológicas y las características específicas de cada sistema productivo.

Palabras clave: angico, *Leucaena leucocephala*, *Parapiptadenia rigida*, silvopastoreo intensivo.

Experiences of silvopastoral systems on family farms in Colonia Gestido (Uruguay)

Abstract

In North Uruguay, in Colonia Gestido, we have identified problems in the sustainability of production systems, mainly due to inadequate animal-plant integration and scarce presence of multipurpose trees and shrubs. To overcome these restrictions, our aim was to evaluate alternatives in production systems designs that integrate animals, crops, fodder shrubs in high-density, high-productivity grasses and trees for shade and timber. This paper presents the design and management of three intensive silvopastoral modules during the first years of installation, the achieved learnings, as well as the aspects to be improved. From a participatory research approach with a group of producers, two legume trees

(*Leucaena leucocephala* and *Parapiptadenia rigida*) and elephant grass (*Pennisetum purpureum*) were planted in different arrangements and densities, combined with the natural grassland vegetation and, in one case, with vegetable crops. The evaluated variables included: plant height, biomass production, resistance and resilience to frost, pest incidence, chemical nutritional characterization, grazing calves' weight gain, chemical properties of the soils, and labor requirements. The results were superior to those obtained in traditional systems, in terms of biomass production (particularly elephant grass) and nutritional quality (leucaena), as well as for the weight gain of the calves in rotational grazing systems, superior than average gain in traditional production systems. These proposals should be further adjusted to the agro-ecological conditions and specific characteristics of each production system.

Key words: angico, *Leucaena leucocephala*, *Parapiptadenia rigida*, intensive silvopastoral.

Introducción

En torno a la ciudad de Salto al noroeste de Uruguay, la horticultura y la fruticultura se practican en combinación con la ganadería, con un manejo intensivo en el uso de agroquímicos y altos costos de producción. Este modelo tecnológico es poco sostenible para los productores familiares de la zona y, a pesar de los altos rendimientos y calidad visual de los productos, producen problemas ambientales difíciles de controlar: degradación de suelos, aumento en la incidencia de enfermedades y plagas en los cultivos, y pérdida de recursos genéticos tradicionales y de biodiversidad asociada (Aguirre 2009).

Como alternativa a este modelo, los sistemas de silvopastoreo (SSP) presentan diversos beneficios (Aguirre y Galván 2012), entre los que se destacan: (a) mayor captación de recursos por la ocupación de distintos estratos (del suelo y aéreos); (b)



protección del suelo, disminuyendo la energía cinética de la lluvia y atenuando la velocidad de los vientos; (c) mejoras en la estructura del suelo, un contenido más estable de humedad y aumentos de la micro, meso y macrofauna; (d) ciclaje de nutrientes por captación de nutrientes desde capas profundas, fijación biológica de nitrógeno (FBN), y aumento de la disponibilidad y absorción de nutrientes por micorrizas; (e) los pastos presentan menor biomasa en algunos SSP, pero con un período vegetativo más largo, menor contenido de fibra y mayores contenidos de nitrógeno creciendo bajo la copa de árboles de leguminosas, derivado de la FBN; (f) los árboles incrementan la producción de biomasa total del sistema; (g) se observan mejoras en los procesos de regulación natural de plagas (mosca de los cuernos, garrapatas y parásitos internos), debido a la mayor presencia de parasitoides y predadores; (h) por último, los animales tienen mejores niveles de productividad, al recibir mayores volúmenes de una alimentación más equilibrada y diversa, con temperaturas extremas atenuadas, sombra, mayor humedad relativa y menos viento.

Junto con esos aspectos, con los sistemas de silvopastoreo se procura imitar la sucesión natural en la finca, en donde se puede sustituir parcialmente la vegetación natural de las especies nativas que pasaron a predominar en sistemas degradados o simplificados, con especies de mayor valor alimenticio y/o comercial (Hart 1980, Ewel 1986, Gliessman 2002, Altieri y Nicholls 2007). Desde esta perspectiva, tanto en la estructura como en el funcionamiento se trata de balancear y renovar periódicamente, los estados de la sucesión más tempranos con los más cercanos a la madurez (integrando de manera selectiva vegetación anual y perenne en distintos estratos). Así se combinan las productividades elevadas de los primeros estadios, con una mayor estabilidad en la producción total del agroecosistema de los últimos (Gliessman 2002, Altieri y Nicholls 2007).



En el norte de Uruguay, el manejo de árboles nativos y/o introducidos promovería la reaparición de gramíneas nativas invernales a la sombra de ellos (*Bromus catharticus* y *B. auleticus* entre otras especies del mismo género, *Poa lanígera*, *Stipa hialina* y otras), dadas las mejoras microclimáticas que se generan (Carbonieri et al 2014, Uguet Vaquer Piloni y Lacorte 2015). Estas gramíneas son muy nutritivas y se desarrollan en una estación con déficit de forraje para los animales. Sin embargo, en el largo plazo las especies invernales han disminuido su presencia en el tapiz natural por la introducción de la ganadería y el sobrepastoreo (Rodríguez y Cayssials 2011). Si se toman en cuenta referencias históricas sobre el ecosistema natural, se estima que previo a la introducción de la ganadería nuestros campos tenían una “densidad de árboles significativamente mayor que la actual” (Pereira 2011). Esto se confirma con las experiencias de exclusión de pastoreo dando inicio a procesos de sucesión natural, donde observaron aparición de especies arbustivas, mejoras edáficas y aumento de gramíneas de alto valor forrajero (Altesor et al 2011).

Entre los SSP, los Sistemas de Silvopastoreo Intensivos (SPI) (Shelton y Dalzell 2007) son una modalidad de sistema agroforestal pecuario destinado a la producción de carne y leche así como madera, frutas y otros bienes asociados. En los SPI interactúan en el mismo espacio y tiempo una o más especies de diferentes estratos. En el estrato herbáceo se encuentran gramíneas forrajeras nativas de América o introducidas, así como plantas leguminosas herbáceas. Sigue un estrato de arbustos en alta densidad (entre 10 y hasta más de 40 mil plantas ha⁻¹) destinado al ramoneo del ganado con especies como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., de la subfamilia Mimosoidae; o *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, de la familia Asteracea. Asimismo el sistema puede incluir árboles de todo tipo en la periferia y divisiones de potreros así como árboles dispersos o en líneas (entre 25 y 200 árboles adultos ha⁻¹) para producción de madera o frutas y palmas. Este sistema requiere la oferta permanente de agua apropiada para el consumo animal en



bebederos móviles para los animales y sal mineralizada balanceada. La periferia de los potreros se establecen con cercas vivas y el ganado se maneja con cercas o cintas eléctricas fijas o móviles de acuerdo con la tasa de rotación y la fisiología de las plantas forrajeras involucradas (Murgueitio et al 2015). Como servicios ambientales los SPI atenúan y mitigan los efectos del cambio climático, al mantener la temperatura y humedad relativa en valores más adecuados, disminuir las emisiones de metano ruminal al mejorar la calidad de la dieta (menor porcentaje de fibra), y secuestrar carbono atmosférico (Murgueitio et al 2011, Shelton y Dalzell 2007).

A 25 km al norte de Salto la Colonia Gestido (31° de latitud sur y 55 msnm), ocupa 3000 hectáreas, con 55 predios dedicados a cultivos, frutales, ganadería y lechería. Allí desde 2011 en colaboración con un grupo de productores ganadero-hortícolas familiares, se diseñaron módulos de silvopastoreo en tres predios. En un proceso de transición agroecológica, el objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento, rendimiento y calidad de forraje de diferentes arreglos silvopastoriles, y su relación con la productividad de ganado vacuno en pastoreo y las necesidades de mano de obra. Con la hipótesis de que los sistemas de silvopastoreo mejorarán la productividad y estabilidad de estos predios, se integraron nuevas especies (gramíneas y leguminosas), a los cultivos y animales ya presentes en los sistemas de producción.

Este trabajo presenta los avances realizados durante los primeros años de instalación, los aprendizajes logrados así como los aspectos a mejorar.

Metodología

Según Santibáñez (1994), la zona Noroeste del Uruguay tiene un clima templado (por la temperatura media del mes más frío junio 11,7°C), supratermal (3000 grados

días acumulados anualmente con temperatura base 10 °C), estenotérmico con una amplitud térmica extrema anual de 24°C (calculado como la diferencia entre la temperatura máxima del mes más cálido y la temperatura mínima del mes más frío), y un régimen de lluvia regular a través de todo el año sin una distribución definida pero perhúmedo (en cuanto a la relación oferta/demanda de agua) por presentar un período de elevada demanda atmosférica durante el verano (período de déficit hídrico de 1 a 3 meses).

En promedio durante el período de estudio en Colonia Gestido, la temperatura media anual fue de 18,8°C, con una máxima en verano de 39,2°C y una mínima en invierno de -7°C, con heladas entre junio y agosto. Las precipitaciones anuales promedio fueron de 1227 mm, con déficits hídricos para el crecimiento vegetal en parte del verano, y más notorio en el año 2013 (Tabla 1).

Tabla 1: Datos meteorológicos de temperatura, precipitaciones y evapotranspiración entre 2011 y 2014, del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA-Salto Grande).

Año	Temperatura máxima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación acumulada (mm)	Evapotranspiración “Penman” (mm)
2011	39,0	18,9	-4,4	1232	1231
2012	39,7	19,2	-9,5	1668	1163
2013	39,4	18,7	-8,9	978	1246
2014	38,7	19,2	-0,5	1638	1161
Promedio	39,2	19	-5,8	1379	1200

Datos extraídos y procesados de la base de datos <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

Instalados en predios de productores familiares (dos ganaderos y uno ganadero-hortícola), los suelos de los tres módulos de silvopastoreo intensivo (SPI1, SPI2 y SPI3), presentan textura arenosa (SPI1 y SPI3) a franca (SPI2) y variables asociadas a baja fertilidad para el crecimiento vegetal. El horizonte A es de 30 cm

de profundidad, el horizonte Bt de 30-50 cm por debajo, y el horizonte C a partir de los 50 cm de la superficie. Las características principales de los tres módulos se resumen en la tabla 2.

Tabla 2: Características principales de los tres módulos de silvopastoreo intensivo.

Módulos	Suelo (horizonte A)	Área (ha)	Mes/año de instalación	Especies introducidas	Densidad (plantas/ha)
SPI1	Arenoso	0,3	11/2011 y 8/2012	leucaena, angico y pasto elefante (con maíz, zapallo y poroto en 1° año)	1100 leucaena, 1100 angico y 8800 p. elefante
SPI2	Franco-arenoso	1,0	9 al 12/2012	leucaena, angico y pasto elefante	500 leucaena, 500 angico y 2000 p. elefante
SPI3	Arenoso	0,3	9/2013	leucaena y pasto elefante	3600 leucaena y 7200 p. elefante

En los SPI se incorporaron las leguminosas perennes angico (*Parapiptadenia rigida*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*), asociadas con pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), y se dejó crecer en las entrefilas la vegetación herbácea espontánea. La leucaena tiene su origen en Centroamérica y amplia distribución en el mundo, y se destaca por su uso forrajero en distintos sistemas de silvopastoreo (Murgueitio et al 2011, Shelton y Dalzell 2007). En la zona norte de Uruguay, hay ejemplares con buen crecimiento y su follaje es muy apetecido por el ganado. El angico es nativo de Uruguay, Brasil, Paraguay, y Argentina. 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, 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).



Se realizaron tres siembras de las leguminosas en vivero para luego trasplantar los arboles a los tres módulos: en agosto/2011 (invierno), enero/2012 (verano) y marzo/2013 (fines de verano). Las semillas de angico y de leucaena para la primera siembra provinieron de un predio cercano a la Colonia Gestido. También se utilizaron semillas de leucaena provenientes de una finca experimental de la Universidad Nacional en Colombia (cv Cunningham).

En la primera siembra se realizó una inoculación artesanal de las semillas de ambas especies, utilizando suelo de la base de los árboles de donde fueron extraídas las semillas en Salto. En la segunda siembra se incluyeron (además de las especies y orígenes ya mencionados), semillas de angico de otro predio (Artigas) en el que se encontraron ejemplares de mayor altura. En esta segunda siembra, la mitad de las semillas de cada origen se inocularon con cepas específicas de bacterias simbióticas aisladas en forma experimental (Fabiano, 2010). La tercera siembra se realizó sólo con semillas de leucaena del cultivar Cunningham, con y sin un inoculante específico proveniente del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia.

El área de cada módulo y la densidad y arreglo de las distintas especies introducidas fueron acordados con cada productor. En estas definiciones se valoraron la disponibilidad de tierra y herramientas para la preparación del terreno, la experiencia y disponibilidad de mano de obra para manejar arreglos más o menos densos, y la forma de pastoreo posterior.

El primer módulo de silvopastoreo intensivo (SPI1) se instaló en una parcela de 0,3 ha (Aguirre y Galván 2012). Con una densidad total de 11000 plantas/ha (ver al 2), se trasplantaron a 1,5 m, hileras alternadas de pasto elefante, leucaena y angico en

Noviembre/2011⁴, en las que se aplicó estiércol en una dosis de 90 m³/ha. En el verano 2011-12 con la finalidad de aprovechar el espacio, los nutrientes disponibles y el riego se realizaron policultivos de maíz, zapallo (*Cucurbita* sp.) y poroto Caupí (*Vigna unguiculata*), sembrados entre los arbustos trasplantados. En este experimento (SPI1) no se manejó el silvopastoreo con ramoneo directo de los animales, sino que hizo corte y acarreo, buscando proteger a angicos y leucaenas en su establecimiento. El pasto elefante fue cortado y pesado dos veces por año, en enero y en marzo/abril de 2012 y 2013. Leucaena tuvo un único corte y pesaje en abril/2013, ya que en esta especie se priorizó la observación de su desarrollo, y su acumulación de reservas para soportar las bajas temperaturas en el primer invierno. Se midió la altura promedio de los arbustos de leucaena y angico a los 4 meses de su trasplante a campo (21/3/2012).

Los arbustos de la segunda siembra fueron trasplantados en agosto/2012 dentro del SPI1, en cuatro hileras con un diseño de bloques con parcelas al azar, con 9 plantas por parcela. Los tratamientos fueron: dos orígenes angico (con y sin inoculante) y dos orígenes leucaena (con y sin inoculante).

En el segundo módulo (SPI2), con una menor densidad de arbustos y de Pasto Elefante en 1 ha (3000 en total, tabla 2), también se instalaron hileras alternadas con Angico, Leucaena y Pasto Elefante (Aguirre y Galván 2012). En este caso, se dejaron franjas (entrefilas) de 5 m de ancho entre ellas destinadas a forrajeras herbáceas. Para el SPI2 se optó por mantener los plantines de Leucaena y Angico creciendo en macetas hasta agosto 2012. En su lugar se sembró una mezcla de sorgo y caupí (*Vigna unguiculata*), en octubre 2011 en franjas. Se realizaron pastoreos con 5 terneros Holstein de 210 kg de peso vivo promedio en 4 franjas de

⁴ Dentro de cada hilera en los tres SPI, los plantines se establecieron a 0,5 m entre ellos en pasto elefante y a 1 m en el caso de angico y leucaena.



pastoreo (manejadas con pastor eléctrico), en febrero y abril 2012. En las entrefilas se dejó crecer la vegetación de pradera espontánea. El trasplante del pasto elefante y los arbolitos se realizó entre setiembre y diciembre/2012. Acá se repitieron varios de los problemas ocurridos en la segunda siembra en el SPI1: estrés debido a la poda de raíces al trasplante y a la sequía, además de falta de mano de obra para el riego y control de malezas. El módulo se pastoreó nuevamente en el segundo año a partir de la primavera de 2013, al igual que en el SPI1.

Para el tercer módulo (SPI3), la siembra se realizó bajo invernadero en marzo/2013 con semilla e inóculo específico de leucaena. Se preparon macetas de dos litros, con 20 cm de profundidad con un sustrato preparado por el productor en base a estiércol de vaca fermentado y suelo del predio (1:1). Al trasplante (setiembre/2013) las leucaenas se ubicaron en dos hileras en canteros de 1 m de ancho, con un espacio entre canteros de 4,5 m para dos hileras de pasto elefante (10800 plantas en total, al 2).

A los 8 meses de la instalación del SPI3 (el 24/04/2014) se realizó el muestreo del forraje disponible para su consumo, y luego un pastoreo rotativo con cinco terneros Holstein de 78 kg promedio de la siguiente manera: un pastoreo inicial de 23 días en tres franjas (7 días por franja aproximadamente), y luego tres semanas en un potrero de forraje de mala calidad (0,2 ha). En este potrero tuvieron además cortes de las puntas del pasto elefante, a los que los terneros no habían podido acceder por su altura en el módulo. También consumieron una ración de iniciación (2 kg / día por animal), además de leche en la mañana, y por la noche acceso a bloques proteicos a disposición (25 % de proteína). Los animales fueron pesados con una cinta bovinométrica al inicio y al final de este proceso (45 días).



En abril 2013 en el SPI1 y en abril 2014 en el SPI3, se tomaron muestras de la parte área de las especies arbóreas en evaluación simulando el ramoneo de los animales. Con las mismas se determinó el contenido de Materia seca, Proteína cruda (Nitrógeno total X 6,25), Fibra Detergente Neutro, Fibra Detergente Acido, Lignina, Cenizas, Extracto al éter (EE) y Carbohidratos solubles (estimado por residualidad como $1 - [\text{Cenizas} + \text{FDN} + \text{PC} + \text{EE}]$), de acuerdo a los métodos de análisis de la AOAC (1995). Además, en el SPI1 en abril 2013 se hicieron observaciones en las raíces de 6 plantas de leucaena tomadas al azar, para evaluar la presencia o ausencia de nódulos generados por la asociación rizobio-leguminosa. Sobre las mismas plantas se cosechó la totalidad de hojas y ramas finas para estimar su rendimiento forrajero.

En base a registros y estimaciones en los tres módulos, se calcularon las necesidades de mano de obra (jornales/hectárea) para la instalación y mantenimiento de los SPI. Se incluyó el tiempo destinado a preparación de suelos, abonado, siembra, desmalezadas, riegos y trasplante. Estas necesidades se compararon con las correspondientes al pastoreo rotativo tradicional sobre campo natural.

Se hicieron análisis estadísticos utilizando el test de Chi-cuadrado y el de Tukey-Kramer utilizando el paquete estadístico SAS (versión 9.2), procedimiento PROC MIXED.

Resultados y Discusión

Resultados en el SPI1

El rendimiento de materia verde del pasto elefante fue de 35094 kg/ha en 2012, y de 23238 kg/ha en 2013 (9826 y 6507 kg materia seca/ha/año respectivamente).



Considerando que entre años no hubo diferencias importantes de contenido de agua en el suelo debido al riego, la caída del rendimiento puede deberse a dos razones complementarias: a) desde el primer año el material fue cortado y proporcionado a los animales fuera del módulo, dándose así una extracción de nutrientes sin su reciclado a través de heces y orina, y b) en el segundo año no hubo fertilización de ningún tipo. El rendimiento estimado de forraje de leucaena en su único corte (abril/2013) fue 5240 kg/ha de materia verde (1750 kg/ha de materia seca).

Luego de 4 meses de trasplantados a campo, la altura promedio fue de 47 cm para angico y 117 cm para leucaena. Las leucaenas provenientes de semilla de Colombia fueron 26 cm significativamente más altas que las que se produjeron con la semilla local (test Chi-cuadrado, $p < 0.001$).

Respecto a la producción de los cultivos anuales intercalados entre los árboles, los zapallos (*Cucurbita sp.*) totalizaron 347 kg obteniendo así un rendimiento de 11567 kg/ha. El caupí (*Vigna unguiculata*) produjo 25 kg en 50 m² (5.000 kg/ha), y el maíz 32 kg de grano en 300 m² (1.066 kg/ha de grano). Los rendimientos de zapallos y de caupí fueron similares a los promedios nacionales, mientras que el rendimiento de maíz fue inferior a los 3570 kg/ha promedio de Uruguay (MGAP, 2014). El rendimiento menor de maíz probablemente fue determinado por la baja densidad de plantas en el policultivo (10000 plantas/ha), en comparación con las densidades típicas en monocultivo (40000 plantas/ha). Por el contrario, el rendimiento por planta promedio alcanzó 106 g de grano limpio, frente a 89 g/planta estimados para el promedio nacional.

Las combinaciones en policultivo de maíz-zapallo o maíz-caupí son tradicionales en la producción familiar en Uruguay. En condiciones experimentales, Fernández

Juncal (1994) encontró que el policultivo maíz-zapallo alcanzó un uso equivalente de la tierra de 1,38, lo que demuestra la potencialidad de esta combinación.

En la segunda siembra de leguminosas realizada en verano, al trasplante a campo el 21/08/2012 se observaron diferencias significativas en la altura según la especie, origen e inoculación con cepas específicas (prueba de Tukey-Kramer, $p < 0.05$) (Tabla 3). Los angicos provenientes del predio cercano y los no inoculados de Artigas tuvieron entre 23 y 28 cm de altura. En tanto, los angicos de semillas de Artigas inoculados y las leucaenas alcanzaron una altura entre 53 y 63 cm, significativamente mayores. Aunque sin diferencias significativas respecto a las de Salto, las leucaenas de semillas provenientes de Colombia e inoculadas fueron las de mayor altura (Tabla 3).

Tabla 3: Altura de plantas de Leucaenas y Angicos, según origen e inoculación con bacterias simbióticas

Especies y origen	Sin inoculante	Con inoculante	SEM
<i>Primera evaluación</i>			
Leucaena Colombia	59,8 ^a	62,9 ^a	3,56
Leucaena Salto	53,7 ^a	56,5 ^a	4,35
Angico Artigas	23,8 ^b	53,6 ^a	3,25
Angico Salto	25,2 ^b	28,0 ^b	3,56
<i>Promedio de seis evaluaciones</i>			
Leucaena Colombia	62,0 ^a	65,8 ^a	2,92
Leucaena Salto	54,3 ^a	59,9 ^a	3,50
Angico Artigas	30,2 ^b	63,5 ^a	2,93
Angico Salto	32,0 ^b	36,3 ^b	2,93

Desde el trasplante en adelante, hubo varios problemas que impidieron que se produjera el crecimiento esperado: (a) para el trasplante se debió hacer una poda intensa de raíces no planificada, con un estrés severo en especial en los arboles de mayor crecimiento; (b) a diferencia del trasplante del año anterior, no recibieron abono de base; (c) pasaron por un período de sequía sin riego, y (d) sufrieron ataques de hormigas cortadoras en los primeros meses de trasplantados. A pesar de ello las tendencias iniciales se mantuvieron para el promedio de las seis mediciones realizadas (Tabla 3, Tabla 4), y se encontraron diferencias significativas en altura de planta en el primer año (prueba de Tukey-Kramer, $p < 0.05$). Todas las variedades de leucaena independientemente de su origen y manejo, y las de angico de Artigas inoculados fueron en promedio 150% más altos que el resto de los angicos (Bentancor, 2015).

Tabla 4: Contrastes entre especies, orígenes e inoculación (datos promedios de seis momentos de evaluación).

Contraste	Estimador	<i>p</i>
Angico vs Leucaena	-20,02	0,0001
Angico Artigas vs Angico Salto	12,71	0,0003
Leucaena Colombia vs Salto	6,84	0,0467
Inoculado vs no inoculado	20,02	0,0001
Leucaena Colombia Inoculado vs no inoculado	27,2	0,0001
Leucaena Salto inoculado vs Leucaena Salto no inoculado	33,9	0,0001
Angico Artigas inoculado vs Angico Artigas no inoculado	24,09	0,0001
Angico Salto inoculado vs Angico salto no inoculado	2,1	0,6498
Leucaena inoculado vs Leucaena no inoculado	3,34	0,2656
Angico inoculado vs Angico no inoculado	11,0	0,0029

En cuanto a la composición química de las especies en el segundo año de crecimiento, el pasto elefante presentó la menor cantidad de proteína cruda (tabla 5). El valor obtenido para este pasto (6,6%) fue bajo comparado con el 17% reportado por González et al. (2011). Las diferencias entre las características de los suelos y entre los manejos pueden explicar las composiciones químicas disímiles. 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). El angico presentó un bajo aporte de proteína respecto al reportado por Leme et al. (1994), debido posiblemente al método de muestreo: en el trabajo actual se incluyeron en la muestra las ramitas de hasta 3 mm que contienen menores valores de proteína. Junto con ello, angico presentó mayor contenido de fibra y lignina que leucaena, lo que hace una oferta de menor valor nutritivo para los animales.

Tabla 5: Composición química de las especies Pasto elefante, Angico, Leucaena de Colombia y Leucaena de Salto en el SPII (valores expresados en % de la materia seca)

Especie	Materia seca (%)	Cenizas (%)	Proteína Cruda (%)	Fibra detergente neutro (%)	Fibra detergente ácido (%)	Lignina (%)
Pasto elefante	24,2	9,4	6,6	68,6	34,0	2,1
Angico	43,9	4,6	13,0	69,5	44,7	30,1
Leucaena (Colombia)	31,1	7,3	18,8	44,9	25,7	18,8
Leucaena (Salto)	35,7	6,8	21,8	44,3	26,7	18,4

Las leucaenas de los dos orígenes tuvieron los mayores contenidos de proteínas, con valores esperables a esta leguminosa y acordes con los encontrados por Leme et al. (1994), y valores altos de pared celular (de acuerdo a su estado de madurez y manejo). La leucaena se destacó en sus aportes de carbohidratos solubles, que



fueron mayores que las otras dos especies confirmando su superioridad en valor nutritivo: 25% para Leucaena, 12% para Angico y Pasto elefante.

Después de un invierno con heladas muy intensas en 2012, hubo un 19% de plantas muertas en los angicos y 12% en las leucaenas. A pesar de ello, las plantas sobrevivientes rebrotaron con vigor a la salida del invierno, generando entre 3 y 6 brotes desde la base de las plantas. Esos brotes alcanzaron en promedio 95 cm de largo en leucaenas y 48 cm en angicos. Las leucaenas que superaron el metro de altura (más del 50%), alcanzaron un color verde intenso que indicaría procesos de FBN (en esas plantas se observaron con más notoriedad la presencia de nódulos en sus raíces). En el invierno 2013 no hubo daños por frío significativos, sólo enlentecimiento en el crecimiento vegetal. Este comportamiento invernal de las especies evaluadas, señala la importancia de elegir y manejar cuidadosamente las especies en regiones con presencia de heladas, aspecto considerado por otros autores (Rodrigues Vieira et al 2003, Murgueitio et al 2013).

Resultados en el SPI2

El consorcio sorgo/caupí plantado inicialmente, tuvo una producción de forraje medida en dos cortes (febrero y abril 2012), de 8610 y 5750 kg/ha de materia verde (2150 y 1440 kg/ha de materia seca respectivamente). Inmediatamente después de esas mediciones de forraje, se realizaron dos ciclos de pastoreo en los que cinco terneros obtuvieron una ganancia total en peso de 54 kg/ha en el primer pastoreo y 15 kg/ha en el segundo. La menor productividad en el 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.



Por los problemas de manejo desde el trasplante al campo de las leguminosas arbustivas mencionados en la metodología (intensa poda de raíces, sequía y competencia de malezas), se resolvió no considerar sus mediciones posteriores.

Resultados en el SPI3

En el muestreo del forraje disponible se estimó una productividad de materia verde de 84.711 Kg/ha, compuesta por 71.100 de pasto elefante, 13.136 de vegetación espontánea y 475 kg de leucaena. Restando los contenidos de humedad de cada componente, esta biomasa significó 17.917, 5.929 y 119 kg/ha de materia seca respectivamente, 23.965 kg/ha en total. Este valor es cuatro veces superior al hallado en Salto por Saldanha (2011), que en suelos similares sobre campo natural y con pastoreo rotativo obtuvo una producción de materia seca de 5929 kg/ha/año (promedio de 1994 a 1996), lo que muestra la potencialidad productiva de los sistemas propuestos.

En cuanto a la composición química de las especies en este caso, en la tabla 6 vemos que el Pasto Elefante a pesar de hacer el mayor aporte de biomasa, fue la especie que presentó la menor cantidad de proteína. Este valor (4,1%) fue muy bajo comparado con el del SPI1 y con el 17% reportado por González et al. (2011). Con este resultado y los altos valores de fibra, se constata nuevamente la importancia de realizar un mayor número de pastoreos o cortes durante su período de crecimiento.

La vegetación espontánea se ubicó en segundo lugar respecto al aporte de biomasa, y fue comparable al pasto elefante en cuanto al contenido de proteínas y de fibra. En sus muestras se observaron un alto porcentaje de restos secos y de especies estivales en un avanzado estado de desarrollo, que explican su bajo aporte de proteínas y alto porcentaje de fibra.

Tabla 6: Composición química de la vegetación espontánea, Pasto elefante, Leucaena inoculada y Leucaena sin inocular en el SPI3 (valores expresados en % de la materia seca)

	Materia seca %	Cenizas %	Proteína cruda %	Extracto etéreo %	Fibra detergente neutro %	Fibra detergente ácido %	Lignina %	Carbohidratos Solubles %
Vegetación espontánea	45,1	9,4	5,6	3,5	74,1	39,6	6,2	7,4
Leucaena inoculada	28,1	8,5	21,4	2,6	38,8	19,7	9,3	28,6
Leucaena sin inocular	19,0	8,6	27,5	2,8	34,5	18,0	9,0	26,5
Pasto elefante	25,2	10,6	4,1	2,6	70,4	40,0	4,6	12,2

La leucaena hace el aporte forrajero de mayor calidad, con menos fibra y mayores porcentajes de proteína y carbohidratos solubles. El porcentaje de proteína de las leucaenas sin inocular respecto a las inoculadas (27,5 y 21,4% respectivamente), pone en dudas la eficacia del rizobio importado de Colombia en estos suelos para mejorar esta variable. La menor cantidad de biomasa vegetal de las leucaenas respecto al resto de las especies, queda explicada por la defoliación ocasionada por hormigas cortadoras (*Acromyrmex lundii*). Las leucaenas fueron muy apetecidas por estas hormigas, comportamiento ya observado en el SPI1.

Relacionando el volumen total de forraje disponible de cada componente (pasto elefante, leucaena y vegetación espontánea) con su composición química, el forraje en su conjunto tuvo 4,6% de proteína cruda y 39,8% de fibra detergente ácido. El valor de fibra estuvo dentro del rango de los contenidos reportados por Saldanha (2011), pero el de proteína cruda fue la mitad. Esta diferencia refuerza la necesidad de un mayor número de pastoreos de corta duración y altas cargas instantáneas, lo que permitiría una mayor proporción de hojas jóvenes con mayor contenido de proteína en cada momento del consumo animal.



En el pastoreo del módulo SPI3, los cinco terneros tuvieron un peso promedio inicial de 78 kg y un peso final de 93 kg. De esta manera, totalizaron una ganancia de 74 kg de peso vivo en 0,5 ha (0,3 del SPI más 0,2 del potrero de menor calidad), equivalente a 3,3 kg/ha/día considerando los 45 días de pastoreo. La ganancia en peso de cada animal en promedio fue de 0,33 kg/día. Esta ganancia es similar a la alcanzada por Ruggia⁵, con terneros Holando pastoreando praderas de alta calidad con suplemento de granos, en condiciones climáticas más favorables al sur del Uruguay. La ganancia fue inferior comparándola con otros trabajos (Bruno et al. 2009 y Quintans et al. 2013), aunque en éstos las condiciones fueron diferentes: en el primer caso trabajaron con terneros Holando estabulados sólo con ración (ganancias en torno a 1 kg/animal/día). Por su parte Quintans et al. (2013) lograron ganancias entre 0,84 y 1,21 kg/animal/día, pero en este caso fueron terneros cruce de razas carniceras (Hereford x Aberdeen Angus), alimentados a campo natural y con ración balanceada a voluntad.

Necesidades de mano de obra

En base a los registros de las actividades realizadas, se observó una mayor demanda de trabajo a medida que aumentó la densidad de siembra de arbustos y pasto elefante en los tres módulos. La demanda fue menor en el SPI2, seguido por el SPI1 y SPI3. De esta manera, incluyendo el conjunto de tareas (en vivero, trasplante a campo y mantenimiento), en el primer año se estimaron un total de 23, 11 y 38 jornales/ha para el SPI1, SPI2 y SPI3 respectivamente. Estos requerimientos de trabajo, se deben considerar suplementarios a los realizados en condiciones de pastoreo rotativo sobre campo natural descrito por Saldanha (2011). Estimado en base al Censo General Agropecuario 2011, el pastoreo convencional sobre campo natural utiliza 1,3 jornales/ha/año. Esa demanda de

⁵ Ruggia A. Producción de carne con animales Holando (trabajo no publicado).



mano de obra es notoriamente inferior a la demanda en la instalación de los tres SPI, lo que en principio dificultaría su aceptación por parte de los ganaderos convencionales. Pero, si se considera la mano de obra que normalmente utilizan en las fincas evaluadas (59, 5 y 31 jornales/ha/año donde se establecieron el SPI1, SPI2 y SPI3 respectivamente), salvo en el SPI2, el trabajo en la instalación de estos sistemas de silvopastoreo está dentro de lo que están acostumbrados a realizar.

En los años siguientes a la instalación del módulo, se debe considerar una refertilización del cultivo, concentrándose en el pasto elefante. En el SPI3 esta refertilización se realizó con estiércol de los animales del predio, y demandó 1 jornal/ha. En los otros dos módulos no se realizó esta práctica, pero en base a la menor densidad de plantación, esta tarea habría insumido entre 0,4 y 0,6 jornales/ha.

Análisis del suelo

El suelo presentó acidez moderada y con bajo porcentaje de materia orgánica en los casos del SPI1 y SPI3 (tabla 7). Además, considerando las necesidades normales de las pasturas, los suelos presentaron contenidos de fósforo adecuados en los SPI1 y SPI2 a muy altos en el SPI3, seguramente asociado a altas fertilizaciones en cultivos anteriores; y contenidos adecuados de potasio (salvo en el caso de SPI1 donde el potasio está por debajo de los valores límites).

La evolución las propiedades químicas de los suelos en los tres sistemas de SPI mostró un aumento en el pH que podría quedar explicado por el efecto buffer de la materia orgánica, aun cuando las variaciones en ésta son poco relevantes. La evolución en los contenidos de fósforo (P), puede estar relacionada a las fertilizaciones realizadas en la instalación de los SPI con ese nutriente (aunque no siempre en el mismo momento ni la misma dosis, los tres SPI recibieron una

aplicación de estiércol y/o una fuente de fósforo mineral). La materia orgánica tiene una tendencia decreciente en el SPI1, y creciente en el SPI2 y SPI3. Esta diferencia puede deberse a dos factores combinados: a la textura arenosa y al manejo más intensivo del SPI1 con producción de hortalizas en las entrefilas de árboles. Ambos factores podrían explicar la evolución negativa, a pesar del aporte de estiércol animal en el SPI1.

Tabla 7: Resultados de análisis químico de los suelos donde se instalaron los módulos de silvopastoreo (realizados en setiembre 2011 y en marzo 2013)

Módulos	pH		MO %	Nutrientes				
	H ₂ O	KCl		P ⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺
SPI1 (9/2011)	5,2	4,5	1,0	13	0,13	3,0	0,5	0,09
SPI1 (2012)	5,7	4,6	0,5	11	0,07	1,2	0,6	0,08
SPI1 (3/2013)	5,9	4,8	0,5	17	0,10	1,5	0,5	0,10
SPI2 (9/2011)	5,3	4,6	2,9	12	0,24	12,6	3,0	0,17
SPI2 (2012)	5,9	4,9	2,9	37	0,37	15,3	4,0	0,17
SPI2 (3/2013)	5,8	4,8	3,3	20	0,49	14,5	3,9	0,12
SPI3 (8/2013)	5,9	5,6	1,3	117	0,27	3,3	0,7	0,09
SPI3 (4/2014)	6,4	6,0	1,5	135	0,50	4,6	1,0	0,10

MO: Materia orgánica; ⁺ mg P₂O₅/kg de suelo ⁺⁺ meq/100g de suelo

A modo de resumen se integran algunos de los indicadores evaluados en los tres sistemas de silvopastoreo, comparativamente a los resultados de un sistema convencional mejorado de pastoreo rotativo sobre campo natural (Saldanha 2011). En este último sistema de referencia, se consideran sus resultados promedio durante los años 1994-1996 sobre suelos similares.

Tabla 8: Resumen de indicadores en los tres sistemas de silvopastoreo en comparación con un sistema de pastoreo rotativo sobre campo natural.

Sistema de pastoreo	Materia orgánica en suelo (%) ¹	Peso de forraje-materia seca (kg/ha/año)	Proteína cruda (%) ²	Fibra Detergente ácido (%) ²	Ganancia diaria de terneros (kg/día)	Necesidades de mano de obra ³ (jornadas/1º año)
SPI1	0,75	6049	11,0	31	Sin datos	23
SPI2	3,00	3590 ⁴	Sin datos	Sin datos	0.30	11
SPI3	1,40	23965	4,6	40	0.33	38
Rotativo en campo natural	1,25	5929	9,6	40	0.33 ⁵	0

¹ Promedio de 2 y 3 mediciones en los SPI. ² En el forraje. ³ Se considera las necesidades suplementarias por hectárea en relación al manejo de campo natural. ⁴ Correspondiente a Sorgo y Caupí en el 1º año. ⁵ En el trabajo de Saldanha (2011) no se evalúa esta variable, por lo que se tomó la información de Ruggia A. con terneros Holstein (trabajo no publicado). El valor de 0.33 presentado ahí está sobrevalorando el campo natural, ya que pastorearon en praderas sembradas de mayor calidad e incorporaban ración a su dieta.

Consideraciones finales

Es importante puntualizar que los resultados alcanzados deben ser tomados como preliminares, considerando el escaso número de casos estudiados, las particularidades que se presentan en cada uno, la dificultad de cumplir todas las tareas programadas y las dimensiones de los ensayos. Por ese motivo, se recomienda hacer más ensayos y refinar el diseño de los mismos, para poder corroborar y mejorar las tendencias aquí señaladas.

Hecha esa salvedad, al cumplirse tres años de estas experiencias de silvopastoreo intensivo implementadas de manera participativa con el grupo de productores, se reafirman algunos aspectos ya observados en el primer año (Aguirre y Galván 2012), y surgen nuevos datos complementarios:

- Los SPI en su establecimiento demandaron mayor trabajo por unidad de superficie que los sistemas ganaderos convencionales basados en pasturas naturales o sembradas. La siembra intercalada de cultivos anuales (maíz y zapallo en el SPI1) permitió aprovechar el espacio entre los árboles en crecimiento, los nutrientes disponibles y el riego, y generando ingresos desde las primeras etapas.
- El pasto elefante tuvo una adecuada producción de biomasa todos los años; sin embargo es necesario realizar aportes anuales de nutrientes al suelo para mantener y mejorar esa producción. Además, para cosechar el forraje con alta calidad nutricional es conveniente aumentar la frecuencia de cortes en el período de crecimiento, llegando a 4 o 5 cortes entre la primavera y el otoño.
- La leucaena superó al angico en su velocidad de crecimiento en altura, a lo que se suma un mejor aporte en cantidad y calidad de biomasa, en particular por su contenido de proteínas. De esta manera y para las condiciones de este estudio, leucaena sería la especie más adecuada a ser utilizada como arbusto forrajero.
- A mediano y largo plazo, los angicos (en especial los provenientes de Artigas por su mayor crecimiento) pueden agregar otros beneficios ecosistémicos: sombra, madera de calidad, efecto positivo sobre las pasturas debido a la FBN, además de contribuir a la diversidad biológica.
- La inoculación con cepas de rizobio efectivas, debería tener un impacto positivo en la nodulación de las leucaenas y su crecimiento. Aunque desde el segundo año en el SPI1 apareció una proporción alta de plantas de leucaena con nodulación de sus raíces con rizobios nativos, asociadas con un mayor crecimiento, este proceso se debería acelerar con el aislamiento e inoculación con cepas efectivas. La cepa introducida en el SPI3 no dio el resultado esperado, probablemente debido a que se generó en otro contexto biofísico, para suelos con poblaciones microbianas distintas. El inoculante experimental específico para angicos utilizado en el SPI1, sólo provocó resultados significativamente beneficiosos en los angicos provenientes de Artigas.



- Menos demandante en trabajo, el SPI2 desde el primer año permitió el pastoreo directo en franjas. En 5 meses y medio del cultivo de sorgo/caupí, a la vez que preparó el terreno para el posterior trasplante de los árboles, se produjeron 69 kg/ha de peso vivo con los terneros utilizados.
- La productividad del SPI3 fue aún mejor con 147 kg/ha en 45 días de pastoreo. Ambos resultados (SPI2 y SPI3) fueron superiores a la productividad promedio nacional de carne equivalente de 84,5 y 98 kg/ha/año, en los períodos 2011-2012 y 2012-2013⁶ respectivamente.
- Es muy promisorio el resultado del rendimiento de forraje en el SPI3 (tabla 6). Relacionando su calidad con la ganancia en peso de terneros, se deduce que este SPI puede alcanzar con facilidad mejores resultados aumentando la frecuencia de pastoreo.

Respecto al aporte de estos módulos a la totalidad del sistema de producción en que se encuentran, en el mediano plazo el SPI2 podría ocupar mayores áreas dentro de la finca sin alteraciones importantes en su estructura. Esto se debe a su menor requerimiento de horas de trabajo, que suele ser el factor limitante en estos sistemas pastoriles, y a su mayor convivencia con el tapiz natural dada su menor densidad de árboles y pasto elefante. Además, con el diseño del SPI2 se estaría imitando parcialmente a los ecosistemas naturales, aprovechando los aspectos sinérgicos que se promueven con los mayores grados de biodiversidad.

Los modelos más intensivos (SPI1 y SPI3) serían un complemento alimenticio o banco de forraje de alta calidad para la dieta de los animales, tanto en condiciones ambientales normales como en momentos críticos (sequías o períodos de baja

⁶ La carne equivalente se estimó sumando la producción total anual de carne y lana, dividido la superficie total dedicada a la ganadería en Uruguay, a partir de los datos extraídos de los Anuarios Estadísticos Agropecuarios (DIEA 2012 y 2014), y de los Datos de la Declaración Jurada (DICOSE 2012 y 2014).



temperatura en invierno). Debido a sus necesidades de mano de obra, solo podrían ocupar mayores dimensiones en predios ganaderos o lecheros con limitantes severas de superficie, y/o cuando exista cultura “hortícola” de los productores (experiencia en manejo de vivero, trasplantes y riego por ejemplo). Angico, leucaena y otras especies leñosas con potencial forrajero, se podrían usar también como cercos vivos, aumentando las subdivisiones junto a la siembra en cobertura (sin laboreo), de especies forrajeras mejoradoras del tapiz natural.

Agradecimientos: a los productores, compañeros de trabajo en esta experiencia compartida, Juan Ferrao, Susana Rodríguez, Danilo Bartaburu e Ismael Malvasio.

Adenda al capítulo

De acuerdo con el “Formato 013 PARA LA PRESENTACIÓN DE TESIS DOCTORAL”, se considera importante mantener el capítulo con el artículo tal cual fue aceptado y publicado. No obstante, se realizan las siguientes aclaraciones a requerimiento del tribunal evaluador de la tesis.

¿Con qué criterios se seleccionaron las especies con las que se trabajó? Debido a la inexistencia de experiencias previas con estos SSP en Uruguay, se tomaron en cuenta estudios de otros países combinados con observaciones empíricas locales. En ese último criterio, ya se había observado en predios cercanos a los sitios en los que se implementaron los módulos de silvopastoreo, a vacunos ramoneando con preferencia ejemplares juveniles y ramas bajas de angicos y leucaenas.

Las semillas de L. Leucocephala de CIPAV, generalmente provienen de la zona de vida según Holdridge (1986) de bs-T ¿se evaluaron previamente los posibles problemas que se enfrentarían con ello? En el norte de Uruguay, donde se realizó el ensayo, puntualmente se encuentran ejemplares de leucaena de origen desconocido que lograron adaptarse a esas condiciones ambientales. Por tal motivo y luego de conversaciones con el Dr. Enrique Murgueitio, consideramos viable incluir a este cultivar



de leucaena, en comparación con la misma especie ya naturalizada en el país y con los angicos.

¿Se conocen experiencias con especies de leucaena que soportan heladas. Se revisaron? No en ese momento. Posteriormente se encontró reportes sobre la leucaena 'Ohana' KX2 (Price 1997), un híbrido interespecífico de *Leucaena pálida* K636 y *Leucaena leucocephala* K8 desarrollada por el "Centro de Investigación Agrícola de Hawai" (HARC) para tener resistencia contra el insecto psílido que ha dañado la producción de leucaena en muchas regiones del mundo. Además Kaminski et al. (2005), en condiciones similares a las de este ensayo evaluaron 77 accesiones de leucaenas, donde las más promisorias fueron *L. diversifolia*, *L. pulverulenta*, *L. trichandra*, *L. leucocephala*, *L. pallida* y dos híbridos interespecíficos.

En "*el primer módulo de silvopastoreo intensivo (SPI1)... se aplicó estiércol en una dosis de 90 m³/ha.*", debido a la pobre condición del suelo representado en su análisis químico en la tabla 7. Este es un suelo típico de una región donde se realizó horticultura durante décadas, con manejo de suelo desnudo y laboreo convencional. En estas condiciones esas dosis de estiércol son habituales entre los productores, como medida de recomponer parcialmente la fertilidad perdida. De acuerdo con Barbazán et al. (2011), estos estiércoles vacunos utilizados en la zona son muy variables en sus características fisicoquímicas, pero en términos promedio presentan un 40% de humedad, pH cercano a 7, 36% de MO y 1% de N, con contenidos menores y diversos de otros macro y micronutrientes.

¿Con qué criterios se seleccionaron los tiempos de ocupación y de descanso de las praderas, se revisaron las producciones de biomasa... Como fue expuesto en la metodología de la tesis, en este proceso de investigación participativa casi siempre se superó los tiempos de descanso y ocupación recomendados en los trabajos revisados. En eso influyó la disponibilidad de mano de obra de los productores, la competencia de ésta con otras tareas dentro de los predios, y la experiencia, percepción y conocimientos previos de los agricultores participantes.

Respecto al texto " luego tres semanas en un potrero de forraje de mala calidad" ¿Qué es mala calidad? Esa expresión hace referencia a potreros donde no había mejoramientos, con suelos compactados y predominancia de *Cynodon dactylon* y otras especies adaptadas a esas condiciones pero de escaso valor nutricional.

¿Qué práctica se realizó cuando vinieron las heladas? Se trató de evitar manejos que promovieran la brotación invernal o cercana a ese período. De esa manera entre mayo y setiembre se evitaron prácticas como cortes, pastoreos, riegos o fertilizaciones. Otras prácticas posibles más onerosas en equipos y/o tiempo no se implementaron, salvo en la siembra y los primeros meses de crecimiento de los plantines en macetas individuales, donde se utilizaron coberturas plásticas.

El análisis estadístico del capítulo 3 deberá detallarse mejor y explicar qué efectos y modelo se usó. Deberá tener claridad de cómo un chi cuadrado permite evaluar efecto de inoculante y especie???? Se realizan contrastes y no se presenta diseño? La siguiente figura (3), fue presentada en la primera publicación sobre este trabajo, con los primeros datos al año de establecimiento de los SPI: revista *Agroecología* 7(2): 111-121 (Universidad de Murcia).

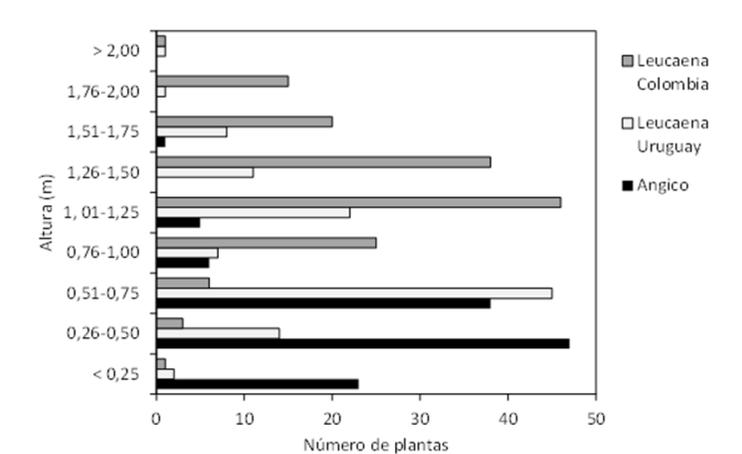


Figura 3. Distribución de la altura de las plantas de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) originaria de Colombia (171 plantas), *Leucaena* originaria de Uruguay (94 plantas), y *Angico* (*Parapiptadenia rigida*) (120 plantas), en el SPI1, a siete meses y medio desde la siembra. Las distribuciones de alturas de los

dos orígenes de Leucaena y de Angico difieren todas entre sí significativamente (test Chi-cuadrado, $p < 0.001$).

Para el análisis comparativo de la altura de planta alcanzada con cada especie u origen, se utilizó un test de Chi-Cuadrado. Al aplicarse a los datos con distribuciones continuas que se presentan en la Figura 3, los datos fueron agrupados en categorías discretas. La variable fue calculada para comparaciones apareadas como:

$$\chi^2_{(k-1)} = \sum \frac{(nY_k - nX_k)^2}{nX_k}$$

En donde:

$\chi^2_{(k-1)}$ es la variable aleatoria Chi-Cuadrado con k-1 grados de libertad,

nY_k es el número de plantas de la especie u origen Y en cada k-ésima categoría de altura, y

nX_k es el número de plantas de la especie u origen X en cada k-ésima categoría de altura.

Los dos orígenes de Leucaena entre sí, y cada uno de éstos con angico, difirieron en la distribución de alturas de plantas, con $p < 0.001$. Los análisis se realizaron en GENSTAT Discovery Edition 3 (2007).

En la segunda plantación de leguminosas en el SPI1, se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar. El modelo estadístico empleado para analizar la información relevada fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta_j + AB_{ij} + \beta_k + \epsilon_{ijk}$$

En el cual,

Y_{ijk} = altura de planta del j-ésimo origen, i-ésimo inóculo y en el k-ésimo bloque.

μ = media general,

A_i = efecto relativo del i - ésimo origen.

B_j = efecto relativo del j - esimo inóculo.



AB_{ij} = interacción origen x inóculo.

B_k = efecto relativo k – esimo bloque.

ϵ_{ijk} = error experimental.

Se realizó análisis de varianza (ANOVA) y contrastes para analizar los efectos principales de especie, orígenes e inóculo. Para todos los análisis estadísticos se trabajó con un nivel de confianza del 95% y fueron implementados en el programa estadístico SAS (versión 9.2), utilizando el procedimiento PROC MIXED. Los resultados de esos análisis se presentaron en las tablas 3 y 4.

En varias partes del texto, debe aclararse que los resultados que se infieren son en valores reportados o presentados, no una diferencia entre ellos como tal, por carecer de diferenciación estadística. Conuerdo con la carencia de rigor estadístico en varios de los resultados alcanzados en el trabajo, aspecto que menciono tal vez con poco énfasis en el primer párrafo de las “Consideraciones finales”. Luego de este trabajo más “exploratorio”, en futuros se deberá ajustar mejor tanto el diseño del ensayo como las metodologías de medición y análisis de los resultados.

Debe explicarse claramente la metodología de pesaje, en tanto, si los animales se pesan llenos o vacíos, los valores cambiarán ostensiblemente. Adicionalmente, periodos tan cortos de pesaje impiden la realización de inferencias, ya que gran parte de la respuesta puede deberse a otros factores. Los animales en todas las ocasiones fueron pesados por la mañana, antes de soltarlos al potrero asignado. En esas condiciones y períodos se lograron esos resultados, que estoy de acuerdo deben hacerse considerando períodos mayores de tiempo.

Es conocido en las ciencias de los suelos que los cambios en su composición química se observan en periodos largos de tiempo, si en el presente estudio se observaron cambios con sólo poco tiempo de transformación de los sistemas, debe explicarse con mayor amplitud. Habitualmente ocurre lo mencionado por el evaluador. No obstante, en algunas situaciones se han verificado cambios en el corto plazo en el contenido de materia orgánica y otras variables influenciadas por ésta, como el pH del suelo. De



acuerdo con García et al. (2011) dado que, salvo en el SPI2, los otros suelos estaban muy degradados, era esperable obtener aumentos rápidos en el contenido de materia orgánica y otros parámetros químicos al realizar aportes importantes de abonos orgánicos. En un ensayo de rotaciones de largo plazo en Uruguay, Díaz Rossello (1992) reporta la degradación de la fracción lábil de la materia orgánica en sistemas de agricultura continua, así como su rápida recuperación cuando se cultivan praderas plurianuales.

Algunas de las tablas aparecen con campos vacíos con el texto “sin datos”. Se debe explicar con detalle. En la tabla 8, estos espacios “sin datos” se deben a la falta de esos registros para esos casos. En el SPI1 no se pudo evaluar la ganancia en peso de los animales, en el SPI2 no se logró evaluar la composición química del forraje logrado.



Relacionado con los objetivos específicos 2 y 4.

Capítulo 4

Experiencias iniciales con policultivos en Colonia Gestido

Resumen

Los policultivos son mezclas de dos o más especies en diversos arreglos, donde se procura aprovechar los efectos de complementariedad entre las mismas. Utilizando esta estrategia agroecológica, entre 2011 y 2013 se evaluó junto a agricultores en Colonia Gestido la productividad de los policultivos con distintas especies hortícolas. En un módulo de rotación de policultivos se lograron resultados productivos superiores a los promedios de la zona en tomate (20.000 kg/ha), iguales en cebolla (15.000 kg/ha) y notoriamente inferiores en morrón (2.950 kg/ha). En estos resultados incidieron las variedades utilizadas y el manejo de los cultivos asociados. En la comparación del policultivo con los monocultivos de cebolla y zanahoria, se logró un resultado en el Uso Equivalente de la Tierra (UET) superior a uno, lo que indicó la superioridad en productividad del policultivo.

Introducción

Siendo una de las estrategias agroecológicas para promover la biodiversidad funcional, los policultivos son mezclas de dos o más especies en diversos arreglos, donde se procura aprovechar los efectos de complementariedad entre las mismas. Cuando estos efectos ocurren, en esas mezclas de especies se logra un incremento del desempeño productivo de la comunidad, por encima de los resultados esperados considerando la productividad de cada especie individual en condiciones de monocultivo (Liebman 1999, Loreau y Hector 2001). Debido a la ausencia de



resultados experimentales utilizando esta estrategia en la zona de Colonia Gestido, este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar junto a los agricultores la productividad de los policultivos con distintas especies hortícolas, y su efecto sobre diferentes indicadores biofísicos complementarios. Para ello entre 2011 y 2013 se implementaron un módulo de policultivos y un ensayo de cebolla y zanahoria que se presentan a continuación.

Módulo de policultivos

Al inicio del proyecto de tesis, se discutió y acordó junto con los productores llevar adelante dos módulos con diseño similar en dos predios, que incluían una rotación de policultivos a partir de 2011. Esos módulos hortícolas se dividían en cuatro partes (a, b, c, d), en las cuales la rotación se realizaba de la siguiente manera (Figura 1):

- En la temporada primavera-verano (octubre a febrero): a- sorgo (*Sorghum* spp)/Caupí (*Vigna unguiculata*); b- maíz (*Zea mays*)/Zapallo (*Cucurbita* sp.) /poroto (*Phaseolus vulgaris*); c- tomate (*Solanum lycopersicum*)/albahaca (*Ocimum basilicum*)/cilantro (*Coriandrum sativum*)/ morrón (*Capsicum annuum*) y d- boniato (*Ipomoea batatas*).
- En la temporada otoño-invierno (de marzo a octubre-noviembre): a- frutilla (*Fragaria* sp.)/ajo (*Allium sativum*) y cebolla (*Allium cepa*)/zanahoria (*Daucus carota*); b- repollo (*Brassica oleracea*) /remolacha (*Beta vulgaris*); c- avena negra (*Avena strigosa*)/vicia (*Vicia villosa*) y d- arveja (*Pisum sativum*)/nabo (*Brassica napus*).
- En los años siguientes (de noviembre a febrero y de marzo a octubre-noviembre) se volvían a repetir los cultivos anteriores, pero rotando en los sectores a, b, c y d.

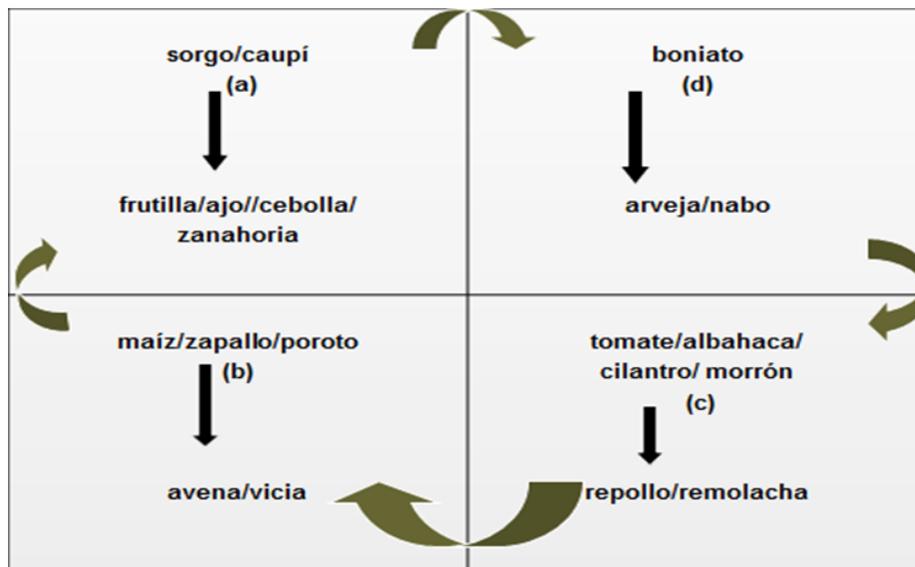


Figura 1: Rotaciones de cultivos hortícolas y abonos verdes, a realizar entre las primaveras de 2011 y 2013.

En la elección de estas combinaciones propuestas se tuvo en cuenta (además de la opinión de los productores):

1. Mecanismos de complementariedad (facilitación y diferenciación de nichos), en las combinaciones de gramíneas y leguminosas sorgo/caupí, avena/vicia y maíz/poroto (Liebman 1999, Loreau y Hector 2001).
2. Efectos de inhibición del crecimiento de malezas además de una mayor productividad total considerando el Uso Equivalente de la Tierra (UET)⁷, cuando a la combinación maíz/poroto se le agrega el zapallo (Gliessman 2002, Veiga Silva 2008).
3. La atracción de enemigos naturales y/o repelencia o desorientación de los insectos plaga, en las asociaciones tomate/albahaca, morrón/cilantro, (De Medeiros 2007, Vazquez 2011).

⁷ El Uso Equivalente de la Tierra (UET) define el área relativa (proporción) de terreno requerida bajo monocultivo para producir los rendimientos obtenidos bajo asociación (Willey 1979), utilizando la siguiente fórmula: $UET = \frac{M1}{P1} + \frac{M2}{P2}$ en el caso de comparación de dos especies (1 y 2). M-monocultivo y P-policultivo de cada especie.

4. Debido a la “arquitectura” distinta de las plantas y al posible efecto de protección de enfermedades criptogámicas y de ácaros, así como mejoras en el UET, la asociación frutilla/ajo (Ali 1999, Karlidag y Yildirim 2009, Ragab *et al.* 2014).
5. Fundamentos similares (favorecer el desarrollo mutuo, aprovechar el espacio con formas distintas de plantas, competencia con malezas y aumento de la productividad), llevan a proponer las combinaciones remolacha/repollo (Costa *et al.* 2014), y arveja/nabo (Mankotia *et al.* 1994, Andersen *et al.* 2007).

Como indicadores de diversidad la tabla 1 presenta el número de especies en el módulo propuesto, y el índice de diversidad de Shannon, calculado como $H' = \sum p_i \ln p_i$, siendo p_i la proporción de cada especie en el sistema (Chao y Shen, 2003). Se comparan tres situaciones: 1) un monocultivo en invierno y otro en verano, que es lo más habitual en la zona, 2) una alternativa de rotación más compleja pero siempre con monocultivos y 3) la rotación con policultivos planteada en esta propuesta. Se observa que al incrementarse la complejidad en el diseño (desde un monocultivo por estación hasta la rotación con policultivos) se incrementan notoriamente el número de especies y el índice de Shannon.

Tabla 1. Indicadores de diversidad en el sistema de rotación de policultivos propuesto, en comparación con sistemas de monocultivo, y de rotación sin policultivos.

Indicadores	Monocultivo	Rotación sin policultivos	Rotación con policultivos propuesta
Número de especies	2	8	20
Primavera-verano	1	4	10
Otoño-invierno	1	4	10
Índice de Shannon (H') ^a	0,69	2,08	2,88
Primavera-verano	0	1,39	2,16
Otoño-invierno	0	1,39	2,22

^a En base a la proporción de superficie estimada que ocupa cada especie en el policultivo propuesto.



Con esta propuesta se esperaban mejoras tanto en la productividad total (a evaluarse con indicadores como el Uso Equivalente de la Tierra) como en la sanidad de los cultivos y la fertilidad del suelo. Como fue mencionado en los aspectos metodológicos de la tesis, debido a problemas de mano de obra y organización familiar para manejar el conjunto del predio, estos módulos fueron llevados adelante con gran dificultad. Por tal motivo se realizaron parte de los policultivos propuestos y sólo en los dos primeros ciclos planteados. Las asociaciones efectivamente realizadas en el ciclo estival fueron: tomate/albahaca, morrón/cilantro, maíz/poroto/zapallo (no cosechada) y sorgo. En el siguiente ciclo invernal se sembraron avena negra en combinación con el policultivo cebolla/zanahoria.

Considerando que desde un inicio estos policultivos se realizaron al aire libre (sin estructuras de protección), sin uso de agroquímicos de síntesis, priorizando el uso de variedades tradicionales cuando fue posible (tomate, morrón, avena negra, cebolla), hubo algunos resultados productivos interesantes:

- Se logró un rendimiento en tomate del tipo determinado de 20.000 kg/ha, superior a la media de la zona en el año anterior de 17.500 kg/ha (DIEA 2010). Junto con el tomate había una planta por metro cuadrado de albahaca, produciendo entre 8 y 10 atados cada una (cada atado con un peso aproximado de 250 g).
- Se logró un rendimiento en morrón del tipo local Cuarentino de “cáscara fina” de 2.950 kg/ha, muy inferior al promedio nacional 2009-2010 de este cultivo a campo de 19.000 kg/ha (DIEA 2010). Este resultado pudo deberse a dos factores complementarios: (1) a la variedad de morrón utilizada, ya que las variedades criollas de “cáscara fina” son más precoces y tienen mayor número de frutos por planta, pero frutos más livianos que determinan un menor rendimiento por unidad de superficie que las variedades de frutos pesados (Galván et al., 2005), y (2) a la



competencia del cilantro (también había una planta por metro cuadrado que no fue cosechada ni podada durante el ciclo productivo del Morrón).

- Como abonos verdes, se plantaron e incorporaron en verano sorgo que produjo 39.850 kg/ha de materia verde, y en invierno avena negra (13.100 kg/ha). No se incluyeron caupí ni vicia en estos abonos verdes, por no disponer de sus semillas al momento de la siembra.
- En invierno se trasplantó y se cosechó cebolla (rendimiento de 15.000 kg/ha) en policultivo con zanahoria. Esta última no fue cosechada, ya que por estar excesivamente densa no alcanzó un tamaño comercial. El rendimiento de cebolla fue inferior a los promedios en la región de 19.000 kg/ha (DIEA 2013).

Dadas las dificultades mencionadas, en el verano 2012-2013 se decidió suspender la rotación de policultivos como estaba planteada y se diseñó, en la misma parcela de uno de los módulos de policultivos, un ensayo para evaluar la asociación del cultivo de cebolla y zanahoria, comparando condiciones de monocultivo y policultivo.

Policultivo versus monocultivo de cebolla y zanahoria

Con la finalidad de explotar el aprovechamiento diferencial de factores del ambiente, las sinergias entre diferentes especies, y mejorar la producción y la calidad de los productos cosechables, se han evaluado distintas mezclas de cultivos donde participan la zanahoria y/o la cebolla. En el policultivo de zanahoria y lechuga, Lima Souza Maia et al. (2008) encontraron ventajas agronómicas sobre sus respectivos monocultivos. Aprovechando las distintas velocidades de crecimiento y ciclos biológicos de la cebolla y lechuga, Mota et al. (2012) reportaron ventajas productivas



y económicas de este cultivo consorciado, ambos a las mismas densidades recomendadas en situaciones de monocultivo.

El policultivo zanahoria – cebolla ha sido estudiado en su efecto sobre las plagas y sus controladores biológicos (Uvah y Coaker 1984), observando una reducción del ataque de *Psila rosae* y *Thrips tabaci* en zanahoria y cebolla respectivamente. Narla et al. (2011) encontraron en el mismo policultivo una reducción de la incidencia de *Peronospora destructor* en cebolla, pero disminución de su productividad por la competencia de zanahoria, efecto este que fue compensado por la productividad y el ingreso económico de ambas. Wierzbicka y Majkowska-Gadomska (2012) también encontraron una reducción del daño de *P. rosae* en zanahoria interculturada con cebolla de verdeo (*Allium fistulosum*), además de un aumento significativo en su productividad. El rendimiento comercial promedio de cinco variedades de zanahoria, fue de 37,7 t/ha en monocultivo y 41,9 t/ha en el policultivo con cebolla (Wierzbicka y Majkowska-Gadomska 2012).

Debido a que los trabajos mencionados se realizaron en contextos diferentes (de clima, suelo, variedades, etc.), el objetivo de este ensayo fue evaluar en las condiciones específicas de Colonia Gestido, la productividad de la asociación del cultivo de cebolla y zanahoria, comparada con la de sus respectivos monocultivos en dos densidades de plantas. La hipótesis de trabajo es que el policultivo hace un uso más eficiente del terreno, logrando así una mejor productividad de la mezcla.

Materiales y métodos

En un área total de 730 m² los tratamientos evaluados fueron cebolla (monocultivo), zanahoria (monocultivo) y cebolla/zanahoria asociados. Se dividieron en nueve parcelas de 3 canteros de 0,8 x 12 metros cada uno. Entre parcelas se sembró una

faja de avena de un metro de ancho, procurando un efecto de refugio para enemigos naturales y barrera física para insectos plaga (figura 2).

AVENA		
Cebolla	Zanahoria (3 hileras)	Cebolla+zanahoria
Cebolla	Zanahoria (2 hileras)	Cebolla+zanahoria
Cebolla	Zanahoria(2 hileras)	Cebolla+zanahoria
AVENA		
Zanahoria	Cebolla (2 hileras)	Zanahoria
Zanahoria	Cebolla (3 hileras)	Zanahoria
Zanahoria	Cebolla (2 hileras)	Zanahoria
AVENA		
Cebolla+zanahoria	Cebolla+zanahoria (2 h)	Cebolla
Cebolla+zanahoria	Cebolla+zanahoria (2 h)	Cebolla
Cebolla+zanahoria	Cebolla+zanahoria (3 h)	Cebolla
AVENA		

Figura 2: mapa del ensayo policultivo versus monocultivo de cebolla y zanahoria.

A su vez, se evaluaron dos densidades de siembra. Para ello, dos de cada tres canteros tenían dos hileras de plantas (cebolla, zanahoria y/o el policultivo de ambas), y un cantero tenía tres hileras (en el tratamiento del policultivo las dos hileras exteriores eran de cebolla y la del medio de zanahoria).

En almácigo previamente solarizado, en abril 2013 se realizó la siembra de cebolla con la variedad “Casera” proveniente del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). El trasplante de la cebolla al cuadro del ensayo se realizó a

mediados de junio, a una distancia de 10 cm entre plantas. En la misma fecha se realizó la siembra de zanahoria (en línea) y la siembra de avena (al voleo).

El manejo del cultivo desde el trasplante de la cebolla y siembra de zanahoria hasta la cosecha, fue realizado por el productor y dos estudiantes. El cuadro tuvo un abono de base con estiércol vacuno del predio (50 ton/ha), y una aplicación de abono fresco sin fermentar diluido al 25% en agua a mediados de setiembre. Además el cultivo tuvo cuatro aplicaciones de EM (microorganismos efectivos), asperjados al 3% en agua. Desde su siembra y hasta la cosecha, se hicieron cuatro riegos por aspersión y dos desmalezadas manuales. Se hizo un raleo de zanahorias en la línea que fue insuficiente y desparejo entre canteros, lo que impidió un crecimiento adecuado y homogéneo de las raíces. La cosecha de los dos cultivos se realizó a mediados de noviembre 2013.

Los rendimientos del cultivo de cebolla se analizaron mediante el procedimiento REML (*residual maximum likelihood*) en Genstat, que estima los componentes de varianza de máxima verosimilitud. Se consideraron cuatro tratamientos: cebolla en monocultivo en alta y baja densidad, y cebolla en policultivo con las dos densidades de trasplante. El modelo experimental fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + e_{ijk}$$

donde:

- Y_{ijk} es el rendimiento (o valor de la variable analizada) para el tratamiento i en el bloque j y la parcela k ;
- μ es la media general del experimento;
- A_i el efecto del i -ésimo tratamiento;
- A_j el efecto del j -ésimo bloque; y
- e_{ijk} es el error experimental.

Resultados

Se observó en todos los tratamientos un mejor rendimiento con la densidad más alta de tres hileras (excepto zanahoria en policultivo), con diferencias significativas en el rendimiento de cebolla (tabla 2). Solo se evaluaron las parcelas de zanahoria con mejor crecimiento, por lo que se estimaron las medias pero no se realizó un análisis estadístico para este cultivo.

Tabla 2: Rendimientos (kg/ha) de cada especie en monocultivo y policultivo a distintas densidades, y el Uso Equivalente de la Tierra (UET).

Densidad	Monocultivo		Policultivo		UET
	Cebolla	Zanahoria	Cebolla	Zanahoria	
Dos hileras	7922 b	8071	4384 c	9238	1,70
Tres hileras	10285 a	20429	6688 b	8579	1,07

Medias seguidas de letras diferentes difieren estadísticamente (test de máxima verosimilitud, REML, $p < 0.05$).

Como era de esperar, considerada aisladamente la cebolla rindió mejor en monocultivo que en policultivo, en concordancia con los resultados de Narla et al. (2011). En la zanahoria el resultado fue más errático producto de la heterogeneidad por falta del raleo mencionado tras una siembra con una densidad excesivamente alta. Al ponderar el área efectivamente utilizada a través del cálculo del UET, el policultivo fue más productivo en ambas densidades de siembra: 70% y 7% más en dos y tres hileras respectivamente. Por tanto, la producción de zanahoria compensaría la disminución observada en el rendimiento de cebolla, generando una productividad global superior al de ambos monocultivos (Narla et al. 2011). Este resultado se condice con lo señalado por Tüzel y Öztekin (2017), respecto a que los policultivos en los casos que el UET es superior a uno, aseguran una buena productividad del conjunto incluso cuando uno de los componentes rinde menos de lo esperado.



Conclusiones

Con un manejo agroecológico sin uso de agroquímicos de síntesis, los resultados en el Uso Equivalente de la Tierra (1,70 y 1,07 para baja y alta densidad respectivamente) indican que el policultivo cebolla/zanahoria es más ventajoso que sus respectivos monocultivos. A pesar de estos resultados promisorios, debido a los problemas de manejo en la zanahoria y en consecuencia la disminución en el número de sus parcelas evaluadas, estos resultados preliminares deberán confirmarse en futuros ensayos ajustando el manejo para confirmar esa tendencia.

Agradecimientos:

A los agricultores Eduardo Pertusatti y Gabriel Spina por sus aportes de trabajo e ideas. A los estudiantes Franco Aranda y César Yacques por su trabajo en los ensayos.

Relacionado con el objetivo específico 2.

Capítulo 5

Evaluación del policultivo maíz, poroto y boniato⁸

Evaluation of maize, cowpea and sweet potato polyculture

S. Aguirre, G. Galván, A. Gonzalez y G. Nuñez

Resumen

Enfocado en el rediseño de los agroecosistemas hortícolas en Salto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar los potenciales beneficios del policultivo de maíz (*Zea mays* L.), poroto Tape (*Vigna unguiculata* L.) y boniato (*Ipomoea batatas* L.) comparado con los monocultivos de las tres especies. En un proceso de investigación participativa, el ensayo fue realizado con un productor en su predio, con un manejo orgánico y repetido en dos años sucesivos. Se instalaron cuatro tratamientos, tres con cada especie en monocultivo y el policultivo de las tres especies, con un diseño de tres bloques completos al azar. Se evaluó la incidencia de plagas, rendimiento de biomasa aérea y de productos comercializables, y la composición química de la biomasa aérea. Se calculó el Uso Equivalente de la Tierra (UET) y el ingreso bruto. Con uso de recursos propios del predio, en el primer año se lograron rendimientos de maíz (5411 y 12049 kg/ha en poli y monocultivo respectivamente), poroto tape (1467 y 2439 kg/ha en poli y monocultivo respectivamente) y boniato (16125 kg/ha), superiores a los promedios de la zona y del país. El policultivo tuvo un UET superior a 1 y un ingreso bruto 11,5% superior al de los monocultivos. Aunque en el segundo año los rendimientos fueron menores, el policultivo mantuvo un UET superior a 1, por lo que constituye una alternativa interesante para los agricultores familiares.

⁸ Este capítulo está escrito de acuerdo a las normas de la Revista Brasileira de Agroecología, donde se encuentra en proceso de evaluación.



Palabras clave: cultivo consociado, *Ipomoea batatas*, Uso Equivalente de la Tierra, *Vigna unguiculata*, *Zea mays*.

Abstract

Focused on the redesign of horticultural agro-ecosystems in Salto, this study aimed at evaluating the potential benefits of polyculture of maize (*Zea mays* L.), cowpea or “tape” beans (*Vigna unguiculata* L.) and sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) in comparison to monocultures of these three species. Based on a participatory research approach, the test was conducted with a producer on his farm with organic management, and repeated in two successive years. Four treatments were installed, each species in monoculture and a polyculture of the three interspersed crops, in a three complete randomized blocks design. Pest incidence, aboveground biomass, marketable product yield, and chemical composition of aboveground biomass were evaluated. The Land Equivalent Ratio (LER) and gross income were calculated. Relying only on the own-farm resources, in the first year yields for maize (5411 and 12049 kg/ha in poly and monoculture respectively), “tape” beans (1467 and 2439 kg/ha in poly and monoculture respectively) and sweet potato (16125 kg/ha) were higher than the average for the area and the country. LER was above 1.0 for polyculture, and gross income was 11.5% higher than that of monocultures. Even when crop yields were lower for the second year, polyculture had LER values above 1.0, which makes polyculture an interesting alternative for family owned farms.

Keywords: intercropping, *Ipomoea batatas*, Land Equivalent Ratio, *Vigna unguiculata*, *Zea mays*

Introducción

En torno a la ciudad de Salto (Uruguay), hay un alto porcentaje de predios cuyo principal ingreso se debe a la horticultura. En estos predios los diseños productivos son muy simplificados, con escasa biodiversidad, ya que en su gran mayoría son monocultivos con un uso intensivo de agroquímicos (AGUIRRE 2009). Junto con estrategias como la rotación de



cultivos, el reciclaje de nutrientes y materia orgánica, la agroforestería y la integración cultivos - ganado en el predio, el diseño de policultivos permite generar agroecosistemas más productivos y estables que los monocultivos, debido a las múltiples interacciones que se dan entre sus componentes (GLIESSMAN 2002, ALTIERI y NICHOLLS 2004).

Dentro de las opciones de policultivos estivales, en las combinaciones de maíz (*Zea mays* L.) con distintas leguminosas (*Phaseolus vulgaris*, *Glicine max*, *Arachis pintoii*, *Vigna sinensis* entre otros) y con boniato (*Ipomoea batatas*) se han constatado ventajas debido a las múltiples interacciones positivas que se producen en esas mezclas (TAY 1985, VÁZQUEZ 2011). El maíz intercalado contribuye a mejorar el microclima en los estratos inferiores de la canopia y en el terreno. Esas mejores condiciones para el crecimiento de cultivos intercalados al maíz serían consecuencia de que se reduce la incidencia de la radiación solar (excesiva en esa estación del año), baja la temperatura, se atenúan las corrientes de aire, y aumenta la humedad relativa (VÁZQUEZ 2011).

Por otro lado, el maíz actúa como barrera física para insectos adultos de especies plagas, y es refugio y reservorio de insectos benéficos. En este policultivo se ha constatado una menor ocurrencia de *Spodoptera frugiperda* en el maíz, por confusión de la orientación de las hembras en la oviposición, además de reducción en la incidencia de *Cylas formicarius* en el boniato y de *Empoasca kraemeri* en los frijoles. La reducción de las poblaciones y el daño provocado por estas plagas estuvieron relacionados con el incremento de las poblaciones de sus enemigos naturales (VÁZQUEZ 2011).

Desde el punto de vista nutricional, también ocurren cambios positivos. Cuando es cultivado junto al maíz, el frijol tiene mayor competencia por los nutrientes del suelo, y como consecuencia nodula más, y esos nódulos son potencialmente más activos para fijar nitrógeno (BOUCHER y ESPINOSA 1982). Ese nitrógeno fijado por la leguminosa estaría parcialmente disponible para el maíz, a través de las micorrizas de ambas especies (BETHLENFALVAY et al. 1991).



Estas combinaciones de cultivos, además, promueven un mayor cubrimiento del suelo, lo que aumenta la radiación interceptada, disminuye la erosión provocada por la acción directa de la lluvia y por el escurrimiento superficial, disminuye el crecimiento de malezas competitivas, y genera una biomasa mayor que en monocultivos, que puede posteriormente aportar materia orgánica al suelo (BILALIS et al. 2010, ESKANDARI y KAZEMI 2011, VÁZQUEZ 2011).

Ante la ausencia de evaluaciones científicas con asociaciones de cultivos en Salto que incluyan cultivos importantes para la zona (DIEA 2014), la hipótesis inicial fue que los policultivos pueden mejorar la sustentabilidad de los sistemas productivos locales. En este contexto el objetivo fue evaluar los potenciales beneficios del policultivo de maíz, poroto Tape (*Vigna unguiculata* L.) y boniato, comparado con los monocultivos de las tres especies, utilizando distintos indicadores biofísicos.

Materiales y métodos

Descripción del ensayo

En un proceso de investigación participativa, con un manejo orgánico y durante dos años sucesivos, el ensayo se realizó en un predio familiar y diversificado ubicado al norte de la ciudad de Salto. Al igual que los predominantes en la zona, el suelo es un Argisol con un horizonte A arenoso-franco de 30 a 40 cm, y un horizonte Bt arcilloso con más de un metro de profundidad. La temperatura media mensual durante el primer año del ensayo (diciembre/2013 a abril/2014) fue de 23,6 °C, con medias mínima de 14,8 °C y máxima de 29,3 °C. La precipitación mensual promedio fue de 132 mm, con déficits hídricos en diciembre y enero. En el segundo año (diciembre/2014 a marzo/2015), las temperaturas y el régimen de lluvias fueron similares al primer año, con la diferencia que los déficits hídricos se produjeron en febrero y marzo.

El área del ensayo fue de 270 m², el cual se realizó en 5 canteros de 35 metros divididos en 3 bloques completos al azar con 4 repeticiones. Cada parcela tuvo 4 m de largo por 3 canteros



de ancho (4,5 m), con 1 m de espacio entre parcelas. Los tratamientos evaluados fueron el policultivo maíz-poroto-boniato, y maíz, poroto y boniato en monocultivo.

La siembra en el primer año se realizó el 24/12/2013, con las variedades “Diente de caballo” (maíz), “Tape” (poroto) y “Cuabé” (boniato). Para separar las parcelas, se dejó 1,5 metros donde se sembró poroto de cerdo (*Canavalia ensiformis*) que creció con gran vigor. En el maíz y el poroto, la densidad fue de 44.444 pl/ha (plantas por hectárea) en las parcelas de monocultivo y 22.222 pl/ha en policultivos (27 y 13 pl/parcela respectivamente). En el boniato la densidad fue de 22.222 pl/ha en monocultivo y 7.407 pl/ha en policultivo (13 pl/parcela).

Se utilizó riego por goteo en las tres primeras semanas de instalado el ensayo, de acuerdo a la demanda del cultivo y en momentos donde el suelo estaba muy seco y habían altas temperaturas. A mediados de enero/2014 comenzó un período de lluvias con frecuencia regular, y se suspendió el riego. Hasta el 17 de enero se hizo un control manual de malezas sobre los canteros, dejando crecer la vegetación espontánea en los caminos entre canteros.

Previo a la siembra se distribuyó estiércol de vaca fermentado en una dosis de 63 t/ha, y luego se complementó con aplicaciones de biofertilizante. Se hicieron en todo el ensayo cuatro aplicaciones de biofertilizante líquido preparado el 24/12/2013, en las siguientes fechas: 19/1, 26/1, 13/2 y 17/2. En todos los casos se se aplicó sobre el follaje, diluido al 5% en agua. El 4/1 también se aplicó EM5 (Microorganismos eficientes mezclados con infusión de plantas aromáticas), para controlar y/o repeler un ataque de lagartas sobre el maíz y el boniato. Esta aplicación se realizó sobre todas las parcelas, incluyendo las de poroto.

La siembra en el segundo año se realizó el 19/12/2014, en un cuadro contiguo al ensayo del año anterior. Se utilizaron los mismos tratamientos, variedades y densidades de siembra, con la diferencia de que el tamaño de parcela fue el doble (8 m de largo por 4,5 m de ancho), y se dejaron franjas de tres metros sin cultivar entre los bloques. Se utilizó también riego por goteo de acuerdo con la demanda de los cultivos estimada por el productor, y no se realizó fertilización al inicio ni durante el desarrollo del cultivo.



Mediciones realizadas

A los 60 días de la siembra del primer ensayo, el 26 de febrero de 2014, se hizo una evaluación visual de la incidencia y severidad de ataque de plagas junto con el productor. En el maíz y el poroto se contó el número de plantas total y plantas con daño de plagas, y se estimó así el porcentaje de plantas dañadas por parcela. En el boniato se estimó el porcentaje de área foliar consumida por insectos, midiendo en tres puntos al azar de cada parcela sobre un área de 50 x 50 cm (0,25 m²).

El 29 de marzo de 2014 (a 93 días de la siembra), se hizo una cosecha de tres plantas enteras al azar de maíz y poroto, de cada parcela. Se estimó la biomasa total (kg/ha) y el rendimiento total de productos cosechables (kg/ha). Luego se tomaron muestras de planta y grano de cada parcela para analizar la composición química: materia seca (MS), cenizas (C), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácido (LIA). El análisis se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía, Universidad de la República. En la misma fecha también se sacaron muestras de suelo de los canteros que tenían maíz y/o poroto, en las que se midieron: pH, materia orgánica (%), fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio.

El 15/4/2014 se hizo la segunda y última cosecha de choclos (mazorcas de maíz) y porotos, de todas las plantas en cada parcela. Se pesaron y estimaron el rendimiento total de productos cosechables (kg/ha). Con los rendimientos de maíz y poroto en ambas cosechas (marzo y abril) se estimó además el Uso Equivalente de la Tierra (UET). Por error del productor al momento de la cosecha, los rendimientos de boniato del policultivo y monocultivo no fueron evaluados separadamente.

Para la evaluación económica, se estimó y comparó el ingreso bruto por unidad de superficie expresado en pesos uruguayos y dólares por hectárea (tasa de cambio 1 US\$= 22 \$ uruguayos), tomando en cuenta la venta en el mercado convencional al que acceden normalmente los agricultores de la zona. Se consideraron el rendimiento promedio de dos fechas de cosecha en 2014, una en 2015 y los precios promedio del mercado luego de ellas.

En el segundo año del ensayo, para estimar el rendimiento de los productos comercializables (choclos, porotos y boniatos), se tomaron al azar dos subparcelas de dos metros lineales dentro de cada parcela. Esas subparcelas se cosecharon en su totalidad, en el boniato en una única fecha (6/3/2015), y los choclos y porotos de manera escalonada de acuerdo con su grado de madurez (el 6, 13 y 20 de marzo). Se cosechó y pesó también la biomasa aérea residual (tallos y hojas utilizados para alimentar los animales de la finca), el 6/3/2015 en el caso de boniato y el 11/4/2015 en maíz y poroto.

Análisis estadístico

La incidencia de problemas sanitarios se evaluó a través del Test paramétrico de hipótesis de diferencia de proporciones (o test Z). Para la evaluación de la productividad se trabajó con un Diseño de Bloques Completos (DBCA), con el siguiente modelo experimental:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + e_{ijk}$$

donde:

- Y_{ijk} es el rendimiento (o valor de la variable analizada) para el tratamiento i en el bloque j y la parcela k ;
- μ es la media general del experimento;
- A_i el efecto del i -ésimo tratamiento;
- A_j el efecto del j -ésimo bloque; y
- e_{ijk} es el error experimental.

Luego de ajustados los respectivos modelos por DBCA, como el efecto de los bloques no resultó significativo se ajustaron los modelos a través de un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA). Para analizar los datos se utilizó el software SPSS (Statistical Package from Social Science). Los comandos usados fueron Modelo Lineal General Univariante y Anova de un Factor, para DBCA y DCA respectivamente.

Resultados y discusión

Primer año (24/12/2013 al 15/4/2014)

En la evaluación sanitaria del 26/2/2014, el maíz presentó daños de lagarta cogollera (*Spodoptera frugiperda*) en el 34% de las plantas de policultivos y en el 43% de las plantas en las parcelas de monocultivo. Utilizando el test Z no hubo diferencias significativas en el conjunto de esas observaciones. Este test sólo detectó diferencias significativas en el bloque 3 ($p=0,049$). En el bloque 3 también se observaron pulgones en varias plantas de poroto (no se cuantificó la incidencia), posiblemente asociado a excesos de N (ver tabla 1). En boniato, sin diferencias entre tratamientos, se observó una defoliación de menos del 10% del área foliar debida a insectos.

Tabla 1: Análisis químico de suelo en canteros con maíz y/o poroto (en monocultivo y en policultivo).

Identificación de la muestra	pH		%	*	**	**	**	**
	H ₂ O	KCl						
Maiz - B1	7,3	6,9	2,2	102	0,09	5,0	0,9	0,11
Poroto - B1	6,9	6,5	2,3	107	0,06	4,8	0,7	0,14
Policultivo - B1	7,2	6,8	2,4	109	0,08	5,4	1,0	0,16
Maiz - B2	7,0	6,5	2,7	98	0,07	4,9	1,1	0,17
Poroto - B2	7,1	6,7	3,3	104	0,09	6,6	1,0	0,21
Policultivo - B2	7,0	6,5	2,3	80	0,12	8,5	1,1	0,20
Maiz - B3	6,6	6,3	9,7	188	0,18	17,1	3,4	0,40
Poroto - B3	7,0	6,7	5,0	138	0,19	8,9	2,3	0,25
Policultivo - B3	7,1	6,7	8,9	387	1,01	15,1	5,1	0,52

* Partes por millón. ** Mili equivalentes por 100 gramos de muestra.

En los análisis de suelos se observaron altos valores de pH, materia orgánica y nutrientes (en especial de fósforo) en comparación con los suelos de la región (tabla 1). Esto se debe a los antecedentes del cuadro ya que en los últimos años el productor había aplicado entre 100 y 130 ton/ha de estiércol de sus animales (vacunos y ovinos). Además, donde estuvo el bloque

3 en el ensayo se acumulaba el abono desde donde posteriormente se distribuyó al resto del cuadro.

Tanto para la cosecha realizada el 29 de marzo como en la cosecha del 15 de abril, las diferencias en los rendimientos de cada especie en monocultivo y su correspondiente rendimiento en policultivo, no fueron significativas.

En la primera cosecha, a 93 días de la siembra, los choclos estaban llegando al estado de grano lechoso y los porotos culminando la etapa de llenado de granos. En ese momento, en base a la cosecha de 3 plantas de maíz y/o de poroto tape por parcela, se hizo la primera estimación del rendimiento de biomasa aérea y de productos comercializables, y el cálculo del Uso Equivalente de la Tierra (tabla 2). Allí se observó que el maíz y el poroto rindieron más en el policultivo: 24% más en biomasa aérea y 16% más en productos comercializables (UET de 1,24 y 1,16 respectivamente), a pesar de las mayores producciones por unidad de superficie de cada cultivo en los tratamientos de monocultivos.

Tabla 2: Rendimiento promedio estimado de biomasa aérea, choclos de maíz y granos de poroto, relación (rendimiento policultivo/rendimiento monocultivo de cada especie), y Uso Equivalente de la Tierra (UET), cosecha 29/3/2014.

	Biomasa aérea (kg/ha)	Relación	UET (1)	Choclos y Granos (kg/ha)	Relación	UET (2)
Maíz (P)	22795	0,55	1,24	9664	0,55	1,16
Maíz (M)	41595			17723		
Poroto (P)	25982	0,69		2301	0,61	
Poroto (M)	37501			3748		

UET (1): de biomasa verde del policultivo maíz/poroto, sin considerar el boniato.

UET (2): de Choclos y Granos del policultivo maíz/poroto, sin considerar el boniato.

A 110 días de la siembra se realizó la segunda cosecha, con los choclos y porotos alcanzando la madurez fisiológica. Con la cosecha de todas las plantas de maíz y/o de poroto tape por parcela, se volvió a estimar el rendimiento en este caso sólo de productos comercializables, y el Uso Equivalente de la Tierra (tabla 3). En este segundo momento de cosecha, por la pérdida del contenido de humedad en el grano debido al avance en la madurez, el poroto tape tanto en monocultivo como en policultivo tuvo una reducción en el rendimiento respecto a la primera fecha de cosecha. De todas maneras mantuvo la tendencia y relación favorable para el policultivo (0,60). En el maíz hubo una caída en el rendimiento por la misma causa, pero en este caso disminuyó también la relación del rendimiento del policultivo en comparación con el rendimiento del monocultivo. Su relación 0,45 indica una desventaja del policultivo de maíz respecto al monocultivo. Este valor es el que explica también la caída en el UET en el segundo momento de cosecha, que aunque sigue siendo superior a 1 (que indica que el policultivo es un 5% más productivo que el monocultivo), las ventajas del policultivo fueron menos evidentes.

Aunque con diferentes densidades de siembra y variedades, los resultados del UET alcanzados en la primera fecha fueron relativamente similares a los obtenidos en Brasil por Veiga Silva (2008). En el mismo policultivo este autor halló valores de UET de 1,16 y 1,39, en productos cosechables y biomasa aérea residual respectivamente.

A pesar de las diferencias en productividad y en el UET observadas (tablas 2 y 3) no se detectaron diferencias significativas. Es probable que esto se deba al bajo tamaño de muestra y a la ausencia de repeticiones (hubo un solo dato de rendimiento por parcela en cada bloque). Al respecto es recomendable para futuros trabajos contar con más de una repetición por bloque, como podría ser el diseño en bloques generalizados al azar (DBGA). Este diseño permitiría introducir en el análisis los efectos principales y las interacciones bloque-tratamiento conjuntamente, y no estar obligados a analizarlas por separado por falta de grados de libertad.

El boniato tuvo un rendimiento medio de 16.125 kg/ha entre el monocultivo y el policultivo.

Tabla 3: Rendimiento promedio estimado de choclos de maíz y granos de poroto, relación (rendimiento policultivo/rendimiento monocultivo de cada especie), y Uso Equivalente de la Tierra (UET), cosecha 15/4/2014.

	Choclos y Granos (kg/ha)	Relación (policultivo/monocultivo)	UET
Maíz (P)	5411	0,45	1,05
Maíz (M)	12049		
Poroto (P)	1467	0,60	
Poroto (M)	2439		

El boniato y el maíz en el ensayo tuvieron un rendimiento superior al promedio de la zona norte del Uruguay en el mismo año: 14.500 kg/ha el boniato y 5.200 kg/ha el maíz dulce (DIEA 2014). El rendimiento del poroto en el ensayo también fue superior al de varios ensayos reportados en el país por Arboleya y Ubilla (1994), que rindieron de 450 a 3810 kg/ha según variedad, con manejo convencional de agroquímicos.

En el análisis químico de las muestras de planta y granos no se encontraron diferencias significativas (Tabla 4).

Tabla 4: Composición química de plantas y granos de maíz y poroto tape, en condiciones de monocultivo (M) y policultivo (P), valores expresados en % de la materia seca. Cosecha 29/03/2014.

	Materia Seca %	Cenizas %	Proteína Cruda %	Extracto Etéreo %	Fibra Detergente Neutro %	Fibra Detergente Ácido %	Lignina %
Maiiz (M) planta	21,50	11,28	8,69	1,53	64,93	35,64	3,52
Maiiz (P) planta	20,58	8,99	8,45	1,91	67,90	38,17	5,41
Maiiz (M) grano	31,78	1,81	10,53	5,13	14,52	3,64	0,35
Maiiz (P) grano	24,14	1,69	10,46	5,93	12,81	2,71	0,09
Poroto (M) planta	16,26	9,31	12,95	2,85	49,60	34,26	8,44
Poroto (P) planta	14,82	11,11	15,42	2,02	48,77	34,37	9,27
Poroto (M) grano	55,52	4,03	27,41	1,94	21,21	6,76	0,84
Poroto (P) grano	56,68	4,17	27,07	2,31	18,99	6,67	0,55

De todos modos, aparecen algunas tendencias resaltables. En primer lugar, se encontró un menor porcentaje de fibra y de materia seca en los granos de maíz en el tratamiento de policultivo, lo que podría indicar un retraso de su ciclo reproductivo bajo esas condiciones de



reducción de la incidencia de la radiación solar, menor temperatura y velocidad de las corrientes de aire, y aumento de la humedad relativa (VÁZQUEZ 2011). En segundo lugar, una tendencia similar se observó con los granos de poroto, con un contenido de fibra menor en el policultivo. Por último, las plantas de poroto tape tuvieron 2,5% más proteína en el policultivo. De acuerdo con BOUCHER y ESPINOSA (1982), este resultado podría deberse a una mayor eficiencia de la FBN en condiciones de estas especies asociadas.

Con los precios promedio de marzo a mayo de choclo y poroto tape (15 \$/kg y 71 \$/kg respectivamente) y los rendimientos promedio de las dos fechas de cosecha, se comparó el ingreso bruto de ambos productos en monocultivo y policultivo. De esta forma, se estimaron 218.827 \$/ha (9.947 US\$) con el maíz en monocultivo, 219.638 \$/ha (9.983 US\$) con el poroto en monocultivo y 244.566 \$/ha (11.117 US\$) con el policultivo de ambos. Con estos rendimientos y precios, el policultivo obtendría un ingreso bruto por hectárea mayor al de los dos monocultivos (11,5% superior).

Segundo año (19/12/2014 al 11/4/2015)

Los rendimientos en este segundo año experimental (tabla 5) fueron notoriamente inferiores al del primer año (tablas 2 y 3). Este resultado pudo deberse a la ausencia total de fertilización en el segundo año y, en el caso del boniato, a que el ciclo de crecimiento desde la plantación hasta la cosecha del producto comercial (raíces) fue 45 días más corto. Esto impidió el crecimiento adecuado de las mismas e impactó negativamente sobre el rendimiento final de boniato.

Tabla 5: Rendimiento promedio de choclos de maíz, granos de poroto y raíces de boniato, biomasa aérea, Relación (rendimiento policultivo/rendimiento monocultivo de cada especie), y Uso Equivalente de la Tierra (UET), cosecha marzo de 2015.

	Choclos, granos y raíces (kg/ha)	Relación	UET (1)	Biomasa aérea (kg/ha)	Relación	UET (2)
Maíz (P)	2819	0,42	1,16	(maíz y poroto) 12834	0,67	1,26
Maíz (M)	6674			22592		
Poroto (P)	452	0,32		15520		
Poroto (M)	1408					
Boniato (P)	5421	0,41		14307	0,58	
Boniato (M)	13044			24490		

UET (1): de choclos, granos y raíces del policultivo maíz/poroto/boniato.

UET (2): de biomasa residual del policultivo maíz/poroto/boniato.

A pesar de ello, el Uso Equivalente de la Tierra (UET) tuvo valores mayores a 1, similares a los alcanzados el año anterior (tabla 2). El resultado del UET en los productos cosechables (1,16), aunque sin diferencias significativas, reiteró la tendencia ventajosa en rendimiento del policultivo sobre el monocultivo. En cuanto al UET de la biomasa residual, el valor de 1,26 señala una ventaja más clara del policultivo, en este caso con diferencias significativas (test Chi-cuadrado, $p < 0.001$).

Con los precios promedio de marzo a abril/2015 de choclo, poroto tape y boniato (25 \$/kg, 75 \$/kg y 13,5 \$/kg respectivamente) y los rendimientos promedio de la cosecha, se comparó el ingreso bruto de los productos en monocultivo y policultivo. De esta forma, se estimaron 166.850 \$/ha con choclos en monocultivo, 105.600 \$/ha con porotos en monocultivo, 176.094 \$/ha con boniatos en monocultivo y 177.558 \$/ha con el policultivo. Con estos rendimientos y



precios, el policultivo obtendría un ingreso bruto por hectárea levemente superior (1464 \$/ha), al mejor de los monocultivos (boniato).

Conclusiones

En las condiciones del ensayo, representativas de la producción familiar de Salto, con un manejo agroecológico y con uso de recursos propios del predio, en el primer año se lograron rendimientos de maíz (5411 y 12049 kg/ha en poli y monocultivo respectivamente), poroto tape (1467 y 2439 kg/ha en poli y monocultivo respectivamente) y boniato (16125 kg/ha) superiores a los promedios de la zona y del país.

Aunque sin diferencias significativas, se observó una mayor incidencia de *Spodoptera frugiperda* en los maíces de las parcelas de monocultivo que en los maíces de policultivo, mientras que en boniato y poroto no se encontraron diferencias en la sanidad de los distintos tratamientos. Este comportamiento sanitario relativamente similar entre los tratamientos de policultivo y monocultivo, podría explicarse por la poca distancia entre parcelas y el efecto de la vegetación espontánea y del poroto de cerdo como barreras biológicas y/o refugio de enemigos naturales. De acuerdo con Smith y McSorley (2000), toda el área del ensayo puede haber funcionado como un gran policultivo con cultivos intercalados y cultivos en fajas, lo que podría ejercer efectos sanitarios benéficos sobre las parcelas de monocultivo. Para futuros trabajos donde se pretenda evaluar este aspecto y evitar las interferencias mencionadas, se deberían implementar mayores tamaños de parcelas y distancias entre parcelas, con ausencia de vegetación de borde en el caso de los monocultivos.

En la primera fecha de cosecha del primer año, el cálculo del UET (1,24 en biomasa verde y 1,16 en productos cosechables) indicó ventajas de la combinación de maíz y poroto tape en policultivo, mientras que esa ventaja se atenuó en la segunda fecha (UET= 1,05). En este resultado pueden haber influido el tamaño de parcela y el efecto de borde mencionados en el párrafo anterior (ya que el estado sanitario afecta directamente la productividad y los valores de UET). Además, en las condiciones de alta fertilidad del suelo en el cuadro del ensayo (incluyendo la buena disponibilidad de nitrógeno), posiblemente no sea tan claro el efecto de



FBN y facilitación entre el maíz y leguminosas en policultivo, mencionados por Boucher y Espinosa (1982) y Bethlenfalvay *et al.* (1991).

Adelantos de la fecha de cosecha o implementar cosechas escalonadas, de acuerdo con el estado sanitario del cultivo y la madurez óptima de choclos y vainas de poroto, podrían hacer variar los resultados, tanto de la productividad como en el Uso Equivalente de la Tierra.

El policultivo generó ingresos brutos que se estimó superiores al de los monocultivos (11,5% en 2014 y 1% en 2015), a los cuales se debería agregar el excedente de biomasa de elevada calidad nutricional con alto valor económico en estos sistemas hortícola-ganaderos.

En el segundo año, pese a la reducción en el rendimiento general debido principalmente a la ausencia de fertilización, el policultivo logró nuevamente un mejor Uso Equivalente de la Tierra. El mejor desempeño del policultivo se expresó con más claridad en la biomasa aérea residual luego de la cosecha de los productos comercializables. Esta biomasa excedente es muy apreciada dentro del sistema productivo, como alimento para el ganado y/o como abono verde para los cultivos siguientes.

Estos resultados abren un camino promisorio para la implementación de este policultivo, en el marco de diseños más biodiversos e integrados dentro de los sistemas productivos familiares de esta zona de Uruguay.



Relacionado con los objetivos específico 3 y 4.

Capítulo 6

Rediseño de una finca diversificada con criterios de sostenibilidad en Salto (Uruguay)⁹

*Aguirre, Sergio¹ * & Cotroneo, Santiago Miguel²*

¹ Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. ² Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (FAUBA), Argentina.

*Dir. postal: Rivera 1575 (Salto-Uruguay). Dir. electrónica: saguirre@unorte.edu.uy

Resumen

La investigación presenta y discute el rediseño agroecológico de una finca diversificada ganadera y hortícola, ubicada en Salto (Uruguay). Un diagnóstico inicial reflejó laboreo a favor de la pendiente, escasa rotación de cultivos y pastoreo, uso de agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y para fertilización como prácticas comúnmente realizadas. El diseño base del predio se caracterizó por escasez de potreros, monocultivos hortícolas y falta de sombra. Desde el año 2009 para mejorar la sostenibilidad del sistema se plantearon los siguientes cambios: (a) ensayar prácticas de policultivos, fertilización orgánica y manejo de distintos caldos para el control de plagas y enfermedades, (b) instalar un módulo silvopastoril intensivo combinando especies forrajeras nativas y exóticas, (c) plantear un sistema de rotaciones, y (d) se implantar árboles nativos, para sombra y conectividad del sistema. Durante tres años de seguimiento, se instaló un banco forrajero silvo-

⁹ Este capítulo fue elaborado con las normas exigidas en el congreso de la SOCLA/2013 en Perú. La presentación oral está publicada en <https://soclaperu.files.wordpress.com/2013/10/258-redisec3b1o-de-una-finca-diversificada-con-criterios-de-sostenibilidad-en-salto-uruguay.pdf>



pastoril intensivo con una producción anual promedio de 8166 kg/ha de materia seca que incluyó leucaena (1800 kg/ha de materia seca con 20% de proteína), se implantaron cortinas de árboles con angicos, sembraron un abono verde y cultivos diversificados estivales e invernales. No llevaron a cabo las propuestas de subdivisiones de potreros, mejoramientos de las pasturas ni compostaje con residuos de cosecha y estiércol del predio. Como conclusión se destaca la importancia de contemplar/integrar cuidadosamente los aspectos familiares, socioculturales y económicos dentro de las propuestas agroecológicas de cambio.

Palabras clave: agroecología, diversificación, horticultura, silvopastoril intensivo.

Introducción

La Colonia Presidente Oscar Diego Gestido del Instituto Nacional de Colonización está ubicada a 25 km al norte de la ciudad de Salto (Uruguay), a 31° de latitud sur y 55 msnm. Tiene un área total de 2933 ha y 55 fracciones de pequeñas áreas¹⁰ (47 ocupadas por colonos con explotaciones agropecuarias), donde las actividades predominantes son ganadería de carne y leche, en muchos casos diversificadas con horticultura. En 2009 y 2010 se desarrolló el proyecto “Apoyo a las iniciativas de producción agroecológica en Colonia Gestido-Salto”, con los objetivos de implementar experiencias de producción agroecológica, evaluarlas mediante el uso de indicadores de sustentabilidad, y fortalecer las actividades grupales de los productores. Desde 2011, se reformula la propuesta dando inicio al proyecto “Estudio de alternativas de producción agroecológica en Colonia Gestido-Salto”.

En uno de los predios familiares donde se desarrollaron estos proyectos, la familia Ferrao estaba compuesta por Juan (69 años), su hija Elizabeth (41 años) y su nieto Henri (15 años). Juan poseía 3° año de escuela terminado, Elizabeth primaria

¹⁰ La mayoría entre 30 y 100 ha, información proporcionada por la Regional Salto, Instituto Nacional de Colonización.



completa y Henri 1º de enseñanza secundaria, trabajando con su abuelo en ese momento. Elizabeth trabajaba afuera del predio, logrando un ingreso económico importante para el sostén familiar. Juan se proponía ir disminuyendo el área de cultivos hortícolas y aumentar la producción ganadera, ya que esta última le demandaba menor esfuerzo físico más acorde a su avanzada edad.

Las principales producciones del predio eran la ganadería y los cultivos de frutilla (*Fragaria* sp.), cebolla (*Allium cepa*), boniato (*Ipomoea batatas*), maíz (*Zea mays*), zapallo (*Cucurbita* sp.), arveja (*Pisum sativum*) y poroto (*Phaseolus vulgaris*), para la venta y autoconsumo. El manejo anterior había sido convencional con uso de agrotóxicos, desde 2009 realizaron avances con criterios agroecológicos, destacándose que: (a) diseñaron y comenzaron a manejar policultivos de maíz, zapallo, poroto, boniato; (b) usaron semillas y mudas de variedades buscando su adaptación y rusticidad, y se realizaron nuevos cultivos: repollo (*Brassica oleracea*), lechuga (*Lactuca sativa*), acelga (*Beta vulgaris*), perejil (*Petroselinum crispum*), ajo (*Allium sativum*), cebolla, habas (*Vicia faba*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y zanahoria (*Daucus carota*), con materiales de la Red de Semillas Criollas; (c) empezaron a utilizar (además del estiércol del predio) compost, biofertilizantes, productos biológicos como Microorganismos Efectivos y fosforita molida; (d) comenzaron a manejar como abonos verdes y forraje: poroto tape o caupí (*Vigna unguiculata*), avena negra (*Avena strigosa*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). Además, se evaluó el comportamiento productivo de pasto elefante y de la caña de azúcar, en áreas con manejo convencional (con fertilizantes solubles y herbicidas) y en áreas de manejo orgánico. Por su parte, desde julio/2011 se diseñó y comenzó a implantar un módulo de silvopastoreo intensivo con pasto elefante y las leguminosas angico (*Parapiptadenia rígida*) y leucaena (*Leucena leucocephala*). Para aprovechar el espacio y el riego en las etapas iniciales de introducción y crecimiento de las leguminosas, se sembraron cultivos anuales en forma intercalada (Aguirre y Galván 2013).

A pesar de esos avances, en el conjunto del predio se detectaron distintos problemas¹¹, que se pueden solucionar a partir de un análisis global de los mismos. Desde un enfoque sistémico, éstos se visualizaron en los subsistemas hortícolas, ganaderos y en la interacción entre ambos, como se presentan a continuación:

- *Problemas en el subsistema hortícola*: se mantenían cultivos a favor de la pendiente en cuadros con problemas de erosión; se mantenían los canteros o camellones con el suelo desnudo (sólo con la cobertura de las plantas cultivadas); y se continuaban quemando los restos de vegetación espontánea (“malezas” como *Cynodon dactylum* entre otras), que podrían funcionar como cobertura muerta con los beneficios que esto conlleva: proteger los suelos de la erosión hídrica, conservar la humedad, atenuar las temperaturas extremas y reciclaje de materia orgánica (Altieri, 1999). Además continuaban la siembra en forma de “monocultivos” (cultivos en franjas de 10-15 hileras de una misma especie), en vez de policultivos ya probados en el primer proyecto¹².
- *Problemas en el subsistema ganadero*: se realizaba un pastoreo continuo (o rotativo pero con poco descanso entre pastoreos), con una alta carga animal (1,6 UG/ha). Esto junto con la agricultura realizada en años anteriores provocaban: una escasa presencia de especies nativas de alto valor forrajero y baja persistencia de leguminosas implantadas; una escasa cobertura vegetal herbácea en los potreros de chacras viejas (campo bruto, CB); una baja oferta forrajera invernal por estivalización del tapiz vegetal natural (alta proporción de especies estivales de metabolismo C₄, en relación con las invernales C₃), producto del pastoreo y del aumento de la temperatura e insolación por la falta

¹¹ Estos problemas se determinaron junto al productor, a partir de recorridas por el predio y discusión.

¹² La siembra en forma de monocultivos así como la quema de “malezas” y restos de cultivos, son prácticas “instintivas”, que realizan por tradición. Ante la pregunta de *¿Por qué las realizan?* en general no tenían respuestas claras: “*porque siempre lo hicimos así*”, “*para tener el suelo más limpio*”, “*para que no se ganen (oculten) las víboras*”...

de sombra. Esta escasez de sombra (concentrada en 4 puntos del subsistema), incide en el microclima predial que a su vez impacta desfavorablemente en el comportamiento, el bienestar y el desempeño del ganado (Carranza y Ledesma 2005, Murgueitio et al. 2010).

- *Problemas en las interacciones entre subsistemas hortícola y ganadero*: había una extracción de los restos de cultivos en las áreas hortícolas para dar como alimento al ganado, que no se compensaba con la reintroducción de estiércol y los fertilizantes minerales que utilizaban (generando desbalances de nutrientes en las parcelas hortícolas); estas prácticas producen pérdidas de nutrientes por mineralización y lixiviación en los corrales del ganado, debido al manejo de las excretas a cielo abierto y sin utilizar ningún tipo de materiales fibrosos como “cama” para los animales (Kiehl, 1985).

Para enfrentar ese conjunto de problemas, se deben diseñar agroecosistemas más biodiversos, que posean una alta resistencia a plagas y enfermedades, con una alta capacidad de reciclaje y de retención de nutrientes (Gliessman 2002). Estos sistemas más sostenibles promueven diversas interacciones sinérgicas, subsidiando la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad del sistema (Altieri y Nicholls 2007). Sobre estas bases, el objetivo del trabajo fue rediseñar la finca en su conjunto, tomando en cuenta los problemas ecológico-productivos, las aspiraciones familiares y sus recursos, fortaleciendo las actividades grupales de investigación participativa en Colonia Gestido.

Materiales y Métodos

Caracterización biofísica zonal y predial

La temperatura media anual de la zona donde se encuentra la Colonia Gestido es de 19,4°C, con una media en verano de 26,2°C y en invierno es de 12,8°C, con período de heladas entre junio y agosto. Las precipitaciones anuales promedio son de 1339 mm sin una distribución definida, pero normalmente con déficits hídricos

para el crecimiento vegetal en el verano, entre diciembre y febrero (Castaño et al. 2011).

Los suelos de dos parcelas del predio destinadas a horticultura son de acidez moderada, con bajo porcentaje de materia orgánica y contenidos medios a bajos de fósforo (P) y de potasio (K) (Tabla 1). En cuanto a su textura y estructura, en más del 80% de las 8 ha se encuentran suelos arenosos a franco-arenosos de poca fertilidad. Un horizonte A de 30 cm de profundidad, un horizonte Bt de 30-50 cm por debajo (de difícil penetración de las raíces debido a su contenido de arcillas), y un horizonte C de 50-70 cm de la superficie. Los suelos restantes son Litosoles, suelos superficiales, arenosos y pedregosos de 10 cm de profundidad, con afloramientos de la roca madre¹³.

Tabla 1: Análisis químico de suelo en el predio de Juan Ferrao: chacra con ladera al sur (2009) y en módulo de silvopastoreo (SPI) en 2013.

Módulo	pH		M.O. %	Nutrientes				
	H2O	KCl		P*	K**	Ca**	Mg**	Na**
Ladera al sur	5.1	4.2	1.2	9	0.30	3.3	0.8	0.05
SPI (3/2013) ^{***}	5,9	4,8	0,5	16,8	0,1	1,5	0,5	0,1

*partes por millón. **miliequivalentes por 100 g de suelo. Análisis en los laboratorios de la Dirección General de Suelos y Aguas del MGAP. ***Donde se instaló el módulo de Silvopastoreo intensivo.

La vegetación herbácea y arbustiva ocupaba el 80% del área del predio (50% de antiguas chacras, 10% con cultivos actuales y 20% de campo natural localizado en las zonas bajas de la finca), un 10% ocupa el tajamar para abrevadero de los animales¹⁴ y el 10% restante ocupado por árboles de distintas especies (eucaliptus, pinos, casuarinas, paraísos, ipirapitáes entre otros).

¹³ Datos extraídos de Durán (1985) y ajustados por muestreos realizados por estudiantes del Taller 2 (Facultad de Agronomía), en el año 2010.

¹⁴ Que además, por los camalotes que crecen en él, esporádicamente aporta forraje para el ganado.

La dotación ganadera del predio era de 23 animales de pastoreo (13 Unidades Ganaderas, UG), divididos en 10 vacunos (4 vacas, 4 vaquillonas y 2 terneros, 7.2 UG), 10 ovejas (1,8 UG) y 3 caballos para trabajo (4 UG). Eso representa una carga animal de 1,6 UG/ha, valor muy alto considerando el promedio nacional de 0,7 UG/ha (MGAP-DIEA 2015). En esto incidían las alternativas de pastoreo extraprediales (caminos y campo de vecino), que realizaban las vacas además de rotar por el predio según la disponibilidad de pasto. Las ovejas pastoreaban sólo en el piquete cercano a la casa. Además en un campo de recría utilizado de manera compartida con otros productores, tiene 2 vacas de cría y 3 vaquillonas. La oferta forrajera del campo natural y chacras viejas estaba compuesta en forma predominante por gramíneas de ciclo estival, de valor nutricional medio a bajo (Tabla 2).

Tabla 2: Especies presentes y su porcentaje en el área de campo natural (2010)¹⁵

Especie	Cantidad	Porcentaje (%)
<i>Cynodon dactylon</i>	21	26
<i>Paspalum notatum</i>	15	18
<i>Axonopus affinis</i>	6	7
<i>Axonopus compressus</i>	6	7
<i>Eleusine tristachya</i>	1	1
<i>Sporobolus indicus</i>	2	2
<i>Paspalum plicatulum</i>	3	4
<i>Lolium multiflorum</i>	3	4
Graminoide	8	10
Malezas enanas	10	12
<i>Senecio madagascariensis</i>	2	2
<i>Echium plantagineum</i>	3	4
<i>Sida rhombifolia</i>	2	2
Total	82	100

¹⁵ Estimadas a través de Muestreos de Frecuencias, se contaron el número de plantas en marcos de muestreo de 0,5 X 0,5 m.

Propuesta de Rediseño

En las condiciones presentadas, a continuación se desarrollan las propuestas de modificación en la estructura y el manejo de la finca. Para ello se consideró la historia y el uso actual de cada parcela o potrero, así como los principales problemas de los distintos sectores. Los cambios se propusieron de manera progresiva (entre 2012 y 2015) de acuerdo a los criterios que se presentan en la tabla 3, al diseño espacial de la Figura 1, y a las etapas de la Tabla 4. Así, en base a criterios agroecológicos y al diálogo con la familia Ferrao, se establecieron las siguientes propuestas:

Tabla 3: prácticas degradativas (iniciales) y prácticas agroecológicas (propuestas) y sus principales consecuencias.

Práctica Degradativa 1	Problema: pastizal degradado
Horticultura en monocultivo y abandono (Campo Bruto)	Actividades anteriores de roturación, monocultivo hortícola y abandono eliminaron el tapiz herbáceo natural. El posterior pastoreo continuo no permite que se reinstalen las especies de mayor valor forrajero. El resultado es un pastizal degradado o campo bruto (CB).
Práctica Agroecológica	Propuesta:
(Campo Mejorado)	Subdivisión de potreros (con cerca eléctrica que ya posee Juan Ferrao), siembra al voleo de leguminosas exóticas ¹⁶ y promoción de nativas de alto valor forrajero. El pastoreo con altas cargas instantáneas y mayor tiempo de descanso permitirá mantener un pastizal de buena condición o campo mejorado (CM). El enriquecimiento de especies invernales proporcionará una oferta de forraje más estable a lo largo del año. La adaptación de las especies a sembrar ya fue ensayada en sitios

¹⁶ En marzo de cada año, inoculadas con el rizobio específico y fertilizadas con fosforita.

similares en las fincas de otros participantes del grupo.

Siembra de exóticas adaptadas: *Lotus subbiflorus cv.rincón*, anual de ciclo invernal visible de marzo a noviembre, para sitios más secos de loma; *Trifolium pratense*, perenne de ciclo primavera–estivo-otoñal (PEO) para sitios un poco más húmedos de media loma y bajo; *L. corniculatus*, perenne de ciclo PEO, aunque menos productivo, es más rústico y estable, resistente a la sequía y con menos requerimientos de pH y fósforo (Milot et al., 1988); *Trifolium repens*, perenne de ciclo otoño-invierno-primaveral (OIP), de alta productividad, requiere buenos niveles de fósforo, es poco tolerante a la sequía y a pH ácidos.

Promoción de nativas: *Desmodium incanum* (perenne PEO, ya presente en sectores del predio pero en baja proporción, visible de octubre a mayo). Esta leguminosa es considerada un pasto tierno, bien consumida por el ganado con 15% de proteína bruta y 0,18% de fósforo (Fernández et al. 1993), y a su vez que el ecotipo presente en Salto tiene buena productividad y capacidad de nodulación natural con su rizobio nativo (Crosa et al. 1999).

~~~

---

**Práctica degradativa 2 Problema: pérdida de nutrientes**

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acumulación de estiércol y orina en dormideros | Estiércol y orina del ganado se acumulan y concentran en dormideros animales en un área reducida (de pocos m <sup>2</sup> ), quedando expuestos a la lluvia y el sol, y generando mineralización rápida y lixiviación de nutrientes. |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

**Práctica Agroecológica Propuesta:**

|                                |                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Absorción, Mezcla y Compostaje | Manejo del estiércol y la orina con residuos orgánicos fibrosos del predio (gramilla) y/o de industrias locales (cáscara de arroz), para evitar las pérdidas de nutrientes que componen el estiércol |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

y la orina. Los residuos con alta relación carbono/nitrógeno (C/N) se esparcen en el suelo de dormideros, allí absorben líquidos y se mezclan con el estiércol y luego se apartan del dormidero para compostar. Además se mantendrá la masa húmeda durante la descomposición (el agua forma con el amoníaco hidróxido de amonio reteniendo de esta forma al nitrógeno) y se agregará superfosfato y tierras arcillosas que también se combinan con el amoníaco y complementan esa función (Kiehl, 1985).

~~~

Práctica degradativa 3 Problema: pérdida de calidad del suelo

Horticultura en monocultivo, pastoreo del rastrojo, quema de gramilla, labranza a favor de la pendiente

La fertilización actual de las huertas se realiza con el estiércol del ganado acumulado en dormideros y eventualmente con fertilizante comercial (15%N, 15%P, 15%K). A pesar de ello, las remociones del rastrojo (para pastoreo) y de la gramilla (que es quemada), por un lado generarían un balance de nutrientes negativo en algunas situaciones, y por otro dejan el suelo desnudo, que labrado a favor de la pendiente, es muy susceptible a la erosión hídrica.

Práctica Agroecológica Propuesta:

Horticultura diversificada y rotación con abono verde (Avena negra + Vicia)

La fertilización con material compostado y biofertilizantes líquidos (Gonçalves, 2009), más la no extracción del rastrojo, más las rotaciones de (1) hortícolas invernales-estivales u hortícolas en policultivo, con (2) Avena + Vicia, permitirán un mejor balance de nutrientes y aportarán materia orgánica al suelo mejorando su salud física y biológica (Altieri, 1999). Las “malezas” secas que antes se quemaba, al ser utilizada como piso para heces y orina, contribuye a su compostado y reduce las pérdidas de nutrientes. Labranza en curvas de nivel y uso de coberturas muertas en los cultivos, para evitar la erosión,

conservar la humedad, atenuar las temperaturas extremas y como aporte de materia orgánica.

~~~

---

**Práctica degradativa 4      Problema: falta de sombra**

|                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Tala de árboles que crecen de manera espontánea y pocos árboles concentrados.</p> | <p>Las especies nativas que crecen contra los alambrados son generalmente cortados para evitar dificultades en el alambramiento. Las 4 áreas donde se concentran los árboles no facilitarían los pastoreos con más subdivisiones (los animales quedarían expuestos a las inclemencias climáticas).</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

**Práctica Agroecológica      Propuesta:**

|                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Manejo de árboles nativos y plantación de cercos vivos y cortinas.</p> | <p>Realizar podas de formación de los árboles contra los alambrados, para evitar las interferencias con el mantenimiento de las cercas. Plantar árboles en hileras procurando abrigo (en la parte sur del predio) y sombra en los límites de las nuevas subdivisiones que se van a implementar. Estas hileras serán protegidas en los primeros años con las cercas eléctricas. En cuanto a las especies, se priorizarán a las nativas por su adaptación agroecológica, y entre ellas a las leguminosas por su aporte de nitrógeno al sistema a través de la FBN y el efecto de su asociación con micorrizas (Balieiro et al., 2004). También se considerará la inclusión de frutos nativos y otros que ofrecen distintos bienes y servicios ambientales: uso eficiente de los recursos, leña, mejoras físicas y químico/biológicas del suelo, aporte a los procesos de regulación natural de plagas, entre otros. En este sentido, las especies ya plantadas son buenos ejemplos: Ibirapitá (<i>Peltophorum dubium</i>), Timbó (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>), Angico (<i>Parapiptadenia rigida</i>), Anacahuita (<i>Schinus molle</i>) y Arazá (<i>Psidium cattleianum</i>).</p> |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

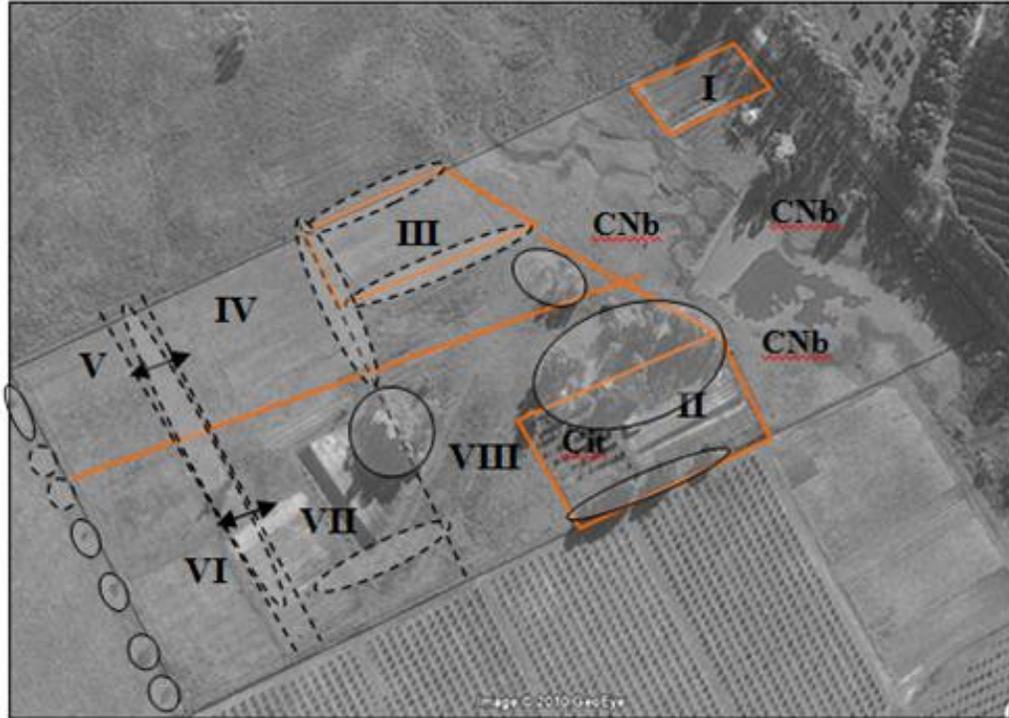


Figura 1. Vista en planta del establecimiento y sus sub-divisiones actuales y propuestas, en base a una imagen satelital de la finca en 2008 (fuente Google Earth©). Sobre la imagen se esquematiza el apotreramiento. Líneas llenas: divisiones originales de los potreros. Líneas punteadas: divisiones incluídas en el rediseño. Líneas punteadas unidas por flechas: divisiones móviles o bollero eléctrico. Elipse en línea llena: arboleda actual. Elipse en línea punteada: arboleda en implantación o a implantar.

~~~

Tabla 4: esquema de uso de los potreros (N° romanos en filas) en el tiempo (años).

N°	Historia	Estado Inicial	Transición Agroecológica		Proyección Futura (Rediseño)			
	(20 años)	(2009)	(2010)	(2011)	(2012)	(2013)	(2014)	(2015)
I	C	HM	HM / HP **	HDE **	HP o HDI-HDE **	VV (inv) HM (est) **	HP o HDI-HDE **	VV (inv) HDE (est) **
II	HM	HM	HPP**	V	VV (inv) HM (est) **	HP o HDI-HDE **	VV (inv) HM (est) **	HP o HDI-HDE **
III	HM / CB	CB	BF	HDI/ BFSPi**	BFSPi **	BFSPi **	BFSPi **	BFSPi **
IV	HM / CB	CB	CB	CB	D+I*	CM**	CM**	CM**
V	HM / CB	CB	CB	CB	D+I*	CM**	CM**	CM**
VI	HM / CB	CB	CB	CB	CB	D+I*	CM**	CM**
VII	HM / CB	HM	CB-	HM	CB	D+I*	CM**	CM**
VIII	HM / CB	CB	CB	CB	CB	CB	D+I*	CM**

(*): prácticas de transición agroecológica; (**): práctica del rediseño. BF: banco forrajero de caña de azúcar y pasto elefante; BFSPi**: banco forrajero silvo-pastoril intensivo; C: Corral/ Caballeriza; CB: campo bruto (roturación, agricultura y abandono), CB-: campo bruto con siembra poco efectiva de pastura polifítica; Cit: Citrus; CNb: campo natural en buena condición. CM**: campo mejorado con leguminosas exóticas y nativas de alto valor forrajero; D+I*: descanso (exclusión parcial del pastoreo) e implantación de especies de alto valor forrajero y arboledas del potrero; HM: monocultivo hortícola de frutilla o ajo o boniato o cebolla o maíz o maní o zapallo, HDE**: cultivo hortícola diversificado estival en fajas, de boniato, maíz dulce y/o maní y/o zapallo kabutiá y/o poroto tape; HDI**: cultivo hortícola diversificado invernal en fajas, acelga, arveja, cebolla, frutilla, zanahoria. HDE-HDI**: horticultura estival e invernal, en fajas con rotación entre estaciones y años. HP**: policultivo hortícola de maíz y/o poroto y/o tomate y/o verduras de hoja y/o zapallo; V: verdeo de avena negra; VV: verdeo de avena + vicia.

Tomando en cuenta las prácticas agroecológicas propuestas, y en analogía al término "interacciones potenciadoras" usado por Altieri (1992), se seleccionaron algunas prácticas que podían funcionar como disparadores clave para la transición. Se consideraron así a las medidas o decisiones clave, debido a que su efecto no es



meramente lineal sobre otro componente del sistema, sino que inciden positivamente sobre múltiples componentes, que a su vez inciden sobre otros, y así sucesivamente. Se puede formar así una red de interacciones favorables para el sistema o de “efecto multiplicador”, que resultan en una maximización de los esfuerzos o recursos invertidos. Aquí los disparadores clave propuestos fueron: el mayor número sub-divisiones en la finca, el manejo de heces y orina, las rotaciones entre verdeos de invierno y policultivos hortícolas, y la inclusión de un sistema de silvopastoreo intensivo. Varias de esas prácticas de muy bajo o nulo costo, y de escasa demanda de mano de obra. Los efectos e interacciones positivas generadas a partir de ello se sintetizan en la Fig. 2.

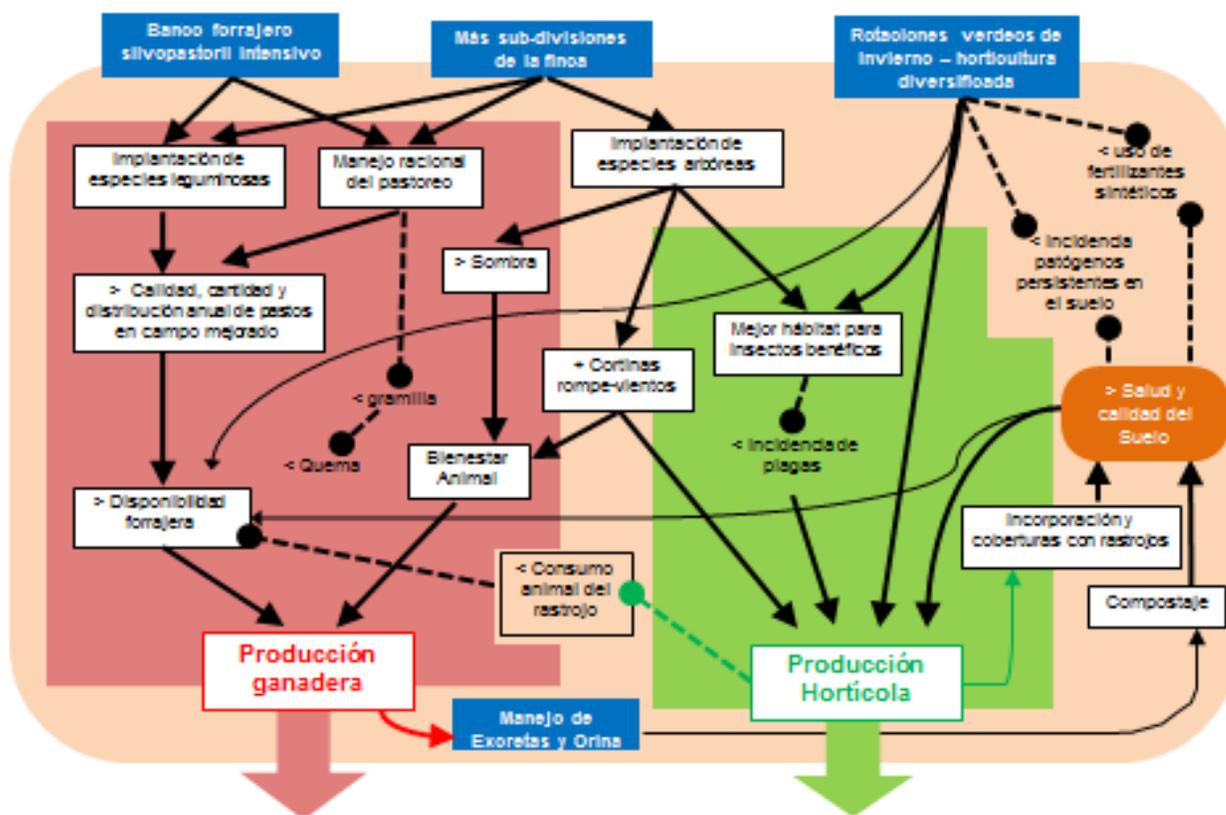


Figura 2. Interacciones del sistema finca de Juan Ferrao y su familia, en donde se distinguen los subsistemas ganadero y hortícola, y se destaca el suelo como base y la mayor incorporación de especies arbóreas que incrementan la diversidad. Cajas azules: “disparadores clave”, estrategias de manejo disparadoras de sinergias entre procesos ecológico-productivos favorables. Cajas con bordes de color rojo y verde: producciones objetivo. Líneas continuas: interacciones positivas generadas a partir de la transición agroecológica. Líneas punteadas: procesos o interacciones negativas en las que se deja de incurrir o que se desaceleran a partir de la transición.



Resultados y Discusión

Luego de un año y medio, se señalan las prácticas agroecológicas propuestas en el rediseño que esta familia pudo realizar en buena medida, y por otro lado las prácticas degradativas que no modificaron.

Entre las prácticas agroecológicas implementadas en buena proporción, se encuentra un “disparador clave”, el banco forrajero silvo-pastoril intensivo (BFSPi), y las cortinas de árboles. Completaron el 80% del banco forrajero planificado, faltando sólo 4 hileras de pasto elefante y 1 hilera de arbustos leguminosos. Mediante corte y acarreo del pasto elefante para suministrar a los animales, lograron una producción anual promedio de 29166 kg/ha (8166 kg/ha de materia seca). Aunque hasta el momento que se siguió la experiencia (2013), no habían alimentado a los animales con forraje proveniente de las leguminosas, sí se midió el crecimiento y el peso de la biomasa comestible producida. En ese sentido se destacó la leucaena, donde en el segundo ciclo de crecimiento se estimó un promedio de más de 5000 kg/ha de materia verde (1800 kg/ha de materia seca), con valores de 20% de proteína cruda. Protegidos por cerca eléctrica (o bollero), los Ferrao implantaron tres cortinas de árboles con angicos: una en el costado sur del banco de forraje, otra en el límite oeste con el predio vecino y la última en el límite sur con el vecino. De esta manera, plantaron 180 arbolitos en 250 metros lineales de cortina. A pesar de que sufrieron un ramoneo por el ganado cuando se dañó una vez la cerca eléctrica, todos los árboles sobrevivieron y continuaron creciendo.

Otras prácticas, también “disparadores clave”, que en forma menos sistemática realizaron fueron: la inclusión de un abono verde con avena negra en el potrero II (otoño 2013); y un policultivo maíz/caupí y cultivos hortícolas diversificados estivales en fajas (HDE), con maíz dulce, maní, zapallo kabutiá y poroto tape en el potrero I (verano 2012-2013). En el otoño 2013, en el potrero I también realizaron cultivos hortícolas diversificados invernales en fajas (HDI, con cebolla, arveja y remolacha),

en surcos casi perpendiculares a la pendiente. Esta práctica la realizaron para enlentecer la circulación del agua por los surcos, atenuando así a erosión del suelo. En cuanto a los “disparadores claves” no implementados, no aumentaron las subdivisiones propuestas (salvo las cercas eléctricas protectoras de las cortinas de angicos), y continuaron sin tratar convenientemente las excretas del ganado, a los efectos de evitar las pérdidas de nutrientes. En este último aspecto, una sola vez mezclaron las heces con restos de pasto elefante, pero no lo volvieron a repetir.

No modificaron las prácticas degradativas de pastoreo continuo, no realizaron “mejoramientos” (siembra de leguminosas y promoción de nativas) sobre el campo de pastoreo, y continuaron quemando y/o extrayendo restos de cultivos y vegetación espontánea de las zonas de cultivo para alimentación de animales.

Para explicar estos resultados que parecen poco exitosos, debemos volver a considerar el sistema en su conjunto, y hacer foco en los aspectos familiares y en especial, en los procesos/experiencias por los que pasan cada integrante. Juan Ferrao, quién desde sus inicios lideraba la propuesta agroecológica dentro de la familia (y en buena medida dentro del grupo en Colonia Gestido), comenzó una relación de pareja lejos de allí (en la ciudad de Montevideo), con lo cual desde fines de 2012 tiene muy poca incidencia sobre lo que ocurre en el predio. Su hija Elizabeth trató de mantener las actividades propuestas aquí, pero por su trabajo fuera del predio estaba fuertemente limitada para realizar o controlar su implementación. Henri por su parte, hasta el momento que finalizó el seguimiento de la experiencia no manifestaba la madurez suficiente para entender y liderar este emprendimiento con decisión, sin el apoyo de sus mayores. La continuidad de la propuesta dependerá de cómo se procesen esos cambios, en especial en Henri, que en el mediano y largo plazo deberá gestionar este sistema productivo.

Esta otra faceta del problema, la consideración dentro del predio del subsistema de gestión, es esencial para provocar cambios importantes en los aspectos productivos. Este aspecto es trabajado por otros autores (Dogliotti et al., 2012), donde incluyen a



las personas que toman decisiones en el predio, con sus objetivos, criterios, reglas y perspectivas respecto a su calidad y modos de vida, como determinantes en el resultado final de las propuestas de rediseño predial.

Conclusiones

En las decisiones o medidas contempladas en un rediseño agroecológico de una finca, se interviene sobre la compleja red de interacciones entre los elementos del sistema productivo. Por un lado, ello requiere de un conocimiento claro del contexto biofísico, de la estructura y funcionamiento de ese sistema (finca), incluyendo sus sub-sistemas (suelo, cultivos, animales, hogar, etc.) y sus relaciones.

Al mismo tiempo, se requiere tener en cuenta el contexto socioeconómico y cultural, así como también realizar un diagnóstico conjunto con el productor, que permita caracterizar, visualizar puntos críticos, y planificar objetivos y transiciones de acuerdo a sus necesidades, posibilidades y anhelos.

Un conjunto de prácticas relacionadas con los aspectos ecológico-productivos puede ser adecuado, acordado entre los participantes, inicialmente implementado y parecer sostenible como ocurrió en este caso. Sin embargo, tanto los logros alcanzados al respecto, como el futuro y la permanencia de la familia y de la finca, están fuertemente influenciados por el grado de satisfacción de sus necesidades y su contexto familiar, social, cultural, económico, etc. Todo este entorno que condiciona el rediseño de los agroecosistemas, es determinante no sólo de la forma en la que se realiza la producción, sino también de la sostenibilidad del sistema en su conjunto en el largo plazo.

Agradecimientos:

A la familia Ferrao por la información brindada y sus aportes en el trabajo y la discusión. A los estudiantes del Taller 2 de Facultad de Agronomía (2010) por su participación en el relevamiento de la composición del campo natural.

Conclusiones Generales

- I. Respecto al objetivo general de la tesis, la diversificación de los sistemas productivos con criterios agroecológicos, a través de los sistemas de silvopastoreo intensivo y los policultivos, resultaron alternativas sustentables para los productores familiares participantes de esta investigación. En ese contexto, los agricultores familiares pueden utilizar y mantener de manera eficiente los recursos propios del predio (restos de cultivos, estiércol, suelo, mano de obra), aprovechar las sinergias entre componentes (animales y vegetales, especies anuales y perennes, leguminosas y gramíneas), disminuir la dependencia de insumos externos y los problemas asociados a su uso, y lograr niveles de productividad similares y a veces superiores a los promedios de la producción convencional.
- II. En relación con el primer objetivo específico, los SPI implementados fueron un modelo de producción bovina demandantes en trabajo para su instalación, que posteriormente ofrecieron altos volúmenes de biomasa vegetal. Ajustes sencillos en la frecuencia de pastoreo y en las refertilizaciones anuales provocarán mejoras en la calidad del forraje y en su distribución estacional, especialmente en pasto elefante, que a su vez incidirán de manera positiva en la productividad ganadera alcanzada. En las condiciones de este estudio, leucaena resultó la especie más adecuada a ser utilizada como arbusto forrajero. A mediano y largo plazo, se espera que el aumento en la madurez de este sistema impacte favorablemente sobre el bienestar animal al aportar sombra, temperaturas más confortables y el mantenimiento del balance hídrico. La mayor complejidad biológica de los SPI mejorará el control biológico de plagas y enfermedades, lo que también va a favorecer el bienestar animal.

- III. Relacionado al segundo objetivo específico, a pesar de las dificultades en la implementación de los ensayos planificados inicialmente, con los policultivos efectivamente probados se obtuvieron buenos resultados en los rendimientos (tanto de los productos comercializables como de la biomasa total producida) y en el Uso Equivalente de la Tierra. En el caso de maíz y poroto, el policultivo también fue más ventajoso en cuanto al ingreso bruto alcanzado. Mejoras en la densidad de siembra (combinados con adecuados raleos de plantas) podrán incidir de manera positiva en los resultados del policultivo zanahoria/cebolla.
- IV. En cuanto al tercer objetivo específico, la implementación del silvopastoreo y los policultivos junto con otras prácticas en el marco de un proceso de rediseño predial con criterios agroecológicos, exigió comprender e integrar a los aspectos ecológico-productivos, la situación familiar y su contexto socioeconómico. Definidos los disparadores claves y las etapas a cumplir, se lograron éxitos parciales en la propuesta de rediseño acordada, debido a profundos cambios familiares.
- V. Respecto al cuarto objetivo específico, los ensayos implementados junto con los agricultores en sus predios tuvieron la gran ventaja del diálogo permanente, que permitió la observación conjunta de procesos, aciertos, errores y la búsqueda de soluciones. De todas maneras, hubo momentos donde no se evaluó correctamente la carga de trabajo sobre los agricultores en el contexto del total de sus tareas, lo que provocó impactos negativos en el manejo y en los resultados alcanzados.



Recomendaciones

De los resultados generados en este proceso de investigación surgen nuevas preguntas relacionadas con diferentes aspectos de los SPI y los policultivos. Aunque se mostraron evidencias de los beneficios de ambas estrategias agroecológicas, se sugiere continuar con investigaciones a más largo plazo y con mayor número de repeticiones. En esos nuevos trabajos se deberían incluir aspectos como la evolución de la calidad de los suelos incorporando aspectos microbiológicos, el secuestro de carbono en el suelo y en la biomasa, los mecanismos de regulación biológica de plagas y enfermedades, y la resiliencia en relación con la productividad y estabilidad de estos sistemas.

En los SPI específicamente, se requieren nuevos estudios en áreas mayores, que continúen ajustando los marcos de plantación de acuerdo a las características y necesidades de los sistemas productivos. También se debe continuar estudiando los inoculantes específicos (rizobios y micorrizas), más adecuados a las especies utilizadas y nuestros suelos. En el mediano plazo se deberá comenzar a evaluar el microclima dentro de los sistemas y el confort térmico de los animales.

En los policultivos, se recomienda repetir la evaluación de estas combinaciones de especies y otras nuevas, en el marco de rotaciones de cultivos y abonos verdes en períodos más largos de tiempo.

Sería importante además continuar ahondando en el uso de indicadores que evalúen e integren el efecto de los SPI y los policultivos a la complejidad de la escala predial, evaluando de manera conjunta aspectos socioeconómicos y ambientales.



Referencias

- Aguirre, S. 2009. Sustentabilidad e indicadores. Un estudio de casos con horticultores salteños. Salto, Uruguay. Regional Norte-Universidad de la República. 122 p.
- Aguirre, S., Galván, G. 2012. Instalación de sistemas de silvopastoreo con productores ganaderos de Colonia Gestido (Uruguay). Revista Agroecología de la Universidad de Murcia. Volumen 7(2): 111-121
- Ali, R.A. 1999. Comparative Studies on the Intercropping of Some Vegetable Crops on Strawberry Plantations. M.Sc. Thesis, Fac. Agric., Menofiya Univ., Egypt.
- Altesor A, Piñeiro G, Lezama F, Rodríguez C, Leoni E, Baeza S y Paruelo J M. 2011. El efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de las praderas naturales uruguayas: ¿qué sabemos y cómo podemos usar ese conocimiento para manejarlas mejor? En D. Risso, W. Ayala, R. Bermúdez, E. Berretta (ed.) Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. INIA, Serie Técnica N° 151. pp. 21-32
- Altieri, M. 1992. El Rol Ecológico de la Biodiversidad en Agroecosistemas. Agroecología y Desarrollo, Revista de CLADES. Numero Especial 4. 16p.
- Altieri, M. 1999. Agroecología: bases científicas de la agricultura alternativa. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 338 p.
- Altieri, M., Nicholls, C. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Icaria editorial. España. 2007. 247 p.
- Altieri, M.; Nicholls, C. Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el Trópico. En Manejo de Plagas y Agroecología (Costa Rica), 2004. No. 73 p.8-20.



- Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas. Disponible en <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/conversion-altieri-nicholls.pdf>
- Andersen, M. K.; Hauggaard-Nielsen, H.; Weiner, J.; Jensen, E. S. 2007. Competitive dynamics in two- and three-component intercrops. *Journal of Applied Ecology*, 44(3): 545-551
- Arboleya, J.; Ubilla J. 1994. Evaluación de variedades de poroto. INIA, Serie Técnica N° 46, Uruguay. 28p.
- Balieiro, F., Franco, A., Días, P., Souto, S., Campello, E. 2004. Sistemas Agrossilvipastoris: a importancia das leguminosas arbóreas para as pastagens da regio centro-sul. 19 p. Consultado en Noviembre 2011 http://www.caprilvirtual.com.br/Artigos/sist_agrossilvipast_nutrir.pdf
- Barbazán, M., del Pino, A., Moltini, C., Hernández, J., Rodríguez, J. 2011. Caracterización de materiales orgánicos aplicados en sistemas agrícolas intensivos de Uruguay. *Agrociencia Uruguay - Volumen 15* 1:82-92
- Bemhaja M. 2000. Pasto Elefante (*P. Purpureoum* Schum.) INIA Lambaré. INIA, Boletín de Divulgación N°72. Uruguay. 14 p.
- Bentancor, A. 2015. Evaluación de angico (*Parapiptadenia rigida*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) como especies potenciales a incluir en sistemas de silvopastoreo intensivo. Tesis de grado, Facultad de Agronomía. Uruguay. 68p
- Bethlenfalvay, G.; Reyes-Solis, M.; Camel, S; Ferrera-Cerrato, R. 1991. Nutrient transfer between the root zones of soybean and maize plants connected by a common mycorrhizal mycelium. - *Physiol. Plant.* 82: 423-432
- Bilalis, D. et al. 2010. Weed-suppressive effects of maize-legume intercropping in organic farming. *International Journal of Pest Management*, Vol. 56 Issue 2, p173-181



- Boucher D.; Espinosa J. 1982. Cropping system and growth and nodulation responses of beans to nitrogen in Tabasco, Mexico. *Tropical Agriculture*, Vol. 59, nº4: 279-282
- Bruno JJ, Gange JM, Seró C, Vittone S, Otero G, Monje A y Gerasi, J. 2009. Experiencia de engorde de terneros macho Holando. Sitio argentino de producción animal. Argentina. 12p. Consultado en enero/15 http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/11-Engorde-de-Terneros-Macho-Holando.pdf
- Carbonieri J, Morais H e Naves Reis H A. 2014. Geada e sistema silvipastoril no norte do Paraná. Anais do 1º Simpósio Internacional de Arborização de Pastagens em Regiões Subtropicais. EMBRAPA Floresta, Colombo, PR - Brasil. Pp.118-124
- Carranza, C., Ledesma, M. Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. En Revista IDIA XXI, Nº 8, Julio 2005, Buenos Aires, Ediciones INTA, Pp. 230-236. [online]. Consultado en Noviembre de 2011 <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/forest/alternativas01.p>
- Castaño, J.P., Giménez, A., Ceroni, M., Furest, J., Aunchayna, R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. INIA, Serie Técnica Nº 193. 33p.
- Chao, A., Shen, T-J. 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and Ecological Statistics* 10, 429-443.
- Costa, L.A., Pereira, D.C., Costa, M.S.S.de M. 2014. Substratos alternativos para produção de repolho e beterraba em consórcio e monocultivo. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, vol 18 (2): 150–156
- Crosa, M.; Oliveira C. Goyenola, R., Frioni, L. 1999. Comportamiento simbiótico en *Desmodium incanum* en Uruguay. *Agrociencia* 3(1): 38-43. Uruguay.
- De Medeiros, M.A. 2007. Papel da biodiversidade no manejo da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: gelechiidae). Tesis de Doctorado. Programa de



Pós-graduação em Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. 145 p.

Díaz Rossello R. 1992. Cambios en el largo plazo en el carbono y nitrógeno del suelo bajo rotación de cultivos con pasturas de leguminosas. En: Morón et al. (eds), Materia orgánica en la rotación cultivo-pastura. INIA Uruguay, Serie Técnica, 41. p. 10-12.

Dogliotti, S., Abedala, C., Aguerre, V., Albín, A., Alliaume, F., Alvarez, J., Bacigalupe, G. F., Barreto, M., Chiappe, M., Corral, J., Dieste, J. P., García de Souza, M. C., Guerra, S., Leoni, C., Malán, I., Mancassola, V., Pedemonte, A., Peluffo, S., Pombo, C., Salvo, G., Scarlato, M. 2012. Desarrollo sostenible de sistemas de producción hortícolas y hortícola-ganaderos familiares: una experiencia de co-innovación. INIA, FPTA N° 33. Pp. 87-102

Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo (Uruguay). 398 p.

Eskandari, H.; Kazemi, K. Weed Control in Maize-Cowpea Intercropping System Related to Environmental Resources Consumption. *Notulae Scientia Biologicae*, 2011. Vol. 3(1):57-60

Estadísticas Agropecuarias (DIEA). 2010. Resultados de la Encuesta Hortícola “Litoral Norte 2010”. 4p.

Estadísticas Agropecuarias (DIEA). 2013. Encuestas Hortícolas 2012. Zonas Sur y Litoral Norte. Serie encuestas n° 314. 21p.

Estadísticas Agropecuarias (DIEA). 2014. Resultados de la Encuesta Hortícola “Litoral Norte 2014”. 4p. Consultada en Setiembre/2014. Disponible en internet <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-principal,O,es,0>,

Ewel, J. 1986. Designing agricultural ecosystems for de humid tropics. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 17:245-271.



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. 16p.

Fals Borda, O. Orígenes universales y retos actuales de la IAP (investigación acción participativa). Publicado en Análisis Político No. 38. pp. 71-88. Reproducido en el semanario Peripecias N° 110 el 20 de agosto de 2008. Consultado en Junio/2011 <http://www.peripecias.com/mundo/598FalsBordaOrigenesRetosIAP.html>

Fernández Juncal M. 1994. Diversificación de cultivos policultivo de maíz (*Zea mays*) y zapallo (*Cucurbita sp.*). Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 78p.

Fernández, J., Benítez, C-, Royo Pallares, O., Pizzio, R. 1993. Principales forrajeras nativas del medio este de la provincia de Corrientes. Serie Técnica N° 23. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes, Corrientes, Argentina. 91 p. Consultado en diciembre/2011 <http://www.inta.gov.ar/mercedes/info/SeriesTecnicas/23/SERIE23.pdf>

Galván G., H. González, F. Vilaró. 2005. Estado actual de la investigación en poblaciones locales de hortalizas en Uruguay y su utilización en el mejoramiento. *Agrociencia* 9(1-2):115-122.

Ganuzá, E., Olivari, L., Paño, P., Buitrago, L., Lorenzana, C. 2010. La Democracia en Acción: una visión desde las metodologías participativas. Antígona Procesos Participativos. España. 249 p.

García de Souza, M., Alliaume, F., Mancassola, V., Dogliotti S. 2011. Carbono orgánico y propiedades físicas del suelo en predios hortícolas del sur de Uruguay. *Agrociencia Uruguay* vol.15 1:70-81

García, V. 2014. Caracterización, diagnóstico y propuestas técnicas con enfoque agroecológico en predios hortícola – ganaderos ubicados en la Colonia “Presidente Oscar Diego Gestido”. Tesis de grado, Facultad de Agronomía. Uruguay. 130p



- Gazzano, M. I. 1995. Diversificación de cultivos, policultivo de maíz y zapallo. *Agroecología y desarrollo*. Vol. 8(9), 44-46.
- Gliessman, S. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Gonçalves, M. De M., Schiedeck, G., Schwengber, J. 2009. Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de produção de base ecológica. EMBRAPA Clima Temperado, Circular Técnica nº 78. 7 p. Consultado en Setiembre/2011 http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/circulares/Circular_78.pdf
- González I, Betancourt M, Fuenmayor A y 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
- Hart, R.D. 1980. A natural ecosystem analog approach to the design of successional crop systems for tropical Forest environments. *Biotropica*. 12:73-82.
- Hecht, S. La evolución del pensamiento agroecológico. En M. A. Altieri *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 1999. (pp. 15-30)
- Kaminski, P., Schifino-Wittmann, M., Rodrigues Paim, N. 2005. Growth and survival of a range of *Leucaena* species in southern Brazil. *Tropical Grasslands*. Volume 39, 1–8.
- Karlidag, H., Yildirim, E. 2009. Strawberry intercropping with vegetables for proper utilization of space and resources. *Journal of Sustainable Agriculture* Volume 33, (1): 107-116
- Kiehl, E.J. 1985. *Fertilizantes orgánicos*. Agronómica Ceres. Sao Paulo, Brasil. 365 p.
- Leme M C J, Durigan M E y Ramos A 1994 Avaliação do potencial forrageiro de espécies florestais. En: *Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul do Brasil*. Anais. Colombo: EMBRAPA-CNPq, pp.147-155. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 26).



León Sicard, T. Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental el construcción. En León Sicard, T., Altieri, M. (ed.). Vertientes del Pensamiento Agroecológico: fundamentos y aplicaciones. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2010. (pp. 203 – 226)

Liebman, M. Sistemas de Policultivos. En M. A. Altieri Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 1999. (pp. 191-202)

Lima Souza Maia, J. T., Guilherme, D. O., Paulino, M. A., Barbosa, F. S., Fernandes, R., Maio, M., Valadares, S., Costa, C., Martins, E. 2008. Produção de alface e cenoura em cultivo solteiro e consorciado com manjeriçao e hortelã. Rev. Bras. de Agroecologia. 3(1): 58-64

Loreau, M., Hector, A. 2001. Partitioning Selection and Complementarity in Biodiversity Experiments. Nature 412:72-76.

Mankotia, B. S.; Negi, P. S.; Bhopal Singh. 1994. Influence of pea (*Pisum sativum* L.) intercropping and fertility levels on Gobhi sarson (*Brassica napus* L.) in mid-hill conditions of Himachal Pradesh. Himachal Journal of Agricultural Research 20 (1/2): 5-11

MGAP-DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2015. Anuario Estadístico Agropecuario 2015. Montevideo. 215 p

Millot, J.C., Risso, D., Methol, R. 1988. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Revista Plan Agropecuario, Suplemento Especial. Uruguay. 41 p.

Moreno G. 2008. Response of understory forage to multiple tree effects in Iberian dehesas. Agriculture, Ecosystems and Environment 123 (2008) 239–244

Mota WF; Pereira RD; Santos GS; Vieira JCB. 2012. Agronomic and economic viability of intercropping onion and lettuce. Horticultura Brasileira 30: 349-354.



Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A and 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, Flores M, Calle Z, Chará J, Barahona R, Molina C y Uribe F. 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. pp. 59-101 *En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico 402, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 454pp.*

Murgueitio E, Chará J, Uribe F y Galindo W. 2013. Los Sistemas Silvopastoriles en regiones con heladas. Experiencias en Colombia *En: Memorias, 1° Simposio Internacional de Arborização de Pastagens em Regiões Subtropicais. [Curitiba, Paraná, Brasil, 8-10 oct. 2013].*

Narla, R.D., Muthomi, J.W., Gachu, S. M., Nderitu J.H., Olubayo F.M. 2011. Effect of intercropping bulb onion and vegetables on purple blotch and downy mildew. *Journal of Biological Sciences* 11 (1): 52-57

Olmos, F.; Sosa, M.; Balmelli, G.; Pérez Gomar, G. 2011. Sistemas agroforestales. Montevideo, INIA. 48 p. (Boletín de Divulgación no. 100).

Polla, M. C. 1999. Experiencias en sistemas productivos agroforestales y silvopastoriles en Uruguay. In: Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible (1°, 1999, Cali). Memorias. Roma, FAO. pp. 1-9.

Quintans, G., Echeverría, J., Scarsi, A., Rovira, P. 2013. Efecto del suministro de ración en comederos de autoconsumo en terneros destetados precozmente. En G. Quintans, A. Scarsi (ed.) Seminario de actualización técnica: cría vacuna. INIA, Serie Técnica N° 208. pp. 207-218



- Ragab, M.E., Youssef, S.M., Nasr, S.M., Al-Arabi, H.A. 2014. Strawberry intercropping with some vegetables for economic productivity. *Acta Horticulturae*. (1049): 503-508
- Ramalho Carvalho P. 2002. Angico-Gurucaia. EMBRAPA, Circular Técnica 58. Paraná, Brasil. 14 p. Consultado en enero/13
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/304480/1/CT0058.pdf>
- Rodrigues Vieira A R, Feistauer D e da Silva V P. 2003. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvicultural, submetidas a extremos climáticos de geada na região de Florianópolis. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.627-634
- Rodríguez C y Cayssials V. 2011. Cambios estructurales en los pastizales asociados a la ganadería. En A. Altesor, W. Ayala, J.M. Paruelo (ed.) *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales*. INIA, Serie FPTA nº26. pp. 69-78
- Rossi, V. 2010. La producción familiar en la cuestión agraria uruguaya. *Revista NERA – Año 13, Nº. 16 – Janeiro/Junho de 2010*.
<http://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/viewFile/1365/1350>
- Ruggia A. NP. Producción de carne con animales Holando (trabajo no publicado).
- Saldanha S 2011 Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de basalto y suelos arenosos de cretácico. En D. Risso, W. Ayala, R. Bermúdez, E. Berretta (ed.) *Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural*. INIA, Serie Técnica Nº 151. pp. 75-84
- Santibañez F. 1994. *Zonas Agroclimáticas de América del Sur*. Universidad de Chile, Escuela de Agronomía, Laboratorio de Agrometeorología (mapa).
- Sarandón SJ, MS Zuluaga, R Cieza, C Gómez, L Janjetic & E Negrete (2006) Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Agroecología*, 1: 19-28.



Sevilla Guzmán, E. 2010. Bases científicas y sociales de la Agroecología: introduciendo la soberanía alimentaria. Material presentado en las Jornadas de Agroecología. Lomas de Zamora, Argentina. 45 p.

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

Smith H, McSorley R. 2000. Intercropping and pest management: a review of major concepts. *American entomologist*. Vol. 46, nº 3: 154-161

TAY U., J. 1985. Asociación de cultivos maíz y porotos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental La Platina. Santiago de Chile, CL. p. 173-198.

Toledo, V. 2012. La agroecología en Latinoamérica: Tres evoluciones, una misma transformación. *Agroecología*, (6), pp. 37-46.

Tüzel, Y., Öztekin, G.B. 2017. Crop diversification, management and practical uses. In “Good Agricultural practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries. Principles for sustainable intensification of smallholder farms”. FAO – Plant Production and Protection Paper 230. pp. 105-122

Uguet Vaquer Piloni, J P y Lacorte S M. 2015. Variación de temperatura y humedad del suelo durante el período invernal en situaciones de cielo abierto y bajo un sistema Silvopastoril en el NE de la Provincia de Corrientes-Argentina.

Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. 2011. Censo General Agropecuario 2011. Resultados definitivos. Montevideo: Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-censo-2011-resultados-definitivos,O,es,0>,

Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. 2014. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Anuario Estadístico Agropecuario 2014. Montevideo. Consultado en marzo/2015 <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2014,O,es,0>,



- Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. 2014. División Contralor de Semovientes (DICOSE). Datos de la Declaración Jurada de DICOSE 2014. Consultado en marzo/2015 <http://www.mgap.gub.uy/dgsg/DICOSE/dicose.htm>
- Uvah, I.I., Coaker, T.H. 1984. Effect of mixed cropping on some insect pests of carrots and onions. *Entomol. exp. appl.* 36, 159-167
- Vandermeer, J., Perfecto, I. 1995. *Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction*. Oakland, Food First Books. 185p.
- Vázquez Moreno, L. 2010. Agricultores experimentadores en agroecología y transición de la agricultura en Cuba. En León Sicard, T., Altieri, M. (ed.). *Vertientes del Pensamiento Agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. (pp. 227 – 246).
- Vázquez Moreno, L., Porras González, A., Alfonso-Simonetti, J. 2015. Tipos funcionales de plantas productivas integradas en diseños de sistemas de cultivos complejos innovados por agricultores. *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*. La Plata, Argentina. Consultado en Julio/2016 <http://memoriasocla.agro.unlp.edu.ar/pdf/A1-209.pdf>
- Vázquez, L. L. 2011. Supresión de poblaciones de plagas en la finca mediante prácticas agroecológicas. Preguntas y respuestas para facilitar el manejo sostenible de tierras. INISAV-CIGEA-FAO-GEF-PNUD. 233p.
- Veiga Silva, J. C. B. 2008. *Avaliação do desempenho de mono e policultivos orgânicos no rendimento das culturas e nos aspectos operacional e econômico*. Mestre em Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 99p.
- Wierzbicka, B., Majkowska-Gadomska, J. 2012. The effect of biological control of the carrot fly (*Psila rosae*) on the yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.) storage roots. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 11(2), 29-39



Willey RW. 1979. Intercropping Its Importance And Research Needs Part 1. Competition And Yield Advantages Vol-32

Anexos

Anexo 1: Registros fotográficos.



Agosto/2011: vivero de plantines de leguminosas arbóreas en predio del Sr. Ferrao



Enero/2012: angico, zapallo, maíz y pasto elefante en SPI1



Febrero/2012: intercambio entre agricultores en el SPI1



Marzo/2012: plantines en vivero para el 2º trasplante en SPI1



Junio/2012: efecto de las heladas entre los días 10 y 12 de ese mes en el SPI1



Octubre/12: respuesta primaveral de leucaena y pasto elefante luego de las heladas



Marzo/2013: vivero de leucaenas en SPI3



Febrero/2012: módulo de policultivos



Abril/2012: asociación tomate/cilantro en módulo de policultivos

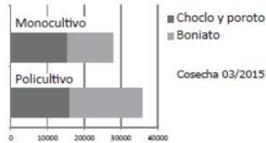


Marzo 2015: policultivo de maíz, poroto, boniato y zapallo en lo del Sr. Aranda



Marzo/2016: discusión con horticultores sobre los resultados de policultivos

RENDIMIENTO COSECHABLE +
BIOMASA RESIDUAL (kg/ha)



En el segundo año, pese a la reducción en el rendimiento general debido principalmente a la ausencia de fertilización, el mejor desempeño del policultivo se expresó con más claridad en la biomasa aérea residual luego de la cosecha de los productos comercializables.

CONCLUSIONES

En las condiciones del ensayo (similares a la de muchos productores familiares de la zona), se lograron buenos rendimientos (superiores a los promedios de la zona y del país con estos cultivos), con un manejo agroecológico y con uso de recursos propios del predio.

El policultivo generó un ingreso bruto superior al de los monocultivos, al que debería agregarse además el excedente de biomasa de elevada calidad nutricional que se puede utilizar para la alimentación del ganado del predio, o como abono verde para los cultivos siguientes.

Estos resultados abren un camino promisorio para la implementación de este policultivo, en el marco de diseños más biodiversos e integrados dentro de los sistemas productivos familiares de esta zona de Uruguay.

¿Qué es la agroecología?

"La agroecología es una ciencia que provee los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos y conservadores de los recursos naturales, a la vez que culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables." (Alberici 1999, León Sicard 2010)

Por información sobre futuras actividades escribir a:
agroecologiasalto@gmail.com



Resultados del policultivo orgánico
maíz, poroto y boniato



Años 2014 - 2015

Sergio Aguirre | Dahiana Curbelo
Tacuabé González | Danilo da Rosa



Actividades en el medio - CSEAM (2015)

Marzo/2016: parte del folleto ("tríptico") de difusión de resultados del policultivo



Anexo 2: Directrices para autores de la revista Agroecología
(<http://revistas.um.es/agroecologia/about/submissions#authorGuidelines>)

Agroecología acepta: - artículos originales sobre temas agroecológicos - comunicaciones breves de hasta dos páginas manuscritas - reseñas bibliográficas

1. Extensión de los artículos Los artículos no deben exceder 25 páginas impresas de DINA4, a doble espacio y tamaño de letra 12. Como procesador de texto se utilizará preferentemente Microsoft Word.
2. Presentación de los manuscritos La primera página de cada manuscrito debe contener: Título del artículo, nombre de los autores y dirección e-mail, teléfono y fax del autor responsable de la correspondencia y 3 a 7 palabras claves. Resumen que no excederá de 250 palabras, y de 3 a 7 palabras claves. Resumen y palabras clave en inglés y español o portugués. Las siguientes secciones incluirán el contenido usual: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Referencias (ver a continuación), Tablas (ver a continuación), Ilustraciones (ver a continuación), Leyendas (ver a continuación).
3. Tablas Cada tabla (Tabla 1) debe ser presentada por separado, numerada y estará referida en el texto.
4. Figuras Los dibujos (Fig. 1) pueden ser enviados como originales o como fotografías en blanco y negro bien contrastadas y de alta calidad.
5. Fotografías y micrografías Deben ir numeradas secuencialmente con las figuras. Se debe incorporar una escala en el lugar que se estime apropiado. El autor debe utilizar sus propios símbolos, números y letras tanto para las figuras como para las fotografías. El nombre del autor/es del artículo y el número de la figura debe escribirse en el dorso de la misma.
6. Leyendas Las leyendas de las tablas y figuras, convenientemente numeradas, deben escribirse todas juntas en páginas separadas del resto del artículo.
7. Referencias Corresponderán únicamente a los trabajos, libros, etc., citados en el texto y se escribirán según el siguiente modelo: a) Para artículos en revista Packer C. 1983. Sexual dimorphism: the horns of African antelopes. Science 221:1191-1193. Boyer HW, Roulland-Dussoix D. 1969. A complementation analysis of the restriction and



modification of DNA Escherichia coli. Journal of Molecular Biology 41:459-465. Klos J, Kuta E, Przywara L. 2001. Karyology of Plagiomnium. I. Plagiomnium affine (Schrad.) T. Kop. Journal of Bryology 23:9-16 Usar los nombres de las revistas completos, no en abreviación. b) Para libros, tesis y otras publicaciones no periódicas Whelan RJ. 1979. The ecology of fire. Cambridge. Cambridge: Cambridge University Press. c) Para artículos y capítulos de contribuciones en libros Huenneke LF. 1991. Ecological implications of genetic variation in plant population. In Genetics and conservation of rare plants (Falk DA, Holsinger KE, eds.). Oxford: Oxford University Press, pp.31-44. d) Los trabajos en prensa Sólo se citarán si han sido formalmente aceptados para su publicación, su reseña se hará como sigue: Werner O, Ros RM, Guerra J. in press. Direct amplification and NaOH extraction: two rapid and simple methods for preparing bryophyte DNA for polymerase chain reaction (PCR). Journal of Bryology. La lista bibliográfica de un trabajo se establecerá ordenando las referencias alfabéticamente por autores (y cronológicamente para un mismo autor, añadiendo las letras a, b, c, etc., a los trabajos del mismo año). En el texto, las referencias bibliográficas se harán de la manera usual: "según Packer (1983)", "el ahorro energético (Margalef 1983)", "en trabajos recientes (Ritley 1981, Rufoss & Canno 1999)", etc. Se citarán los autores por su apellido cuando éstos sean uno o dos (Kumagai & Hasezawa 2000), pero no cuando sean más de dos, empleándose entonces, la abreviación de et alii (Sunderesan et al. 2000). 8. Unidades Agroecología sigue el Sistema Internacional de Unidades (SI). 9. Abreviaturas Las abreviaturas de uso no común deben ser explicadas. 10. Pruebas de imprenta Cada autor recibirá una prueba de imprenta de su trabajo. El autor debe ajustarse a los plazos de devolución de las pruebas corregidas y evitar la introducción de modificaciones importantes al texto original. La corrección de pruebas deberá hacerse según pautas y símbolos internacionales admitidos, de los que se adjuntará una muestra con las galeradas. En las galeradas corregidas se indicará (al margen) el lugar aproximado del texto en el que colocar las distintas figuras y tablas. 11. Advertencia final Los autores deben evitar rigurosamente el uso de negritas, mayúsculas,



subrayados, etc., en la totalidad del manuscrito. Subrayar sólo los nombres científicos de géneros, especies, subespecies, etc. 12. Envío de los trabajos originales Toda la correspondencia relativa a la publicación de artículos en Agroecología puede enviarse: a) Por correo electrónico (e-mail) a la dirección: jmegea@um.es b) Por envío postal (original y disquette o CD-ROM, con el texto, cuadros y figuras) a:

José M. Egea
Dpto. de Biología Vegetal (Botánica)
Facultad de Biología, Universidad de Murcia
Campus de Espinardo
30100 Murcia. España



Anexo 3: Directrices para autores de la revista Livestock Research for Rural Development

(<http://www.lrrd.org/lrrd26/8/notestoauthors.htm>)

Papers should be sent by E-mail to the Senior Editor preston@lrrd.org. If acknowledgement is not received within two weeks then authors should send a reminder to the Senior Editor with details of the file names and dates sent.

The papers can be written with the aid of any of the principal word processing software programs and should be sent by e-mail as an attachment and with "LRRD" in the subject line. The submission should be accompanied by a message indicating "The authors have read [Notestoauthors] and have formatted the article accordingly".

Email messages with attachments and unknown subject lines are not opened in view of virus risks.

The principle tools for publishing the journal are now: Open Office and Microsoft Office. These are the preferred formats for receiving papers and short communications.

(Note that Open Office is a package of free software, with equivalent features to Microsoft Office, that you may freely download from Internet at: <http://download.openoffice.org/>)

Authors should examine carefully the Notes to Authors appeared in the last issue of LRRD and strictly follow all the instructions.

Lack of respect of these instructions may lead to the rejection of the paper

Titles:

The correct format for the Names of Authors is:

For Cambodia, China, Lao PDR and Vietnam the format is first name preceded by the initials of all other names (eg: N H T Nhan, K Borin). Conversely in the citation the order is Nhan N H T, Borin K).

For other countries the standard format applies (eg: T R Preston for Names of authors and Preston T R in the citation).



To avoid confusion use only initial letters of names (eg: N T H Nhan and not Nguyen Thi Hong Nhan; T R Preston and not Thomas R Preston)

Key words

Do not repeat the words already in the title of the paper. Search engines such as Google automatically search the title. Key words should draw attention to features of the paper not addressed in the title. .

Body of Text

- For Page Set up Use: Paper size A4 and Margins 2.5 cm
- Use the font "Times New Roman" 12 pt.
- Do not use full word capitals for titles nor for names of authors.
- Include your e-mail address below your postal address in the Title
- Indicate the Keywords after the Abstract in alphabetical order
- Separate the Titles and associate-titles from the previous and next lines by an empty line, using the 'return' or 'enter' key
- Do not use numbers such 1.; 1.1.; 1.1.1.; to mark the Titles and Sub-titles.
- Separate each paragraph by an empty line, using the 'return' or 'enter' key
- Make sure the paragraphs are aligned to the left not "justified"
- Do not use an indent in the beginning of each paragraph

In text and tables:

Ensure that numbers contain only three digits after or before "000..."

Eg: 234.214 becomes 234

1.2367 becomes 1.24

0.00032176 becomes 0.000322

0.01 should be 0.00712

for R2 only two digits after or before "00..."

eg: R2 = 0.677 becomes R2 = 0.68

Graphics:



Graphs should be inserted inside a table with 1 (or 2) column(s) and two rows; the first row for the graph(s); the second row for the legend. Please always supply in Excel or Open Office Calc the original spreadsheets including graphs and data which were used to produce graphics in the papers, since this allows us to produce a uniform look and maintain the quality of the finished journal. Within the graphics Font should be: Times New Roman – Regular – 10 pt.

Tables:

Please format them using the Table menu, and not Tabs and Spaces

- when using the tabular format please allot a new cell to each piece of data.
- include the title of the table as well as the notes at the bottom of table inside the Table itself not in the body of the text.
- when comparing treatments do not give SE of each mean. SEM of means is more appropriate with the exact probability as given by the statistics program.

Statistics

Probability should be written p. Please avoid statements such as "there were significant effects of level of treatment PL on live weight gain". We need to know what was the effect. We can see it in the table if you put the exact p value. The use of $p < 0.05$ or $p < 0.01$ goes back to days of hand calculators and F and T tables. Computers give us much more power and knowledge. We must use this opportunity. Please see the sample paper at the end of notestoauthors. Also when discussing treatment differences:

Treatment differences are considered significant at $p < 0.05$ and trends are discussed at $p < 0.10$ $P > 0.05$

eg.: "Treatment CF1 was greater than treatment CTL" [no need to write ($p < 0.05$) as this is understood and the actual value (eg: $p = 0.043$) will be in the table of results].

But " There was a tendency for treatment CF1 to be greater than treatment CTL ($p = 0.065$)"



In this case the exact value of p is given so that the reader can appreciate the degree of confidence in the expressed difference.

References:

In the text, do not put a 'comma' between the name and the date. Do not put a 'dot' after 'et al'. "et al" should be in regular font, not in italics.

Example: (Gueye et al 1998)

They should be set up with minimum punctuation but maximum detail of the actual citation. Abbreviations, in particular of journal titles should not be used. In the list of references, citations should include the appropriate "URL" for the article, when this URL is freely accessible. For example:

Cerón-Muñoz M F, Tonhati H, Costa C N, Rojas-Sarmiento D and Solarte Portilla C 2004: Variance heterogeneity for milk yield in Brazilian and Colombian Holstein herds. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 16, Article #20 Retrieved June 1, 2004, from <http://www.lrrd.org/lrrd16/4/cero16020.htm>

Check that this URL is complete (it means that it leads directly to the article, not to the Journal Home Page), correct and functioning by clicking on it: it should lead you to the Web site.!

PLEASE:

Use the Spell-Check tool in order to correct any spelling mistake

Ensure that references in the text are in the reference list and vice versa.

Read and follow this guide

Check the following link for an article with the correct formatting.

<http://www.lrrd.org/lrrd23/2/sang23021.htm>

An easy way to check the reference list is to print it, and then from the beginning of the text to use the "FIND" command and type "19" and then "20". This will locate all the references assuming you have cited correctly the source including the date.

The reviewers appreciate the pressure put on academics to publish in order to maintain their positions. This very pressure should, however, encourage authors to be more



rigorous in their presentation. If they evince a lack of interest in accuracy they should not expect that increasingly frustrated referees, giving freely of their time and experience, should contain their frustrations and make the paper accurate for them.

Proof reading of papers:

Each paper as it is edited is being made available as a provisional "url" which is communicated to authors when the final version of their paper is ready in html format. Authors can then check the paper for possible errors or last minute corrections and inform the editors accordingly. Queries on the proofs made by the editors are indicated in "red" (suggested rejection) or "blue" (suggested additions or changes).

Authors sending corrections to the proofs should send an email to the Chief Editor in the following format:

data / text to be replaced should be written in "red" font

new data / text should be written in "blue" font

Do not send a copy of the whole paper as this would require the editors repeating the whole process of conversion to HTML format, which can be quite time-consuming.



Anexo 4: Directrices para autores de la Revista Brasileira de Agroecologia

(<http://www.aba->

[agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/about/submissions#authorGuidelines](http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/about/submissions#authorGuidelines))

A Revista Brasileira de Agroecologia, como qualquer periódico científico, não tolera qualquer forma de plágio (total, parcial ou conceitual). No caso de identificação de plágio, os autores plagiados serão informados e os autores do plágio serão bloqueados.

SÃO PERMITIDOS NO MÁXIMO 4 (QUATRO) CO-AUTORES. Para um maior número de Co-autores, será preciso encaminhar ao editor-chefe uma justificativa. A SUBMISSÃO SÓ SERÁ ENCAMINHADA PARA AVALIAÇÃO DEPOIS QUE OS CO-AUTORES ENVIAREM EMAIL DE QUE CONCORDAM COM A SUBMISSÃO.

Os autores devem cadastrar-se no site (<http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/user/register>) e submeter a contribuição (em inglês, português ou espanhol), eletronicamente, através do endereço: <http://www.aba->

[agroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/about/submissions#onlineSubmissions](http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/about/submissions#onlineSubmissions)

Na contribuição submetida deverão constar:

- Título em português ou espanhol, com apenas a primeira letra capsulada (caixa alta);
- Título em inglês, com apenas a primeira letra capsulada (caixa alta); - obrigatório para todos os textos;
- Resumo em português ou espanhol (até 1.000 caracteres);
- Resumo em inglês (até 1.000 caracteres); - obrigatório para todos os textos;
- Palavras-chave em português ou espanhol: três, no mínimo;
- Palavras-chave em inglês: três, no mínimo;
- texto, sem qualquer identificação de autoria, seja no cabeçalho, seja no corpo do texto, para avaliação pelos consultores.



O nome do autor deve ser removido das propriedades do documento (acessíveis em "Propriedades do documento", opção do menu "Arquivo" do MS Word e OpenOffice.org 1.0 Writer).

A identificação da autoria dar-se-á através do cadastro, etapa anterior e necessária para a submissão. O autor deverá, portanto, preenchê-lo de maneira cuidadosa, respeitando os campos de preenchimento de titulação e afiliação institucional (a que instituição pertence).

Outras informações poderão ser submetidas no campo de preenchimento chamado Comentários ao Editor, no momento da submissão da contribuição.

TEXTO

Contendo de 8 a 25 laudas, aproximadamente (16.800 caracteres a 50.000 caracteres), em espaçamento entre-linhas de 1,5. Serão aceitos textos nos idiomas português, espanhol, ou inglês;

Os textos deverão ser submetidos em formato Microsoft Word 97/2000/XP (.doc), OpenOffice.org Text Document (.sxw ou .odt) ou em Rich Text Format (.rtf), com tamanho do papel A4, 2,5 cm de margens superior e inferior, e 3,0 cm de margens direita e esquerda, e em fonte Times New Roman 12;

Tabelas e figuras (em formato JPEG) devem constar ao final do artigo, após a Bibliografia, uma por página. Em cada artigo só serão aceitas até quatro (4) figuras ou tabelas. Acima disso os autores devem encaminhar ao editor solicitação especial justificando a necessidade de mais tabelas ou figuras. Não se deve exceder o limite máximo de 700 kb por imagem. As tabelas e figuras devem ser encaminhadas também como arquivos suplementares.

Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos.

Limitar as referências bibliográficas a 30 por artigo,

CITAÇÕES NO TEXTO



Citações no texto deverão ser feitas com os sobrenomes dos autores em caixa alta, quando entre parêntesis, ou em caixa baixa quando fora de parêntesis, conforme exemplos a seguir: ...A Agroecologia surgiu como campo científico na primeira metade do século XX (DALGAARD et al., 2003);ou...Segundo Dalgaard et al. (2003), a Agroecologia surgiu como campo científico na primeira metade do século XX.

Havendo duas ou mais obras citadas do mesmo autor e ano, indicar após a data a letra "a" para a primeira e a letra "b" para a segunda, e assim por diante. Ex.: Altieri (1983a). Altieri (1983b).

Sendo feita transcrição de parte de texto publicado, colocar texto reproduzido entre aspas no caso de reprodução de menos de cinco linhas, ou recuar e colocar texto em itálico, entre aspas e citar autores e página do texto quando com mais de cinco linhas.

Citação de citação: colocar o nome do autor original, a data respectiva entre parênteses, e ainda entre parênteses a palavra apud e o nome do autor efetivamente consultado com a data respectiva. Ex.: Adorno (1979, apud MAAR, 1996).

NOTAS (se houver)

Serão arroladas ao final do texto, numeradas e em sequência.

ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Antes das referências deverá também ser descrito, quando apropriado, que o trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética e Biossegurança da instituição e que em estudos realizados com animais foram atendidas normas de bioética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Indicar somente as que constam do texto, conforme normas técnicas da Abnt 2002 – (NBR 6023/2000). Como exemplos:

JENNINGS, P.B. The practice of large animal surgery. Philadelphia : Saunders, 1985. 2v.

TOKARNIA, C.H. et al. (Três autores) Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros. Manaus : INPA, 1979. 95p.



GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, J.B.; SMITH, D.E. The thyroid. Baltimore : Williams & Wilkins, 1964. Cap.2, p.32-48.

BORSOI FILHO, J.L. Variabilidade isoenzimática e divergência genética de seis cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Viçosa, 1995.

AUDE, M.I.S. et al. (Mais de 2 autores) Época de plantio e seus efeitos na produtividade e teor de sólidos solúveis no caldo de cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.22, n.2, p.131-137, 1992.

RIZZARDI, M.A.; MILGIORANÇA, M.E. Avaliação de cultivares do ensaio nacional de girassol, Passo Fundo, RS, 1991/92. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1., 1992, Santa Maria, RS. Anais... Santa Maria : Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 1992. V.1. 420p. p.236.

BORSOI FILHO, J.L. Variabilidade isoenzimática e divergência genética de seis cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Viçosa, 1995. 52p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

ROGIK, F.A. Indústria da lactose. São Paulo : Departamento de Produção Animal, 1942. 20p. (Boletim Técnico, 20).

Informação verbal: identificada no próprio texto logo após a informação, através da expressão entre parênteses. Exemplo: ... são achados descritos por Vieira (1991 - Informe verbal). Ao final do texto, antes das Referências Bibliográficas, citar o endereço completo do autor (incluir E-mail), e/ou local, evento, data e tipo de apresentação na qual foi emitida a informação.

Documentos eletrônicos:

MATERA, J.M. Afecções cirúrgicas da coluna vertebral: análise sobre as possibilidades do tratamento cirúrgico. São Paulo : Departamento de Cirurgia, FMVZ-USP, 1997. 1 CD.

LeBLANC, K.A. New development in hernia surgery. Capturado em 22 mar. 2000. Online. Disponível na Internet



<http://www.medscape.com/Medscape/surgery/TreatmentUpdate/1999/tu01/public/toc-tu01.html>.

LACEY, HUGH. As sementes e o conhecimento que elas incorporam. São Paulo Perspec. [online]. July/Sept. 2000, vol.14, no.3 [cited 01 May 2006], p.53-59. Available from World Wide Web: . ISSN 0102-8839.

Declaração de privacidade

Os nomes e endereços de email neste site serão usados exclusivamente para os propósitos da revista, não estando disponíveis para outros fins.

CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista ou submetida como artigo completo de congressos. La contribución es original y inédita, y no está siendo evaluada para su publicación por otra revista

Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word (.doc), Rich Text Format (.RTF) ou OpenOffice.org 1.0 Text Document (.sxw ou .odt) Los archivos de presentación están en formato Microsoft Word (.doc), Rich Text Format (.RTF) ou OpenOffice.org 1.0 Text Document (.sxw ou .odt)

Todos os endereços "URL" no texto estão ativos. Todos los enderesos están activos All site addresses are active

As submissões estão de acordo com todas as regras estabelecidas nas diretrizes aos autores.