

ISSN 1022-7482

AGROFORESTERIA

Vol. 9 N°33-34 2002

EN LAS AMERICAS

www.catie.ac.cr/informacion/rafa/



CATIE
Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza

Índice

1. Editorial

M. Sánchez

Sistemas Silvopastoriles: el futuro sustentable de la ganadería tropical 4

2. Agroforestales en América

G. Detlefsen; M. Ibrahim; L. Meléndez;

Cees de Haan: promotor de los sistemas silvopastoriles como alternativa al desarrollo rural 6

3. Avances de investigación

J. Ribaski; E. De A. Menezes

Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña 8

Jean-Michel Harmand; Paul Ndonfack; Clement Forkong Njiti

Efectos de varias especies de árboles sobre el estrato herbáceo y la dinámica del nitrógeno del suelo en la zona Sudanesa de Camerún 14

Omar Plevich; C. Núñez; J. Cantero; M. Damestri; S. Viale

Biomasa del pastizal bajo diferentes densidades de pino (*Pinus elliotii*) 19

Sonia Daryubi Ospina; Mauricio Rosales; José Ararat

Variación genotípica en la composición química y digestibilidad de *Trichanthera gigantea* 24

João Ambrósio de Araújo Filho; Fabianno Cavalcante de Carvalho;

Nilzema Lima da Silva

Fenología y valor nutritivo de follajes de algunas especies forrajeras de la caatinga 33

Mildrey Soca; Leonel Simón; Saray Sánchez; Edelfidio Gómez

Dinámica parasitológica en bostas de bovinos bajo condiciones silvopastoriles 38

María Jimena Esquivel Sheik; Zoraida Calle Díaz

Árboles aislados en potreros como catalizadores de la sucesión en una localidad de la Cordillera Occidental Colombiana 43

Virgílio M. Viana; Rogério M. Maurício; Rodrigo Matta-Machado; Ivan A. Pimenta

Manejo de la regeneración natural de especies arbóreas nativas para la formación de sistemas Silvopastoriles en bosques secos del sureste de Brasil 48

Bertha Leonor Ramírez Pava

Caracterización y alternativas productivas para fincas ganaderas establecidas en la Amazonia Colombiana 53

4. Foro agroforestal

Muhammad Ibrahim, John Beer, Fergus Sinclair y Celia Harvey

Simposio Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles y Segundo Congreso sobre Agroforestería y Producción Ganadera en América Latina 57

5. ¿Cómo hacerlo?

Francisco Casasola, Muhammad Ibrahim, Alexander González

¿Cómo generar sistemas de información geográfica a partir de fotografías aéreas para describir los sistemas silvopastoriles y sus componentes en fincas ganaderas? 60

6. Noticias agroforestales

..... 64

7. Reseñas agroforestales

..... 66

8. Publicaciones agroforestales

..... 71

9. Agenda agroforestal

..... 74

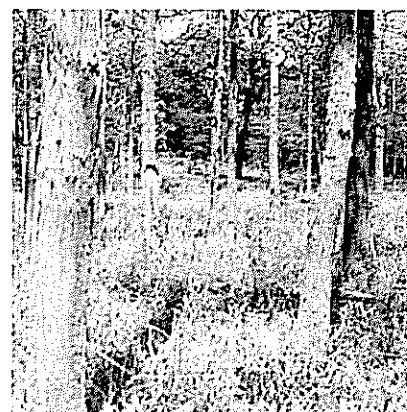
En esta edición fungieron como Editores Técnicos los Doctores Muhammad Ibrahim, Manuel Sánchez y Mauricio Rosales.



Árboles adultos (plantas madre) de la Colección Nacional de *Trichanthera gigantea*, de donde se obtuvo el material de siembra para este estudio. Foto: Sonia Ospina Valle del Cauca, Cali, Colombia. Ver página 32



Relevamiento a los tres meses de efectuados los aclareos en la plantación de *Pinus elliotii* del estudio, en la Sierra Comechingones, Córdoba, Argentina. Foto: César Núñez. Ver página 20



Sistema silvopastoril con *Zeyhera tuberculosa* (Bolsa de Pastor) en Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil. Foto: Rogério Maurício. Ver página 50

Sistemas Silvopastoriles: el futuro sustentable de la ganadería tropical

Durante varias décadas la ganadería del trópico de América Latina fue asociada con degradación ambiental y pérdida de la biodiversidad. La destrucción de los bosques y selvas tropicales para dar paso a las praderas de gramíneas dirigidas a la cría de bovinos de forma extensiva, con baja productividad y por consiguiente, bajas demandas de mano de obra, ha sido uno de los casos más tristes de la alteración del medio ambiente por parte del hombre en la era moderna. Desafortunadamente, instituciones de investigación nacionales e internacionales de la región han contribuido con sus ofertas tecnológicas monoculturales a acentuar este proceso, al tener una visión muy corta y local de la productividad de la tierra y de la sostenibilidad de los sistemas de producción. La influencia de los modelos de producción de zonas templadas basados en pastos fue decisiva en el desarrollo de la ganadería tropical en las últimas décadas del siglo XX. Los bovinos tenían que comer pasto como en las zonas templadas. El problema principal fue que, salvo en contadas excepciones, no existían sistemas naturales con pastos y había que crear las "praderas artificiales".

Por mucho tiempo, el objetivo fue mejorar la productividad de las praderas mediante la introducción de nuevas variedades de herbáceas forrajeras y en contados casos con fertilización, ya que la introducción de las leguminosas rastrojeras nunca fue una opción práctica, por variadas razones. Afortunadamente, ahora existe una verdadera opción alternativa, una luz a final del túnel, para revertir este proceso de degradación ambiental y de pérdida de biodiversidad en los trópicos: los sistemas silvopastoriles, que también podrían llamarse silvopecuarios, para incluir los sistemas bajo confinamiento. Ya existe un número creciente de casos exitosos de estos sistemas en los diferentes países de la región.

Los árboles y arbustos forrajeros y/o multipropósitos, siempre han existido de una manera u otra en la ganadería tropical; muchas veces de forma casual o espontánea, pero en ocasiones por intención de los ganaderos. Los sistemas silvopastoriles pretenden hacer uso activo y permanente de las variadas ventajas que ofrecen los árboles y arbustos en las fincas para el beneficio de la producción pecuaria: por ejemplo, follaje de alta calidad nutricional, frutos comestibles, sombra, conservación de la humedad del suelo,

barreras rompevientos, estabilización de los suelos en pendientes, fijación de nitrógeno atmosférico, enriquecimiento y reciclaje de nutrientes minerales. Además ofrecen beneficios adicionales, como hábitat para la fauna, proporcionan otros productos útiles y valiosos como leña, madera, miel, etc. Las principales aportaciones de los árboles y arbustos pueden ser diferentes en cada situación, dependiendo de las especies y de las condiciones particulares, pudiendo haber varias opciones para cada sitio.

Los sistemas silvopastoriles enriquecen los sistemas productivos al incrementar la diversidad de especies en el espacio tridimensional. En términos generales, el aumento del número de componentes implica la necesidad de mayor conocimiento y habilidad para manejar y optimizar la productividad. Los sistemas silvopastoriles requieren mayor intervención humana por unidad de superficie, tanto a nivel de finca, como posteriormente durante el transporte, transformación y comercialización de los productos.

Aunque al ver los sistemas silvopastoriles en funcionamiento parecen una alternativa lógica y natural al monocultivo de pastos, por más mejorados que éstos sean, el cambio de actitud entre técnicos y productores no parece ser tan obvio. En los últimos diez años, gracias al esfuerzo tenaz de muchos individuos e instituciones, la reconversión de la ganadería tropical se está dando, al menos en la percepción y en los planes de investigación, extensión y desarrollo. La inercia de la tradición y la carga de la instrucción formal son aún muy fuertes y se presentarán como barreras difíciles de franquear para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles.

Un sistema silvopastoril ideal es el que maximiza la producción de los componentes vegetales y animales con un uso mínimo de recursos externos (p.ej. combustibles fósiles y sus derivados), conserva y enriquece paulatinamente los recursos naturales (p.ej. biodiversidad y materia orgánica del suelo) y no impacta negativamente el clima local y global, sino que contribuye a la mitigación del cambio climático. En principio, los sistemas silvopastoriles podrían prácticamente funcionar con energías renovables con mínima emisión de gases efecto invernadero y requerir solamente la restitución de los minerales que han salido como parte de los productos.

Varios son los pasos necesarios para alcanzar la deseada reconversión ganadera en una finca en particular:

- El primero y el más importante, es el de tener la convicción de que los sistemas pecuarios se pueden beneficiar de una o de varias maneras de la presencia de árboles y arbustos.
- El segundo, es la búsqueda de una opción viable, ya sea seleccionando las especies que entren dentro de un diseño preestablecido, o adecuando un sistema existente a una o varias especies con adaptación o comportamiento exitoso en la localidad.
- El tercer paso, es el establecimiento mismo de los árboles y arbustos, considerando las exigencias de crecimiento propias de las especies, los ciclos climáticos, las prácticas actuales de manejo de ganado y de la vegetación existentes, y la disponibilidad de recursos propios y de fondos externos.
- El cuarto paso, es el de manejar adecuadamente el sistema en general incluyendo el mercadeo de todos sus productos y servicios, mediante la atención diferencial de los diversos componentes con mira a la sostenibilidad y rentabilidad.
- El quinto paso es el del continuo mejoramiento y optimización del sistema mediante modificaciones al manejo, y con la introducción de nuevas prácticas o especies.

Sin embargo, para la reconversión ganadera a nivel de una zona, país o región en general, también se requiere una

verdadera convicción de las instituciones y de los decisores de políticas agropecuarias y de desarrollo; una adecuación de los programas educativos relacionados con la agricultura y la ganadería a todos niveles; y el respaldo de las instituciones financieras.

A pesar de que estamos al inicio de la reconversión ganadera tropical, los planteamientos y los beneficios potenciales de los sistemas silvopastoriles son tan lógicos y variados, que el cambio se está dando más rápido de lo que uno hubiera anticipado, al menos en la mente de los intelectuales y académicos, pero también de muchos productores y algunos políticos visionarios que han visto o experimentado las virtudes de los mismos.

Al igual que la agricultura moderna se está liberando de la "revolución verde" con sistemas integrados y con énfasis las prácticas de la agricultura de conservación, la ganadería tropical tiene ahora opciones para salir del yugo del monocultivo de pastos. Entre más rápido se de este proceso, habrá menos deterioro de los recursos naturales, menor desaparición de la biodiversidad vegetal y animal, y sobre todo, mayor desarrollo sostenible de la población rural.

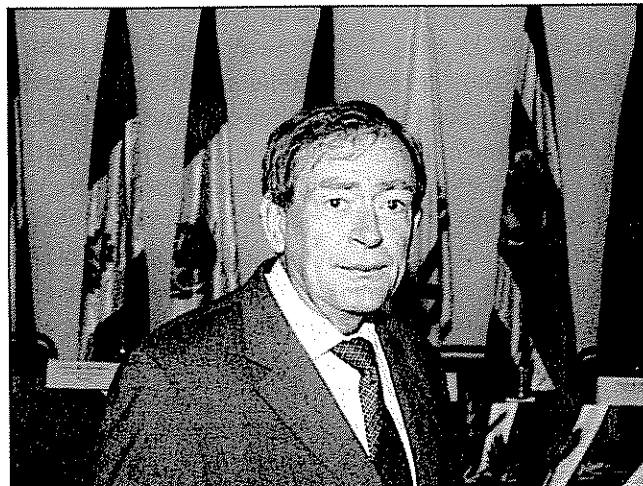
Los artículos que se presentan en este número, son un ejemplo de los trabajos promisorios que se están desarrollando en los sistemas silvopastoriles en América Latina y pueden servir de incentivo a la creatividad e inventiva de nuevas investigaciones.

Manuel Sánchez, Ph.D.
Oficial de Producción Animal, FAO, Roma
E-mail : manuel.sanchez@fao.org

CEES DE HAAN: promotor de los Sistemas Silvopastoriles como Alternativa al Desarrollo Rural

Cees de Haan, originario de Holanda, obtuvo su Ph. D. en Producción Animal en la Universidad de Wageningen. De 1965 a 1975 trabajó en el desarrollo de proyectos ganaderos en Ecuador y Perú, y de 1975 a 1983 como Científico Principal y Director de Investigación en el Centro Internacional de Ganadería para África (Instituto del grupo de instituciones CGIAR), en Adis Abeba, Etiopía. En 1983 se incorporó al Banco Mundial, inicialmente como especialista para el desarrollo ganadero del Oeste de África y posteriormente, para el Este de Europa y Norte de África, respectivamente. Desde 1990 ha laborado en el Banco Mundial como Asesor en Ganadería y es el responsable del desarrollo de políticas de fortalecimiento a las actividades ganaderas dentro de esta institución.

Ultimamente su mayor interés se ha centrado en aspectos institucionales y de políticas de desarrollo ganadero a nivel mundial, dentro del contexto del medio ambiente y manejo de recursos naturales. Ha escrito muchas publicaciones sobre reformas institucionales para la oferta de servicios ganaderos y más recientemente, sobre la temática de ganadería – ambiental y su vínculo con la pobreza rural.



En 1998 fue promovido como Asesor Principal del Programa de Desarrollo Rural y Ganadería, cargo dentro del cual es el responsable de la calidad de los aspectos de políticas y estrategias de desarrollo ganadero de todas las actividades de desarrollo rural del Banco. Por lo tanto, se puede considerar que el Dr. Cees de Haan, es en este momento uno de los principales decisores sobre el futuro de la “ganadería – ambiental” a nivel mundial y promotor de los sistemas silvopastoriles para el desarrollo de la ganadería sostenible.

¿Cuál cree usted que sea la tendencia actual de la ganadería en el ámbito de los países en vías de desarrollo y las oportunidades de los Sistemas Silvopastoriles dentro de la misma?

Creo que hay excelentes oportunidades para nuevos proveedores de leche y carne, especialmente en áreas sub-tropicales y tropicales con precipitación moderada, en primer lugar, porque hay una expansión significativa en la demanda de esos productos (en particular en Asia) y en segundo lugar, porque los proveedores tradicionales de carne y leche como Australia y Nueva Zelanda es-

tán alcanzando sus límites de expansión (por la escasez de tierra y agua). Esto abre oportunidades para los países en vías de desarrollo y especialmente para aquellos que tienen una ventaja comparativa, como por ejemplo, la de una distribución adecuada de la lluvia en países sub-tropicales. Para responder a un incremento en la demanda para leche y carne, hay que formular políticas y/o esquemas de incentivos para promover el desarrollo de la ganadería sostenible, y en este contexto los Sistemas Silvopastoriles son los más viables para incrementar y diversificar la producción de las fincas ganaderas.

¿Cuál es su opinión respecto al papel de los Sistemas Silvopastoriles para mitigar el efecto negativo de la ganadería?

Me parece que los Sistemas Silvopastoriles pueden jugar un papel clave en mitigar los efectos negativos ecológicos y ambientales provocados por el desarrollo de sistemas de producción ganaderos tradicionales, porque: i) contribuyen a reducir la erosión de suelos y consecuentemente, provocan una mayor conservación del agua y menor sedimentación de los ríos; ii) reducen la presión sobre los recursos del bosque; iii) contribuyen en la mayor conectividad de los paisajes fragmentados y en la conservación de la biodiversidad; y iv) dentro del contexto del cambio climático, los Sistemas Silvopastoriles tienen el potencial para secuestrar cantidades significativas de carbono. Respecto a este último punto, no tengo la menor duda que estos sistemas tienen un papel muy importante en la mitigación de gases de invernadero, debido a la importancia que representa el área de pasturas en América Latina, donde más del 60% de la tierra agrícola está bajo pasturas.

¿Cuáles piensa que sean las prioridades para utilizar Sistemas Silvopastoriles en América Latina?

Para mí lo más importante es adquirir un mejor entendimiento de sus beneficios y desventajas al nivel de finca. Necesitamos saber qué se requiere en términos de incremento de mano de obra y otros ingresos tecnológicos para el pequeño productor. Además, en qué pueden contribuir los Sistemas Silvopastoriles directamente para él y su familia, así como para la sociedad en general. Es necesario también adquirir un mejor entendimiento de las restricciones políticas de los Sistemas Silvopastoriles en cuanto a la tenencia de la tierra, créditos y otros servicios y mercados.

¿Qué hay que hacer para que los decisores de políticas y donantes inviertan en servicios ambientales por Sistemas Silvopastoriles?

Conseguir el interés de la comunidad donante y los tomadores de decisiones políticas de los países en desa-

rollo, no es fácil. El factor más importante será la creación de la conciencia pública sobre los servicios ambientales que proveen estos sistemas. Por otra parte, hay oportunidades para que las empresas privadas contribuyan a mejorar la calidad del ambiente a través de los Sistemas Silvopastoriles, como el mejoramiento de la calidad del agua. Finalmente, creo que hay un interés creciente en la comunidad donante (en particular la Europea) para contribuir al pago de los servicios ambientales. Así es que valdrá la pena estar preparados para un sistema internacional de pago de servicios ambientales por cuotas de comercialización mediante Sistemas Silvopastoriles.

¿Cómo puede contribuir la diversificación en Sistemas Silvopastoriles a mejorar las condiciones de pobreza?

Los Sistemas Silvopastoriles son más diversos que los sistemas de pasturas tradicionales y su manejo en las fincas diversifica la producción (p.ej., animales, madera, frutos, leña, ornamentales). Esto crea la posibilidad para integrar a la población rural en el desarrollo de micro-agroindustrias, capaces de procesar los productos múltiples de las fincas ganaderas. Los Sistemas Silvopastoriles requieren mayor cantidad de mano de obra para su establecimiento y manejo que los sistemas de pasturas tradicionales y por lo tanto, abren oportunidades de empleo para el sector rural. En cuanto a la alimentación animal, los Sistemas Silvopastoriles producen forraje de mayor calidad que las pasturas tradicionales y son más adecuados para la integración de los pequeños productores, quienes tienen recursos limitados para comprar concentrados. Adicionalmente, los Sistemas Silvopastoriles pueden darle valor agregado a los productos de las fincas, como en el caso de productos verdes u orgánicos, y generar servicios ambientales que resultan en mayores ingresos para las fincas. Por lo tanto, pueden ser una contribución importante para la reducción de la pobreza.

Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña

J. Ribaski¹, E. de A. Menezes²

Palabras claves: Brasil; clorofila; fertilidad del suelo; forraje; fotosíntesis; valor nutritivo.

Quality and availability of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) in a silvopastoral system with mesquite (*Prosopis juliflora*) in the Brazilian semi-arid region

RESUMEN

Se evaluó la influencia del algarrobo (*Prosopis juliflora*) sobre la disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en la región semi-árida Brasileña. La sombra de los árboles mejoró las condiciones microclimáticas, disminuyendo la temperatura ambiental y la temperatura de las hojas de la gramínea. La humedad del suelo fue mayor cerca de los tallos de los árboles. Hubo mayor fertilidad del suelo bajo algarrobo, a través del aumento de los niveles de materia orgánica del suelo. Las concentraciones de N, P, K y Ca en el suelo fueron mayores cerca del tronco de los árboles. Hubo un aumento del área foliar específica de las hojas del pasto buffel y mayores niveles de clorofila *a* y *b* bajo la copa de los árboles. La gramínea cultivada bajo la sombra compensó los bajos niveles de radiación fotosintéticamente activos, con una mayor eficiencia fotosintética. El forraje producido debajo del algarrobo presentó un mayor valor nutritivo, caracterizado principalmente por mayores niveles de proteína bruta. Sin embargo, el rendimiento de forraje fue menor.

ABSTRACT

The influence of mesquite (*Prosopis juliflora*) on the availability and quality of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) in the Brazilian semi-arid region was evaluated. Tree shade improved the environmental conditions for the pasture, reducing air and grass leaf temperatures. Higher soil moisture was observed close to the tree trunks. Soil fertility below mesquite was higher due to increased soil organic matter. Soil N, P, K and Ca concentrations were higher close to the trunks of the trees. Under tree canopies, buffel grass leaves developed larger specific leaf area and higher chlorophyll *a* and *b* contents. Shaded grass compensated for the low radiation levels by increasing photosynthetic efficiency. Fodder availability of buffel grass was lower under the tree canopies; however, the forage in the shade had a higher nutritional value.

INTRODUCCIÓN

La región semi-árida Brasileña ha sido utilizada como área de pastoreo para pequeños y grandes rumiantes, así como fuente de madera para energía. La cobertura vegetal predominante es la "caatinga", la cual está constituida por un tipo de vegetación caducifolia relativa-

mente pobre en gramíneas en el estrato herbáceo que no presenta características adecuadas para ser pastoreada y tampoco es capaz de proveer forraje por un periodo prolongado. La introducción del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) ha tenido una excelente adaptación

¹ Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil. Tel. (55) 41 6661313. Fax 6661276. E-mail: ribaski@cnpf.embrapa.br (autor para correspondencia)

² Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE, Brasil. Tel. (55) 81 38621711. E-mail: emenezes@cpasa.embrapa.br

en condiciones semi-áridas y por esto se ha constituido en una alternativa muy promisoría para elevar la oferta de alimento animal y consecuentemente mejorar los índices de productividad en esa región. Sin embargo, durante el periodo seco, el nivel proteico de esta gramínea generalmente no es suficiente para satisfacer los requerimientos de los animales para mantener su peso vivo. La concientización de los productores sobre la necesidad de suplir esa deficiencia nutricional ha motivado a plantar algarrobo (*Prosopis juliflora*), principalmente para la producción de vainas con miras a suplementar a los animales en el periodo de sequía. El potencial de este árbol leguminoso está en las características de precocidad, resistencia a la sequía, producción de madera de buena calidad para diversos fines y la producción de vainas de elevada aceptabilidad y valor nutritivo, con la ventaja de fructificar en época seca. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de árboles de algarrobo en los aspectos de microclima, fertilidad del suelo, y disponibilidad y calidad del forraje de pasto buffel, buscando comprobar la viabilidad de ese sistema silvopastoril.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en la región semi-árida del municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil (09° 09' S y 40° 22' O; 365 msnm). Según la clasificación climática de Köppen, el área de estudio se caracteriza como BSwH' - clima semi-árido cálido, con un periodo lluvioso de 400 mm anuales en promedio entre los meses de noviembre y abril. El balance hídrico presenta como principal característica la deficiencia de agua durante todo el año, con promedios de temperatura del aire de 26,5°C, evaporación 2.600 mm y humedad relativa del aire 61% (Amorim Neto 1985). El tipo de suelos del experimento, según la FAO (1974), es Plintic Lixisols o Abruptic Palexerults (USA 1975).

Las evaluaciones fueron hechas en un sistema silvopastoril de algarrobo con pasto buffel con aproximadamente 15 años de edad, durante los periodos secos y lluviosos, comprendidos entre agosto de 1997 y abril de 1998. El diseño experimental utilizado fue Bloques al Azar (10 repeticiones formadas por árboles individuales) con tres tratamientos, los cuales fueron dos puntos de muestreo (A y B) bajo la copa de los árboles y un tercer punto (C) distante 20 m del fuste de cada árbol seleccionado, representando la pastura en monocultivo (Figura 1). Se adoptó el procedimiento de dos mediciones bajo la copa del algarrobo, en función de las diferencias visuales observadas en relación a la producción de biomasa forrajera (aparentemente, más abundante próximo al

tronco de los árboles). El punto A fue localizado entre el fuste y la mitad del radio promedio de la copa; el punto B, entre la mitad del radio promedio de la copa y el límite de su proyección. Antes de realizar el corte del pasto, la radiación fotosintéticamente activa (RFA), fotosíntesis líquida neta, eficiencia fotosintética, temperatura de las hojas y temperatura y humedad del aire sobre las pasturas de pasto buffel fueron evaluadas en los mismos puntos de muestreo. Esas variables fueron determinadas con un medidor de fotosíntesis portátil marca LICOR. Se cosechó la gramínea dos veces en cada periodo climático a una altura promedio de 5 cm del suelo, con cuatro sub-muestras de 1 m² por tratamiento y árbol. Fueron determinadas la producción de materia seca (MS), el porcentaje de materia seca del forraje, el contenido de clorofila *a* y *b* en las hojas, el área foliar específica (AFE), el valor nutritivo (proteína bruta, fibra y digestibilidad) y la composición mineral del pasto (N, P, K, Ca y Mg). Todo el proceso de muestreo y la preparación de las muestras para el análisis químico bromatológico siguió la metodología descrita por Silva (1990). En el suelo, fueron determinados los niveles de humedad, la concentración de la materia orgánica (MO) y su fertilidad (N, P, K, Ca y Mg).

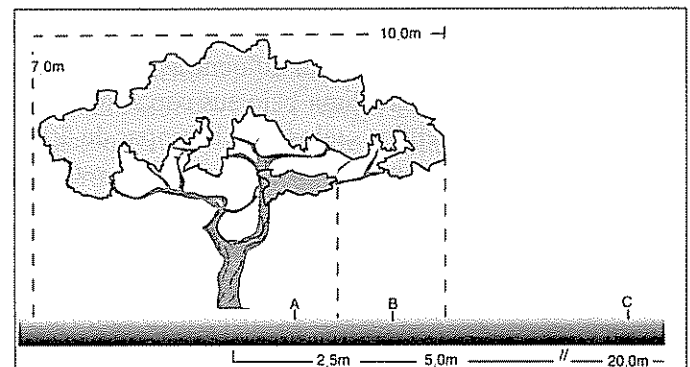


Figura 1. Datos promedios de los árboles de *Prosopis juliflora* usados en la definición de los tratamientos, donde el punto A se localiza entre el fuste y el radio promedio de la copa; el punto B entre el radio promedio de la copa y el límite de su proyección; y el punto C fuera del área de influencia del *P. juliflora*.

Los promedios de las diferentes variables estudiadas fueron comparadas por la prueba de F, a través de los contrastes ortogonales A vs. B y (A+B)/2 vs. C, siguiendo la metodología de pruebas de contrastes entre medias de tratamientos propuesta por Oliveira (1994), como alternativa para análisis estadístico de experimentos que involucran asociaciones agroforestales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones microclimáticas bajo la copa de los árboles

Los promedios dendrométricos encontrados para el algarrobo fueron: 7,4 m de altura total del árbol; 1,8 m de altura del fuste; 5,6 m de profundidad de la copa; 10,4 m de diámetro de la copa y 25,7 cm de diámetro de la base del fuste. Los promedios de RFA bajo la copa de los árboles fueron de 50% en el periodo seco y 44% en la época lluviosa, comparado con las condiciones a pleno sol. El cambio de hojas del algarrobo ocurre durante todo el año, donde la mayor intensidad de abscisión ocurre en el periodo seco y la emisión de hojas nuevas se concentra en el periodo lluvioso, de diciembre a mayo (Lima 1994).

El sombreado proporcionado por los árboles promovió mejores condiciones microclimáticas, disminuyendo en promedio la temperatura del aire 1,5°C y la temperatura de las hojas de la gramínea 2,5°C (Figura 2). No hubo diferencias en la humedad relativa del aire. La humedad del suelo en el periodo seco fue mayor cerca del tronco de los árboles comparado con la periferia de la copa (representados por el punto B), pero no hubo diferencia entre el promedio de estos datos [(A+B)/2] y el valor para pleno sol (posición C = monocultivo). De acuerdo con Beer *et al* (1998), la reducción de la temperatura del aire, de las hojas y del suelo son influencias positivas de los árboles sobre el microclima bajo sus copas. Mayores niveles de humedad en los suelos bajo las copas de árboles de algarrobo, fueron encontrados en otros estudios (Bhojvaid y Timmer 1998; Garg 1998).

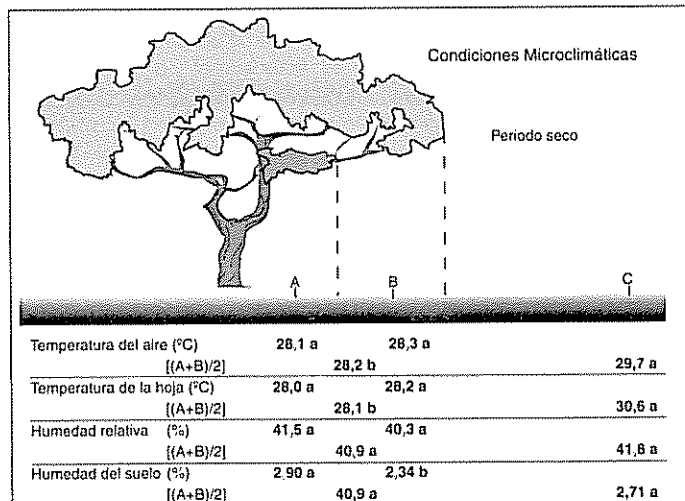


Figura 2. Efecto en las variables climáticas evaluadas sobre *Cenchrus ciliaris* bajo *Prosopis juliflora* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

Fertilidad del suelo

La materia orgánica fue mayor y el pH menor bajo las copas, comparado al pleno sol (Figura 3). Las concentraciones de N, P, K y Ca fueron mayores cerca del tronco de algarrobo en comparación con la periferia de su copa, pero no se detectó diferencias entre los promedios bajo las copas y valores para pleno sol (Figura 4). El algarrobo es considerado como una especie potencial para restablecer la fertilidad y productividad de suelos degradados, ya que se ha evidenciado la habilidad de esta leguminosa de aumentar los niveles de carbono, así como la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Bhojvaid y Timmer 1998; Garg 1998). El efecto de los árboles sobre los suelos en diferentes sistemas silvopastoriles, normalmente es traducido como incremento de la fertilidad, principalmente en relación al N (Buresh y Tian 1998; Botero y Russo 2000).

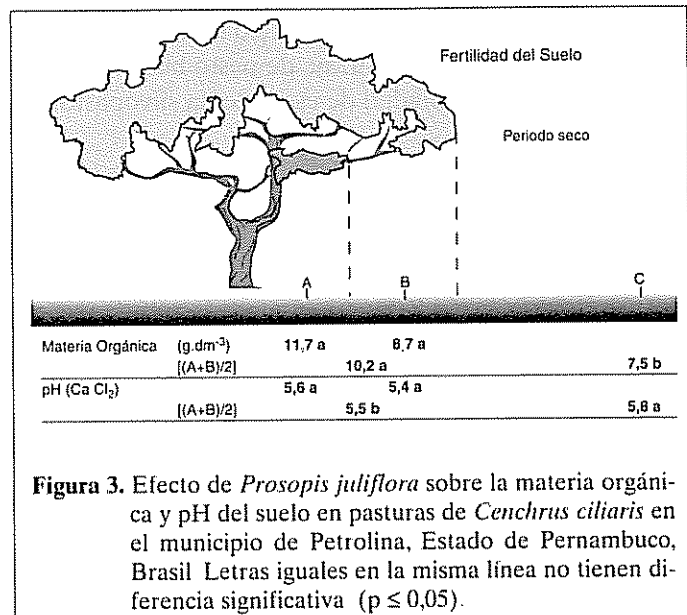
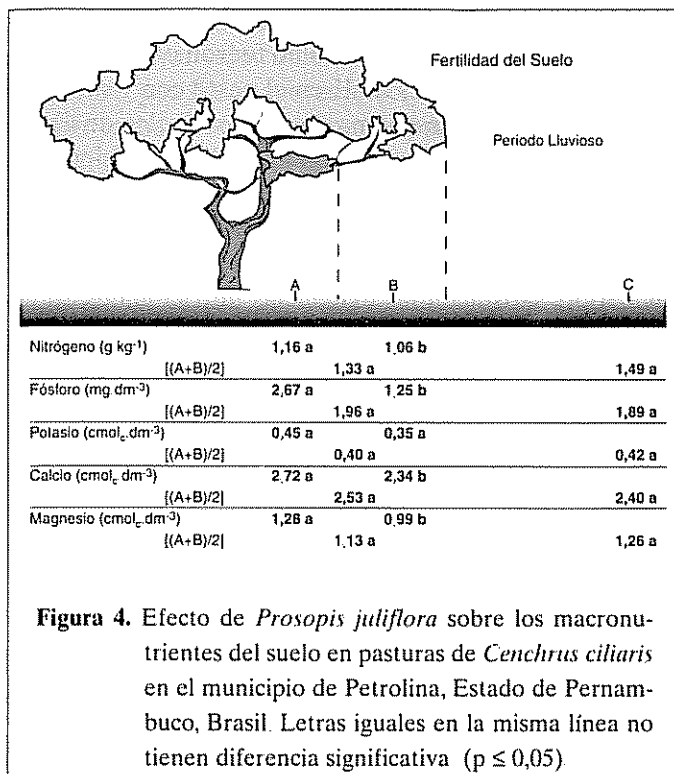


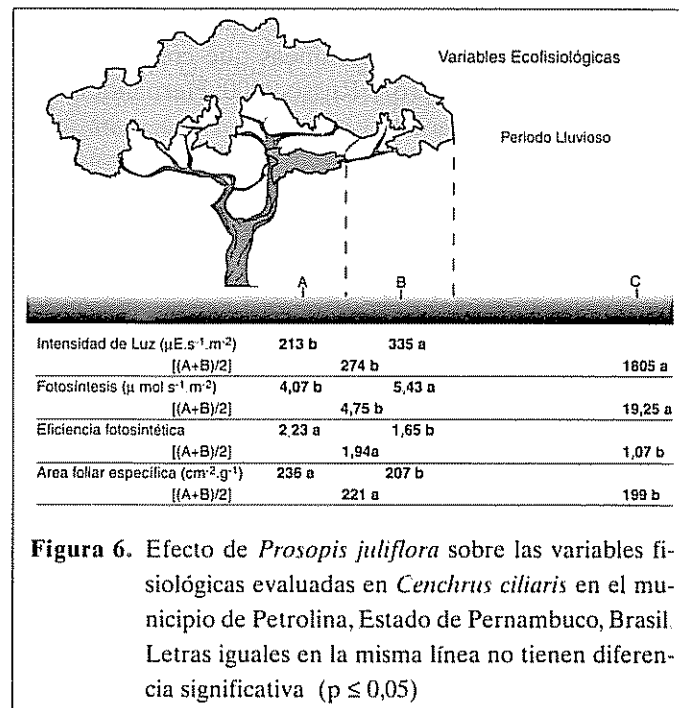
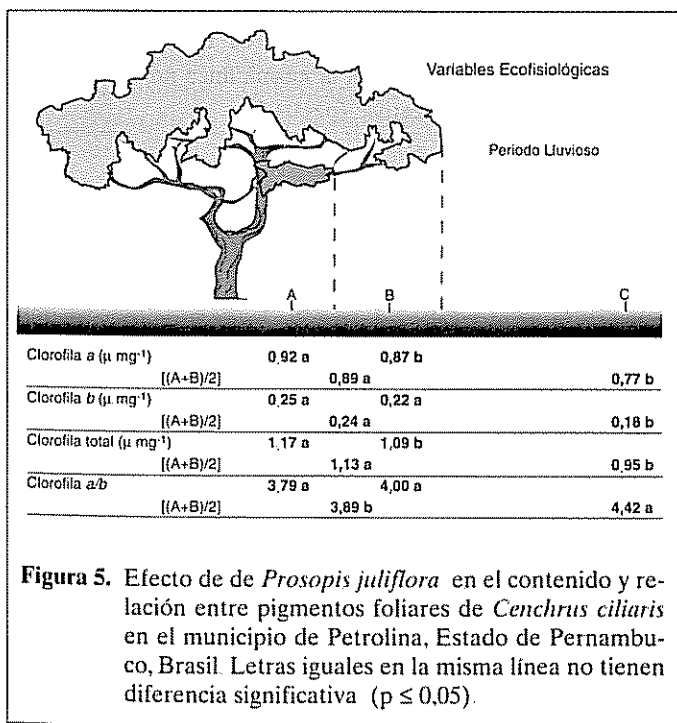
Figura 3. Efecto de *Prosopis juliflora* sobre la materia orgánica y pH del suelo en pasturas de *Cenchrus ciliaris* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

Parámetros ecofisiológicos

En el periodo lluvioso bajo los árboles de algarrobo, las hojas del pasto buffel presentaron mayores niveles de clorofila *a* y *b* y una mayor Área Foliar Específica (AFE) (Figuras 5 y 6). El AFE de *Xanthosoma sagittifolium*, *Cynodon dactylon* y *Lolium perenne*, también aumenta cuando las plantas son cultivadas bajo intensidades luminosas reducidas (Valenzuela *et al* 1991; Morita *et al* 1994). Aumentos en la AFE han sido asociados a la tolerancia al sombreado. A mayor AFE corresponden aumentos de la capacidad de interceptación de luz por las plantas, ya que es una de las maneras de aumentar la capacidad fotosintética, garantizando un aprovechamiento más eficiente de bajas intensidades luminosas



(Samarakoon *et al* 1990). Mayores cantidades de clorofila en hojas que crecen en condición de sombra, comparadas con aquellas cultivadas a plena luz, también fueron reportadas por Friendship-Keller *et al* (1987) e Igboanugo (1989).



La gramínea cultivada bajo sombra compensó, por lo menos en parte, los menores niveles de RFA que recibía (Figura 5; 274 vs. 1805 Es⁻¹.m⁻²) con una mayor eficiencia fotosintética (1,94 vs. 1,07). Pasturas de *Dichanthium aristatum*, bajo un sombreado artificial y bajo la copa de *Leucaena leucocephala*, presentaron mayor tasa de asimilación de CO₂ y mayor eficiencia del uso de la radiación (EUR), comparado con la condición de plena luz (Cruz 1997).

Disponibilidad y calidad del forraje

El rendimiento de MS del pasto buffel bajo las copas de los árboles de algarrobo en el periodo seco (el más crítico) fue menor a la producción encontrada a pleno sol (Figura 7). Sin embargo, el forraje producido bajo los árboles presentó mejor valor nutritivo (p.ej. para la estación lluviosa, Figura 8); hubo un incremento significativo de los niveles de proteína bruta (PB) del forraje de la gramínea cultivada bajo sombra. Los análisis de la digestibilidad "in vitro" de MS (DIVMS) y de la fibra detergente neutra (FND), no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

De acuerdo con Giraldo *et al* (1995), la producción de forraje normalmente decrece a medida que el porcentaje de la cobertura de los árboles aumenta y esa disminución del rendimiento de MS se observa principalmente a partir del 50% de cobertura. No obstante, muchas especies de gramíneas crecen mejor debajo de los árboles

y presentan mejor calidad nutritiva (mayor contenido de PB) comparadas con las gramíneas que crecen a plena exposición solar (Botero y Russo 2000; Hernández *et al* 2000).

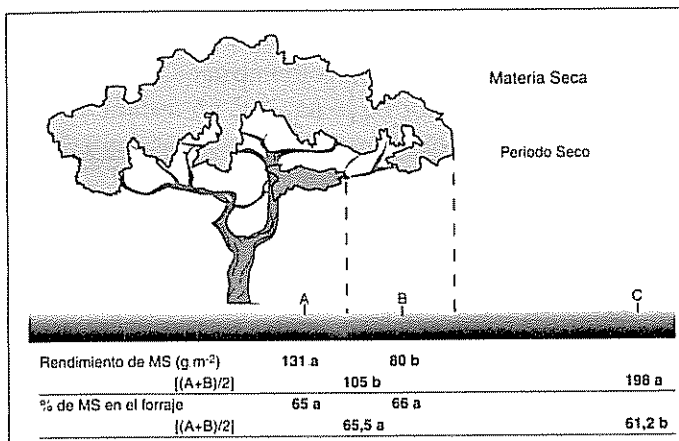


Figura 7. Efecto de *Prosopis juliflora* sobre el rendimiento (MS) de *Cenchrus ciliaris* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

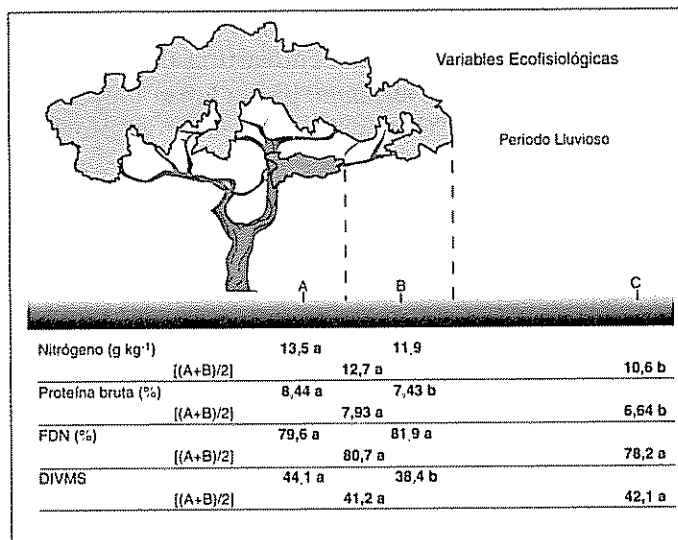


Figura 8. Efecto de *Prosopis juliflora* sobre los niveles de N, PB, fibra y digestibilidad de MS del *Cenchrus ciliaris* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

La composición química del forraje del pasto buffel en el período seco fue afectada de manera diferenciada en presencia del componente arbóreo (Figura 9). Hubo aumento en las concentraciones de N y Mg en la materia seca de la gramínea y reducción de K. La época del año

también tuvo influencia sobre los niveles de esos nutrientes. En el período lluvioso no fueron observadas diferencias en los niveles de K en el pasto con y sin árboles. Entretanto, en la misma época los niveles de Ca en la pastura sombreada sufrieron una reducción significativa en relación al pasto buffel a cielo abierto. Excepto por el P, los niveles de los macronutrientes encontrados en el forraje del pasto buffel, producido bajo la copa del algarrobo, satisfacen las exigencias nutricionales de los bovinos (National Research Council 1984).

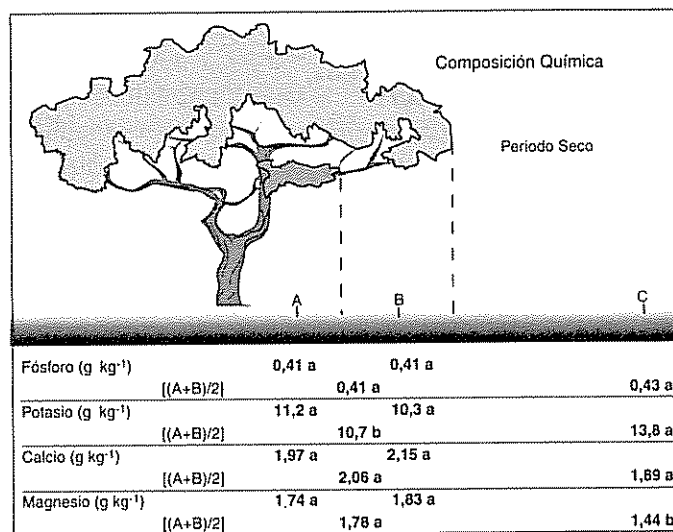


Figura 9. Efecto de *Prosopis juliflora* sobre los niveles de macronutrientes (MS) de *Cenchrus ciliaris* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

El sistema silvopastoril compuesto por algarrobo y pasto buffel se presentó potencialmente viable, debido a la importancia de esta leguminosa arbórea para la región semi-árida como árbol de múltiple propósito y, principalmente, por los aspectos benéficos resultantes de su influencia sobre el ambiente y sobre el pasto asociado, como se describe a continuación:

- El sombreado proporcionado por los árboles en el sistema silvopastoril, promovió una mejora de las condiciones microclimáticas, estabilizando la temperatura ambiente y disminuyendo la temperatura de las hojas de la gramínea.
- La presencia del algarrobo en el sistema silvopastoril podría contribuir para mejorar la fertilidad del suelo, por lo menos cerca de su tronco, a través del aumento de los niveles de materia orgánica, N, P, K y Ca en el suelo.

- El forraje producido bajo la copa de los árboles presentó mejor valor nutritivo, caracterizado principalmente por los mayores niveles de proteína bruta. Sin embargo, el pasto buffel produce menor cantidad de materia seca en esa condición.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Amorim Neto, MS. 1985. Informações meteorológicas dos campos experimentais de Bebedouro e Mandacarú. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA. 51 p.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164
- Bhojvaid, PP; Timmer, VR. 1998. Soil dynamics in age sequence of *Prosopis juliflora* planted for sodic soil restoration in India. *Forest Ecology and Management* 106: 181-193.
- Botero, R; Russo, RO. 2000. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales (en línea). Memorias: Conferencia Electrónica: I Conferencia Latinoamericana sobre Agroforesteria para la Producción Animal Tropical. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/cipav/conf/index/htm>
- Buresh, RJ; Tian, G. 1998. Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. *Agroforestry Systems* 38: 51-76.
- Cruz, P. 1997. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C₄ perennial grass under field conditions. *Plant and Soil* 188: 227-237
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1974. Soil map of the world: 1:500.000 Paris 59 p
- Friendship-Keller, RA, Tsujita MJ, Ormrod DP. 1987. Light acclimatization effects on Japanese maple for interior use. *HortScience* 22: 929-931
- Garg, VK. 1998. Interaction of tree crops with a sodic soil environment: potential for rehabilitation of degraded environments. *Land Degradation and Development* 9: 81-93
- Giraldo, LA; Botero, J; Saldarriaga, J; David, P. 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural, en la región atlántica de Colombia. *Agroforesteria en las Américas* 8: 14-19
- Hernández, I; Milera, M; Simón, L; Hernández, D; Iglesias, J; Lamela, L; Toral, O; Matías, C; Francisco, G. 2000. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba (en línea). Memorias. Conferencia Electrónica: I Conferencia Latinoamericana Sobre Agroforesteria para la Producción Animal Tropical. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/cipav/conf/index/htm>
- Igboanugo, ABI. 1989. Adaptation to changes in illumination of chloroplast structure, chlorophyll content and light transmission of mature leaves of some deciduous tree seedlings. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 30: 133-142
- Lima, PCL. 1994. Comportamento silvicultural de especies de *Prosopis*, em Petrolina-PE, região semi-árida brasileira. Tese Doutorado. Curitiba, Paraná, Brasil, Universidade Federal do Paraná 110 p
- Morita, O; Goto, M; Ehara, H. 1994. Growth and dry matter production of pasture plants grown under reduced light conditions of summer season. *Bulletin of the Faculty of Bioresources, Mie University* 12: 11-20
- Oliveira, EB. 1994. Considerações sobre análise estatística na pesquisa de sistemas agroflorestais. In Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais (1. Porto Velho). Anais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ 27: 457-462
- Samarakoon, SP; Wilson, JR; Shelton, HM. 1990. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *Journal of Agriculture Science* 114: 161-169
- Silva, DJ. 1990. Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG, Imprensa Universitária 165 p
- U.S. National Research Council. 1984. Nutrient requirements of beef cattle 6 ed Washington, DC, National Academy Press. 90 p
- United States of America (USA). 1975. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. Washington, D.C. 330 p
- Valenzuela, HC; O'hair, SK; Schaffer, B. 1991. Shading, growth and dry matter partitioning of cocoyam [*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott]. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116: 1117-1121.

Efectos de varias especies de árboles sobre el estrato herbáceo y la dinámica del nitrógeno del suelo en la zona Sudanesa de Camerún

Jean-Michel Harmand ¹, Paul Ndonfack ², Clement Forkong Njiti ²

Palabras claves: *Acacia polyacantha*; *Eucalyptus camaldulensis*; mineralización del nitrógeno; *Senna siamea*; *Andropogon gayanus*; dinámica herbácea

Effects of different tree species on herbaceous stratum and soil nitrogen dynamic in Sudanian zone of Cameroon

RESUMEN

A lo largo de cinco años de barbecho en un sitio en el norte de Camerún, la protección contra pastoreo con o sin la introducción de especies leñosas (*Acacia polyacantha*, *Senna siamea* y *Eucalyptus camaldulensis*) indujeron una evolución progresiva hacia una composición específica particular en cada tratamiento. La biomasa del estrato herbáceo se redujo al menos 50% bajo la copa de los árboles que a pleno sol. En un barbecho herbáceo natural protegido contra pastoreo (sin árboles), el desarrollo progresivo de *Andropogon gayanus* produjo la biomasa más alta (8 t ha⁻¹ después de cinco años). *E. camaldulensis* produjo una sombra ligera que permitió el crecimiento de *A. gayanus*, y así dio una biomasa herbácea (3,5 t ha⁻¹), más alta que bajo los otros árboles. El estrato herbáceo bajo *A. polyacantha* (2,24 t ha⁻¹) tuvo la mayor concentración de N (hasta 1,3%), debido a la fijación y la alta mineralización del N en el suelo bajo esta especie. *S. siamea* tuvo un fuerte efecto depresivo sobre la mineralización del N del suelo y la biomasa del estrato herbáceo.

ABSTRACT

During five years of fallow on a site in the North of Cameroon, protection against grazing with or without the introduction of tree species (*Acacia polyacantha*, *Senna siamea* and *Eucalyptus camaldulensis*) induced a progressive evolution to a particular herbaceous species composition in each treatment. Herbaceous grass biomass was at least 50% lower below the tree canopy than in full sun. In a natural fallow protected against grazing (no trees), the cumulative production of *Andropogon gayanus* provided the greatest biomass (8 t ha⁻¹ after five years). *E. camaldulensis* provided little shade, allowing the growth of *A. gayanus*, and thus herbaceous biomass (3.5 t ha⁻¹) was higher in this treatment than under the other tree species. The herbaceous strata below *A. polyacantha* (2.24 t ha⁻¹) had the greatest N concentration (up to 1.3%) due to N fixation and a high soil N mineralization. *S. siamea* had a strong depressive effect on soil N mineralization and on the biomass of the herbaceous stratum.

INTRODUCCIÓN

Los barbechos son usados a menudo como áreas de pastoreo en la savana sub-sahariana de África. Los árboles presentes en esos sistemas tienen una influencia variable sobre la dinámica del estrato herbáceo en relación con las condiciones climáticas. En zonas áridas (precipitación anual debajo de 600 mm), la reducción de la evapotranspiración potencial y la mayor disponibilidad de nutrientes del estrato herbáceo bajo la copa de los árboles pueden mejorar su crecimiento, en comparación con las condiciones a pleno sol (Bernhard-Reversat 1982). Sin embargo, en sitios con mayor precipitación (≥ 800

mm), como la Zona Sudanesa, la reducción de la radiación solar bajo la copa de los árboles disminuye generalmente el crecimiento del estrato herbáceo (Cesar 1992). La naturaleza de las especies arbóreas también pueden jugar un papel importante en la dinámica herbácea.

Con el fin de asegurar una producción agrícola sostenible en la zona Sudanesa de África, hubo una presión creciente en los últimos años para la introducción de prácticas agroforestales en los sistemas de producción. El objetivo del presente estudio fue la evaluación de los

¹ CIRAD-Forêt / CATIE, Apdo 31, 7170 Turrialba, Costa Rica E-mail: harmand@catie.ac.cr (autor para correspondencia)

² IRAD (Institut de la Recherche Agricole pour le Développement). BP 415 Garoua, Cameroon

efectos de especies leñosas introducidas en un barbecho sobre las características del estrato herbáceo, en relación con la dinámica del N del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio

El estudio fue realizado en una finca privada cerca del pueblo de Ngong, localizado 40 km al sur de la ciudad de Garoua en el norte de Camerún (8°57' N, 13°27' E). La temperatura promedio es de 28,2°C y la precipitación promedio 1050 mm, 85% de la cual ocurre durante cinco meses (de mayo hasta septiembre). El suelo es profundo, bien drenado, formado a partir de arenisca, pobre en C orgánico (0,3%) y N total (0,03%), y muy arenoso en la capa superficial, pero su contenido en arcilla aumenta con la profundidad. Empezando en 1977-78, después de la tala y quema de la sabana arbórea preexistente, el agricultor practicó durante 10 años un sistema de cultivos basado sobre la rotación bianual de algodón (*Gossipium hirsutum*) y maní (*Arachis hypogaea*).

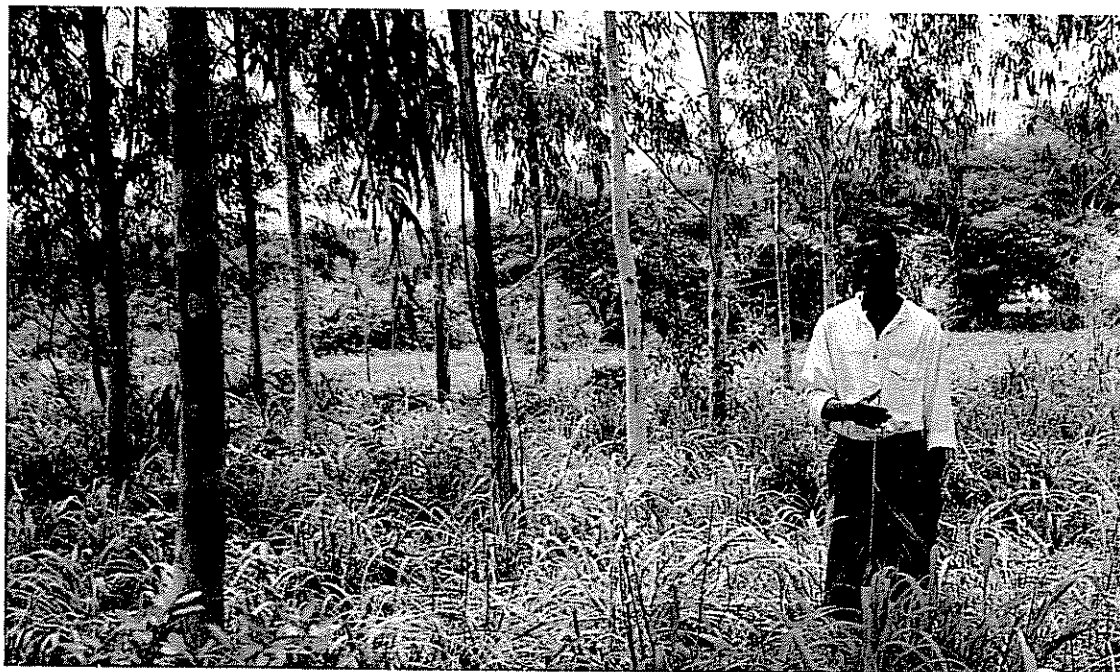
Descripción del ensayo

El diseño experimental original fue bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos iniciales incluyeron tres barbechos: i) *Acacia polyacantha*, que es una especie local fijadora de nitrógeno que produce leña y una goma arábica de buena calidad; ii) *Eucalyptus camaldulensis* (especie exótica que los agricultores están plantando a fin de producir varas y leña); y iii) un barbecho herbáceo. Además se incluyó una

parcela de *Senna siamea* (cuarto tratamiento). Durante el ensayo, no se practicó la quema y el pastoreo de esos tratamientos precedentes. También se hicieron mediciones en tres parcelas en un barbecho herbáceo natural bajo pastoreo y establecido cerca del ensayo (quinto tratamiento). El tamaño de las parcelas fue de 28 x 28 m y el espaciamiento de los árboles de 4 x 4 m (625 árboles ha⁻¹). Árboles y maní se establecieron al mismo tiempo en julio de 1989 y el cultivo asociado continuó en 1990 con algodón. El periodo de barbecho duró desde 1991 hasta 1996.

Metodología de toma de datos

Se hizo un inventario de las especies herbáceas al fin de cada estación lluviosa (septiembre – octubre) y se estimó el porcentaje de cobertura herbácea de cada especie en cada parcela. Se estimó la biomasa herbácea anual cuando el desarrollo del estrato herbáceo fue máximo. El mantillo no fue incluido en este muestreo. Se cortaron a nivel del suelo 10 muestras por tratamiento distribuidas entre las tres parcelas de cada tratamiento, excepto para *S. siamea* (una parcela), utilizando marcos de 2 m². En el barbecho herbáceo protegido contra pastoreo y dominado por *Andropogon gayanus* que tuvo gruesas matas, se utilizaron marcos de 4 m². Una muestra del material vegetal contenido dentro del marco se pesó y luego se secó en un horno a 80°C a peso constante. Se analizó la concentración de N total de cada muestra y luego se calculó el contenido de N total del estrato herbáceo de cada tratamiento.



Andropogon gayanus bajo *Eucalyptus camaldulensis* en la zona Sudanesa de Camerún. Foto: Jean Michel Harmand

Durante el quinto año de barbecho, la mineralización y la nitrificación del N del suelo se estudiaron *in situ*. Para esto, se hizo una incubación en el campo de la capa 0-20 cm, cada cuatro semanas a razón de ocho muestras por tratamiento. Se analizaron los resultados con ANOVA y pruebas de F. Cuando la prueba de F fue significativa ($p < 0,05$), los promedios de cada tratamiento se compararon con la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Barbecho herbáceo espontáneo protegido contra pastoreo

Como fue observado en una parcela para la cual hubo cinco años de observaciones (Figura 1a), durante los primeros dos años de barbecho, las especies de malezas de la etapa de cultivos fueron reemplazadas por especies tales como *Pennisetum* spp. y *A. gayanus*. A partir del tercer año, el barbecho herbáceo protegido contra

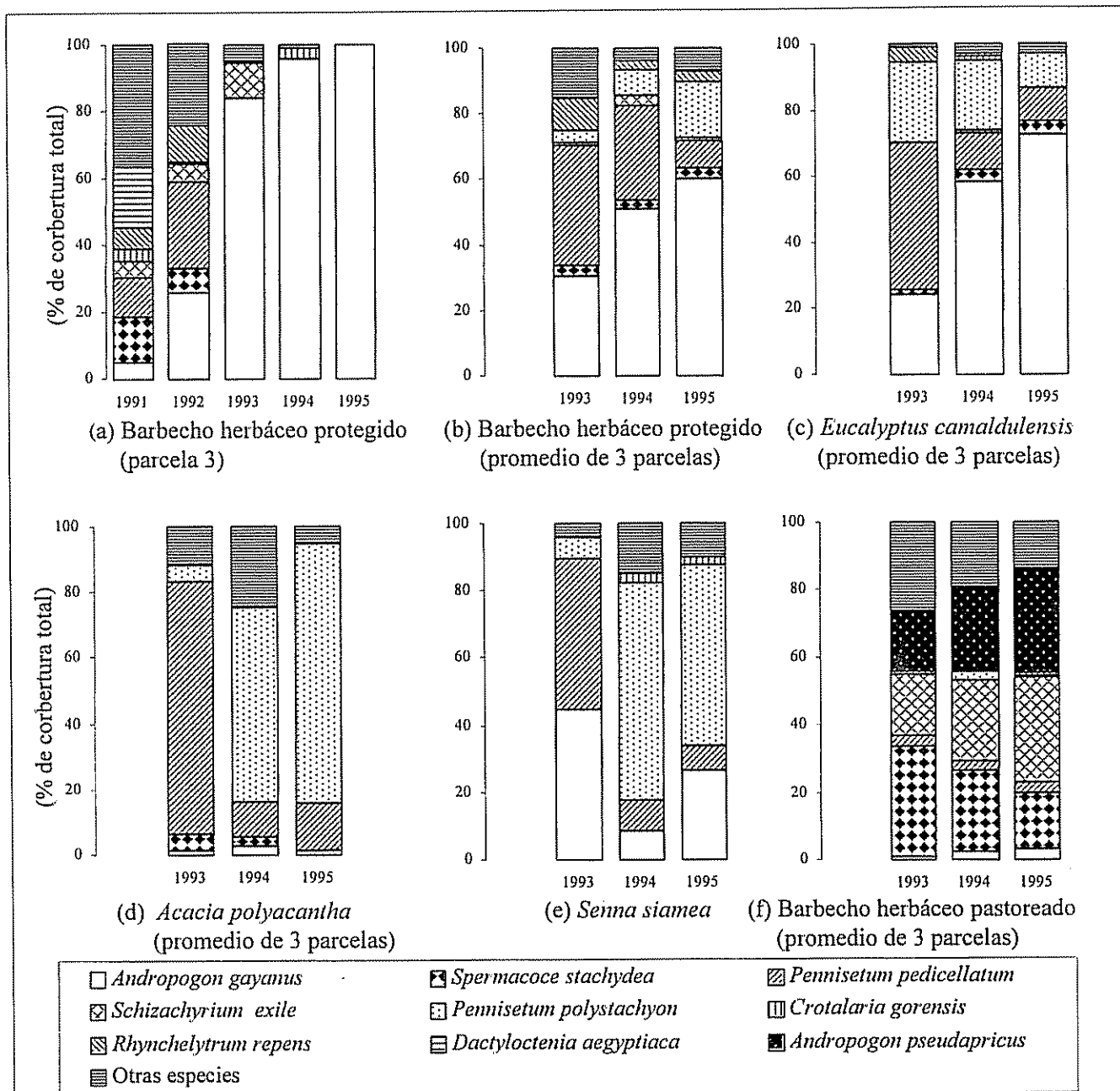


Figura 1. Evolución de la composición específica del estrato herbáceo en los diferentes barbechos (% de cobertura total del estrato herbáceo).

pastoreo mostró la biomasa herbácea más alta de todos los sistemas (Cuadro 1). Además, a lo largo de los años, el aumento de la cobertura de *A. gayanus* (Figura 1b) correspondió a un aumento de la biomasa ($p = 0,0001$) en el barbecho herbáceo protegido. En este tratamiento, el bajo nivel de mineralización del N del suelo durante el quinto año de barbecho (Cuadro 2), asociado con una alta biomasa y la más baja concentración de N (Cuadro 1), demostró la alta eficiencia de uso del N de este tipo de savana herbácea (Abbadie *et al* 1996).

Barbecho plantado con *Eucalyptus camaldulensis*

E. camaldulensis mostró la misma dinámica herbácea que el tratamiento precedente (Figura 1c), pero el efecto de sombra disminuyó la densidad de las plantas de *A. gayanus* y la biomasa herbácea en alrededor de 50% (Cuadro 1). Sin embargo, la plantación de *E. camaldulensis* dio una biomasa herbácea más alta que las otras especies arbóreas

Barbecho plantado con *Acacia polyacantha*

Bajo *A. polyacantha*, no creció *A. gayanus* (especie heliófila) y el estrato herbáceo fue constituido principalmente por *Pennisetum* spp. (Figura 1d), especies anuales que son tolerantes a la sombra pero que son menos productivas que *A. gayanus*. La concentración en N del estrato herbáceo fue mayor que en los otros barbechos (Cuadro 1). Además, esa concentración aumentó significativamente cada año, independientemente de los cambios en la biomasa herbácea, como resultado de la fijación de N por esta especie arbórea y del alto reciclaje de N caracterizado por un alto nivel de mineralización del N del suelo (Cuadro 2). Además, *A. polyacantha* fue la única especie que después de 4 años de barbecho aumentó significativamente los contenidos de C y N de la capa 0-20 cm del suelo (Harmand y Njiti 1998).

Barbecho plantado con *Senna siamea*

La cobertura herbácea fue casi total en todos los trata-

Cuadro 1. Biomasa, contenido y concentración de N del estrato herbáceo en los diferentes barbechos.

Año	Tipo de barbecho				
	<i>Acacia polyacantha</i>	<i>Senna siamea</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Barbecho herbáceo protegido	Barbecho herbáceo pastoreado
Biomasa (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)					
1993	2700 bc*	2450 c	2700 bc	4470 a	3150 b
1994	660 d	360 d	3190 c	6130 a	4540 b
1995	2240 c	180 d	3490 bc	7890 a	4420 b
Contenido de N (kg ha ⁻¹)					
1993	24 a	13 b	18 ab	26 a	25 a
1994	7 c	3 c	19 b	30 a	25 ab
1995	29 b	2 c	25 b	38 a	32 ab
Concentración de N (% de materia seca)					
1993	0,90 f**	0,51	0,67	0,59	0,81
1994	1,11 g	0,75	0,60	0,48	0,55
1995	1,29 h	1,00	0,72	0,48	0,73

* En cada línea, los promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

** En el caso de concentración de N, la prueba está presentada solamente para el contraste de años en el tratamiento con *A. polyacantha*.

Cuadro 2 Mineralización del N del suelo en la capa 0-20 cm durante el quinto año de barbecho*

Tipo de barbecho	<i>Acacia polyacantha</i>	<i>Senna siamea</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Barbecho herbáceo protegido
N mineralizado (kg ha ⁻¹)	166 a**	25 c	40 b	26 c
(% del N total del suelo)	17 a	3,1 d	6,1 b	3,6 c

* Harmand y Njiti, 1998

** En cada línea, los promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

mientos, excepto en la parcela bajo *S. siamea*, donde fue menor del 30%, pese a la relativa apertura del dosel. El más bajo nivel de mineralización del N del suelo ocurrió bajo *S. siamea* (Cuadro 2) y eso fue asociado con un estancamiento en el crecimiento y algún decaimiento de los árboles. También resultó en un fuerte efecto depresivo sobre el estrato herbáceo que mostró una biomasa muy débil (Cuadro 1). Schroth *et al* (1995) también reportaron bajos niveles de mineralización del N del suelo bajo especies de la familia Ceasalpinaceae. La mineralización del N del suelo puede ser inhibida por un efecto alelopático del árbol (Attiwill y Adams 1993), resultando en un efecto depresivo sobre el estrato herbáceo.

Barbecho espontáneo bajo pastoreo

El pastoreo condujo a pastizales degradados conformados con especies herbáceas anuales (Figura 1f). La biomasa herbácea disminuyó en un 50% en comparación con el barbecho herbáceo protegido contra pastoreo.



Pennisetum polystachyon bajo *Acacia polyacantha* en la zona Sudanesa de Camerún. Foto: Jean Michel Harmand

CONCLUSIONES

- Las especies leñosas influyeron de manera diferente en la intercepción de la luz y en el ciclo de N del suelo y por lo tanto tuvieron diferentes efectos sobre el estrato herbáceo en términos de composición específica, biomasa y contenido de N.
- La protección contra pastoreo o la introducción de especies leñosas con ausencia de pastoreo indujeron una evolución progresiva hacia una composición específica particular en cada tratamiento. El aumento del carácter dominante de una especie herbácea fue a menudo asociado con un aumento de la biomasa.
- Bajo esas condiciones de sitio, el crecimiento del estrato herbáceo fue reducido de al menos 50% bajo la copa de los árboles, en comparación a condiciones de pleno sol.
- *E. camaldulensis* produjo una sombra ligera que permitió el crecimiento de *A. gayanus* (una especie bien aceptada por el ganado), pero *A. gayanus* es tan sensible al pastoreo, que se necesitan prácticas de rotación de potreros para asegurar su preservación.
- Como especie fijadora de N, *A. polyacantha* produjo un estrato herbáceo gramíneo anual con una concentración de N más alto que aquel bajo los otros árboles. Debido a su fuerte efecto depresivo sobre el estrato herbáceo, *Senna siamea* no se puede utilizar en sistemas silvopastoriles.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abbadie, L; Lepage, M; Menaut, JC 1996 Independence of savanna grasses from soil organic matter for their nitrogen supply Ecology 73 (2): 608-613
- Attiwill, PM; Adams, MA. 1993. Tansley Review N°50: Nutrient cycling in forests. New Phytologist 124(4): 561-582.
- Bernhard-Reversat, F. 1982. Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi-arid savanna Oikos 32: 321 - 332
- Cesar, J. 1992. La production biologique des savanes de Côte-d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Biomasse, valeur pastorale et production fourragère, Cirad-IEMVT, France, Maison Alfort, 671 p
- Harmand, JM; Njiti, CF; 1998. Effets de jachères agroforestières sur les propriétés d'un sol ferrugineux et sur la production céréalière Agriculture et Développement, Spécial Sols Tropicaux 18: 21-30
- Schroth, G; Kolbe, D; Pity, B; Zech, W. 1995. Searching for criteria for the selection of efficient tree species for fallow improvement, with special reference to carbon and nitrogen. Fertilizer Research 42: 297-314.

Biomasa del pastizal bajo diferentes densidades de pino (*Pinus elliottii*)

Plevich¹, J; Nuñez¹ C; Cantero¹ J; Demaestri¹, M; Viale¹ S.

Palabras claves: Aclareo; espaciamento; forraje; madera; pastizal natural; raleo; riqueza de especies; volumen total de madera.

Pasture biomass under different pino densities (*Pinus elliottii*)

RESUMEN

Se estudió el efecto de cuatro intensidades de raleo (25, 37, 50 y 62% de los árboles más un testigo sin ralear; densidad original 1600 árboles ha⁻¹) sobre biomasa herbácea invernal bajo plantaciones de *Pinus elliottii* de 18 años de edad en la Sierra Comechingones, Córdoba, Argentina. Se encontró una biomasa herbácea ≥ 180 kg MS ha⁻¹ con intensidades de raleo $\geq 50\%$. Se concluyó que: 1) cuando se reduce el área basal de la plantación de *Pinus elliottii* a ≤ 38 m² ha⁻¹ (intensidad de raleo $\geq 50\%$), se regenera parte de la composición florística del pastizal natural que existía al momento de la reforestación; y 2) los niveles de producción del pastizal natural permiten afirmar que es posible establecer sistemas integrados para la producción de forraje y madera.

ABSTRACT

The effect of four thinning intensities (25, 37, 50 and 62% of the trees and a control without thinning; original density 1600 trees ha⁻¹), on underlying herbaceous biomass in the winter, was evaluated in an 18 year old *Pinus elliottii* plantation in the mountain range of Comechingones, Cordoba, Argentina. With a thinning intensity $\geq 50\%$, herbaceous biomass was ≥ 180 kg MS ha⁻¹. It was concluded that: 1) when the *Pinus elliottii* basal area is reduced to ≤ 38 m² ha⁻¹ (thinning intensity $\geq 50\%$), part of the floristic composition of the natural pasture, which existed at the time of reforestation, regenerated; and 2) the production levels of natural grassland do make it possible to establish integrated systems for the production of forage and wood.

INTRODUCCIÓN

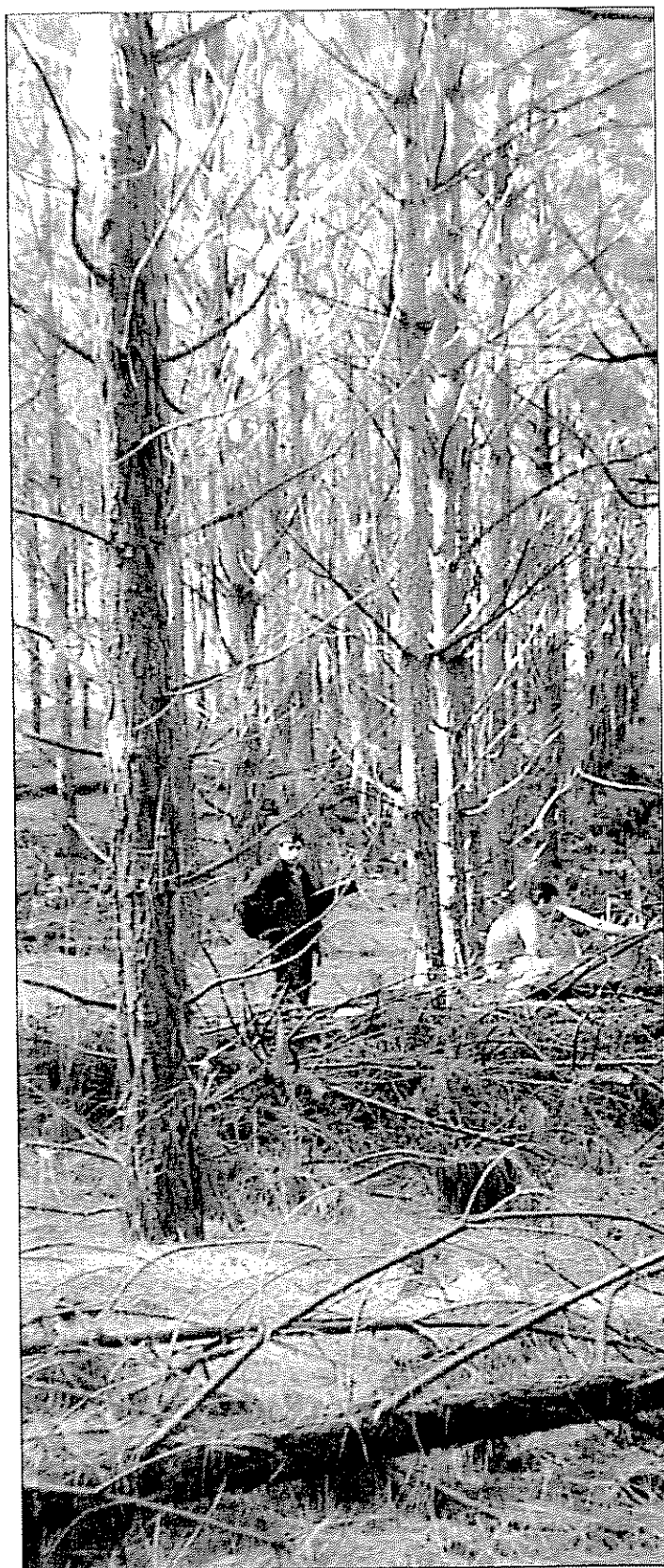
La Sierra Comechingones es una región del centro de Argentina que ocupa aproximadamente 300 000 ha, con más del 80% de sus paisajes dominados por ecosistemas herbáceos denominados pastizales, que constituyen el recurso natural básico para la productividad animal bovina y caprina (Cantero 1999). A mediados del siglo pasado las autoridades gubernamentales reemplazaron muchos pastizales por bosques de pino (*Pinus elliottii*, *Pinus taeda* y *Pinus insignis*), sin tener en cuenta las consecuencias que podría acarrear el reemplazo de ese ecosistema. En la actualidad existen 36 000 ha reforestadas entre los 900 y 1600 m.s.n.m. Se practica el pastoreo bovino durante los primeros 10-12 años en gran parte de estos sitios.

Debido a numerosos procesos interactivos y estocásticos que regulan la composición y productividad de estos

sistemas seminaturales, es difícil proponer prescripciones para su manejo. Es esencial entender el funcionamiento para desarrollar estrategias flexibles de manejo tendientes a su utilización sostenible (Nuñez 2000). Entre estas estrategias se puede considerar a los sistemas silvopastoriles, como una forma de utilización de la tierra que permite la producción de forraje, ganado y madera, y que constituye una alternativa importante para aquellas tierras que no pueden dedicarse a la agricultura convencional, sin producir degradación grave del terreno.

En los sistemas silvopastoriles, las leñosas afectan el crecimiento de las especies herbáceas que crecen debajo. Una reducción de la densidad del estrato superior arbóreo usualmente incrementa la productividad de los estratos herbáceos debido a la reducción de la compe-

¹ Facultad de Agronomía Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina. E-mail: oplevich@ayv.unrc.edu.ar (autor para correspondencia).



Relevamiento a los tres meses de efectuados los aclareos en la plantación de *Pinus elliotii* del estudio, en la Sierra Comechingones, Córdoba, Argentina Foto: César Núñez

tencia por luz, agua y nutrientes, y posiblemente a efectos antagónicos de exudados de los árboles (Sequiera y Gholz 1991). La densidad arbórea óptima podría corresponder a niveles intermedios, donde se produzca la mejor combinación entre ambos estratos (Olivares y Gastó 1981). Los estudios relacionados al comportamiento de los pastos debajo del dosel del género *Pinus* muestran una relación inversa entre su cobertura y la producción del pastizal, pero densidades intermedias han logrado rendimientos semejantes a terrenos desprovistos de árboles (Grelen *et al* 1972), además de diferencias en la composición y contenido de nutrientes de las especies herbáceas (Montoya 1982). Debajo de plantaciones de pinos, el pastizal puede prolongar su crecimiento estacional (Valls 1993) y ofrecer un mayor contenido de proteína y fósforo (Pearson *et al* 1982; Olivares 1992).

Este trabajo plantea como objetivos reducir mediante raleos la densidad de las plantaciones de pinos con el fin de lograr los niveles de regeneración del pastizal natural que existían al momento de su implantación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio

La investigación se llevó en la Empresa Forestal Pinares de Alpa Corral, en la Sierra Comechingones en la Provincia de Córdoba, Argentina (32° 42' S y 64° 56' - 64° 48' O); 1088 mm de precipitación media anual (Figura 1); temperatura media anual de 12,7 °C. Los meses más cálidos son diciembre y enero con una máxima absoluta de 31 °C y los meses más fríos son junio y julio con una mínima absoluta de -10°C; las heladas se inician en mayo-junio y finalizan en agosto - septiembre (González *et al* 1999).

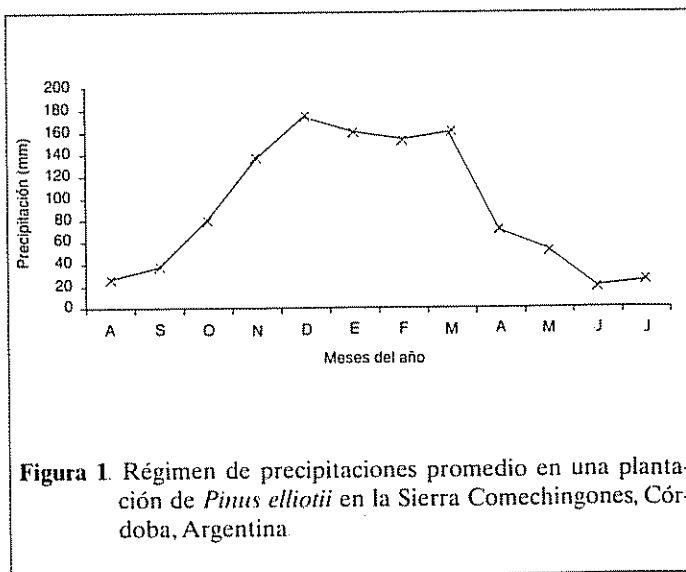


Figura 1. Régimen de precipitaciones promedio en una plantación de *Pinus elliotii* en la Sierra Comechingones, Córdoba, Argentina

El suelo fue clasificado como un Hapludol fluvéntico (INTA 1994), con textura franco a franco arcillosa y una profundidad mayor de 100 cm. El contenido de materia orgánica oscila entre 9-12%, la rocosidad y la pedregosidad no superan 5%, y la pendiente varía de 1-8% (González *et al* 1999). Desde el punto de vista de la vegetación, dominan los pastizales y arbustos (Bianco *et al* 1987). El uso anterior a la plantación de *Pinus* spp., correspondió a la producción ganadera bovina con alta presión de pastoreo, con cargas ganaderas variables entre 0,5 – 0,75 Equivalentes Vaca (Ev) ha⁻¹.

Descripción del ensayo

El estudio se desarrolló desde octubre de 1996 a abril de 1998 en una plantación de *Pinus elliotii* de 18 años de edad, con una densidad inicial de 1600 árboles ha⁻¹. Los tratamientos correspondieron a cuatro intensidades de raleo (solamente se retiró el follaje): 25, 37, 50 y 62% de los árboles y un testigo sin ralear. No hubo repeticiones de los tratamientos. El tipo de raleo utilizado fue el denominado selectivo por lo bajo, hecho en 1993. A partir de 1996, en cada parcela se muestrearon 16 puntos en una cuadrícula de 20 x 20 m, donde se tomó una muestra de 0,1 m² cortada a nivel del suelo. La vegetación herbácea recolectada en las muestras fue clasificada en gramíneas y otras familias; luego fueron secadas a estufa (100 °C) y pesadas. La riqueza (S) se determinó como el número de especies presentes en cada tratamiento. Para la nomenclatura de las especies vegetales se siguió la establecida por Zuloaga *et al* (1994) y Zuloaga y Morrone (1996, 1999).

En 1998 se determinó el área basal y volumen de madera en pie sobre la cuadrícula donde se muestreó el pastizal. Para ello se midió el dap (diámetro altura de pecho) de todos los árboles y con la media se identificó el árbol representativo de la muestra. Sobre este árbol se determinó el volumen aparente (Va) y volumen real (Vr). Para la obtención del volumen real se utilizó la ecuación de Huber compuesta, trozando el fuste en rolizos de 2 m de longitud. A partir de estos volúmenes se obtuvo el factor de forma ($Ff = Vr/Va$). Estos valores fueron extrapolados a la hectárea considerando número de árboles remanentes en cada tratamiento.

RESULTADOS

La intensidad del raleo tuvo un efecto positivo sobre la riqueza de la vegetación (Figura 2). En el testigo, la alta densidad de árboles impide casi en su totalidad la aparición de especies vegetales tanto nativas como exóticas. Ello se debe posiblemente a la escasa cantidad de

luz que atraviesa el dosel arbóreo y a la cantidad de acículas acumuladas en el suelo que actúan como un factor de control sobre la germinación e implantación de las especies. Sólo sobrevivieron en estas condiciones especies tales como *Hyptis mutabilis* y *Viola japonica*.

La riqueza de especies aumentó en los tratamientos que tuvieron una mayor intensidad de raleo; principalmente gramíneas nativas de ciclo invernal, destacándose por su calidad forrajera *Piptochaetium lasianthum*, *Piptochaetium stipoides* y *Briza subaristata*. Las gramíneas estivales fueron muy escasas; solamente merecen citarse las especies de los géneros *Bothriochloa* y *Setaria*. Se regeneraron también especies exóticas que disminuyen la calidad del pastizal tales como *Rosa sicula*, *Rubus ulmifolius*, *Gleditsia triacanthos* y *Carduus acanthoides*. Aunque el tiempo de evaluación realizado no permite afirmar que es posible la regeneración de la vegetación prístina, podemos pensar que existen posibilidades reales de obtener la restitución parcial de la vegetación natural y una combinación florística que posibilite sostener un sistema silvopastoril.

La biomasa de materia seca del pastizal en el momento de la cosecha aumentó de < 1 hasta > 100 kg MS ha⁻¹ con $\geq 37\%$ de raleo (Cuadro 1). Se nota la mayor sensibilidad de las gramíneas a la competencia; aumentaron la proporción de éstas en la biomasa de 55% (raleo 25%) a 78% (raleo 62%). Estos resultados siguen un patrón semejante al incremento de la riqueza de especies (Figura 2) en aquellos tratamientos más intensamente raleados.

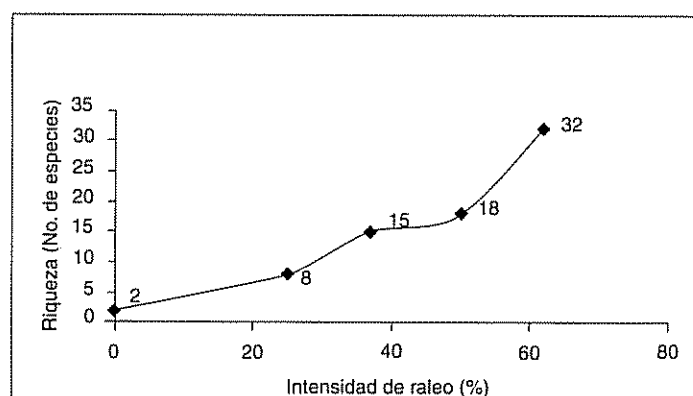


Figura 2. Variación de la riqueza de especies de regeneración natural en función de la intensidad de raleo, en una plantación de *Pinus elliotii* de 18 años de edad en la Sierra Comechingones, Córdoba, Argentina.

Cuadro 1. Biomasa del estrato herbáceo de acuerdo al tipo y tratamiento de raleo en una plantación de *Pinus elliotii* de 18 años de edad en la Sierra Comechingones, Córdoba, Argentina

TRATAMIENTOS	GRUPO GRAMÍNEAS (kg MS ha ⁻¹)	GRUPO OTRAS FAMILIAS (kg MS ha ⁻¹)	PRODUCCIÓN TOTAL (kg MS ha ⁻¹)	PROPORCIÓN GRAMÍNEAS (%)
Testigo	0	1	1	0
25 % raleo	33	17	59	55
37 % raleo	81	40	135	60
50 % raleo	134	52	181	74
62 % raleo	174	100	223	78

Los datos del Cuadro 1 y Figura 2 indican que es posible obtener una regeneración del pastizal mientras que se produce madera, cuando la cantidad de árboles es ≤ 800 plantas ha⁻¹ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Area basal y volumen residual del estrato leñoso acorde a la intensidad de raleo en una plantación de *Pinus elliotii* de 18 años de edad en la Sierra Comechingones, Córdoba, Argentina

TRATAMIENTOS	DENSIDAD (árboles ha ⁻¹)	AREA BASAL (m ² ha ⁻¹)	VOLUMEN TOTAL (m ³ ha ⁻¹)
Testigo	1600	61	462
25% raleo	1200	52	433
37% raleo	1000	41	346
50% raleo	800	38	317
62% raleo	600	24	216

Cuando se relacionaron los valores de área basal de los árboles con la producción de materia seca del pastizal se obtuvo una función lineal $y = 388,97 - 6,2604x$, con un $R^2 = 0,73$, donde la variable dependiente (y) corresponde a la cantidad de materia seca (kg MS ha⁻¹) del pastizal y la variable independiente (x) al área basal de la plantación forestal.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en el trabajo, se puede concluir lo siguiente:

- Cuando se reduce la densidad de la plantación de *Pinus elliotii* comienza una sucesión vegetal secundaria que regenera parte de la composición florística del pastizal natural que existía al momento del establecimiento de los árboles
- En esta etapa sucesional, los niveles de producción física del pastizal pueden sostener una carga animal de 0,13 Ev ha⁻¹, durante el periodo de cinco meses de invierno, comparado con un valor cero del testigo.
- El raleo de árboles suprimidos y de menor diámetro

permite mantener a los 18 años de edad un volumen de madera que varía entre 216 y 317 m³ ha⁻¹ representado por los árboles de mayor diámetro.

- Para el sistema estudiado, se concluye que un área basal ≤ 38 m² ha⁻¹ es deseable para establecer un sistema integrado para la producción conjunta de ganado-madera.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Cantero, J.J. 1999 Proyecto Pastizales Serranos, bases ecológicas para su manejo 30 p.
- Bianco, CA; KRAUS, IA; ANDERSON, DL; CANTERO, CC 1987. Formaciones vegetales del suroeste de la Provincia de Córdoba, República Argentina. Rev UNRC 7 (1): 5-66
- Gómez, K; Gómez, A. 1983 Statistical procedures for agricultural research Wiley 679 p
- González, J; Cantero, J.J; Cisneros, J. 1999. Caracterización de la estructura de los paisajes serranos del centro de Argentina. In Cantero, J.J ed Plant Community Diversity and Habitat Relationships in Central Argentina Grasslands Estonia, Institute of Botany and Ecology, University of Tartu. 165 p. (Dissertationes Biologicae Universitatis Tartuensis No. 49)
- Grelen, H; Witaker, L; Lohrey, R. 1972 Herbage response to precommercial thinning in direct seeded slash pine. Journal of Range Management 25 (6):435-437.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA): Ministerio

- de Agricultura, Ganadería y Recursos Naturales Renovables (MAGYRN). 1994 Carta de suelos de la República Argentina Hoja 3366-12 Río de los Sauces y Hoja 3366-18 Alpa Corral.
- Montoya JM, 1982. Efectos del arbolado de las dehesas sobre el sistema pastoral. Criterios de ordenación, INIA, España Anales Serie Forestal (5): 31-41.
- Núñez, C. 2000. Efectos del fuego y el pastoreo en pastizales serranos de la Sierra de Los Comechingones. Tesis Mag Sc Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile 167 p
- Olivares, A; Gastó, J. 1981. *Atriplex repanda*: organización y manejo de ecosistemas con arbustos Santiago, Chile, Universidad de Chile. 300 p.
- Olivares, B. 1992. Experiencias de la Universidad Austral de Chile en la investigación agroforestal en la Décima Región: Un estudio de caso. In Garfias, R (ed). Seminario de agroforestería. Potencialidades y restricciones dentro del desarrollo agroforestal chileno Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile Santiago Chile. p 13-19
- Pearson, A; Grelen, E; Johnson, K; Blacwood, B. 1982. Botanical composition and nutritive value cattle diet on southern pine range US Department of Agriculture Southern Forest Experiment Station. Forest Services. Research Paper SO-178
- Sequeira, W; Gholz H. 1991. Canopy structure, light penetration and tree growth in slash pine (*Pinus elliottii*) silvopastoral systems at different stand configurations in Florida. Forestry Chronicles 67: 263 - 267.
- Valls, P. 1993. Introducción al manejo integral de Recursos: pastoreo racional intensivo en un sistema forestal de sierra. Jornadas sobre Pastoreo Racional Intensivo. Sociedad Rural de Río Cuarto, 3 al 4 de junio de 1993. Río Cuarto, Córdoba, República Argentina
- Zuloaga, FO; Morrone, O. 1996. Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina, 1. *Pteridophyta, Gymnospermae y Angiospermae (Monocotyledoneae)* Missouri Botanical Garden Monograph Systematic Botany No. 60. 323 p.
- Zuloaga, FO; Morrone, O. 1999. Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina, 2. *Dicotyledoneae* Missouri Botanical Garden Monograph Systematic Botany No. 74. 1269 p
- Zuloaga, FO; Nicora, EG; Rugolo de Agrasar, ZE; Morrone, O; Pensiero, J; Cialdella, AM. 1994. Catálogo de la familia *Poaceae* en la República Argentina Missouri Botanical Garden Monograph Systematic Botany No. 47. 178 p



Parcela con intensidad de aclareo del 63% por lo bajo (600 árboles ha⁻¹) en la plantación de *Pinus elliottii* del estudio en la Sierra Comechingones, Córdoba, Argentina. Foto: Omar Plevich

Variación genotípica en la composición química y digestibilidad de *Trichanthera gigantea*

Sonia Ospina¹, Mauricio Rosales², José Enrique Ararat³

Palabras claves: Colombia; fermentabilidad *in vitro*; forraje; procedencia; selección genética.

Genotypic variation in chemical composition and digestibility of *Trichanthera gigantea*

RESUMEN

Se caracterizaron procedencias de nacedero (*Trichanthera gigantea*), en términos de su morfología, producción y calidad forrajera, a los ocho meses de establecidas en Cali, Colombia. Se determinó la composición química, digestibilidad, fermentabilidad y presencia de compuestos secundarios. La información se analizó utilizando técnicas univariadas y multivariadas (varianza, correlación, componentes principales, análisis de conglomerados). Las variables de rendimiento y calidad se integraron en índices, para comparar las procedencias y seleccionar materiales sobresalientes. Se encontraron diferencias genotípicas entre procedencias, principalmente en rasgos morfológicos y de rendimiento forrajero. No obstante, la capacidad de fermentación fue el carácter de mayor aporte a la variabilidad genética de la colección, la cual estuvo asociada al origen geográfico de las procedencias. En particular fueron de mayor fermentabilidad las del Valle de Cauca, Colombia, mientras que los materiales Venezolanos presentaron los niveles más bajos de fermentación.

ABSTRACT

Characterization (morphology, production and forage quality) of provenances of nacedero (*Trichanthera gigantea*), was carried out eight months after establishment in Cali, Colombia. Studies included: chemical composition, digestibility, fermentability and presence of secondary compounds. Univariate and multivariate techniques (variance, correlation, principal components, cluster analysis) were used. Yield and quality variables were integrated in indices to compare provenances and select "outstanding" materials. Genotypic differences between provenances were found, mainly in morphology and forage yield. Nevertheless, the fermentation capacity was the character that contributed most to the genetic variability. Fermentability was associated with geographical origin of the provenances; in particular, provenances from the Cauca Valley, Colombia, had the greatest fermentability while the Venezuelan materials had the lowest levels.

INTRODUCCIÓN

El nacedero (*Trichanthera gigantea*), es una especie arbórea de gran potencial forrajero. En los últimos años ha despertado un creciente interés por los investigadores para evaluar esta especie para suplementar rumiantes y monogástricos, debido a su alto valor nutricional y gran adaptación a diversos sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles del trópico y subtropico americano y asiático (Ospina 2000). Sin embargo, en algunas evaluaciones, principalmente con monogástricos, se han en-

contrado resultados muy variables, presumiblemente debido a variación de tipo genético en la calidad de los materiales utilizados (Rosales y Ríos 1999). Estudios morfo-agronómicos y bioquímicos (uso de patrones isoenzimáticos) realizados con los materiales disponibles en el banco de germoplasma de la Fundación CIPAV en Colombia, confirmaron la existencia de una alta variabilidad genética, cuya expresión en caracteres asociados con potencial forrajero debían ser investigados.

¹ Investigadora de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria -CIPAV, Cali, Colombia. E-mail: soniad@cipav.org.co (autora para correspondencia)

² Manager, Virtual Research and Development Center Livestock, Environment and Development (LEAD) FAO - Rome. E-mail: Mauricio.Rosales@fao.org

³ Profesor Asociado a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, departamento del Valle del Cauca, Colombia. Tel (57-2) 2717000.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la variabilidad genética en 22 procedencias de *Trichanthera gigantea* con base en caracteres morfológicos, de rendimiento forrajero, composición química, digestibilidad y fermentabilidad, como criterios para seleccionar las procedencias de mayor potencial para nutrición de diferentes especies animales (Anexo 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una colección de germoplasma, localizada en Cali, Valle del Cauca, Colombia (1042 m.s.n.m, con una precipitación media de 1887 mm y 25° C de temperatura promedio, durante el periodo experimental). Los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio de forrajes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y en el laboratorio de fitoquímica de la Universidad Nacional, con sede en Palmira, Valle del Cauca.

El material de siembra estuvo constituido por estacas de 30 - 40 cm de longitud (con dos yemas germinales), obtenidas de árboles adultos de 22 procedencias de la colección nacional de nacedero. Un total de 10 estacas de cada procedencia fueron establecidas en macetas de arcilla precocida de 0,4 m³, con aproximadamente 50 kg de un sustrato compuesto de suelo agrícola regional, arena y abono de lombriz, en proporción 3:1:1 respectivamente. A los ocho meses después del establecimiento se seleccionaron aleatoriamente tres unidades de muestreo (repeticiones) para cada procedencia, para un total de 66 unidades experimentales; que se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar (BCAA). Se realizó un corte de uniformidad seguido de dos cortes para toma de muestras a intervalos de 90 días. A los 30 y 60 días después de cada corte se registraron los rasgos morfológicos (color, pubescencia), lesiones foliares y área foliar. La cosecha se realizó separando la biomasa de hojas completas (incluyendo peciolo) y los tallos delgados no lignificados (desde 0,5 hasta 1,5 mm de diámetro).

La muestra para laboratorio se extrajo de la biomasa acumulada en hojas completas. El contenido de Materia Seca (MS) y Proteína Cruda (PC) fue determinado por los métodos estándar (AOAC 1990), Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) (Van Soest y Wine 1967), Taninos Condensados Extractables (TCE) (Terrill *et al* 1992), Fermentabilidad *in vitro* por el método de producción de gas (PG) (Theodorou *et al* 1994), Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) (Tilley y Terry 1963). La presencia o ausencia de metabolitos secundarios (alcaloides, cumarinas, esteroides, flavonoides, glicósidos, saponinas y taninos) se determinó según la metodología propuesta por Palomino y Mier (1992).

Análisis de la información

Con la información cualitativa (Cuadro 1), se realizó un análisis de clasificación (cluster) para identificar grupos de procedencias similares. Se utilizó como medida de similitud el índice de Jaccard (Baena 1995). Para probar la hipótesis sobre la existencia de diferencias genéticas entre procedencias en caracteres asociados con producción de forraje y calidad nutricional, se realizó un análisis de varianza para cada corte y combinando la información de ambos cortes. Además, se realizó la prueba Duncan para comparar entre los promedios de los materiales.

Los promedios de las variables de producción y calidad de cada procedencia, se integraron en los denominados índices de potencial forrajero: Índice de Calidad Estandarizado (ICE), Índice de Rendimiento y Calidad Estandarizado (IRCE) y el Índice de Rendimiento y Calidad Estandarizado Ponderado (IRCEP). Un Índice de Potencial Forrajero (IPF_p) para una procedencia (Ecuación 1), es el valor resultante de sumar las contribuciones de las diferentes características a la configuración del índice. El aporte de una característica se expresa como la diferencia entre el promedio de dicha característica medida en la procedencia de interés y el promedio

Cuadro 1. Información de tipo cualitativo utilizada en el análisis de clasificación (cluster).

Tipo de descriptor cualitativo	Nombre del descriptor
Color	Color de la hoja
	Color de la nervadura (en el haz y en el envés foliar)
	Color del peciolo
	Color de la base de unión entre peciolo y nervadura
Pubescencia	Pubescencia en el haz y envés foliar
Lesiones foliares	Incidencia de lesiones foliares
Metabolitos Secundarios *	Cumarinas. Extracción con etanol y con cloroformo Esteroides. Extracción con etanol y con cloroformo Flavonoides. Extracción con etanol y con cloroformo Saponinas. Extracción con etanol

* Metabolitos secundarios encontrados

general de todas las procedencias, en unidades de desviación estándar general (Stewart y Dunsdon 1998; Stewart 1999).

Índice de Potencial Forrajero para la procedencia Pr (IPF_{Pr})

$$IPF_{Pr} = \sum_{i=1}^k (X_{i(Pr)} - X_{(i)})/S_{(i)} \quad \text{Ecuación 1}$$

X_{i(Pr)}: Promedio de la i - ésima característica para la procedencia Pr con i: 1,2;...k características

X_(i): Promedio general de la característica i - ésima considerando todas las procedencias

S_(i): Desviación estándar general de la característica i - ésima considerando todas las procedencias

Dado que especialistas en nutrición animal consideran que ciertos factores nutricionales son de mayor relevancia que otros al momento de juzgar un forraje, en el presente trabajo se diseñó el IRCEP, el cual asigna a la contribución de cada variable un factor ponderado, asociado con la importancia relativa de dicha variable en la consolidación de la producción y calidad de la procedencia. El procedimiento para hallar el IRCEP está basado en la Ecuación 1, pero adicionalmente se integra un factor de ponderación para cada variable (Ospina 2000). Para la selección con base en este índice, se asume que una procedencia de mayor potencial es aquella que presenta un IRCEP > 0; es decir, su desempeño individual en promedio, es superior al promedio de la Colección. En este estudio el ICE se contruyó con base en los caracteres asociados con composición química (PC, FDN), DIVMS y PG; para obtener el IRCE se incluyó además de los parámetros anteriores, la producción forrajera, expresada en MS. Para hallar el IRCEP se integraron los parámetros anteriores y los factores de ponderación para cada variable (Ecuación 2).

Índice de Rendimiento y Calidad Estandarizado Ponderado para la Procedencia Pr (IRCEP_{Pr})

$$IRCEP_{Pr} = \sum_{i=1}^k F_i (X_{i(Pr)} - X_{(i)})/S_{(i)} \quad \text{Ecuación 2}$$

F_i: Factor de calificación de calidad y rendimiento ponderado para la procedencia Pr

X_{i(Pr)}: Promedio de la i - ésima característica para la procedencia Pr con i: 1,2;...k características

X_(i): Promedio general de la característica i - ésima considerando todas las procedencias

S_(i): Desviación estándar general de la característica i - ésima considerando todas las procedencias

La fermentabilidad por medición de la producción de gas se llevó a cabo según la metodología de Theodorou *et al* (1994). La fermentación se llevó hasta las 72 horas con mediciones a las 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas. Para estimar otros parámetros asociados con la cinética de la fermentación por el método de producción de gas (V) a través del tiempo (t), se ajustó cada procedencia de acuerdo al modelo matemático de regresión exponencial propuesto por Gompertz (Ecuación 3).

Modelo de Gompertz para ajustar la curva de fermentabilidad

$$V_t = Ce^{-e^{-B(t-M)}} \quad \text{Ecuación 3}$$

V_t: Volumen acumulado de gas en el instante t

C: Producción total del gas

B: Tasa de crecimiento de la curva de fermentación

M: Duración de la fase inicial o "lag"

Finalmente con la información de tipo cuantitativo se realizó el análisis multivariado de componentes principales y de forma subsiguiente, el análisis de clasificación (cluster).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización cualitativa

De acuerdo al análisis cluster (Figura 1), fueron diferenciados cuatro grupos de procedencias, cuyos contrastes en el perfil de metabolitos secundarios y en las características morfológicas y fisiológicas eran destacables. Las características generales de los cuatro grupos encontrados a través del análisis cluster, fueron las siguientes:

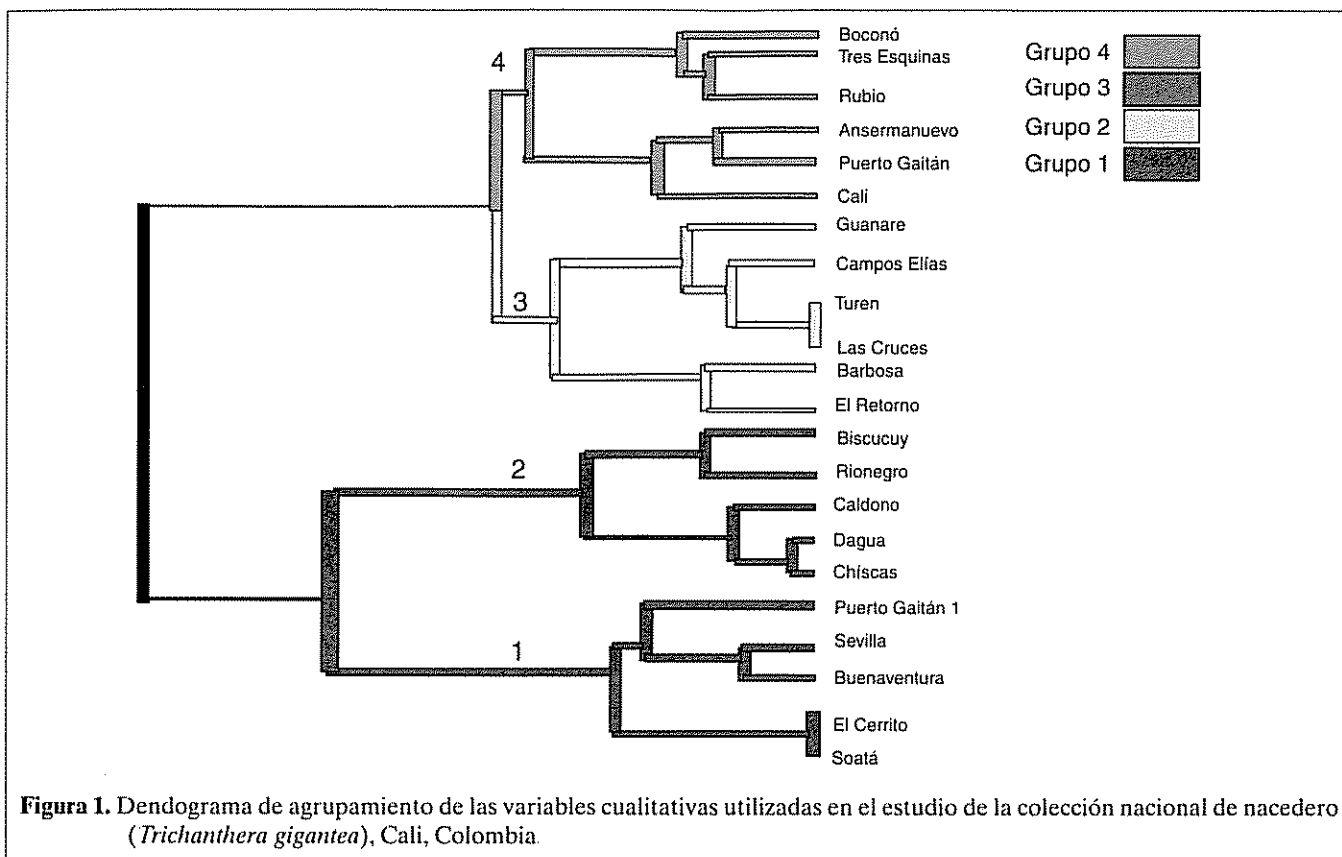
Grupo 1: Color verde en hojas, peciols y nervaduras; mayor pubescencia y pocas lesiones foliares

Grupo 2: Mayor presencia de metabolitos secundarios principalmente cumarinas

Grupo 3: Ausencia de metabolitos secundarios, presentan hojas glabras.

Grupo 4: Hojas y nervaduras de tonos rojizos. Presenta flavonoides y saponinas.

Del análisis del comportamiento general de los cuatro grupos, se destaca la asociación entre los mayores niveles de metabolitos secundarios y la escasa o nula pubescencia. Cuando se presentaron cumarinas, las lesiones foliares se hacían evidentes; al contrario sucedió con las



saponinas y flavonoides que favorecían la reducción en las lesiones foliares. La mayoría de los materiales Colombianos mantienen como morfología típica el color verde en toda su estructura foliar y una alta pubescencia (grupos 1 y 2); las procedencias Venezolanas en cambio, se distinguen por tonalidades foliares rojizas con mínima o nula pubescencia, con alta presencia de compuestos secundarios como saponinas y flavonoides; este último es un reconocido pigmento de las plantas.

Caracterización cuantitativa

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre procedencias para la producción de forraje, lo que es atribuible al origen geográfico. Según Vega (1988), a través del proceso de colonización y adaptación por muchos años puede resultar variación somaclonal, producida por mutaciones somáticas en ambientes diferentes al sitio de origen que ocurren espontáneamente durante el sucesivo proceso de reproducción vegetativa. De igual forma, los altos coeficientes de variación de los caracteres cuantitativos, sumado a los contrastes morfológicos y fitoquímicos, confirmaron la diversidad genética de la especie, como consecuencia de la especiación lograda a través del aislamien-

to geográfico. Sirva de ejemplo la variación en el área foliar (AF), carácter ligado directamente con la capacidad fotosintética de la planta, cuyo rango fluctuó entre 45 y 107 $\text{cm}^2 \text{ hoja}^{-1}$ en el estrato superior ($\text{CV} = 27,23$) y entre 30 y 68 $\text{cm}^2 \text{ hoja}^{-1}$ en el estrato inferior ($\text{CV} = 30,45$). Además la Relación Hoja : Tallo (RHT), carácter asociado con calidad forrajera, cuya variación estuvo entre 1,98 y 19,83 ($\text{CV} = 186,88$). En la composición química de MS, PC, FDA, digestibilidad y fermentabilidad, las diferencias entre procedencias fueron significativas ($p < 0,05$), pero no se detectó diferencias para FDN. Cabe anotar que la variación fue menos acentuada que en caracteres de producción. De acuerdo a Vega (1988), la expresión de la composición de una planta depende de genes nucleares que difícilmente se modifican por factores externos o por mutación (Cuadro 2).

Las procedencias del departamento del Valle del Cauca, Colombia, incluidas en este estudio (El Cerrito, Buenaventura, Dagua, Sevilla, Ansermanuevo) y una del estado de Mérida, Venezuela (Las Cruces), presentaron la mayor producción potencial de gas hasta las 72 horas (97 a 125 ml g^{-1} , $p < 0,05$), al igual que las mayores tasas de fermentación (0,077 a 0,085 ml h^{-1}) durante ambos

cortes. En el caso de las procedencias anteriores, la duración de la fase de producción de gas nula o "lag" fue también de menor duración (en un rango de 2,3 a 2,7 horas), a diferencia de procedencias Venezolanas como Turen, Campo Elías y Tres Esquinas, donde la duración de la fase de producción de gas nula, fluctuó en un rango de 2,9 a 3,1 horas. Desde el punto de vista de la nutrición animal, las procedencias con mayores valores de degradabilidad ruminal y menor duración de la fase de fermentabilidad nula, están asociadas con el potencial de los rumiantes para mantener niveles mayores de producción; por lo que la mayor tasa de degradabilidad *in sacco* ó *in vitro* son indicativos de la capacidad y eficiencia con la que un alimento aportará nutrientes a la flora ruminal (Narvaez 2000).

El potencial forrajero de una planta depende de la producción de biomasa, el consumo, la calidad nutricional (medida en función de la composición "per se"), la digestibilidad y la eficiencia de absorción de sus nutrientes (Lascano 1995). En este trabajo, la estrategia para integrar los diferentes parámetros cuantitativos y que permitió a su vez seleccionar materiales sobresalientes por su potencial forrajero, fue la construcción de los tres índices que se presentan en el Cuadro 3.

Las procedencias de mejor desempeño o sobresalientes a ser incorporadas en programas de mejoramiento y selección, según los resultados obtenidos con el IRCEP fueron en su orden, Boconó, Tres Esquinas, Sevilla, El Cerrito, Biscucuy, Ansermanuevo, Rubio, El Retorno, Puerto Gaitán 1 y Las Cruces

Cuadro 2. Variables utilizadas en la caracterización cuantitativa de la colección nacional de nacedero (*Trichanthera gigantea*), Cali, Colombia

Procedencias	Producción forrajera			Composición química			Digestibilidad <i>in vitro</i>	Fermentabilidad <i>in vitro</i>		
	AFEM por hoja (cm ²)	RHT	PnFV (g/plant)	FDA (%)	FDN (%)	PC (%)	DIVMS (%)	PnGas1 (ml g ⁻¹)	PnGas2 (ml g ⁻¹)	MSD (%)
Media general	52,6	4,3	274,7	23,8	35,7	16,8	57,9	90,4	70,4	53,7
Varianza entre Procedencias	2,4**	1,7*	1,2*	1,9*	0,4	3,7*	1,8*	2,8**	2,9**	1,1*
Varianza entre Cortes	0,6NS	1,6*		4,8*	48,9*	2,1NS	0,1NS	1,2*	1,3*	2,6*
Coefficiente de Variación (CV)	30,4	186,8	45,0	15,4	10,8	22,5	7,8	28,4	21,0	15,8
Diferencia Mínima Significativa (DMS)	18,5	9,3	204,1	5,2	5,5	2,9	6,5	9,3	5,9	4,8

AFEM: Área Foliar en el Estrato Medio (por hoja) RHT: Relación Hoja : Tallo. PnFV: Producción de Forraje Verde. FDA: Fibra Detergente Ácida. FDN: Fibra Detergente Neutra. PC: Proteína Cruda. DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca. PnGas1: Producción de Gas Corte 1. PnGas2: Producción de Gas Corte 2. MSD: Materia Seca Desaparecida por Producción de gas.

* Varianza significativa con p<0,05

** Varianza altamente significativa con p<0,01

NS: Varianza No Significativa

En función de las variables incluidas en el análisis (RHT, PC, PnGas, MS, DIVMS, FDN y FDA), se encontraron cuatro componentes principales (o asociaciones entre variables), explicando el 81% de la varianza total entre procedencias. El primer componente fue la cinética de la fermentación; el segundo, la relación entre DIVMS y fracción fibrosa (FDN-FDA); el tercero, la DIVMS y su influencia en la fermentación y todos sus parámetros; y el cuarto, la RHT y su influencia directa en el contenido de PC. A partir de estos componentes principales y de su participación en la variabilidad entre

procedencias, se realizó otro análisis cluster. De esta forma se identificaron cinco grupos de procedencias de comportamiento muy similar (Figura 2).

Grupo 1: Mayor RHT y PC; bajo contenido celular (FDN-FDA) y producción de gas.

Grupo 2: Mayor digestibilidad y producción de gas.

Grupo 3: Baja RHT, PC, contenido celular y fracción ligero celulósica (FDN-FDA).

Grupo 4: Mayor contenido celular y fracción ligero celulósica (FDN-FDA), lo que no alcanzó a afectar la digestibilidad y PC, cuyos valores fueron similares

Cuadro 3. Índices de potencial forrajero calculados para 22 procedencias de nacedero (*Trichanthera gigantea*), Cali, Colombia

No. de orden	Procedencia	ICE	Procedencia	IRCE	Procedencia	IRCEP
1	*Boconó	4,39	**Boconó	4,87	***Boconó	0,72
2	*Sevilla	4,09	**Sevilla	4,05	***Tres Esquinas	0,64
3	*El Cerrito	2,94	**Tres Esquinas	2,69	***Sevilla	0,55
4	*Las Cruces	2,65	**El Cerrito	2,63	***El Cerrito	0,29
5	*Ansermanuevo	2,18	**Ansermanuevo	2,13	***Biscucuy	0,28
6	*Dagua	1,73	**Las Cruces	2,08	***Ansermanuevo	0,25
7	*Biscucuy	1,68	**Biscucuy	1,49	***Rubio	0,20
8	*Tres Esquinas	1,5	**Puerto Gaitán 1	0,89	***El Retorno	0,18
9	*Puerto Gaitán 1	1,16	**Dagua	0,89	***Puerto Gaitán 1	0,14
10	*Buenaventura	-0,36	**El Retorno	0,54	***Las Cruces	0,13
11	El Retorno	-0,65	Rubio	-0,04	Dagua	-0,01
12	Guanare	-0,82	Buenaventura	-0,90	Turén	-0,02
13	Caldono	-1,42	Guanare	-1,12	Chíscas	-0,08
14	Chíscas	-1,50	Turén	-1,25	Guanare	-0,08
15	Campo Elías	-1,58	Chíscas	-1,36	Campo Elías	-0,28
16	Barbosa	-1,61	Campo Elías	-1,60	Buenaventura	-0,28
17	Rubio	-1,62	Caldono	-1,94	Cali	-0,29
18	Turén	-1,77	Barbosa	-2,02	Barbosa	-0,31
19	Cali	-2,13	Cali	-2,04	Caldono	-0,35
20	Puerto Gaitán	-2,23	Puerto Gaitán	-2,77	Rionegro	-0,50
21	Soatá	-3,17	Rionegro	-3,40	Puerto Gaitán	-0,54
22	Rionegro	-3,29	Soatá	-3,70	Soatá	-0,62

(*) Según los resultados del ICE, las 10 procedencias de mayor calidad nutricional

(**) Según los resultados del IRCE, las 10 procedencias de mayor potencial forrajero y nutricional

(***) Según los resultados del IRCEP, las 10 procedencias más sobresalientes

al promedio de la colección. La producción de gas fue moderadamente alta.

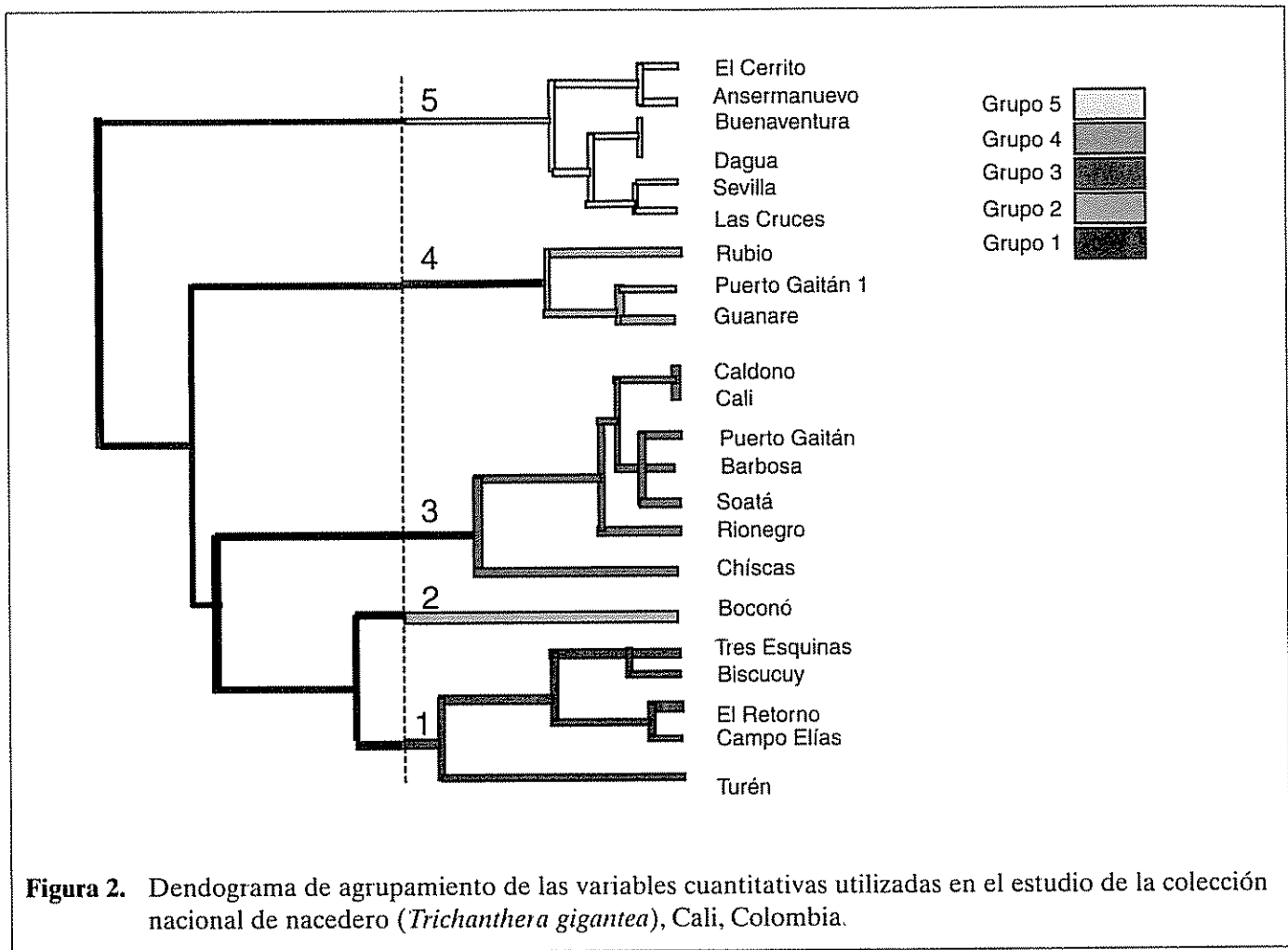
Grupo 5: Menor RHT, que estuvo asociada a menor PC y alta producción de gas.

La cinética de fermentación o primer componente principal fue el carácter de mayor relevancia en la caracterización de la variabilidad. Este método de alta sensibilidad experimental, ha sido usado en la investigación de rangos amplios de procedencias de una misma especie (Stewart 1999; Schofield 2000).

Procedencias como Chíscas, Soatá y Ansermanuevo, ya habían sido reportadas por Rosales y Ríos (1999), con perfiles sobresalientes de fermentabilidad hasta las 48 horas. Con ese antecedente de variación en el valor nutricional se explica que en este trabajo procedencias como El Cerrito, Sevilla y Ansermanuevo (Figura 3) alcanzaran los mayores niveles de producción de gas hasta las 24 horas ($p < 0,05$; 68,39, 60,8 y 59,1 ml g⁻¹, respectivamente) con tasas de fermentación entre (0,065 y 0,072 ml h⁻¹) y otras como Turén y Campo Elías, que a las 72 horas apenas alcanzaron una producción de gas ($p < 0,05$; 55,87 y 48,74 ml g⁻¹, respectivamente).



Trichanthera gigantea procedencia No. 30 (Boconó), proveniente del Estado de Trujillo, Venezuela, fue la procedencia más destacada según los resultados del IRCEP en este estudio. Foto: Sonia Ospina Finca Petequí, Jamundi Valle del Cauca, Colombia.



Un efecto a destacar fue la relación entre los componentes fibrosos y la producción de gas. Las procedencias de baja pared celular y fracción ligno celulósica, fueron las de menor producción de gas, lo que estima de forma directa la menor fermentabilidad (grupos 1 y 2). Al contrario ocurrió con el grupo 4, con una mayor porción fibrosa (sin afectar PC y digestibilidad) y una alta fermentación. En este estudio, el contenido de PC no pareció afectar de manera directa la fermentabilidad por el método de producción de gas. Los promedios obtenidos en los componentes fibrosos (FDN-FDA) de algunos grupos de procedencias fueron menores a los reportados para la especie por Florez *et al* (1998); esto puede explicar los niveles bajos de producción de gas de las procedencias Campo Elías, Biscucuy, Tres Esquinas, Turén (Venezuela), así como Caldono y Río Negro (Colombia). El origen geográfico también presentó una tendencia en cuanto a fermentabilidad. Cinco procedencias del Valle del Cauca, Colombia (en condiciones agroecológicas muy similares) presentaron la mayor efi-

ciencia en cuanto a fermentación y producción de gas; mientras que los materiales de origen Venezolano o de regiones de menor influencia Andina en Colombia alcanzaron niveles muy inferiores de fermentación.

CONCLUSIONES

- Las procedencias de mayor producción forrajera fueron: El Retorno (Colombia); Rubio, Tres Esquinas, Turén y Boconó (Venezuela). Este grupo fue diferente a las que más sobresalieron en rasgos de calidad nutricional: Dagua, Sevilla, El Cerrito, Ansermanuevo y Puerto Gaitán 1 (Colombia).
- Las procedencias destacadas por producción de forraje presentaron como característica similar menor pubescencia foliar. Este grupo contrastó claramente con las procedencias Colombianas, que se destacaron en parámetros de calidad, valor nutricional y que siempre se presentaban muy pubescentes.

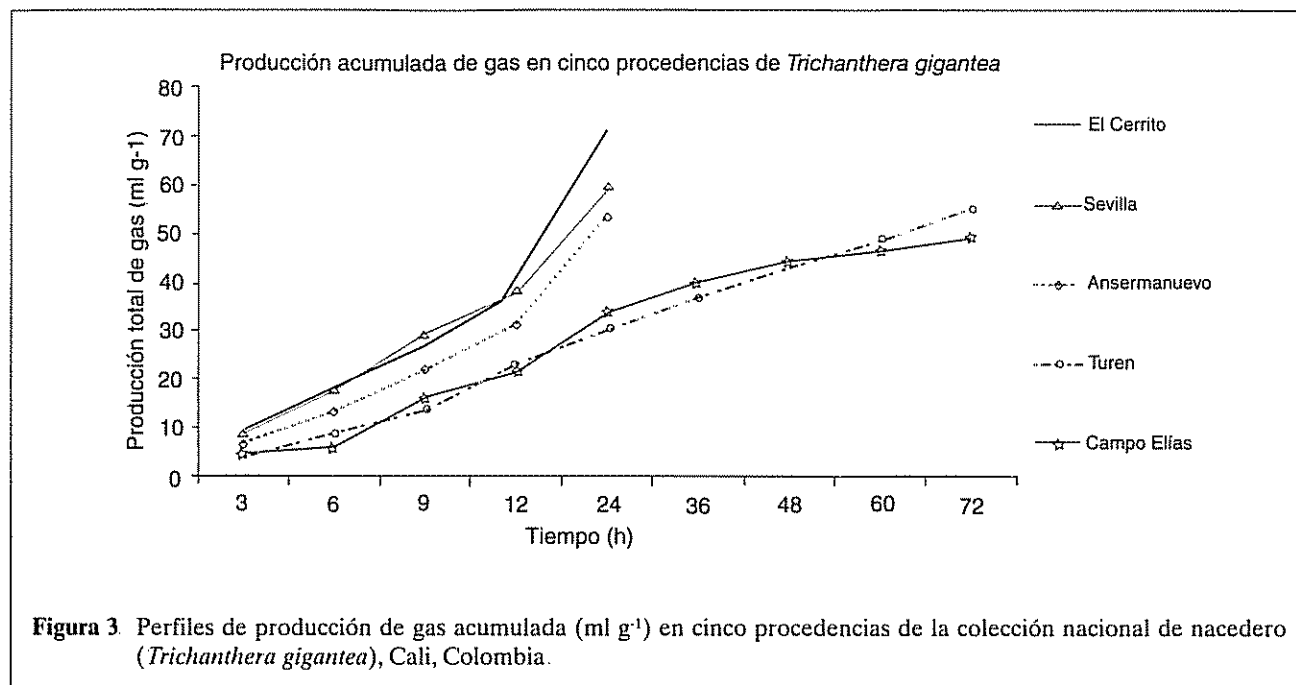


Figura 3. Perfiles de producción de gas acumulada (ml g⁻¹) en cinco procedencias de la colección nacional de nacedero (*Trichanthera gigantea*), Cali, Colombia.

- La caracterización cuantitativa permitió avanzar en el conocimiento de la variabilidad dentro de la especie en cuanto a producción de forraje y calidad nutricional. La caracterización cualitativa facilitó la discriminación entre procedencias, dado que se utilizaron rasgos que se detectan a simple vista y se expresan igualmente en diversidad de ambientes.
- En las procedencias que presentaron compuestos antinutricionales, se recomienda cuantificar principalmente las saponinas y cumarinas y una vez se cuente con esta información y teniendo en cuenta los niveles de consumo animal, sería posible determinar las verdaderas implicaciones metabólicas del consumo del forraje de estas procedencias.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. Ed. K Helrick. 15 ed Arlington. 1230 p
- Baena, D. 1995. Caracterización de rasgos fitogenéticos, análisis e interpretación de datos. Memorias Curso en Documentación de Recursos Fitogenéticos: IPGRI, CIAT Y Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 36 p.
- Florez, OI; Bolívar, DM; Botero, JA; Ibrahim, MA. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development* 10 (1): 17
- Lascano, C. 1995. Informe Bianual 1994 – 1995, Programa de forrajes tropicales Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia, CIAT. 154 p
- Narvaez, N. 2000. Magnitud y tasa de fermentación *in vitro* de la materia seca y degradación de la fibra en diferentes especies arbóreas tropicales con uso potencial como forraje en Colombia. Tesis Mag.Sc. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 145 p.
- Ospina, S. 2000. Caracterización de la variación genotípica en la composición química y digestibilidad de *Trichanthera gigantea* (H. & B.) Nees Tesis Zootecnia Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 129 p.
- Palomino, M; Mier, CE. 1992. Detección de algunos metabolitos secundarios. Palmira, Valle del Cauca: Impresos Docentes Universidad Nacional; production systems with available resources in the tropics and sub-tropics. Armadale, Australia. Penambul Books. 245 p.
- Rosales, M; Ríos, C. 1999. Avances de la investigación en la variación del valor nutricional de procedencias de *Trichanthera gigantea* (H. & B.) Nees. In *Agroforestería para la producción animal en América Latina* Eds. M. Sánchez, M. Rosales. Roma, FAO. p. 351-362 (Estudios FAO - Producción y Sanidad Animal. No 143)
- Schofield, P. 2000. Gas production methods. *Animal nutrition*. Ed. JP. D'Mello. New York. p. 209-231.
- Stewart, J. 1999. Variación genética en árboles forrajeros. In: *Agroforestería para la producción animal en América Latina* Eds. M Sánchez, M. Rosales. Roma, FAO. p. 327-340. (Estudios FAO - Producción y Sanidad Animal. No 143).
- Stewart, J; Dunsdon A. 1998. Preliminary evaluation of fodder quality in a range of *Leucaena* species. *Agroforestry Systems* 40:177-198.
- Terrill, T; Rowan, AM; Douglas, GB; Barry, TN. 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants; protein concentrate meals and cereal grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 58: 321-329
- Theodorou, MK; Williams, BA; Dhanoa, MS; McCallan, AB; France, JA. 1994. A simple gas production method using a pressure

transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds *Animal Feed Science and Technology* 48: 185-197.
 Tilley, JM; Terry, RA 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111
 Van Soest, PJ; Wine, RH. 1967 Use of detergents in the analysis of fi-

brous feeds. A rapid method for determination of fiber and lignin *Journal of the Association of Official Analysis Chemistry* 46: 829-835
 Vega, U. 1988 Mejoramiento genético de plantas. Maracay, Venezuela, Gráficas Ideograf. 200 p

ANEXO 1. Información geográfica y climática sobre los lugares de recolección de 22 procedencias de la Colección Nacional de nacedero (*Trichanthera gigantea*)

País	Departamento / Estado	Localidad	Altitud m s.n.m	Latitud / Longitud	Precipitación (PP) mm anuales	Distribución (PP)/año	Meses secos
Colombia	Boyacá	Soatá	1860	5° 59' N; 73° 50' O	1400	bimodal	6
Colombia	Boyacá	Chíscas	2150	5° 42' N; 76° 12' O	1200	bimodal	4 - 5
Colombia	Valle del Cauca	El Cerrito	988	3° 42' N; 66° 18' O	734	bimodal	7
Colombia	Valle del Cauca	Buenaventura	10	3° 53' N; 77° 31' O	4000	bimodal	1 - 2
Colombia	Valle del Cauca	Dagua	1450	3° 40' N; 76° 42' O	1450	bimodal	6
Colombia	Valle del Cauca	Sevilla	1613	4° 17' N; 75° 55' O	1500	bimodal	5
Colombia	Guaviare	El Retorno	400	2° 34' N; 72° 46' O	1900	unimodal	4
Colombia	Cauca	Caldono	1600	2° 49' N; 76° 22' O	1400	bimodal	5 - 6
Colombia	Antioquia	Rionegro	2088	6° 10' N; 75° 23' O	1800	bimodal	4
Colombia	Valle del Cauca	Cali	1042	3° 33' N; 76° 22' O	1110	bimodal	6
Colombia	Meta	Puerto Gaitán	467	4° 20' N; 72° 3' O	3200	unimodal	5
Colombia	Santander	Barbosa	1700	5° 58' N; 73° 37' O	1400	bimodal	4
Colombia	Valle del Cauca	Ansermanuevo	964	4° 48' N; 76° 10' O	1450	bimodal	5
Venezuela	Mérida	Las Cruces	1523	9° 17' N; 69° 35' O	1800	bimodal	4
Venezuela	Táchira	Rubio	817	7° 42' N; 72° 22' O	1500	bimodal	5
Venezuela	Mérida	Tres Esquinas	1603	8° 36' N; 71° 9' O	1750	unimodal	6
Venezuela	Portuguesa	Turén	105	9° 20' N; 69° 7' O	1450	unimodal	6
Venezuela	Trujillo	Campo Elías	550	9° 24' N; 70° 4' O	950	unimodal	6
Venezuela	Portuguesa	Biscucuy	600	9° 24' N; 70° 59' O	1000	unimodal	6
Venezuela	Trujillo	Bocónó	200	9° 15' N; 70° 16' O	1300	unimodal	6
Venezuela	Portuguesa	Guanare	150	9° 3' N; 69° 46' O	1500	unimodal	5
Colombia	Meta	Puerto Gaitán I	380	4° 10' N; 73° 39' O	2800	unimodal	5



Arboles adultos (plantas madre) de la Colección Nacional de *Trichanthera gigantea*, de donde se obtuvo el material de siembra para este estudio. Foto: Sonia Ospina. Valle del Cauca, Cali, Colombia

Fenología y valor nutritivo de follajes de algunas especies forrajeras de la Caatinga¹

João Ambrósio de Araújo Filho², Fabianno Cavalcante de Carvalho³ y Nilzema Lima da Silva¹

Palabras Claves: Árboles forrajeros; Brasil; digestibilidad; variación estacional

RESUMEN

Los árboles forrajeros presentan diferencias estacionales en sus valores nutritivos que están asociados con variaciones en sus ciclos fenológicos. Se determinaron las fluctuaciones en el contenido de nutrientes y digestibilidad *in vitro* de la materia seca del follaje de siete especies arbóreas de la Caatinga y cómo se relacionan estas variables con su fenología. El contenido de nutrientes y la digestibilidad fueron altos en la fase de crecimiento vegetativo y disminuyeron fuertemente entre las estaciones lluviosas y secas; p.ej., el promedio de digestibilidad de todas las especies decreció de 48 a 28%. Además, las diferencias en los constituyentes principales entre las especies fueron marcadas; p.ej., en estación lluviosa, las concentraciones de proteína cruda eran 15-21%, lignina 7-12% y taninos 0,1 - 21%. *Bauhinia cheilantha* y *Caesalpinia bracteosa* fueron consideradas las mejores especies forrajeras para producir heno.

INTRODUCCIÓN

Investigaciones sobre la composición botánica de la dieta de rumiantes han mostrado la importancia de los árboles forrajeros nativos de la Caatinga, como fuente de forraje. Un total de 23 especies de árboles (70% de las especies arbóreas identificadas) en la Caatinga son comidas por cabras y ovejas (Araújo Filho *et al* 1998). Probablemente debido al alto predominio de especies leguminosas entre los árboles forrajeros de la Caatinga, el contenido de proteína de la dieta de rumiantes domésticos ha sido adecuado, incluso en la estación seca; por ejemplo, varió de 25% en la estación lluviosa hasta 9% en el periodo seco (Pfister 1983; Araújo Filho *et al* 1996). Sin embargo, muy pocas investigaciones han sido

Phenology and nutritive value of the foliage of some forage trees of Caatinga

ABSTRACT

Seasonal differences in the nutritive values of forage trees are associated with variations in their phenological cycles. Fluctuations in the nutrient content and of dry matter *in vitro* digestibility of the foliage of seven tree species of the Caatinga, and how these are related to their phenology, was determined. The nutrient content and digestibility were high during the vegetative growth phase, decreasing strongly from the rainy to the dry season; p.ej., average digestibility of all the species decreased from 48 to 28%. Moreover, the differences between the species in the principal constituents were striking; p.ej., during the rainy season, the concentrations of crude protein were 15-21%, lignin 7-12% and tannin 0,1 - 21%. *Bauhinia cheilantha* and *Caesalpinia bracteosa* were considered to be the best forage species for the production of hay.

realizadas para determinar el contenido de nutrientes del follaje de los árboles de la Caatinga y mucho menos sobre cómo se relacionan con su fenología (Para 1984; Pereira *et al* 1989). En esta investigación se estudió el contenido de nutrientes y de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca del follaje de algunos árboles forrajeros de la Caatinga con respecto a su ciclo fenológico anual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos fueron colectados en la finca Crioula en el Centro de Investigación Nacional de la cabra de EMBRAPA, Sobral, Ceará, Brasil, en un área representativa del ecosistema de Sertão (30° 42' S, 40° 21' E; 83

¹ Traducido al español por Luis Meléndez, Coeditor Revista Agroforesteria en las Américas

² Investigadores de EMBRAPA-Caprino, Carretera Sobral-Groaifras km 4, Cx P. D-10 62011970, Sobral - Ceará

E-mail ambrosio@cnpc embrapa.br (autor para correspondencia)

³ Profesor Asistente de Universidad Estadual Vale do Acaraú, Av da Universidade 850, Betânia, Sobral-Ceará



Mimosa caesalpinifolia ramoneada por cabras en la época lluviosa en un área experimental de Fazenda Altinho, Morrinhos, Ceará, Brasil. Foto: Joao Ambrósio de Araújo

msnm). El clima del área se caracteriza por una estación lluviosa que se extiende de enero a junio (95% de la precipitación anual) y una estación seca el resto del año. La precipitación media anual es de 790 mm. La temperatura varía de 22 a 35°C con un promedio de 28° C (Embrapa 1989).

Hay una mezcla irregular de áreas pequeñas o asociadas de suelos de acuerdo con las condiciones topográficas; predominan los suelos distróficos litolíticos, planosoles y del tipo castaño no calcáreo. La topografía varía desde ligeramente ondulada (3 a 8% de inclinación), hasta ondulada (8 a 15% de inclinación), formando elevaciones pequeñas de cimas redondas, y de lomas y cuevas convexas (Embrapa 1989). El área ha sido utilizada intensivamente para la extracción de madera para leña.

Los árboles forrajeros más comunes en el sitio de estudio fueron *Auxemma oncocalyx*, *Bauhinia cheilantha*, *Caesalpinia bracteosa*, *Caesalpinia ferrea*, *Mimosa caesalpinifolia*, *Mimosa hostilis* y *Zyziphus joazeiro*. De éstos *C. ferrea*, *M. hostilis* y *Z. joazeiro* son de hojas perennes. Las otras especies pierden las hojas y entran en dormancia durante la estación seca. Para cada una de estas especies, 10 plantas fueron permanentemente marcadas

y visitadas todas las semanas a lo largo de tres años, cuando se presentaban las fases fenológicas. Las fases fenológicas consideradas fueron: vegetativa, cuando las hojas estaban desarrolladas totalmente durante la estación lluviosa; floración, cuando los árboles estaban florecidos por completo; fructificación, cuando las frutas estaban formadas; y dormancia, cuando caían las hojas al inicio de la estación seca. A las muestras de follaje se les realizaron análisis de: materia seca (MS a 105°C), proteína cruda (PC), lignina, contenido total de taninos y digestibilidad *in vitro* de la MS (AOAC 1975).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las comparaciones entre forrajes cosechados a edades diferentes deben realizarse a un mismo nivel de contenido de MS. El porcentaje promedio de MS del follaje de los árboles tendió a incrementarse durante las cuatro fases estudiadas y varió poco entre la fase vegetativa y de fructificación (7,3% en promedio), manteniendo un valor adecuado para el consumo animal (Cuadro 1). Sin embargo, un marcado aumento (31,8% de diferencia media entre dormancia y fructificación) fue observado en todas las especies cuando las plantas alcanzaron la fase de dormancia (con la caída de las hojas). Las diferencias entre las especies durante una fase dada fueron muy altas; por ejemplo, desde 22% para *A. oncocalyx* en comparación con 54% para *C. ferrea* en la fase vegetativa, y hasta 57% para *C. ferrea* en la fase de floración.

Los promedios de proteína cruda de todas las especies de árboles fueron superiores al mínimo necesario para la dieta de los ruminantes (7% para el ganado y 9% para las ovejas y cabras, Pfister 1983) en todas las fases fenológicas, excepto para *M. caesalpinifolia* en la fase de dormancia (Cuadro 2). Este resultado demuestra la importancia que tiene el follaje de los árboles en la mayoría de los meses del periodo seco como un proveedor de proteína para los animales domésticos en la Caatinga, incluso la hojarasca (con un 4% de PC; Araújo Filho *et al* 1982). Las variaciones fueron más altas entre las fases fenológicas que entre las especies en una fase dada.

El porcentaje de lignina siempre fue alto ($\geq 19\%$) para *A. oncocalyx* y bajo (7 - 13%) para *C. bracteosa* (Cuadro 3). El promedio varió desde 12% en la fase vegetativa hasta 18% en dormancia. La relación negativa entre el contenido de lignina y el consumo puede explicar las diferencias en la participación de las especies estudiadas en las dietas de ovejas y cabras (Pfister 1983). Las diferencias entre las especies en una fase dada fueron más altas que las diferencias a lo largo del ciclo fenológico.

Cuadro 1. Promedios de materia seca (%) de follaje de árboles forrajeros de la Caatinga, de acuerdo con su fase fenológica (1993-1995, Sobral, Ceará, Brasil).

Especie	Fase Fenológica			
	Vegetativa	Floración	Fructificación	Dormancia
Materia Seca (%)				
<i>Auxemma onocalyx</i>	21,8	31,9	36,4	83,7
<i>Bauhinia cheilantha</i>	25,1	33,4	37,4	90,9
<i>Caesalpinia bracteosa</i>	45,4	45,8	46,6	87,1
<i>Caesalpinia ferrea</i>	53,7	57,3	53,7	63,0
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	33,6	32,6	34,9	90,2
<i>Mimosa hostilis</i>	34,5	38,7	36,1	51,1
<i>Zyziphus joazeiro</i>	24,3	30,6	44,8	46,7
Promedio	34,1	38,6	41,4	73,2

Cuadro 2. Promedios de proteína cruda (%) de follajes arbóreos de la Caatinga, de acuerdo con su fenología (1993-1995, Sobral, Ceará, Brasil).

Especie	Fase Fenológica			
	Vegetativa	Floración	Fructificación	Dormancia
Proteína cruda (%)				
<i>Auxemma onocalyx</i>	20,3	16,5	16,5	8,3
<i>Bauhinia cheilantha</i>	20,7	18,1	13,3	9,7
<i>Caesalpinia bracteosa</i>	16,9	15,6	14,4	11,2
<i>Caesalpinia ferrea</i>	15,1	14,3	13,3	8,9
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	19,2	15,7	14,3	5,6
<i>Mimosa hostilis</i>	19,6	16,6	12,1	10,9
<i>Zyziphus joazeiro</i>	20,6	16,1	12,2	8,9
Promedio	18,9	16,1	13,7	9,1

Cuadro 3. Promedio de contenido de lignina (%) en el follaje arbóreo de la Caatinga de acuerdo con su fase fenológica (1993-1995, Sobral, Ceará, Brasil).

Especie	Fase Fenológica			
	Vegetativa	Floración	Fructificación	Dormancia
Lignina (%)				
<i>Auxemma onocalyx</i>	20,9	20,9	18,8	20,2
<i>Bauhinia cheilantha</i>	9,1	12,5	12,6	15,3
<i>Caesalpinia bracteosa</i>	6,6	11,2	12,7	11,7
<i>Caesalpinia ferrea</i>	8,7	15,2	15,9	16,7
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	13,5	18,2	19,7	22,9
<i>Mimosa hostilis</i>	14,4	16,2	17,4	16,7
<i>Zyziphus joazeiro</i>	11,9	13,3	14,2	20,3
Promedio	12,2	15,4	15,9	17,7

Cuadro 4. Promedio de contenido de taninos (%) en el follaje arbóreo de la Caatinga, según las fases fenológicas (1993-1995, Sobral, Ceará, Brasil)

Especie	Fase Fenológica			
	Vegetativa	Floración	Fructificación	Dormancia
	Taninos totales (%)			
<i>Auxemma onocalyx</i>	3,7	7,2	9,1	3,0
<i>Bauhinia cheilantha</i>	5,7	6,4	12,2	3,9
<i>Caesalpinia bracteosa</i>	20,6	19,1	16,2	9,5
<i>Caesalpinia ferrea</i>	17,7	18,9	18,7	18,4
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	4,9	11,0	16,7	8,6
<i>Mimosa hostilis</i>	9,9	11,6	16,2	14,5
<i>Zyziphus joazeiro</i>	0,1	0,1	1,3	2,1
Promedio	8,9	10,6	12,9	8,6

Cuadro 5. Promedio de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%) del follaje arborea de la Caatinga de acuerdo con su fase fenológica (1993-1995, Sobral, Ceará, Brasil)

Especie	Fase Fenológica			
	Vegetativa	Floración	Fructificación	Dormancia
	Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)			
<i>Auxemma onocalyx</i>	25,9	24,4	21,9	12,7
<i>Bauhinia cheilantha</i>	59,7	58,9	55,9	35,5
<i>Caesalpinia bracteosa</i>	58,4	52,5	50,4	30,9
<i>Caesalpinia ferrea</i>	43,1	47,5	40,4	43,1
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	39,2	33,0	28,7	22,9
<i>Mimosa hostilis</i>	29,5	32,8	26,0	22,4
<i>Zyziphus joazeiro</i>	66,6	35,3	30,0	31,8
Promedio	47,8	39,7	36,2	28,5

Los taninos totales fueron altos para las dos especies de *Caesalpinia*, mientras que *Z. joazeiro* tuvo los valores más bajos (Cuadro 4). En este estudio el contenido de taninos totales aparentemente no interfiere con la palatabilidad del forraje del árbol. De hecho, *C. ferrea* presenta un porcentaje de taninos totales alto y tiene un forraje muy palatable. Al parecer el olor asociado a *C. bracteosa* parece ser el que restringe el mayor consumo de esta especie.

Z. joazeiro, *B. cheilantha* y *C. bracteosa* mostraron los mejores valores de digestibilidad y los máximos ocurrieron durante la fase vegetativa (Cuadro 5). Las últimas dos especies mantuvieron un porcentaje bastante alto hasta la fase de fructificación. El contenido de lignina pareció afectar la digestibilidad del forraje de los árboles de la Caatinga. De hecho, el alto contenido de ligni-

na siempre estuvo asociado con una baja digestibilidad (Cuadros 3 y 5).

CONCLUSIONES

- El valor nutritivo del follaje de los árboles de la Caatinga, Brasil, varió según la fase fenológica y fue más alto en la fase vegetativa.
- El contenido de taninos totales podría no ser un factor que disminuya el consumo de follajes de árboles de la Caatinga, mientras que altos porcentajes de lignina reducen la digestibilidad.
- Con base en las características de su follaje, *Caesalpinia bracteosa* y *Bauhinia cheilantha* parecen ser las mejores especies forrajeras de la Caatinga para la producción de heno.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1975. Métodos oficiales de análisis Washington 1094 p

Araujo Filho, JA; Gadelha, JA; Maciel, DF; Catunda, AG. 1982 Flutuações mensais na produtividade los e valor nutritivo da forragem del ecologicos de sitios de dois hacen cearense del sertão *In*. Universidade Federal Hacen Ceará Los estudos da pastagem nativa hacen Ceará Fortaleza. p 33-45

Araujo Filho, JA; Gadelha, JA; Souza, PZ; Leite, ER; Crispim, SMA; Luego, MC 1996 Botânica de composição la e química da dieta del ovinos el e caprinos em pastoreio na região dos Inhamuns, Ceará. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia 25(3): 383-395.

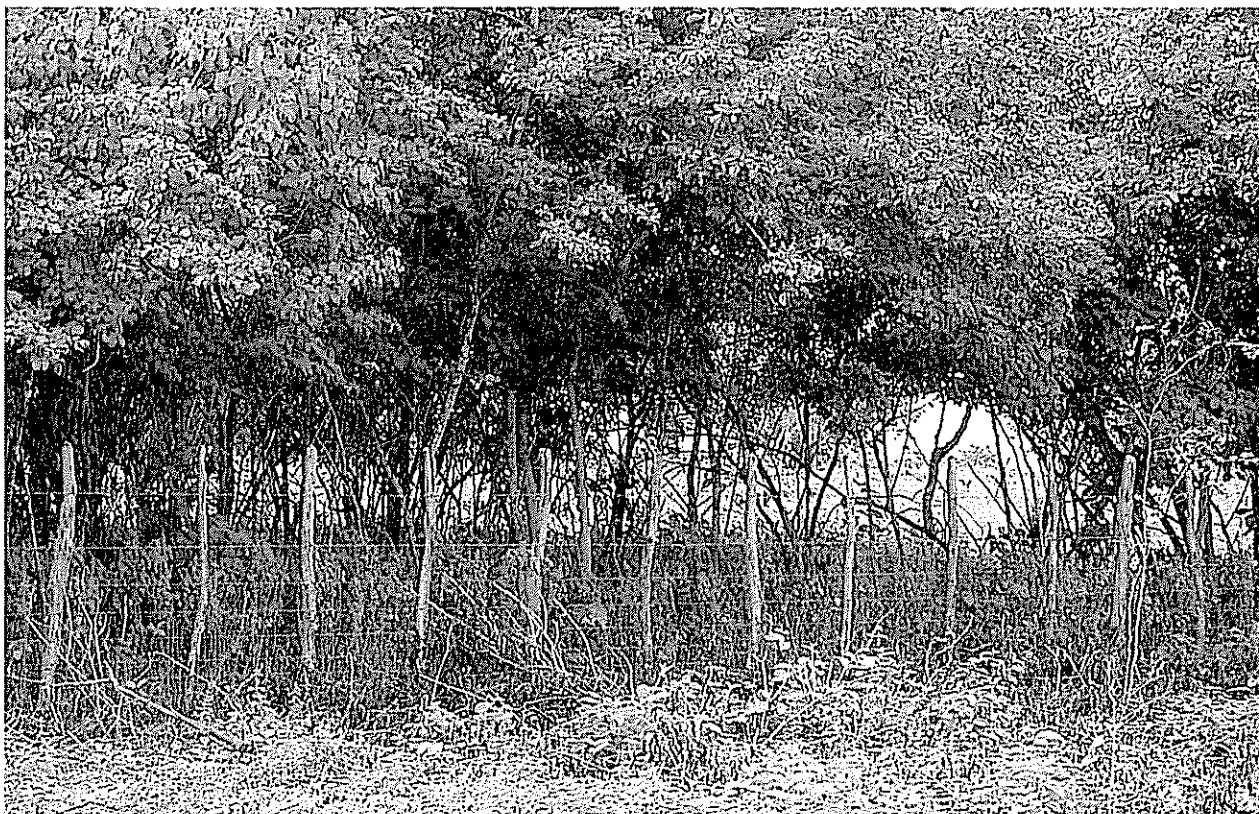
Araujo Filho, JA; Leite, ER; Silva, NL 1998 La contribución de especies leñosas a la composición de dieta de cabra y oveja en vegetación del caatinga *Pasturas Tropicales* 20(2): 41-45.

Para, HC. 1984 Fenologia, disponibilidad del biomassa los e valor nutritivo hacen carquejo (depauperata de *Calliandra Benth*) Tesis MS. Fortaleza, Ceará, Brasil Universidade Federal Hacen Ceará 79 p

Pereira, RMA; Araujo Filho, JA; Araujo, ZB; Lima, RV; Paulino, FDG 1989 Fenológicos de estudos del algunas espécies da caatinga *Ciência Agronômica* 20(1/2): 11-20.

Pfister, JA 1983 La nutrición y alimentando conducta de cabra y oveja que rozan bosque del arbusto caduco en Brasil Nororiental Ph D. Thesis. Logan, Utah, Utah University. 130 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos 1989. Relatório Técnico Anual Sobral 283 p.



Mimosa hostilis en la fase fructificación al inicio de la época seca en los campos experimentales de EMBRAPA, Sobral, Ceará, Brasil Foto: Joao Ambrósio de Araújo

Dinámica parasitológica en bostas de bovinos bajo condiciones silvopastoriles

Mildrey Soca¹, Leonel Simón², Saray Sánchez³, Edelfidio Gómez⁴.

Palabras claves: Cuba; descomposición; excreta; ganado bovino; parasitología.

Parasitological dynamics in cattle dung under silvopastoral conditions

RESUMEN

ABSTRACT

Se evaluó la velocidad de descomposición de bostas de bovinos jóvenes y su relación con la dinámica parasitológica en dos sistemas: a) silvopastoril y b) pastura sin árboles. A los siete días, el sistema silvopastoril alcanzó un valor del 94% de descomposición de las excretas; mientras que en el sistema sin árboles la descomposición fue más lenta (40%). Los conteos fecales de huevos de nemátodos parasíticos y el porcentaje de infestación de las excretas dieron resultados similares. Este comportamiento estuvo relacionado con la diversidad de la fauna edáfica y en especial, con la presencia de los coleópteros coprófagos en las excretas, que fueron más comunes en el sistema silvopastoril.

The decomposition rate of cattle dung and its relation to parasitological dynamics were evaluated under two systems: a) silvopastoral and b) pasture without trees. Decomposition of the dung in the silvopastoral systems was rapid (94% after seven days), while in the system without trees it was slower (40%). Similar results were observed for the decrease in the number of parasitic nematode eggs in the dung and the reduction of the infestation percentage of the excreta. These results were correlated with the diversity of the edaphic fauna and especially with the presence of coprophagous coleoptera in the dung, which were more common in the silvopastoral system.

INTRODUCCIÓN

Las parasitosis son consideradas como uno de los problemas más importantes que afectan la producción bovina a nivel mundial, en especial en los países tropicales, donde los pastos constituyen la base alimenticia de los rumiantes. Las condiciones climáticas tropicales favorecen el desarrollo de estas parasitosis (Bianchin 1996). Al respecto, las bostas (excretas) proveen condiciones microclimáticas favorables y constituyen verdaderas "incubadoras" sobre las praderas pastoreadas, en las que se desarrollan las larvas hasta alcanzar el estado infectivo. Las bostas son un reservorio para las larvas infestantes, las cuales van migrando hacia la hierba a medida que las condiciones externas sean favorables (Almería y Uriarte 1999a, 1999b).

La utilización de sistemas silvopastoriles ha desarrollado mucho interés e importancia para la producción animal en el trópico, ya que a los árboles en pasturas se les

atribuyen dentro de otros beneficios, efectos directos en la sobrevivencia de los animales en pastoreo por la disminución de parásitos y vectores que diseminan enfermedades (Pezo e Ibrahim 1998). Estos sistemas proporcionan condiciones que favorecen el desarrollo de una rica y variada fauna edáfica, la cual participa activamente en la descomposición de las excretas (Rodríguez *et al* 1998) y durante este proceso ejercen efectos nocivos en los huevos y larvas de los parásitos. Reineck citado por Lobo y Veiga (1990), establece que si las heces contaminadas son enterradas por los coleópteros, antes de que los parásitos alcancen el estado infestivo, el parasitismo potencial de cada bosta se reduce. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la velocidad de descomposición y su relación con la dinámica parasitológica en bostas de bovinos jóvenes en sistemas silvopastoriles y sin árboles (sistemas de pastos en monocultivos).

¹ MSc en Pastos y Forrajes. Investigadora EEPF "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba. Teléfonos: (53) (45) 377510-377482 Fax: (53) (45) 614823 E-mail: mildrey@indio atenas inf cu (autora para correspondencia)

² PhD en Ciencias Veterinarias. Investigador EEPF "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba

³ Ingeniero Agrónomo Investigadora EEPF "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba

⁴ PhD en Ciencias Veterinarias. Investigador Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. La Habana, Cuba

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio

El estudio se realizó en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", provincia de Matanzas, Cuba (20° 50' N y 79° 32' O, 19 msnm, 23,1 °C de temperatura promedio anual y una humedad relativa de 60 - 70 % durante el día y 80 - 90% durante la noche) (Hernández 2000). El clima se caracteriza por dos periodos bien definidos: lluvioso de mayo a octubre, donde cae el 70 - 80% de las lluvias (960 mm) y otro seco, de noviembre a abril (240 mm), para una precipitación media anual de 1 200 mm. El suelo es Ferralítico Rojo (Academia de Ciencias de Cuba 1989) de mediana fertilidad, con un 80% de arcilla, buenas condiciones de aireación y un pH ligeramente ácido con un valor de 6,3 (Cuadro 1).

Características de los sistemas

Sistema silvopastoril: integrado por las especies de pastos *Panicum maximum* (60%), *Paspalum notatum* (2%), *Brachiaria brizantha* (2%), *Dichanthium* sp. (8%), leguminosas herbáceas (21%) y otras plantas (7%). El componente arbóreo era la especie *Albizia lebbek* (algarrobo de olor) con una densidad de 1 000 plantas ha⁻¹ y alturas totales que oscilaban entre 1,5 y 1,8 m.

Sistema sin árboles: integrado por los pastos *P. maximum* (14%), *P. notatum* (33%), *Dichanthium* sp. (15%), leguminosas herbáceas (7%) y otras plantas (32%).

Descripción del ensayo

El trabajo consistió en dos estudios de caso (los dos sistemas descritos arriba) llevados a cabo simultáneamente. Se seleccionó y marcó 250 bostas en cada sistema a la salida de los animales de las áreas de pastoreo. Los muestreos se realizaron mensualmente durante un año. Las observaciones se realizaron cada 24 horas, durante los siete días posteriores a la deposición, entre las 8:00 y 9:00 am. Se realizaron las siguientes mediciones:

- Temperatura (de la bosta, del suelo debajo de la bosta y del ambiente).
- Peso húmedo, diámetro y profundidad de las bostas.
- Porcentaje de materia seca.
- Estructura biológica de la bosta⁵.
- Tipo y altura del pasto que rodea la bosta.
- Estructura biológica del suelo debajo de la bosta⁶.
- Conteos de huevos de nemátodos gastrointestinales, utilizando el método de la cámara de McMaster y para el cultivo de larvas el método de los coprocultivos, descritos por Rodríguez *et al* (1987). Cada excreta fue evaluada en tres partes: a) borde de la excreta con el suelo, siempre indicando el norte; b) costra de la excreta; y c) zona húmeda de la excreta.

En los sistemas pastoreaban bovinos jóvenes de cruces de 5/8 Holstein x 3/8 Cebú de seis meses de edad y un peso de 80 kg; la carga promedio fue de 12 animales ha⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las excretas al inicio del estudio contaban en promedio con un peso seco de 525 g, un diámetro de 16 cm y una profundidad de 3,7 cm. Cada excreta ocupaba en el pastoreo un área promedio de 0,013 m².

La descomposición de las bostas en el sistema silvopastoril fue más rápida, con pérdidas de peso del 45% (227 g) a las 48 horas después de haber sido depositadas (Figura 1); a los siete días, mostró una descomposición del 94% (493 g). En el sistema sin árboles, las bostas mostraron una descomposición más lenta, con pérdidas de peso de 18% (95 g) a las 48 horas y del 40% a los siete días después de depositadas. Los primeros signos de momificación aparecieron a partir del tercer día; el grosor de la costra se incrementó con el tiempo hasta 0,4 cm en los dos sistemas.

De acuerdo con los resultados del análisis de componentes principales efectuado en el sistema silvopastoril,

Cuadro 1. Características del suelo en el área experimental "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.

Tratamiento	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
		(mg 100 g ⁻¹)		(meq 100 g ⁻¹)			
Sistema Silvopastoril	6,55	3,95	40,63	28,24	5,18	1,26	0,33
Sistema sin árboles	6,35	3,10	41,13	26,31	4,46	1,28	0,35

⁵ Conteo e identificación de los organismos que colonizan o visitan las excretas durante el proceso de descomposición

⁶ Conteo e identificación de los organismos que se encuentran entre 0 y 10 cm de profundidad en el suelo debajo de las excretas

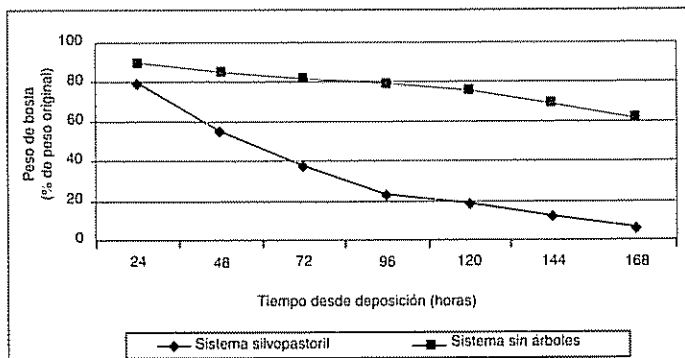


Figura 1. Dinámica temporal de descomposición de excretas bovinas en sistemas con y sin árboles en Indio Hatuey, Matanzas, Cuba

en el primer componente (con la máxima variabilidad) se encontró una relación positiva entre el peso fresco de las bostas durante el lapso del estudio con la profundidad ($r^2= 0,72$), el diámetro ($r^2= 0,39$) y la estructura biológica de la bosta ($r^2= 0,73$) y negativa con la temperatura ambiente ($r^2= 0,59$).

La rápida desaparición de las bostas estuvo muy relacionada con la presencia de una rica y variada fauna edáfica (Cuadro 2), la cual fue superior en el número de individuos m^{-2} (1025) con respecto al tratamiento control (680). Resultados similares fueron encontrados por Sánchez *et al* (1998). Según Barth *et al* (1995), así como Crespo y Rodríguez (2000), la presencia de esta fauna, en especial los coleópteros, las lombrices y las larvas de dípteros, desempeña un importante papel en la descom-

posición de las bostas, ya que al remover grandes cantidades de excremento promueven la aireación y la actividad microbiana.

Los estudios coprológicos (Figura 2) mostraron una disminución ($p < 0,01$) en el conteo fecal de huevos (hpg) y en el porcentaje de infestación de las excretas, el cual fue de 59% a las 72 horas (413 hpg) y de 100% a los siete días posteriores a la deposición en los sistemas silvopastoriles. Es decir, que después de siete días no se encontraron huevos, ni larvas en los restos de la excreta, ni en el suelo en 10 cm a su alrededor. En el sistema sin árboles, la reducción en el porcentaje de infestación al tercer día fue solo del 29%. En este sistema, la permanencia de las excretas en el pastizal permitió constatar niveles de infestación superiores al 25% (408 hpg) a las 168 horas, los cuales fueron todavía superiores a 200 hpg pasados los 50 días posteriores a la deposición.

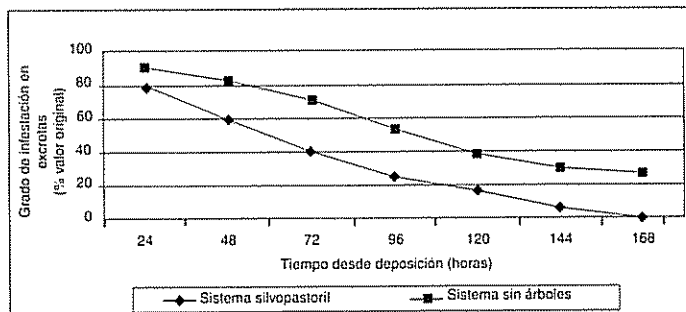


Figura 2. Comportamiento temporal del nivel de infestación por hemátodos gastrointestinales en las excretas en Indio Hatuey, Matanzas, Cuba.

Cuadro 2. Tipos de macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril y un sistema de solo pastos en Indio Hatuey, Matanzas, Cuba, durante el periodo del estudio (168 horas).

Phylum	Clase	Orden	Fase	Cantidad de individuos m^{-2}	
				Sistema silvopastoril	Sistema pastos
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Adultos	182	42
			Larvas	313	212
		Orthoptera	Adultos	22	4
		Dermaptera	Adultos	30	4
		Lepidoptera	Larvas	4	-
		Diptera	Larvas	4	-
	Myriapoda	Diplopoda	Adultos	112	217
	Crustaceae	Isopoda	Adultos	88	72
	Arachnida	Araneae	Adultos	4	-
Annelida	Oligochaeta	-	Adultos	266	129
TOTAL				1025	680

La disminución en el conteo fecal y la reducción del porcentaje de infestación de las excretas estuvo muy relacionada con la variabilidad de organismos en el suelo (Cuadro 2) y en especial, con la presencia de los coleópteros coprófagos en las excretas, que fueron mayores en el sistema silvopastoril en relación con el sistema de pastos en monocultivos, especialmente en los primeros cuatro días después de la deposición de una bosta (Figura 3).

El papel de los coleópteros coprófagos en el control de las parasitosis ha sido estudiado por diversos autores. Según Lobo y Veiga (1990), estos organismos constituyen enemigos naturales de los nemátodos, debido a que durante el proceso de descomposición de las bostas ejercen efectos nocivos en los huevos y larvas, los cuales son destruidos en el proceso de alimentación o enterrados en las profundidades del suelo. Además, los coleópteros coprófagos modifican la calidad y cantidad del excremento y exponen los huevos y larvas a la acción de otros depredadores; de esta forma interrumpen los ciclos biológicos y limitan el acceso del ganado a los estadios infectivos de estos parásitos.

CONCLUSIONES

- En el sistema silvopastoril se presentó una rápida descomposición de las bostas de bovinos, las cuales habían perdido más del 94% de su peso pasadas las 168 horas de haber sido depositadas; en el sistema

sin árboles sólo habían perdido alrededor del 40% a las 168 horas.

- En el sistema silvopastoril, se encontró mayor número de individuos m² de la fauna del suelo con respecto al tratamiento control, lo cual influyó positivamente en la velocidad de descomposición de la excreta.
- Se observó una disminución rápida en el conteo fecal de huevos y una reducción en el porcentaje de infestación de las excretas en el sistema silvopastoril, el cual fue del 100% a los siete días de haber sido depositados; en el sistema de pastos en monocultivo fue del 85%.
- La mayor presencia de coleópteros en el sistema silvopastoril se relacionó positivamente con la velocidad de descomposición y con la reducción del porcentaje de infestación de las excretas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Academia de Ciencias de Cuba. 1989. Nuevo atlas nacional de Cuba. La Habana, Cuba, Instituto de Geografía - ACC, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. p VI. 11
- Almería, S; Uriarte, J. 1999a. Papel de las heces bovinas como reservorio de las poblaciones larvarias de nemátodos gastrointestinales ante su migración al pasto. ITEA (Producción Animal) 95 (3): 209-220.
- Almería, S; Uriarte, J. 1999b. Relación de las poblaciones de nemátodos gastrointestinales en heces y pastos en áreas del Pirineo. ITEA (Producción Animal) 20(1): 390-392.
- Barth, D; Karrer, M; Heinze-Mutz, EM. 1995. Significance of moisture content of dung pats for colonization and degradation of cattle dung. Applied Parasitology 36:11.

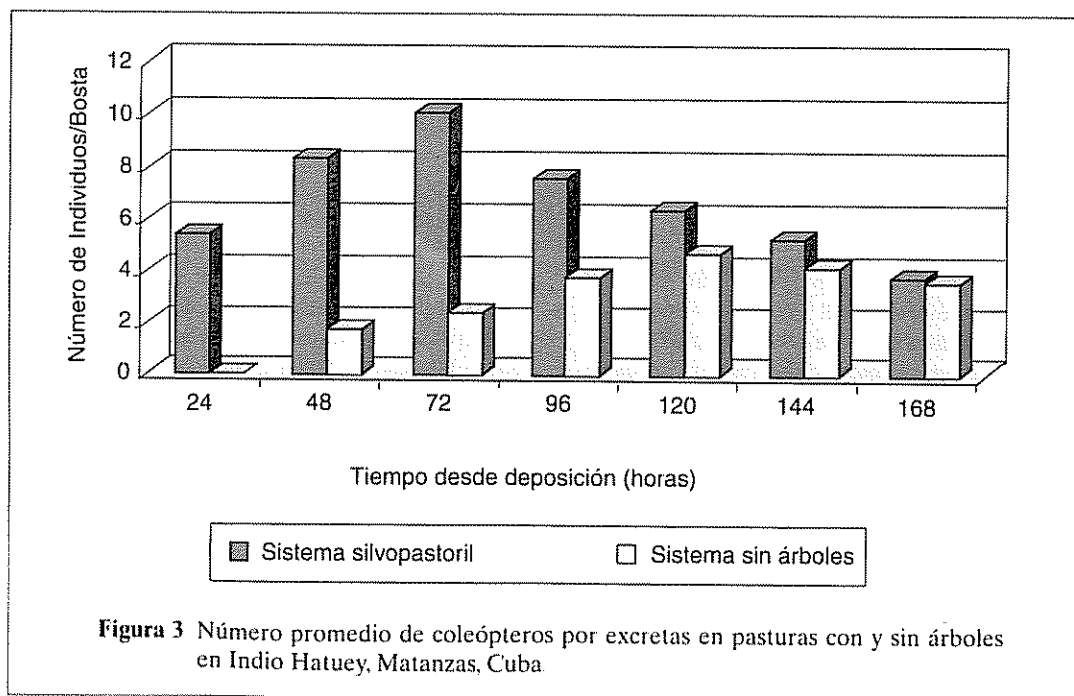




Ilustración sobre bostas de ganado bovino en pastos Foto: Archivos del CATIE

- Bianchin, I 1996 Epidemiologia dos nematódeos gastrointestinais em bovinos de corte nos cerrados e o controle estratégico no Brasil. In Controle dos nematódeos gastrointestinais em ruminantes Ed T Padilha Coronel Pacheco, Brasil EMBRAPA-CNPGL 113 p
- Crespo, G; Rodriguez, I (eds) 2000. Contribución al conocimiento del reciclaje de nutrientes en el sistema suelo-pasto-animal en Cuba La Habana, Cuba. EDICA 72 p
- Hernández, I. 2000 Utilización de las leguminosas arbóreas *L. leucocephala*, *A. lebbeck* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. Tesis en opción del Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba, UNAH-ICA 138 p.
- Lobo, JM; Veiga, CM 1990 Interés ecológico de la fauna coprófaga en pastos de uso ganadero *Ecología* 4:313
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1998 Módulos de enseñanza agroforestal Los sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica, CATIE/GIZ. 258 p.
- Rodríguez, I; Crespo, G; Fraga, S 1998 Nota sobre el efecto de la acumulación de bostas vacunas en la macrofauna del suelo. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 32:321.
- Rodríguez, J; Alonso, M; Blandino, T; Abreu, R; Gómez, E. 1987. Manual de técnicas parasitológicas. La Habana, Cuba, ENPES. 103 p
- Sánchez, S; Hernández, M; Simón, L 1998. Diversidad de los organismos del suelo bajo un sistema silvopastoril. Memorias. III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". Matanzas, Cuba, EEPF "Indio Hatuey". 295 p

Arboles aislados en potreros como catalizadores de la sucesión en la Cordillera Occidental Colombiana

María Jimena Esquivel Sheik¹, Zoraida Calle Díaz¹

Palabras Claves: Árboles nativos; bosque húmedo Pre-Montano; Colombia; micrositios para la germinación; pastizales; restauración; sistemas silvopastoriles.

Isolated trees in pastures as succession catalysts in the Western Colombian Cordillera

RESUMEN

Se estudió la abundancia de plántulas y la riqueza de la regeneración de especies de árboles y arbustos bajo 57 árboles aislados (*Myrsine guianensis*, *Psidium guajava*, *Nectandra lineatifolia*, *N. reticulata*, *Ocotea oblonga* y *Montanoa quadrangularis*) y en áreas adyacentes de pastizal sin vegetación leñosa en El Dovio, Colombia. Se utilizó un diseño pareado, con una parcela control de 4 m² por cada parcela de igual tamaño situada bajo la copa de un árbol. Con la excepción de *M. quadrangularis*, la regeneración bajo árboles aislados fue más rica en especies y más abundante que la encontrada en el pastizal abierto. Los resultados del estudio sugieren que estos árboles, comunes en los potreros del Bosque húmedo Pre-montano en la Cordillera Occidental de Colombia, aumentan la diseminación de semillas de especies arbóreas y/o crean micrositios apropiados para su germinación. Se recomienda la protección y propagación de estos árboles pioneros en pastizales destinados a la recuperación del bosque. Aunque el papel de *M. quadrangularis* como especie catalizadora de la sucesión en los pastizales no es claro, su moderado efecto facilitador sobre la regeneración de otras plantas leñosas puede considerarse un atributo útil para su incorporación en sistemas silvopastoriles.

ABSTRACT

Abundance and richness of tree and shrub seedlings were studied under 57 isolated trees (*Myrsine guianensis*, *Psidium guajava*, *Nectandra lineatifolia*, *N. reticulata*, *Ocotea oblonga* and *Montanoa quadrangularis*) and in adjacent pasture plots without woody vegetation in El Dovio, Colombia. A paired design was used, with one 4 m² control plot in open pasture for each equally sized plot under a tree crown. With the exception of *M. quadrangularis*, regeneration of woody species below isolated trees was richer and more abundant than in open pasture. Results suggest that these trees, commonly found in pastures located in the Premontane moist Forest of the Colombian Cordillera Occidental, enhance the seed rain of secondary species and provide microsites favorable for their germination. Propagation and protection of such pioneers is thus recommended in pastures designated for forest recovery. Though the role of *M. quadrangularis* as a succession catalyst in pastures is not clear, its moderate facilitation of the regeneration of woody species can be viewed as a useful attribute for its incorporation in silvopastoral systems.

INTRODUCCIÓN

En los Andes colombianos y especialmente en las fajas de bosque premontano y montano, la elevada densidad poblacional y los usos inapropiados del suelo han traído consigo efectos indeseables tales como extinción de especies, deterioro de las fuentes de agua, pérdida de la fertilidad del suelo y disminución en la calidad de vida de los pobladores (Holl 1999, Kattan y López 1996, Murgueitio y Calle 1999, Saavedra y Freese 1986). Ante esta situación, es necesario realizar estudios que orien-

ten la restauración de los bosques de montaña en tierras de uso ganadero y a la vez generen alternativas de producción agropecuaria basadas en la biodiversidad de la región. Las plantas leñosas propias de bosques secundarios que logran establecerse bajo las copas de árboles pioneros proporcionan beneficios económicos y ambientales en las áreas de pastoreo: producen leña, madera y frutos para el ganado y otros animales de la finca, a la vez que dan sombra al ganado y contribuyen al mejoramiento de los suelos.

¹Área de Sistemas Agroforestales, CIPAV Cali, Colombia. E-mail: jimena@cipav.org.co (autora para correspondencia) y zoraida@cipav.org.co

Este trabajo, realizado en conjunto por CIPAV y una comunidad campesina de la Cordillera Occidental Colombiana, responde a necesidades de tipo social y ambiental: la recuperación de los bosques y la reconversión de la ganadería bovina hacia un sistema de producción más amigable con el entorno natural. Los objetivos del estudio fueron: a) comparar la abundancia de plántulas, riqueza de especies y frecuencia de establecimiento de árboles y arbustos en pastizales abiertos y bajo las copas de árboles en potreros (con pastoreo de ganado); y b) identificar árboles nativos útiles para la reforestación de pastizales degradados y para sistemas silvopastoriles.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se efectuó en la localidad de Bellavista (4°31'N y 76°10'W), municipio de El Dovio, departamento del Valle del Cauca, Colombia. El área de estudio corresponde a bosque húmedo pre-montano, ubicada a 1750 msnm, con una precipitación media anual superior a 1400 mm, 18°C de temperatura media y humedad relativa de 85%. La precipitación en años normales es bimodal, con dos periodos secos (enero-febrero y junio-agosto) y dos periodos de lluvias (abril-mayo y octubre-noviembre). Los suelos del área experimental son diabasas arcillosas con pH de 6,4, baja disponibilidad de P (5 ppm) y niveles normales de K, Ca y Mg (0,6, 7 y 2,6 meq 100 g⁻¹, respectivamente) (Gómez 1997). En la actualidad las fincas poseen pequeños relictos de bosque secundario, bancos forrajeros, potreros y cultivos diversificados.

Para el estudio se seleccionaron 10 potreros en pastoreo activo, con un área promedio de 0,65 ha y con cargas entre 0,5 y 2 animales ha⁻¹, situados en cinco fincas campesinas en laderas cordilleranas con pendientes > 25° (Espinel 1992). Se evaluó la composición taxonómica y la frecuencia de establecimiento de plántulas de árboles y arbustos bajo la copa de seis especies arbóreas pioneras: *Psidium guajava* (guayabo), *Myrsine guianensis* (chagualo), *Montanoa quadrangularis* (arboloco), *Nectandra lineatifolia* (laurel blanco), *N. reticulata* (laurel) y *Ocotea oblonga* (laurel jigua), y en áreas de potrero abierto (sin cobertura arbórea). Se aplicó un diseño de muestreo pareado, con una parcela de 2 x 2m (4m²) bajo la copa de cada árbol maduro (57 parcelas tratamiento) y una parcela control de igual tamaño situada en potrero abierto (57 parcelas control) a cinco metros de distancia. En el caso de *P. guajava*, la altura mínima establecida fue de 4 m. Para las demás especies se seleccionaron árboles con una altura mínima de 6 m. Se definió el término *árbol aislado* como aquel cuya copa no está en contacto con la de ningún otro árbol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La regeneración natural bajo árboles en potreros fue más abundante (2750 plántulas en 228 m² evaluados) y presentó una mayor riqueza de especies (30 especies y 15 familias) que en las parcelas situadas en pastizal abierto (575 plántulas de 9 especies y 7 familias en 228 m²) (Figuras 1a y 1b).

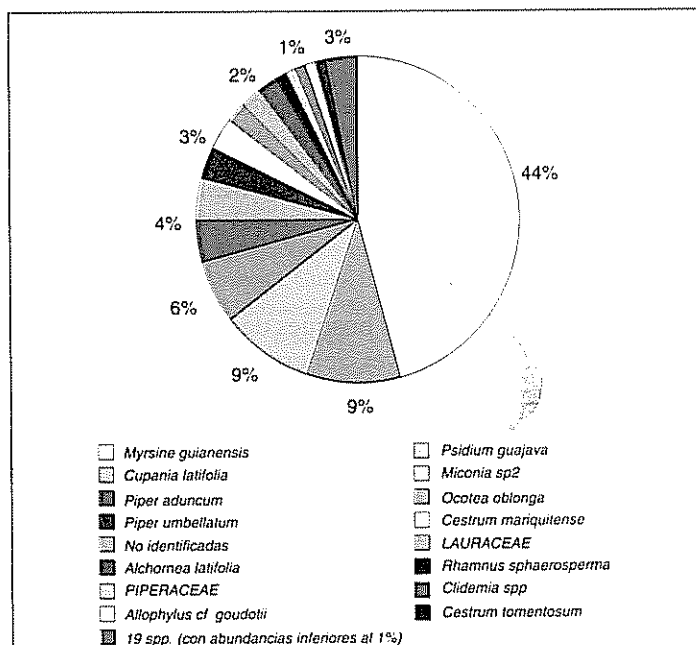


Figura 1a. Composición de especies arbóreas (%) de la regeneración natural bajo árboles aislados en potreros en Bella Vista, Valle del Cauca, Colombia

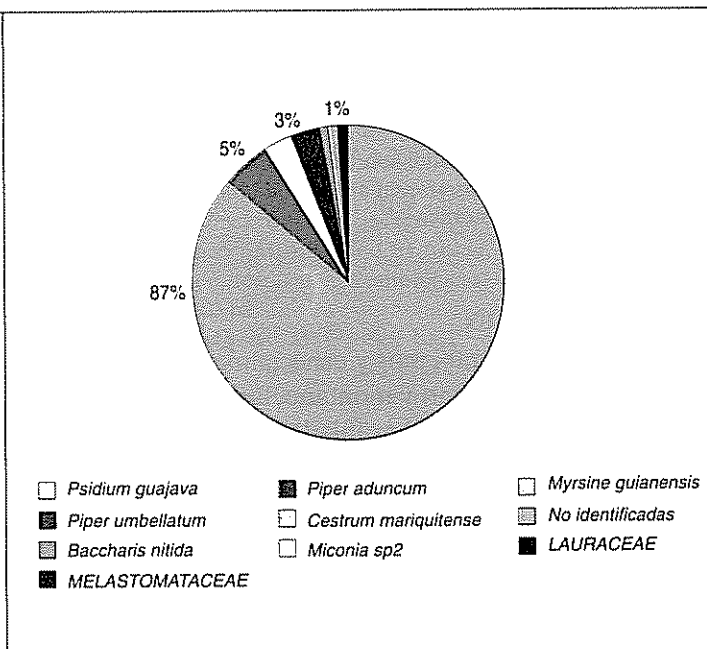


Figura 1b. Composición de especies arbóreas (%) de la regeneración natural en potreros abiertos en Bella Vista, Valle del Cauca, Colombia

Bajo cinco de las seis especies estudiadas (las especies conocidas localmente como "laurel" fueron consideradas juntas), la riqueza de la regeneración y la abundancia de plántulas fueron significativamente mayores que en las parcelas de control en potrero abierto (pruebas de t pareado, $p < 0,01$). En el caso de *M. quadrangularis*, no se encontraron diferencias en la riqueza de especies ni en la abundancia de plántulas entre la regeneración natural bajo las copas y en parcelas en potrero abierto (prueba de t pareado, $p > 0,1$) (Figuras 2a y 2b).

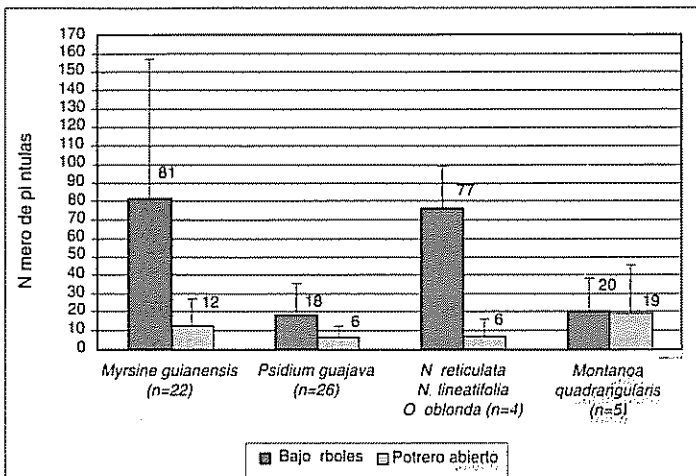


Figura 2a. Riqueza promedio (número de especies) de la regeneración natural arbórea bajo árboles aislados y a pleno sol (área total de muestreo 228 m² en los dos casos) en potreros de Bella Vista, Valle del Cauca, Colombia.

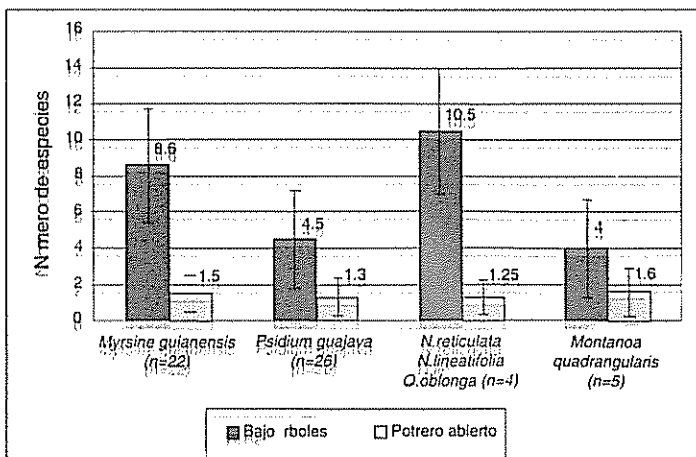


Figura 2b. Abundancia promedio (número de individuos) de la regeneración natural arbórea bajo árboles aislados y a pleno sol (área total de muestreo 228 m² en los dos casos) en potreros de Bella Vista, Valle del Cauca, Colombia.

Entre las seis especies de árboles estudiadas, no se encontraron diferencias significativas en el número de especies presentes en la regeneración natural bajo las copas (Kruskall Wallis, $p = 0,1$). Sin embargo, las diferencias en la abundancia de plántulas fueron altamente significativas (Kruskall Wallis, $p < 0,001$). La regeneración bajo *M. guianensis*, *N. lineatifolia* y *N. reticulata* fue más abundante que la registrada bajo *P. guajava* y *M. cuadrangularis*.

La composición de la regeneración natural está relacionada con la especie de árbol aislado (Tabla de Contingencia Chi-cuadrado $p < 0,001$). Algunos árboles como *P. guajava* parecen facilitar la regeneración de ciertas especies de árboles como *O. oblonda* e inhibir la de otras especies como *Cupania latifolia* (Figura 3). Bajo las copas de los árboles estudiados se encontraron tanto plantas típicas de potreros, como árboles y arbustos propios de bosques secundarios. El 36% de las especies representadas en la regeneración natural se encontraron bajo las seis especies de árboles aislados, mientras que 30% se detectaron bajo una única especie.

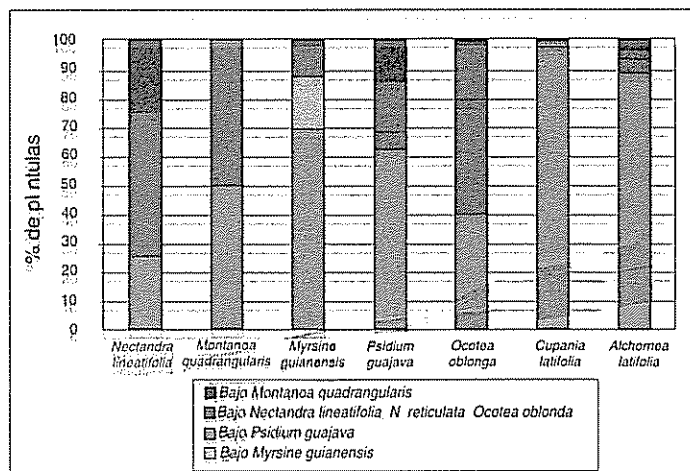


Figura 3. Distribución de la regeneración natural de siete especies arbóreas bajo árboles aislados en Bella Vista, Valle del Cauca, Colombia.

Estos resultados sugieren que árboles pioneros comunes en la zona andina como *M. guianensis*, *P. guajava*, *N. lineatifolia*, *N. reticulata* y *O. oblonda*, elevan la dispersión de semillas y/o crean micrositios favorables para la germinación y supervivencia de especies que no logran llegar, germinar o establecerse en el pastizal abierto (Guariguata *et al* 1995, Guevara *et al* 1986, Holl 1998, McClanahan y Wolfe 1993, Otero *et al* 1999, Robinson y Handel 1993, Toh *et al* 1999).



Realización de muestreo: Dos jóvenes estudiantes campesinas de la vereda de Bella Vista, Yicel Giraldo y Diana Carmona, registran la abundancia de plántulas encontrada bajo la copa de un chagualo (*Myrsine guianensis*), en potreros con pasturas nativas de la Reserva Natural El Ciprés, Valle del Cauca, Colombia. Foto: María Jimena Esquivel.

Aunque árboles aislados de *M. quadrangularis* en potreros no parecen aumentar la riqueza de especies, ni la abundancia de plántulas en los pastizales, esta especie juega un papel complementario en la recuperación de áreas degradadas al promover el avance de los bordes de bosque sobre áreas de potrero facilitando el establecimiento de plantas leñosas propias del bosque (Calle 1999). El hecho de no estimular la regeneración de árboles y arbustos en potreros activos, es un atributo útil para la aceptación de este árbol, por parte de los agricultores, en sistemas silvopastoriles.

La regeneración en las parcelas control (potrero abierto) es dominada por *P. guajava* (87% de las plántulas) seguida por *M. guianensis* (3%). El restante 10% de las plántulas pertenece a especies de porte arbustivo que invaden inicialmente los potreros, superando la barrera que el pastizal constituye para la regeneración de especies propias de los bosques circundantes (Aide y Cavalier 1994). El pastoreo de ganado bovino en estas áreas controla el crecimiento de los pastos y acelera la invasión de especies arbóreas como el *P. guajava* (Somarriba 1985). Una vez superada esta resistencia inicial, otras especies arbóreas avanzan sobre el pastizal estableciéndose bajo *P. guajava* y *M. guianensis*.

CONCLUSIONES

- El mantenimiento de árboles aislados en potreros es una estrategia apropiada para acelerar el enriquecimiento de la vegetación en pastizales con baja carga animal; por ejemplo, la regeneración natural bajo árboles aislados en potreros es cinco veces más abundante y tres veces más rica en especies que la detectada en potreros abiertos sin cobertura arbórea.
- Árboles de diferentes especies facilitan el reclutamiento de diferentes especies de árboles y arbustos, y la protección de árboles aislados debe ser parte integral del manejo de potreros con el fin de mantener la diversidad local y sus beneficios en áreas destinadas a la recuperación de los bosques.
- Este estudio sugiere que es posible acelerar la recuperación de los bosques en pastizales cuando se combinan los efectos favorables del pastoreo del ganado (con una carga apropiada), la capacidad invasora del *P. guajava* y el establecimiento de especies pioneras nativas. Durante las primeras etapas de la recuperación del bosque en pastizales andinos, la eliminación total del pastoreo no es un requisito indispensable. Un pastoreo de baja intensidad puede contribuir a acelerar el proceso de invasión de árboles y arbustos del bosque secundario.
- En las condiciones ecológicas de la localidad de estudio *M. guianensis*, *P. guajava*, *N. lineatifolia*, *N. reticulata* y *O. oblonga* son especies útiles para la restauración de pastizales degradados, mientras que *M. quadrangularis* puede ser una especie más apropiada para sistemas silvopastoriles.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aide, TM; Cavalier, J 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology* 2 (4): 219-229
- Calle, Z. 1999. Germinación y crecimiento del arboloco *Montanoa quadrangularis* Sch. Bip en suelos perturbados mediante pastoreo de cerdos y remoción manual del pasto. In: Agroforestería para la Producción Animal Sostenible (Memorias electrónicas del Primer Congreso Latinoamericano y VI Seminario Internacional, CIPAV, Cali, Colombia, Octubre 1999).
- Espinel, R. 1992. Sociedad y economía de campesinos cafeteros de la cordillera Occidental en el norte del Valle del Cauca. Tesis Mag. Sc. Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Cali, Colombia, Universidad Javeriana, CIPAV, IMCA. 122 p.
- Gómez, ME. 1997. Evaluación de sistemas de producción de caña de azúcar y árboles forrajeros enfatizando en la fertilidad del suelo. Tesis: Maestría en Sistemas Sostenibles Agrarios. Cali, Colombia, Universidad Javeriana - IMCA - CIPAV.
- Guariguata, MR; Rheingans, R; Montagnini, F 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: Implications for forest restoration. *Restoration Ecology* 3 (4): 252-260.
- Guevara, S; Purata, SE; Van Der Maarel, E. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetation* 66:77-84
- Holl, KD 1998. Do perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture?. *Restoration Ecology* 6(3): 253-261.
- Holl, KD 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotrópica* 31 (2): 229-242.
- Kattan, GH; López, HA. 1996. Preservation and management of biodiversity in fragmented landscapes in the Colombian Andes. In: Schelhas J; Greenberg, K (eds). *Forest Patches in Tropical Landscapes*. Washington, D.C. Island Press p 3-18
- McClanahan, TR; Wolfe, RW 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. *Conservation Biology* 7 (2): 279-288
- Murgueitio, E; Calle, Z. 1999. Diversidad biológica en la ganadería bovina de Colombia. In: Sánchez, M. D.; Rosales, M (eds). *Agroforestería para la producción animal*. Roma, FAO p 53-89. (Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 143)
- Otero, A; Castillo, S; Meave, J; Ibarra, G 1999. Isolated pasture trees and the vegetation under their canopies in the Chiapas Coastal Plain, México. *Biotrópica* 31 (2): 243-254
- Robinson, GR; Handel, SN. 1993. Forest restoration on a closed landfill: Rapid addition of new species by bird dispersal. *Conservation Biology* 7 (2): 271-278
- Saavedra, CJ; Freese, C. 1986. Prioridades biológicas de conservación en los Andes tropicales. *Parques* 11 (2-3): 8-11
- Somarrriba, E. 1985. Árboles de guayaba (*Psidium guajava*) en pastizales I, II y III. *Turrialba* 35 (3,4): 289-295, 329-338
- Toh, I; Gillespie, M; Lamb, D. 1999. The role of isolated trees in facilitating tree seedling recruitment at a degraded sub-tropical rainforest site. *Restoration Ecology* 7 (3): 288-297.

AGRADECIMIENTOS

Diana Carmona y Yicel Giraldo, dos jóvenes estudiantes de la región e integrantes del grupo Herederos del Planeta de Bellavista, participaron en el estudio en calidad de co-investigadoras. Manuel Guariguata y Eduardo Somarrriba colaboraron amablemente con el envío de materiales bibliográficos.



El Chagualo (*Myrsine guianensis*) fue la segunda especie arborea que presentó plántulas en la regeneración natural de potreros abiertos. Finca El Vergel, Valle del Cauca, Colombia. Foto: Maria Jimena Esquivel

Manejo de la regeneración natural de especies arbóreas nativas para la formación de sistemas silvopastoriles en las zonas de bosques secos del sureste de Brasil

Virgílio M. Viana¹, Rogério M. Maurício², Rodrigo Matta-Machado³, Ivan A. Pimenta⁴

Palabras claves: Fertilidad suelo; ganadería; *Myracrodruon urundeuva*; selección especies; *Zeyhera tuberculosa*.

Management of natural regeneration of native tree species to form silvopastoral systems in dry forest zones in South-east Brazil.

RESUMEN

ABSTRACT

La deforestación para el establecimiento de monocultivos forrajeros ha sido empleada en grandes extensiones en Brasil. Esta práctica provoca impactos negativos sobre el medio ambiente (biodiversidad, CO₂, agua) y la producción animal (degradación de pastos). Los sistemas silvopastoriles (SSP) vienen tornándose una alternativa sustentable para la producción animal, integrando leñosas arbóreas, pasturas y animales. El uso de la regeneración natural de especies de árboles nativos invasores de las pasturas, como Bolsa de Pastor (*Zeyhera tuberculosa*) y Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), puede ser una opción sustentable para el establecimiento de SSP, proporcionando impactos positivos en términos ambientales y económicos.

Deforestation in order to establish monoculture forage areas has occurred in large areas of Brazil. This practice causes negative impacts on the environment (biodiversity, CO₂, water) and on animal production (pasture degradation). Silvopastoral Systems (SSP), have been adopted as a sustainable alternative for animal production, integrating trees, forages and animals. Natural regeneration of native tree species like Bolsa de Pastor (*Zeyhera tuberculosa*) and Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) could be one sustainable option for the establishment of SSP, providing positive environment and economical impacts.

INTRODUCCIÓN

Brasil posee el segundo hato bovino mayor del mundo, con cerca de 160 millones de cabezas. La actividad ganadera es un factor importante en el proceso de expansión de la frontera agrícola y por lo tanto, del corte de árboles en gran escala. La mayor parte del área deforestada da origen a sistemas de monocultivo de gramíneas que tienen impactos ambientales negativos y bajos retornos económicos. Según datos de la FAO (1999), en 1997 más

de 2 000 000 de ha fueron quemadas en la Amazonía y las imágenes de satélite demuestran que hubo un aumento de más de 50% en el número de casos de incendios entre julio y noviembre de 1997, comparado con los datos del mismo periodo de 1996. Otro problema asociado a la expansión ganadera es la fragmentación de ecosistemas forestales (Viana *et al* 1997). En muchos casos, donde la vegetación nativa ha sido substituida por

¹ Departamento de Ciencias Forestales, ESALQ/USP, Cep 13418-900, Piracicaba SP, Brasil. E-mail: vimviana@carpa.ciagri.usp.br (autor para correspondencia)

² Fundacao Ezequiel Dias, Rua Conde Pereira Carneiro 80, Cep 30510-010, B. Horizonte, MG, Brasil. E-mail: rmmfuned@mg.gov.br

³ Departamento de Biología General, Av. Antonio Carlos 6625, Cep 30315570, B. Horizonte, MG, Brasil. E-mail: mattamac@mono.icb.ufmg.br

⁴ Fundacao Zoo-botânica, Av. Otacilio Negrão de Lima 8000, Cep 31365-450, B. Horizonte, MG, Brasil. E-mail: corisco@bhnet.com.br

el cultivo artificial de gramíneas, las pasturas se encuentran en un proceso de degradación (Lascano 1991). Las consecuencias ambientales incluyen elevados niveles de erosión, pérdida de biodiversidad, y emisiones de gas carbónico y otros gases que contribuyen al efecto de invernadero. La búsqueda de sistemas de producción agropecuarios más apropiados en términos socio-ambientales es uno de los grandes desafíos en esta zona.

Los modelos ganaderos convencionales resultantes de la "revolución verde" se basan principalmente en la fertilización química de los suelos, utilización de variedades mejoradas de especies forrajeras, mecanización del suelo y en el control de la intensidad de pastoreo. Los sistemas silvopastoriles (SSP) vienen destacándose debido a las ventajas en relación con los sistemas basados en monocultivos de forrajeras. Los árboles pueden ser de regeneración natural o plantados, con fines diversos como la producción de madera, productos industriales y sombra para los animales (Sánchez y Rosales 1999). El establecimiento de SSP podría ser una alternativa para la recuperación de áreas degradadas, así como podría promover la sustentabilidad de la producción agropecuaria. Este trabajo tiene como objetivo describir dos SSP derivados de la regeneración natural de especies arbóreas nativas invasoras de las pasturas en una zona seca del Sur-este de Brasil. La formación de estos sistemas tiene correlaciones con la fertilidad de los suelos e implicaciones sobre la formación y calidad de las pasturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Area de estudio

El estudio fue realizado en la Finca Grota Funda, Estado de Minas Gerais, en el municipio de Lagoa Santa, Brasil (19° 35' 36" S, 43° 51' 56" O, altitud 747m). Los suelos de la región son pobres en P ($\leq 2,7 \text{ mg dm}^{-3}$) y ácidos (pH de 4,5 a 5,0), predominando suelos tipo latosol rojo -amarillo. La actividad principal de la zona es la ganadería de leche y carne, y de manera creciente, el turismo rural y el ecoturismo. La topografía es ligeramente accidentada con pendientes entre 9 y 15%. La temperatura media anual es de 19 a 21 °C y la precipitación media varía entre 900 y 1000 mm año⁻¹. La vegetación típica del área es un mosaico de bosques secos en las partes bajas y savanas (*cerrado*) en las partes altas (Warming y Ferri 1973). Los pastizales son caracterizados por gramíneas introducidas, predominando *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha*), jaraguá (*Hypparrhenia rufa*), meloso (*Melinis minutiflora*) y sapé (*Imperata* spp.). La producción ganadera para leche y carne predomina en esta finca (80 ha).

Sistemas de manejo y selección del componente arbóreo

El sistema convencional de manejo en la región se basa en la eliminación sistemática de la vegetación arbórea nativa de los potreros (*cortes o roçadas*). Todos los años se realiza de uno a dos cortes de toda la vegetación arbórea y arbustiva. En la Finca Grota Funda fue implantado un sistema de manejo diferenciado a partir de 1980 - 1982, con base en el principio del corte selectivo de la vegetación nativa arbórea. Los objetivos fueron: (i) disminuir los costos de las limpiezas del terreno; (ii) mejorar la producción ganadera (confort térmico para los animales y calidad del forraje); (iii) generar ingresos adicionales con la producción de madera; y (iv) mejorar la calidad ambiental del sistema (erosión, biodiversidad y secuestro de carbono).

El sistema de manejo de la regeneración natural de especies arbóreas nativas está basado en el corte selectivo de especies e individuos. Se priorizaron dos especies nativas: *Zeyhera tuberculosa* y *Myracrodruon urundeuva*. La selección fue basada en: (i) elevada densidad natural de plantas de estas especies en potreros; (ii) rápido crecimiento; y (iii) elevado valor comercial de la madera o su importancia para uso local. La selección de individuos de *Z. tuberculosa* fue basada en la forma del árbol para producción maderera, con una distancia mínima de 4 m entre árboles. La selección de individuos de *M. urundeuva* fue basada en la forma del brote para producción maderera, manteniendo de uno a tres brotes por planta. Los cortes de los individuos no seleccionados fueron hechos a 15 cm del suelo y en forma de bisele.

Z. tuberculosa es un árbol que llega a una altura aproximada de 15 a 23 m, con dap (diámetro a la altura del pecho) de 40-60 cm. La madera que produce es resistente, flexible y de alta durabilidad. Es un árbol semi-decídúo, pionero, generalmente encontrado en suelos de fertilidad media a alta, presente en formaciones secundarias y en el bosque primario. Debido al tamaño de las semillas, son fácilmente llevadas por el viento. La madera es muy usada para obras internas, construcción civil, cabos de herramientas y de instrumentos agrícolas, estacas para cercas, papel y leña. El árbol es ornamental siendo de esta forma utilizado en paisajismo. Por la facilidad de multiplicación y la rapidez de su crecimiento, es también muy utilizado en la recuperación de áreas degradadas (Viana 1982; Lorenzi 1992).

M. urundeuva es un árbol con altura máxima que oscila de 6-14 m cuando se encuentra en la región de Savana y

de 20-25 m cuando se encuentra en suelos más fértiles. El dap promedio oscila entre 50 y 80 cm. La madera es de alta densidad, por lo que presenta una gran resistencia mecánica y excelente calidad para ser usada en obras externas, postes y en la construcción civil. Debido a la belleza de su copa posee calidades ornamentales, siendo utilizada para arborización en general, aunque se debe tener cuidado con las reacciones alérgicas provocadas por el contacto con las hojas (Lorenzi 1992).

Métodos de estudio

Se elaboró un mapa mostrando los tres tipos de manejo de los potreros. Las mediciones fueron tomadas en tres parcelas (sin repeticiones): (i) control (*Brachiaria* spp sola, 1,0 ha); (ii) SSP con *Z. tuberculosa* (1,6 ha); y (iii) SSP con *M. urundeuva* (0,3 ha). En estas parcelas se hizo un conteo de todos los árboles mayores de 5 cm de dap, para estimar la densidad en cada uno de los SSP y se hizo un muestreo de suelos (0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad), donde se colectó 10 sub-muestras al azar, para hacer una muestra compuesta por parcela. Se hizo un levantamiento florístico para la identificación en el herbario de las especies arbóreas encontradas.

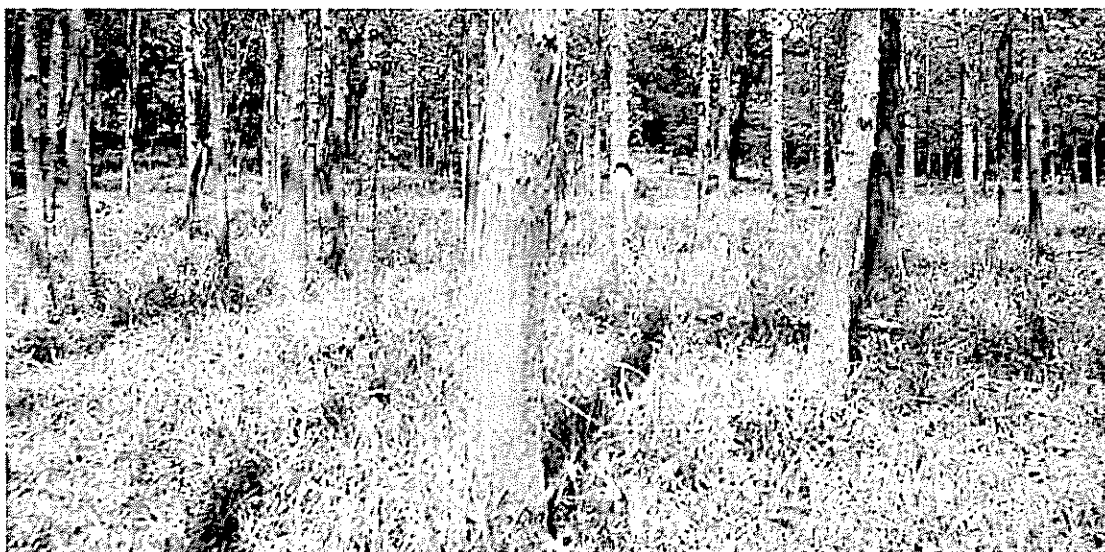
Respecto al componente arbóreo, en cada parcela fueron seleccionados cinco árboles adultos, a los cuales se les midió el dap, diámetro de copa y altura total. A partir de estos datos fue calculada el área de cobertura media de cada árbol adulto (*Z. tuberculosa* 48 m² y *M. urundeuva* 19 m²). De esta forma, se fijó en mantener una densidad de 208 y 526 árboles ha⁻¹ de *Z. tuberculosa* y *M. urundeuva*, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el sistema con *Z. tuberculosa* fueron encontradas otras seis especies arbóreas (Cuadro 1) con una densidad total de 206 árboles ha⁻¹, además de la gramínea (*B. brizantha*). Se encontró que la regeneración natural de *Z. tuberculosa* era comida por el ganado pero después de alcanzados más de 3 m de altura, el follaje de los árboles de esta especie dejó de ser ramoneado por el ganado. El crecimiento rectilíneo de sus fustes y la autopoda son excelentes características de *Z. tuberculosa* (Fotografía 1). La autopoda es fundamental para la producción de trozas de madera de alta calidad para los aserraderos. El crecimiento del pasto bajo sombra moderada de esta especie no presentó ninguna limitación evidente. La sombra es difusa y aparentemente disminuye la evapotranspiración del estrato herbáceo. El hábito caducifolio de la especie es un factor positivo al disminuir la competencia por agua entre los árboles y las gramíneas durante la estación seca.

Cuadro 1. Especies arbóreas encontradas en el sistema silvopastoril con *Zeyheria tuberculosa* en la Finca Grota Funda, Minas Gerais, Lagoa Santa, Brasil.

Nombre común	Nombre científico
Bolsa de pastor	<i>Zeyheria tuberculosa</i>
Jacarandá caviuna	<i>Dalbergia nigra</i>
Jacarandá-tã	<i>Machaerium villosum</i>
Ipê-verde	<i>Cydistax antisyphilitica</i>
Jantar	<i>Terminalia</i> sp.
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>
Pau'dóleo	<i>Copaifera langsdorffii</i>



Sistema silvopastoril con *Zeyheria tuberculosa* (Bolsa de Pastor) en Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil
Foto: Rogério Maurício

En el SSP con *M. urundeuva* se encontraron otras cuatro especies arbóreas (Cuadro 2), con una densidad total de 750 árboles ha⁻¹, además de la gramínea (*B. brizantha*). La regeneración natural de *M. urundeuva* no es ramoneada por el ganado. Después de que alcanzan más de 1 m de altura, los árboles ya no son afectados por el pisoteo del ganado. El crecimiento vigoroso es una excelente característica de esta especie. Sin embargo, la autopoda natural de la misma no es buena aún cuando crece en rodales de alta densidad (Fotografía 2). Observaciones cualitativas de campo indican que el crecimiento del forraje bajo la sombra de *M. urundeuva* es semejante al control cuando la densidad de los árboles es baja. En situaciones de elevada densidad arbórea, el crecimiento del forraje es inferior al control, probablemente por la reducida incidencia de luz sobre la gramínea. Eso resulta en problemas de erosión del suelo y en baja productividad ganadera. El hábito caducifolio de la especie es un factor positivo al disminuir la competencia por agua entre los árboles y las gramíneas en la estación seca.

La mayoría de los parámetros de fertilidad de suelos fueron mejores en las pasturas que contienen árboles (Cuadro 3). Eso podría ser debido a un efecto positivo

Cuadro 2. Especies arbóreas encontradas en el sistema silvo-pastoril con *Myracrodruon urundeuva*, en la Finca Grota Funda, Minas Gerais, Lagoa Santa, Brasil.

Nombre común	Nombre científico
Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i>
Canafistula	<i>Peltophorum dubium</i>
Ipê-verde	<i>Cybistax antisiphilitica</i>
Folha-de-bolo	<i>Platycamus regnellii</i>
Carobão	<i>Sciadodendron excelsum</i>

de los árboles en la fertilidad; p.ej., mayor materia orgánica bajo *M. urundeuva*. También podría ser una consecuencia de la preferencia de cada especie arbórea para un cierto tipo de suelo; p.ej., la textura en la parcela con *M. urundeuva* era diferente (textura menos arcillosa y con más piedras), pero no es probable que la presencia de los árboles haya afectado la textura. Es especialmente importante la diferencia en las concentraciones de K, las cuales están relacionadas a la resistencia a sequía. Estas áreas tienen bajo potencial de producción de forraje y mayor vocación para producción de madera.

Cuadro 3. Parámetros químicos y físicos del suelo (0 - 20 y 20 - 40 cm de profundidad) bajo tres tipos de pastura con *Brachiaria brizantha* en la Finca Grota Funda, Minas Gerais, Lagoa Santa, Brasil.

Profundidad (cm)	Pastura con <i>Z. tuberculosa</i>		Pastura con <i>M. urundeuva</i>		Control (<i>B. brizantha</i>)	
	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40
pH	5,1	5,0	5,3	5,1	4,9	4,7
H + Al	5,9	8,2	5,8	7,5	8,2	10,7
Al ³⁺ (mmol dm ⁻³)	1,7	2,3	0,3	0,9	2,5	3,4
Ca ²⁺ (mmol dm ⁻³)	0,9	0,5	3,7	2,8	0,7	0,2
Mg ²⁺ (mmol dm ⁻³)	3,1	1,8	5,8	3,8	1,9	0,5
P (mg dm ⁻³)	1	1	2	2	1	< 1
K (mg dm ⁻³)	180	160	110	72	81	37
Materia Orgánica (%)	3,0	2,8	4,7	3,7	3,3	2,7
Carbono (%)	1,7	1,7	2,7	2,2	1,9	1,6
Nitrógeno (%)	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
Saturación de Bases	43,4	25,0	62,8	47,2	25,4	7,2
Textura (%):						
Arcilla	59,7	66,6	32,1	38,6	66,1	69,0
Limo	16,1	15,0	20,3	22,6	16,5	14,2
Arena	24,2	18,3	47,6	38,8	17,4	16,8



Sistema silvopastoril con *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira) en Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil.
Foto: Rogério Maurício

CONCLUSIONES

- El manejo de la regeneración natural de las especies arbóreas en sistemas silvopastoriles representa una alternativa de bajo costo para el productor. Estos sistemas se aplican especialmente para agricultores con pequeña capacidad de inversión a largo plazo. *Z. tuberculosa* y *M. urundeuva* son especies arbóreas que poseen buenas características para el establecimiento de sistemas silvopastoriles en la región del estudio. Sin embargo, es importante resaltar que la quema de las pasturas es reconocida como una práctica perjudicial para la propagación de árboles.
- Los sistemas silvopastoriles con *Z. tuberculosa* y *M. urundeuva* podrían tener ventajas económicas y ambientales. En las pasturas con árboles se observó mejor fertilidad y una producción de madera con potencial para uso en la finca y para comercialización.
- La ocurrencia de *M. urundeuva* está concentrada en los suelos con mejor fertilidad del área de estudio y por lo tanto, con mejor potencial para la producción de forraje en combinación con esta especie arbórea.
- Observaciones cualitativas de campo indican una aparente mejor calidad nutricional del forraje y un mayor confort térmico para los animales en los sistemas silvopastoriles. Se observó también una menor tasa de erosión. Esto debe ser verificado por estudios posteriores.
- Los sistemas silvopastoriles basados en la regeneración natural arbórea representan una alternativa para mejorar la calidad ambiental y aumentar la

productividad ganadera y forestal. Sin embargo, estos sistemas demandan un uso más intenso de la mano de obra en las operaciones de raleo y podas. Por lo tanto, es fundamental cuantificar los costos y beneficios asociados al sistema.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Iolanda Viana propietaria de la Hacienda Grotta Funda; al CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria - Colombia); y al CEBRASP (Centro Brasileiro de Apoio a Sistemas Agroflorestais Pecuários - Brasil)

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- FAO 1999. State of the World's Forest Rome. 154 p
- Lascano, CE 1991. Managing the grazing resource for animal production in savannas of tropical América Tropical Grassland 25: 66-72.
- Lorenzi, H 1992. Árvores Brasileiras. São Paulo, Brasil, Editora Plantarum 352 p
- Sánchez, MD; Rosales, MM 1999. Agroforesteria para la producción animal en América Latina. Roma, FAO 515 p.
- Viana, VM; Tabanez, AAI; Batista, IF. 1997. Dynamics and restoration of forest fragments in Brazil's Atlantic Moist Forest. In Bierregard, R.; Laurance, W (eds.) Tropical forest remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragment Communities. Chicago, Chicago University Press. 15 p
- Viana, VM. 1982. Ecologia e Conservação Genética de Populações Naturais de Ipê Felpudo (*Zeyhera tuberculosa*). Presentado en: Congresso Nacional de Essências Nativas, Campos do Jordão, SP.
- Warming, E; Ferri, G 1973. Lagoa Santa e a Vegetação de Cerrados Brasileiros São Paulo, Universidade de São Paulo 386 p

Caracterización y alternativas productivas para fincas ganaderas establecidas en la Amazonía Colombiana

Bertha Leonor Ramírez Pava¹

Palabras claves: Agricultura alternativa; Colombia; ganadería; sistemas agroforestales.

Characterization of livestock farms and production alternatives in the Colombian Amazon

RESUMEN

Se caracterizaron 249 fincas ganaderas en la Amazonía Colombiana de acuerdo a su tamaño: un grupo mayoritario caracterizado por fincas menores de 100 ha; un segundo grupo con fincas entre 101 y 500 ha; y finalmente un reducido grupo de fincas grandes mayores de 500 ha. Se realizaron talleres participativos con los productores para discutir alternativas de producción sostenibles, con base en cercas vivas, huertos caseros, sistemas silvopastoriles, diversificación de los sistemas de producción (p.ej., piscicultura), bancos de proteína y de energía. Hubo una clara relación entre el interés en las diferentes alternativas y el tamaño de la finca.

ABSTRACT

Using size as a criterion, 249 cattle farms of the Colombian Amazon were characterized. In the largest group, farms were less than 100 ha, in the second group between 101 to 500 ha and finally there was a reduced group of larger farms of more than 500 ha. Participatory workshops were carried out with producers to discuss sustainable production alternatives based on: live fences, home gardens, silvopastoral systems, diversification of production systems (p.ej., fish farming), protein and energy banks. There was a clear relationship between the interest in the different alternatives and the size of the farm.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales usos del suelo en la Amazonía es la ganadería. El establecimiento de pasturas se presenta a partir de la tala y quema de los bosques, como consecuencia de la colonización y como requisito indispensable para conseguir la titulación de las tierras (Perea 1992). Tradicionalmente la ganadería bovina de la región ha sido manejada como una actividad extensiva. Las limitaciones a esta actividad en la región amazónica incluyen: la baja inversión en tecnología e insumos; los sistemas de libre pastoreo; la falta de utilización de técnicas renovadoras del suelo y de praderas; y la baja productividad por animal y por unidad de superficie. Sin embargo, resulta útil destacar las potencialidades que puede generar esta actividad en un nuevo contexto de relaciones económicas y productivas como las que ofrecen los sistemas agroforestales.

En este artículo se presenta los resultados de un proceso de caracterización del sistema ganadero de la Amazonía Colombiana, la cual constituye el insumo básico mediante el cual se aproxima al conocimiento del agroecosistema, al pensamiento, prejuicios y lógica de los productores, proporcionando un enfoque general invaluable de la producción pecuaria imperante en la zona, que permita posteriormente avanzar en planes de manejo en el marco del desarrollo sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el área rural del municipio de Florencia, Departamento del Caquetá, en el piedemonte amazónico colombiano (2° 58' N a 0° 40' S; 71° 30' a 76° 15' O) (IGAC, 1993), donde la precipitación promedio anual es de 3600 mm, la temperatura de 25,1 °C y la

¹ Profesor Investigador de la Universidad de la Amazonía Florencia - Caquetá, Colombia

humedad relativa de 89% (CORPOICA, 2000). Los suelos predominantes en la región son los ultisoles, con un bajo nivel de fertilidad, alto grado de acidez y de saturación de aluminio. Para realizar la caracterización de las fincas ganaderas se entrevistaron 249 productores durante los meses de abril a noviembre del 2000. Posteriormente se valoraron alternativas de desarrollo sostenible de manera conjunta con los productores durante la realización de 25 talleres participativos. Para la realización de los talleres se agruparon los productores de acuerdo con el tamaño y la topografía de sus fincas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización. Se integraron las fincas ganaderas en tres grupos según su tamaño (Cuadro 1). El primer grupo se caracterizó por tener 189 fincas pequeñas, con muy pocos recursos económicos, lo que obligó a sus propietarios a establecerse en las áreas donde predomina una topografía de cordillera no muy favorable para el desarrollo de la ganadería, circunstancias que no les permite manejar un gran número de animales. Estas fincas soportan una carga social muy alta, con más de seis personas que dependen económicamente de la finca, hasta dos personas como mano de obra útil en la explotación, representados usualmente por las mujeres y los niños. Esta situación refuerza la opinión generalizada de que el sistema ganadero es una actividad fundamentalmente de tipo familiar (Banco Mundial 1990).

La mitad de los pequeños campesinos (Grupo 1) deforestan anualmente entre 1 y 2 ha de reservas forestales para convertirlas en praderas y con ello valorizan sus propiedades. Esta práctica es más grave en este grupo de fincas, debido a que se encuentran ubicadas en la zona de cordillera, donde predominan las altas pendientes.

Algunos productores incluyen leguminosas rastreras asociadas a sus pasturas, pero no utilizan árboles forrajeros como alimento para el ganado. De acuerdo con éstos resultados, un avance en la investigación sobre el uso de alternativas políticas y tecnológicas que permitan orientar a los campesinos en el uso de especies arbóreas nativas, mejoraría la oferta de opciones forrajeras, contribuyendo a solucionar el problema de la baja calidad del forraje y la falta de otras opciones alimenticias para los animales (Rivas y Holmann 2000). La diversificación de la producción de sus granjas a partir de la explotación de diferentes especies animales es otra práctica que debe incentivarse (Murgueitio 1994), con el fin que los productores no dependan únicamente de la ganadería para vivir.

Cuadro 1. Características de los grupos de fincas ganaderas en Florencia, Departamento del Caquetá, Colombia, de acuerdo con la topografía y el tamaño de las fincas.

Detalle	Grupo I	Grupo II	Grupo III
% Total	76	22	2
Tamaño (ha)	1-100	101 - 500	> 500
Topografía predominante	Cordillera y Piedemonte	Piedemonte y Lomerio	Vegas de los ríos
N° bovinos (aprox.)	< 200	>200- <500	> 500
Personas dependientes	> 6	2	< 2
Empleo generado	< 2	2 - 4	> 5
Usos del suelo	Pastos + cultivos	Pastos + cultivos	Pastos
Utilización cercas vivas	No	No	No
Combustible para cocinar	Leña / gas	Leña / gas/ electricidad	Gas/ electricidad
Intensidad erosión	De nula a muy intensa	De nula a muy intensa	De nula a muy intensa
Forrajeros para el ganado	No	No	No
Uso quemas	Sí	Sí	Sí
Subsistemas opcionales	Peces y aves	Ninguno	Ninguno
Grado de escolaridad	Nivel básico	Todos los niveles	Todos los niveles

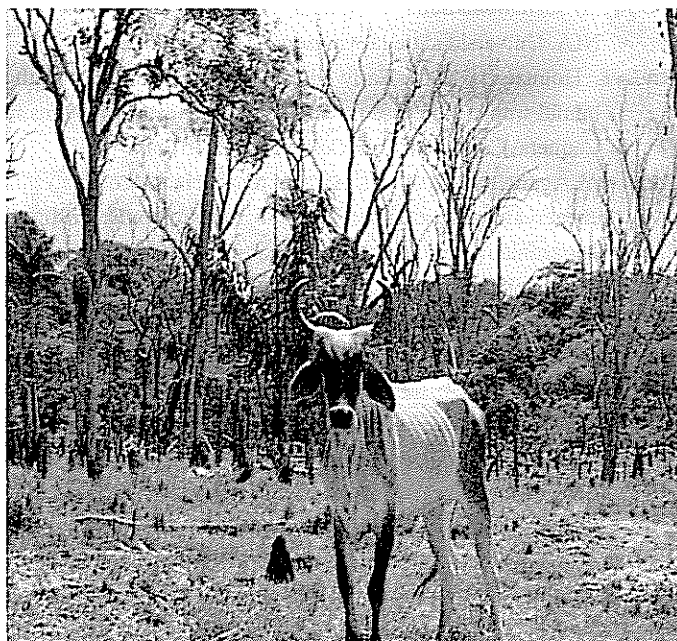
El grupo 2 es el intermedio de las fincas y están caracterizadas por tener un mayor poder económico que el primer grupo, razón que les permite mantener mayores áreas, usos de las mismas, manejo de animales y nivel social. Este grupo de fincas se encuentra ubicado sobre suelos de pendientes mayores del 10%, lo que las hace, al igual que los predios del primer grupo, más susceptibles a la erosión.

No existe entre los propietarios de este grupo de finqueros la información suficiente para el manejo de sistemas agroforestales, tales como bancos de forraje y cercas vivas que les permitan incrementar la oferta de alimento para sus animales. Este grupo de productores dedica la totalidad del área a la producción ganadera y debido a que un alto porcentaje no vive en sus fincas, éstas se encuentran manejadas por personal contratado.

El grupo 3 está compuesto por las fincas grandes, que en su totalidad se encuentran ubicados sobre topografía plana. Estos predios no poseen área en bosques, mantienen más de 200 hectáreas en pastos introducidos, generan más de cinco empleos foráneos para el sostenimiento de las actividades de la finca y allí concurren a trabajar

algunos de los campesinos del primer grupo para conseguir el faltante económico que sus predios no les ofrecen.

Este agrupamiento de fincas ganaderas en la región amazónica de Colombia, de acuerdo con el tamaño de la explotación, contrasta con los resultados obtenidos por Kleemann (1992) sobre experiencias del monitoreo en ganaderías de doble propósito en la región Andina Colombiana. Kleemann reportó que la mayoría de fincas posee superficies menores de 50 ha, con un mayor hato ganadero; diferencias debidas principalmente a las características de fertilidad del suelo.



Sistema ganadero tradicional establecido a partir de la tumba y quema del bosque Foto: J. Rodríguez.

Alternativas de producción. La alternativa de establecimiento de huertos caseros fue valorada especialmente por los productores del grupo 1, porque son los que en mayor número viven en las fincas y dependen económicamente de lo que éstas producen (Cuadro 2).

Dentro de las alternativas de reciclaje de productos de interés para los ganaderos de los grupos 1 y 2, se discutió la utilización del estiércol de los animales como abono orgánico y en la producción de otras especies como la lombriz de tierra. Así mismo, se planteó la alternativa de instalación de biodigestores, con la intención de obtener combustible y abono.

La diversificación de la producción dentro de la finca, que le permita al campesino obtener recursos económi-

cos sin la necesidad de depender únicamente de la ganadería, es la razón por la cual en la actualidad se está desarrollando la piscicultura comercial como un subsistema paralelo. Sin embargo, es importante hacer énfasis en que la explotación se ha limitado a un número muy reducido de especies, desaprovechando el enorme potencial de la región amazónica (Salinas y Agudelo, 2000). El cultivo de peces ornamentales fue otra de las alternativas valoradas por los productores. Algunas de las especies de peces con potencial de cultivo como ornamentales indicados fueron: la garopa o gancho rojo (*Myleus rubripinnis*), el neón (*Paracheirodon inessi*), el brillante (*Hemigrammus luelingi*), el lapicero (*Farlowella acus*), el escalár (*Pterophyllum scalare*) y las diferentes especies de cucha (*Hypostomus spp.*).

Con respecto al establecimiento de sistemas agroforestales, los productores del Grupo 2 prefieren establecer rodales dentro de los potreros, donde permitirán el surgimiento de la sucesión natural. Otros productores prefieren rodales con especies maderables y especies forrajeras que luego se usen en alimentación animal.

Los bancos de proteína, que fueron aceptados por productores de los Grupos 1 y 2, deben ser ubicados en un área cerca de los corrales para facilitar su ofrecimiento a los animales durante el ordeño. Prefieren establecerlos con especies como el nacedero (*Trichanthera gigantea*), el cachimbo (*Erythrina fusca*), la cora cora (*Codariocalyx giroides*) y el mataratón (*Gliricidia sepium*). El bohío (*Clitoria fairchildiana*), el guamo (*Inga edulis*), el samán (*Albizia saman*) y el carbón (*Pithecellobium longifolium*), son otras de las especies aceptadas. El establecimiento de bancos de energía a

Cuadro 2. Alternativas productivas valoradas por grupos de ganaderos de Florencia, departamento del Caquetá, Colombia.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Huertos caseros	X		
Lombricultura	X	X	
Biodigestores	X	X	
Abonos verdes	X		
Piscicultura	X	X	
Especies menores	X		
Arboles frutales/potreros	X		
Bancos proteína/energía	X	X	
Cercas vivas/maderables	X	X	X
Rodales en potreros		X	X

partir de la caña de azúcar (*Sacharum* spp.), fue una de las alternativas mejor aceptada por todos los grupos de productores.

CONCLUSIONES

- Las fincas ganaderas establecidas en la Amazonía Colombiana pueden ser clasificadas en tres grupos de acuerdo al tamaño: fincas pequeñas menores de 100 ha, intermedias entre 101 y 500 ha y fincas mayores de 500 ha.
- El interés en las alternativas propuestas (huertos caseros, lombricultura, biodigestores, abonos verdes, piscicultura, especies menores, árboles frutales, bancos de proteína / energía, cercos vivos / maderables y rodales en potreros) varió entre los grupos en relación al tamaño de las fincas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Banco Mundial. 1990. Brazil: an analysis of environmental, Problems in the Amazon. Final Report. Ed R. Schneider Washington DC 2 v
 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOI-

CA) 2000. Estación meteorológica Macagual. Florencia, Caquetá Colombia 3 p

Instituto Geográfico Agustín Codazzy (IGAC). 1993. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del Occidente del Departamento del Caquetá. Bogotá. 326 p.

Kleemann, G. 1992. Experiencias del monitoreo en ganaderías de doble propósito en Colombia. *In* Memorias del Seminario Internacional sobre Ganadería de Doble Propósito. Cartagena de Indias, Colombia. p. 68 – 78

Murgueitio, E. 1994. Sistemas sostenibles de producción agropecuaria para campesinos. Cali, Colombia, CIPAV. 9 p.

Perea, E. 1992. Políticas para el desarrollo y conservación de la Amazonía. *In* Amazonía biodiversidad y tecnologías. Memorias del seminario internacional de recursos genéticos y desarrollo sostenible. Sena, Colombia, OEA, CORPES AMAZONIA Universidad de la Amazonía, IBPGR 75 p

Rivas, L; Holmann, F. 2000. Early adoption of *Arachis pintoi* in the humid tropics: the case of dual-purpose livestock systems in Caqueta, Colombia. Cali, Colombia, CIAT. 16 p

Salinas, Y; Agudelo, E. 2000. Peces de importancia económica en la cuenca amazónica colombiana. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Ministerio del Medio Ambiente 55 p.

Simposio Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles y Segundo Congreso sobre Agroforestería y Producción Ganadera en América Latina¹

Tema: Sistemas Silvopastoriles para la Restauración de Ecosistemas de Pasturas Tropicales Degradados

Hotel Herradura, San José, Costa Rica, 3 - 7 abril, 2001

Muhammad Ibrahim², John Beer³, Fergus Sinclair⁴ y Celia Harvey⁵

El simposio/congreso fue organizado por el Proyecto Agroforestal CATIE-DANIDA junto con FAO, LEAD, SIDA, IFS, GTZ y el Grupo de investigación Agroforestal de IUFRO sobre Sistemas Silvopastoriles y Sistemas Agroforestales Tropicales (S 1.15.05 y S 1.15.02). Este simposio/congreso de IUFRO comprendió la presentación de 19 ponencias de invitados y más de 170 carteles de 180 participantes de 30 países. El Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales (ACSAF –ahora Departamento Agroforestal /CATIE) desarrolló simultáneamente un taller satélite sobre modelaje de sistemas silvopastoriles (SSP). Además se organizó una gira de campo por la región Pacífica de Costa Rica para observar investigaciones en curso y demostraciones de ganado y SSP en la Escuela Centroamericana de Ganadería (ECAG) y en una área piloto (Esparza), donde se realiza una investigación participativa para promover estos sistemas con los ganaderos. En el taller satélite se presentaron los siguientes modelos: i) ALWAYS que describe el funcionamiento biofísico de un SSP (CEMAGREF, Francia); ii) TREEGRASS, que está basado en el funcionamiento y la dinámica de ecosistemas de árboles y pasturas (CNRS e INRA, Francia); y iii) el modelo FLORES que evalúa sistemas de uso de tierra (presentado por la Universidad de Gales).

Las metas de este simposio/congreso fueron: i) documentar y diseminar el conocimiento actual sobre tecnologías silvopastoriles tradicionales y mejoradas (sobre todo las diseñadas para recuperar ecosistemas de pasturas tropicales degradadas); ii) promover cooperación inter-disciplinaria entre los individuos y las instituciones de investigación silvopastoril; y iii) identificar prioridades de la investigación en esta área de trabajo.

El simposio/congreso fue organizado en cinco sesiones técnicas: i) degradación y restauración de pasturas; ii) pasturas fragmentadas y servicios del ecosistema; iii) interacciones, modelaje y análisis del sistema; iv) forraje y funciones de producción; y v) evaluación socio-económica y adopción de SSP. Un resumen de los puntos principales obtenidos de cada sesión se presenta a continuación.

Sesión 1: Degradación y restauración de pasturas

En la sesión de apertura se presentó una metodología de USDA, que fue desarrollada principalmente para condiciones secas, para monitorear y evaluar (M&E) la degradación y restauración de las pasturas. En general, esta metodología incluye buenos indicadores biofísicos para M&E de la degradación de pasturas, pero hubo un

¹ Traducido al español por Luis Meléndez, Co-editor Revista Agroforestería en las Américas

² Coordinador del Simposio Profesor del Departamento de Agroforestería, CATIE, Turrialba, Costa Rica. E-mail: mibrahim@catie.ac.cr

³ Jefe del Departamento de Agroforestería, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Coordinador IUFRO Capítulo Agroforestería. E-mail: jbeer@catie.ac.cr

⁴ Profesor Agroforestal Universidad de Gales, BANGOR, UK. E-mail: f.l.sinclair@bangor.ac.uk

⁵ Profesora Departamento de Agroforestería, CATIE, Turrialba, Costa Rica. E-mail: charvey@catie.ac.cr

consenso general que le faltaban variables socio-económicas relacionadas con la degradación de la tierra y/o la restauración de la misma. Algunos participantes sugirieron que el conocimiento del productor debió incorporarse para desarrollar sistemas prácticos y económicos de M&E de la degradación de pasturas y su restauración. Se presentaron experiencias realizadas en Brasil, Colombia y Costa Rica para recuperar pasturas con especies leñosas leguminosas y no-leguminosas. Los resultados de la investigación mostraron que algunas especies nativas tienen un gran potencial para la restauración de suelos, pero se debe enfocar más investigación en cómo establecer/mantener los árboles en pasturas, considerando las complejas interacciones entre los árboles, animales y pastos. El manejo de la regeneración natural de árboles en pasturas parece ser la manera más práctica y más barata, pero requiere una comprensión de la ecología de las especies arbóreas además de un mejor diseño de pastoreo y manejo del ganado para reducir el daño y la mortalidad de los árboles.

Sesión 2: Pasturas en paisajes fragmentados y servicios del ecosistema

La presentación de la ponencia "La productividad y función del ecosistema de los sistemas silvopastoriles multiestratos" mostró que estos sistemas pueden proporcionar forraje de alta calidad a lo largo del año, debido a que se incluye una diversidad de especies, y así se puede lograr una producción animal sostenida a través del año. Sin embargo, quedan preguntas sobre la adoptabilidad de estos sistemas multiestratificados, ya que necesitan una alta inversión para su establecimiento. De otro lado hubo un consenso en que la complejidad y la productividad puede ser correlacionada positivamente cuando se utilizan mezclas compatibles y un manejo apropiado. Otra ponencia en esta misma sesión demostró cómo los sistemas multiestratos contribuyeron con la conservación de la biodiversidad. Algunos participantes comentaron que una mayor biodiversidad ha sido correlacionada negativamente con la productividad de las fincas ganaderas y que hay una necesidad de evaluar el balance entre los beneficios económicos adquiridos de la biodiversidad y la producción animal, para diseñar sistemas que sean adoptables por los agricultores. Se notó que los datos presentados sobre biodiversidad (oradores principales y carteles), estuvieron enfocados al nivel de especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios. Falta información sobre diversidad genética y diversidad a la escala de paisaje. En esta sesión también se presentó datos sobre el potencial de SSP para fijar C. El

pago de servicios ambientales (CO₂, agua y biodiversidad) obtenido de los SSP debería promover una adopción mayor de estos sistemas. El modelo (CO₂ FIX), desarrollado para cuantificar el secuestro de C en ecosistemas boscosos, podría adaptarse para los SSP, pero los mecanismos de flujos de C podrían ser más complejos que en los ecosistemas del bosque. Algunos vacíos de investigación identificados fueron: i) la estabilidad del C en tierras bajo diferentes ecosistemas y ii) el desarrollo de una metodología apropiada para monitorear C en SSP.

Sesión 3: Interacciones, modelaje y análisis del sistema

La primera ponencia de esta sesión fue sobre las interacciones árbol – pasto – tierra, donde se mostró que los árboles multipropósitos que fueron podados, desarrollaron sistemas radicales poco profundos que produjeron competencia con el pasto. Hay una necesidad de estudiar en más detalle las interacciones árbol – pasto para entender mejor los cambios en la calidad de la pastura y en su productividad. Las ponencias "El modelo pasto – árbol: una herramienta para simular el funcionamiento de sistemas complejos árboles-pasturas" y el modelo "ALWAYS", que simula la evolución de una parcela silvopastoril de acuerdo con el tipo de suelo, clima y prácticas de manejo, revelan resultados interesantes sobre el efecto de la densidad y el tamaño de los árboles, y de los arreglos espaciales, en los rendimientos de la pastura. Sin embargo, hubo algunas preocupaciones que se están desarrollando SSP más complejos y hay una necesidad de enfocarse sobre la riqueza de especies de árboles, la biodiversidad de la comunidad, los servicios del ecosistema y el comportamiento animal. En este sentido, los modelos generan un mayor entendimiento, el cual necesita ser aplicado en condiciones locales más simples. Existe la necesidad de desarrollar un proceso de modelaje participativo.

Sesión 4: Forraje y funciones de producción

Es evidente que ha habido adelantos significativos en el uso de arbustos forrajeros para alimentar rumiantes, pero se necesitan más estudios sobre el uso de frutas y vainas arbóreas, especialmente porque muchos de los SSP tradicionales se caracterizan por el uso de frutas de árboles y arbustos para dar alimentos de alta calidad a los animales en la estación seca. Hubo una presentación sobre la detoxificación microbiana de factores anti-nutritivos en *Acacia angustissima* que tiene aplicaciones para mejorar la eficiencia nutritiva de especies forraje-

ras potenciales que contienen compuestos anti-nutritivos. La presentación de las experiencias de Cuba con árboles y arbustos forrajeros realizada por la Estación Experimental en Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, demostró cómo se puede utilizar el forraje de leñosas perennes en lugar de concentrados tradicionales para la producción de leche. Sin embargo, el manejo de árboles forrajeros en sistemas de corte y acarreo requiere mano de obra adicional en comparación con los sistemas de pastoreo y esto representa una limitación para la adopción de estas tecnologías en algunos países como Costa Rica y Belice, donde los precios de la mano de obra son más altos comparados con países como Nicaragua, Honduras y Cuba.

Sesión 5: Evaluación socio-económica y adopción de sistemas silvopastoriles

La primera ponencia "Intensificando fincas lecheras de pequeña escala: ligando forrajes mejorados con manejo de recursos naturales", mostró que hay una necesidad de escoger/modificar tecnologías para los contextos sociales, económicos y culturales de cada localidad. Al respecto, el enfoque del sistema debe ser utilizado cuando evaluamos las prácticas silvopastoriles en el contexto de la finca. Algunas de las limitaciones claves para la adopción de tecnologías silvopastoriles se relacionan con: i) falta de capital; ii) falta de efectividad en los mecanismos de la disseminación; iii) falta de políticas apropiadas e incentivos; y iv) falta de información sobre las preferencias del finquero. Hay una necesidad de desarrollar

políticas del entorno para promover la adopción; p.ej., el pago para las funciones de servicio de los SSP.

En la sesión de cierre, hubo una presentación polémica sobre si "La intensificación de la ganadería podría reducir la presión sobre los recursos del bosque en América Latina", la cual fue seguida por una mesa redonda. Se argumentó que el desarrollo de tecnologías ganaderas más rentables podrían proporcionar capital adicional para financiar la expansión de la ganadería y que esto pondría mayor presión sobre las reservas del bosque. Sin embargo, innovaciones tecnológicas, como técnicas silvopastoriles que involucran más mano de obra y/o mayor inversión de capital por hectárea que las tecnologías tradicionales podrían reducir la conversión del bosque a pasturas, por lo menos en el corto plazo. A la larga, si las nuevas tecnologías hacen la producción ganadera más rentable, probablemente atraerán capital y mano de obra adicional. Una vez que los finqueros dejen de tener limitaciones de mano de obra o capital, las nuevas tecnologías podrían animar la expansión de las pasturas. Algunos participantes indicaron que un escenario que es evidente es que algunos ganaderos abandonen sus tierras y emigren hacia la frontera agrícola. La promoción de sistemas más productivos y sustentables reduciría esta tendencia migratoria. Se indicó que los datos proporcionados estaban basados en algunos pocos estudios de caso en pocos países. Se necesita realizar más investigaciones sobre las relaciones entre la intensificación en el uso de la tierra y la deforestación.

¿Cómo hacerlo?

¿Cómo generar sistemas de información geográfica a partir de fotografías aéreas para describir los sistemas silvopastoriles y sus componentes en fincas ganaderas?

Francisco Casasola¹, Muhammad Ibrahim², Alexander González³

INTRODUCCIÓN

La ganadería ha sido considerada como una de las principales causas de la deforestación en América Latina (Kaimowitz 1996). Además, se le atribuyen externalidades negativas como la pérdida de la biodiversidad, disminución de la capacidad productiva de los suelos por compactación y erosión de los mismos, contribución al calentamiento global de la atmósfera mediante la emisión de gases y la disminución en la calidad y cantidad de agua. Ante esta situación, el sector ganadero deberá buscar alternativas de producción que permitan producir competitiva y sosteniblemente, identificando en las fincas ganaderas las áreas con mayor potencial productivo para cada alternativa.

Por ello herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG), que son sistemas computarizados para el almacenamiento y manipulación de información cartográfica (Aronoff 1993), pueden ayudar en el registro del estado actual de los componentes de los sistemas silvopastoriles (SSP) presentes en las fincas ganaderas (p.ej., suelos, pasturas y árboles con diferentes usos dentro de la finca), así como en el planeamiento y desarrollo de las estrategias a seguir para mejorar los existentes o implementar nuevos.

El objetivo de este trabajo es sugerir lineamientos metodológicos sobre cómo crear un SIG a partir de fotografías aéreas para documentar y presentar la ubicación y el estado de los SSP y de sus componentes en fincas ganaderas. Para generar un SIG a partir de fotografías aéreas, uno de los aspectos fundamentales es conocer adecuadamente como definir los atributos o variables

que clasifican a cada polígono⁴. De acuerdo a lo anterior, cuando se trabaja con SSP, sus componentes y el estado de los mismos, conviene conocer adecuadamente los siguientes conceptos.

¿QUÉ ES UN SISTEMA SILVOPASTORIL?

Es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles o arbustos), que interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim 1996).

¿CUÁLES TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EXISTEN?

Entre la amplia gama se mencionan las cercas vivas, cortinas rompevientos, bancos forrajeros, árboles dispersos en potreros (forestales, frutales y sombra), barreras vivas, pasturas en callejones, pastoreo bajo plantaciones forestales o frutales, y el pastoreo en charrales, acahuales, tacotales, matorrales o bosques naturales (Ibrahim *et al* 1998).

¿CUÁLES SON LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES Y CÓMO DETERMINAR SU ESTADO DENTRO DE LAS FINCAS GANADERAS?

Los principales componentes de los SSP son el suelo, el ganado, las leñosas perennes (árboles y arbustos) y las herbáceas forrajeras (gramíneas o leguminosas). Las variables relacionadas con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo se determinan a partir de muestras, las cuales se someten a diferentes análisis de

¹ Investigador II, Departamento de Agroforestería, CATIE, Costa Rica. E-mail: fcasasol@catie.ac.cr (autor para correspondencia)

² Líder Sublínea Sistemas Silvopastoriles, Departamento de Agroforestería, CATIE, Costa Rica. E-mail: mibrahim@catie.ac.cr

³ Consultor Laboratorio Sistemas de Información Geográfica, CATIE, Costa Rica. E-mail: alexgj@catie.ac.cr

⁴ Polígono = Se considera un polígono el área definida dentro de los bordes de una parcela o la distancia que comprende una línea de árboles en un arreglo silvopastoril (p.ej., cercas vivas o cortinas rompevientos con especies maderables).

laboratorio, mientras que otras variables tales como la topografía del terreno y la altura sobre el nivel del mar se determinan mediante la utilización de instrumentos especializados de medición. Sin embargo, cuando se tiene amplia experiencia y se realizan suficientes observaciones de campo es posible describir las propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas de los suelos, aún prescindiendo de los instrumentos de medición y de los análisis de laboratorio, lo cual resulta muy práctico cuando se requiere un diagnóstico rápido o los recursos (tiempo y dinero) son limitados

Con respecto al ganado, se pueden analizar las especies presentes en la finca, la calidad de los animales dentro de su misma especie y su dinámica poblacional tomando en cuenta para ello el peso de los animales, su edad, el sexo y su orientación productiva.

En cuanto a las leñosas perennes, lo que se hace es realizar inventarios en líneas y superficies para conocer la dinámica poblacional por especie o por grupos de especies y el estado de los individuos. En estos inventarios las variables que comúnmente se miden son la altura, el dap (diámetro a la altura del pecho del tallo), el ancho de copa de cada individuo y la riqueza y abundancia que presenta cada especie en un área dada. Es necesario verificar el nombre científico de cada individuo, su familia y los usos que los ganaderos le atribuyen a cada especie.

El componente herbáceo (gramíneas o leguminosas) se determina por medio de muestreos. Los métodos más comunes son el doble muestreo, cuando las pasturas son heterogéneas, y el muestreo directo cuando la pastura es muy homogénea. Mediante estos tipos de muestreos se puede determinar la composición botánica de la pastura, el tipo de pastura (mejoradas o nativas), la producción de materia seca y el vigor de las plantas. Con base en lo anterior, es posible determinar variables más complejas como el grado de degradación de la pastura.

Generalmente los atributos o variables que sirven para clasificar parcelas (polígonos) representativas de sistemas silvopastoriles y su estado pueden ser definidas a partir de pre-muestreos, observaciones de campo o con base en el desarrollo de criterios metodológicos (Di Gregorio y Jansen 2000). Una vez que se conoce cuáles tipos de SSP existen en las fincas ganaderas y el estado

de los componentes, podemos definir los atributos para clasificar los polígonos y dar inicio a la generación de un SIG.

¿CÓMO DESARROLLAR UN SIG A PARTIR DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS?

Los pasos metodológicos que aquí se presentan se basan en la utilización de los programas de cómputo PCI⁵ 1996 y ArcView 3.2⁶ 1996. Estos programas son especializados en el campo de los SIG. Para crear un SIG a partir de fotografías aéreas se debe seguir los siguientes pasos:

1. Ubique el área de estudio (piloto, micro-cuenca o cuenca) de manera precisa, definiendo para ello las coordenadas (p.ej., longitud y latitud) y el sistema de proyección de las mismas. Algunos de los sistemas de proyección más utilizados son: Lambert Conformal Cónico, UTM⁷ zona 16 y Geográficas (coordenadas esféricas) entre otras. Un ejemplo de la ubicación de un área de estudio, es un área ganadera en Costa Rica donde se desarrollará parte del proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. Este se ubicará entre las coordenadas del eje X; $X_1= 411.435$ hasta $X_2= 439.670$ y en el eje Y, $Y_1=1.093.286$ hasta $Y_2=1.121.243$ en metros de la proyección CRTM⁸.
2. Revise los materiales disponibles en el área de estudio (p.ej., mapas cartográficos y digitales a diferentes escalas, modelos de elevación digital del terreno, fotografías aéreas, imágenes de satélite) y con base en el tiempo disponible, el presupuesto asignado al estudio y la precisión que se desee alcanzar, consiga los materiales a la escala de mayor detalle disponible en la región.
3. Cuando trabaje con fotografías aéreas, anote los parámetros técnicos de la cámara (distancia focal, marcas fiduciales o esquinas de la foto), escala de la foto, línea de vuelo que llevaba el avión en el momento de tomar la foto, el número de foto y el número de rollo con que se tomó la misma. Cada fotografía aérea dentro del área de estudio seleccionada se debe de escanear a una resolución no menor a 1200 dpi⁹ para obtener imágenes en formato (jpg o tif)¹⁰ con tamaños aproximados a 100 megabytes. Simultáneamente, seleccione o construya un modelo de eleva-

⁵ PCI = Programa especializado para la ortorectificación de fotografías aéreas y procesamiento digital de imágenes de satélite

⁶ Arc View 3.2 = Programa utilizado para la digitalización, edición y análisis de mapas digitales; es un sistema de información geográfico apto para usuarios no especializados.

⁷ UTM = Universal Transversal de Mercator

⁸ CRTM = Costa Rica Transversal de Mercator

⁹ dpi = Puntos por pulgada

ción digital basado en puntos levantados en el campo mediante técnicas de agrimensura, la captura de datos fotogramétricos (provenientes de la fotografía aérea) y los datos cartográficos digitalizados a la escala más detallada posible (p.ej., las curvas de nivel digitalizadas a partir de un mapa a escala 1:50.000).

- Mediante el programa PCI cargue las imágenes en formato jpg o tif y transfórmelas a formato pix¹¹. Luego tome el modelo de elevación digital en formato GIS de ERDAS 7,4 y la cobertura de caminos digitalizada a escala 1:25.000 en formato shape¹² de Arc/View 3,2 y a cada foto en el programa PCI asígnele la distancia focal, las marcas de las esquinas de la foto, y la escala a la que fue tomada. Esto prepara la foto y permite ubicar de 10 a 15 puntos de control que presenten estabilidad posicional a través del tiempo (p.ej., intersecciones de caminos). Una vez ubicados los puntos de control, proceda a la rectificación de las fotos para dar origen a una o varias ortofotos. El proceso de ortorectificación busca llevar la imagen pix generada a partir de fotografías aéreas a su relieve real sobre un modelo de elevación, donde las distancias de los objetos, distorsionados por el lente de la cámara y la altitud de la aeronave, son corregidos proporcionalmente con base en los puntos de control. Por otra parte, este proceso busca eliminar los traslapes entre las fotos y generar varios ortomosaicos con todas las fotografías aéreas del área de estudio (Figura 1).



Figura 1. Ortomosaico representativo de parte del área ganadera comprendida por el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas en Costa Rica

- Defina las variables o atributos que calificarán a los polígonos dentro de fincas ganaderas dando énfasis a los que permiten distinguir los sistemas silvopastoriles y sus estados. Un ejemplo se presenta en el Cuadro 1, en el cual se crearon atributos para calificar polígonos representativos de SSP y su estado, donde un potrero con alta densidad de árboles dispersos, adultos, se codifica como PADADA.
- Con los atributos clasificatorios de los polígonos definidos proceda a imprimir en secciones los ortomosaicos representativos de la zona de estudio. Luego recorra el campo y con la ayuda de los productores marque los polígonos y asigne las variables o atributos de los SSP a todas las parcelas de estudio que conforman las fincas. Cuando todos los polígonos

Cuadro 1. Sistemas silvopastoriles, sus componentes, el estado de los mismos y la codificación de los atributos empleados para designar polígonos en fincas ganaderas.

Tipo de SSP o componente	Estado	Variable o atributo *	Unidad de medida
Matorral	Muy degradado	MMD	ha
Cerca viva	Regular	CVR	km
Suelo	Muy degradado	SMD	ha
Pastura de <i>Hypparrhenia rufa</i>	Buena	PHRB	kg MS ha ⁻¹
Potreros con alta densidad de árboles dispersos***	Adultos **	PADADA	Número de árboles
Potreros con baja densidad de árboles dispersos***	Adultos**	PBDADA	Número de árboles

*Se define tomando las letras iniciales de las palabras del SSP o de su componente y las letras iniciales del estado de los mismos; MMD = Matorral muy degradado; CVR = Cerca viva regular; SMD = Suelo muy degradado; PHRB = Pastura de *Hypparrhenia rufa* buena; PADADA = Potreros con alta densidad de árboles dispersos adultos; PBDADA = Potreros con baja densidad de árboles dispersos adultos; ** Adultos = Árboles con un dap > de 10 cm; *** Se considera alta densidad > de 30 árboles ha⁻¹ en estado adulto y baja densidad cuando existen < de 30 árboles ha⁻¹ en estado adulto

¹⁰ Jpg ó Tif = Extensiones utilizados para identificar archivos de computadora con diferentes formatos de imágenes digitales.

¹¹ Pix = Extensión utilizada por el programa PCI para nombrar sus archivos.

¹² Shape = Formato de los archivos generados por el programa Arc View 3.2.

han sido dibujados sobre las secciones impresas, proceda a digitalizar la información con la función del Arc View 3,2. La digitalización consiste en dibujar los polígonos representativos de cada finca en la pantalla del computador y en asignarles los atributos o variables clasificatorias designadas. Cuando termine este proceso, revise que todos los polígonos hayan sido digitalizados y que cada uno de ellos cuente con sus respectivos atributos, luego guarde el archivo en su computador utilizando la extensión shp del formato 'shape', la cual dará origen a una cobertura digital que se encuentra ligada a una base de datos que permitirá ser leída, interpretada y analizada mediante programas tales como excel y Arc View 3,2, entre otros. En este punto podrá generar figuras y describir el estado de los SSP y sus componentes. Cuando genere mapas, adicionalmente podrá describir su localización (Figura 2).

¿PUEDEN LOS SIG GENERADOS A PARTIR DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS AYUDAR A DESCRIBIR LOS SSP Y SUS COMPONENTES?

Los SIG basados en fotografías aéreas permiten visualizar con facilidad los SSP y sus componentes. Además mediante éstos, es posible registrar su ubicación y su estado dentro de las fincas ganaderas en diferentes momentos en el tiempo. Estos datos permiten analizar la información, conocer el área que ocupa cada sistema silvopastoril, establecer comparaciones, modelar escenarios, realizar proyecciones, generar índices, nuevas variables e intercambiar información con otras bases de

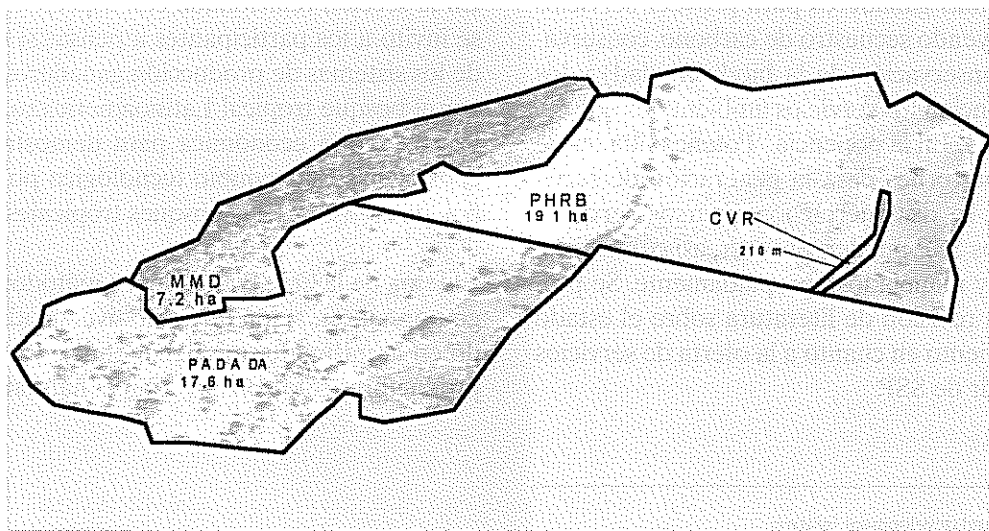
datos, lo cual hace que los SIG en el campo de los SSP puedan servir no solo para describir los sistemas y sus componentes, sino que pueden ser una importante herramienta para apoyar la toma de decisiones acerca de cuáles SSP o componentes mejorar o implementar y monitorear los resultados de las intervenciones

¿PRESENTAN LOS SIG GENERADOS A PARTIR DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS DESVENTAJAS?

La principal limitante de los SIG desarrollados con base en fotografías aéreas, es que en ocasiones no se dispone de las mismas para la zona de estudio. Además, el equipo y los programas que se requiere para desarrollarlos son costosos y se necesita de personal altamente capacitado para operarlos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aronoff, S. 1993 Geographic information systems: a management perspective Ottawa, Ontario WDL Publications. 88 p.
- Dí Gregorio, A; Jansen, L. 2000 Land cover classification system: classification concepts and user manual. Roma, FAO. 179 p
- Ibrahim, M; Camero, A; Pezo, D; Esquivel, J. 1998 Sistemas silvopastoriles. In Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. Eds. Francisco Jiménez y Arturo Vargas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p 289 – 336. (Serie Técnica Manual Técnico No. 32).
- Kaimowitz, D. 1996 Livestock and deforestation; Central America in the 80s and 90s; a police perspective Jakarta, Indonesia, CIFOR. 88 p (CIFOR Special Publication No 40).
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1996 Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. In 1er Foro Internacional sobre Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales Veracruz, México, 7 – 9 noviembre 1996 Morelia, México FIRA – Banco de México 39 p.



MMD = Matorral muy degradado; CVR = Cerca viva regular; PHRB = Pastura de *Hyparrhenia rufa* buena; PADADA = Potreros con alta densidad de árboles dispersos adultos.

Figura 2. Sistemas silvopastoriles presentes en una finca ganadera, sus estados, dimensiones y unidades de medición.

Conferencia Electrónica sobre Potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles para la Generación de Servicios Ambientales

Entre los meses de octubre y diciembre del 2001 se desarrolló la Conferencia Electrónica "Potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles (SSP) para la Generación de Servicios Ambientales" bajo la coordinación de LEAD¹, FAO², CATIE³ y SIDE⁴. En la conferencia se desarrollaron cuatro temáticas: i) aspectos biofísicos de los sistemas pecuarios relacionados con biodiversidad; ii) aspectos biofísicos relacionados con la dinámica del carbono; iii) relaciones socioeconómicas; y iv) mercados para servicios ambientales.

Más de 700 investigadores, estudiantes y extensionistas de las ciencias agropecuarias, ambientales y otras relacionadas del mundo participaron en la conferencia. A continuación se presenta una síntesis de los aspectos destacados por los moderadores, los cuales fueron planteados en las ponencias, y discutidos por los conferencistas y participantes.

En la primera parte de la conferencia se discutió el potencial de los sistemas ganaderos para proveer servicios ambientales (incluyendo secuestro de carbono, conservación del agua y conservación de la biodiversidad) y los factores que influyen los servicios ambientales que estos sistemas proveen. En la ponencia "Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales", se discutieron los diversos servicios ambientales que los SSP pueden proveer, así como si éstos son diseñados y manejados apropiadamente. Se presentó también una revisión de literatura sobre el estado actual del conocimiento en cuanto a la oferta de servicios ambientales a partir de SSP.

En la ponencia, "La conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles", se revisaron las diferentes maneras en las cuales los SSP pueden ayudar a conservar la biodiversidad, proveyendo hábitat y recursos para especies de animales y plantas, y sirviendo como corredores para algunas especies. Se enfatizó que mientras los SSP tienden a conservar una mayor biodiversidad en comparación con los sistemas extensivos de pasturas, los SSP usualmente hospedan una biodiversidad más baja que los hábitats naturales. Además se identificaron vacíos claves en la comprensión sobre cómo diseñar y manejar SSP para la conservación de la biodiversidad y la producción sustentable.

Las siguientes secciones trataron sobre la dinámica del carbono dentro de los sistemas de producción ganaderos, aspectos socioeconómicos, mercados para servicios ambientales y aspectos políticos y regulatorios de dichos servicios.

En la sección relacionada con aspectos socioeconómicos se invitó a los participantes a pensar si la intensificación de los sistemas de producción ganaderos ayudarían a salvar el bosque tropical Latinoamericano. Los autores utilizaron teoría económica para demostrar bajo qué circunstancias este cambio tecnológico pondría más o menos presión sobre los bosques tropicales.

El tema de la efectividad de los métodos actuales del pago por conservación de la biodiversidad, se abordó basado en la misma premisa económica. Es decir, en que los productores solo conservarían el hábitat si con esta deci-

¹Livestock environment and development initiative

²Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

³Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

⁴Servicios Internacionales para el Desarrollo Empresarial

sión ellos logran generar más beneficios económicos (o reducir sus costos). De otra manera, se indicó que van a alterar los hábitats en detrimento de la biodiversidad, a no ser que se promuevan políticas de incentivos para la conservación, bien sea en forma directa (pago directo por conservación) o indirecta (subsidios a actividades que favorecen la conservación). Se concluyó en esta sección que las opciones de pago directas no solo son menos costosas sino que también son más eficientes para conseguir objetivos específicos de conservación.

Algunos de los temas claves que surgieron de la conferencia fueron:

- Cuantificación del almacenamiento del secuestro de carbono en SSP y los factores que influyen las tasas de almacenamiento.
- Ciclos hidrológicos en sistemas de producción ganaderos.
- Emisión de gases de efecto invernadero desde SSP.
- Conservación de la biodiversidad en SSP.
- Una estrategia a nivel de paisaje para la conservación de la biodiversidad y el suministro de otros servicios ambientales.
- Desarrollo de los eco-mercados en el contexto internacional.
- El modelaje de la capitalización e ingresos generados en fincas ganaderas a través de una gestión ambiental positiva.

Si desea mayor información sobre esta conferencia, puede visitar el sitio Web :

<http://lead.virtualcentre.org/es/frame.htm>

o comunicarse con:

Dr. Muhammad Ibrahim

E-mail: mibrahim@catie.ac.cr

M.Sc. Jairo Mora

E-mail: jmora@catie.ac.cr

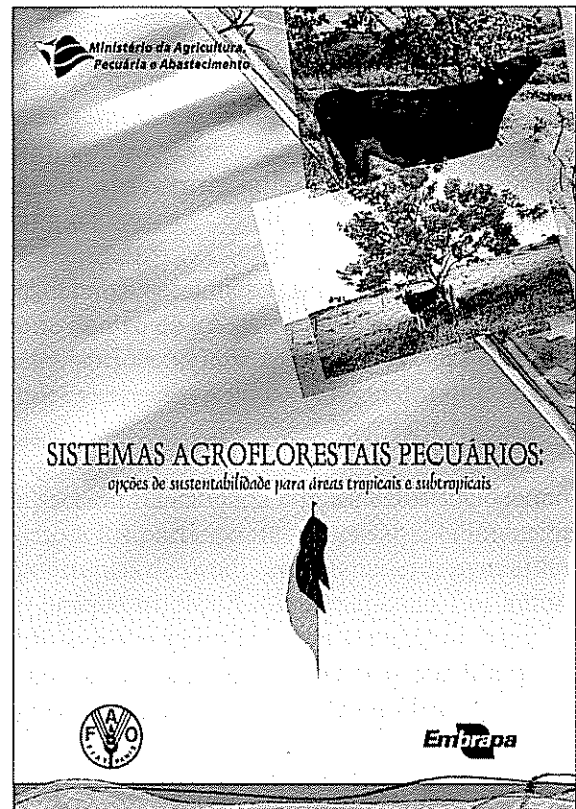
Reseñas Agroforestales

Ministério da Agricultura Pecuaria e Abastecimento Sistemas Agroflorestais Pecuários: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais

FAO-Embrapa 413 p. Carvalho, MM; Alvin, MJ; Carneiro,
JC. Ed. Brasil.

La publicación es el resultado del Simposio Internacional "Sistemas Agroflorestais pecuários na América do sul: situação atual da pesquisa e da adoção das tecnologias geradas" que fue una parte del esfuerzo de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y de Embrapa. El Simposio reunió a varias instituciones de investigación de América Latina, para tratar de estimular el uso de los sistemas agroforestales pecuarios.

La publicación reúne los temas discutidos en el simposio, incluyendo una actualización sobre las diferentes investigaciones en sistemas agroforestales pecuarios en las diversas regiones de Brasil (en las regiones de Acre, Amazonia Oriental, Amapa, regiones semi-áridas del norte, Centro oeste, el Cerrado, el Sureste, al sur, Paraná, Río Grande do Sul), así como la experiencia acumulada en países como Colombia, Costa Rica, Cuba, Uruguay y las importantes contribuciones de Australia sobre la utilización de *Leucaena* spp. en sistemas silvopastoriles.



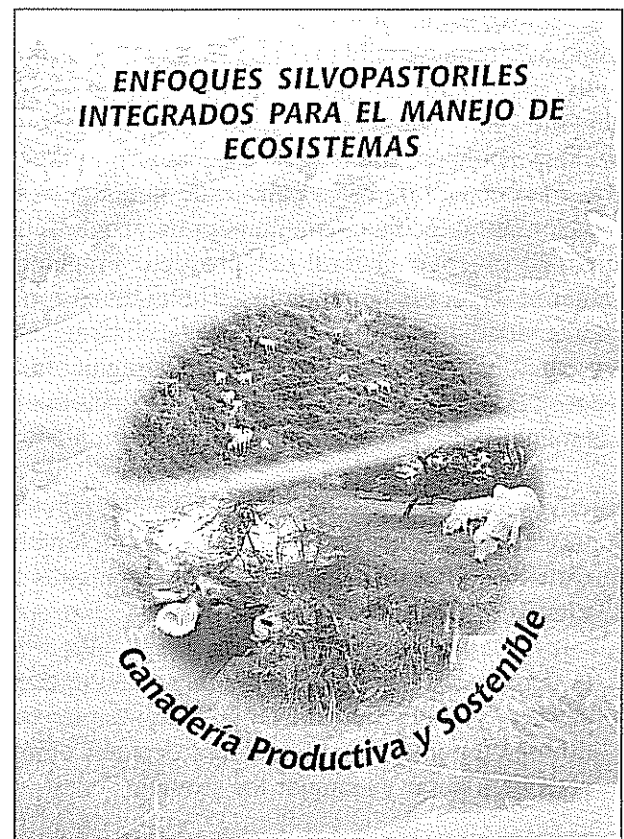
*Reseña realizada por
Luis Meléndez
Co-Editor Revista
Agroforesteria en las Américas
E-mail: lmelende@catie.ac.cr*

Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. Ganadería Productiva y Sostenible.

Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. CIPAV. Calle, Z; Murgueitio, E; Calle, N: 2001. 65 p. Colombia.

Es una publicación que describe los principales problemas ambientales relacionados con la ganadería. Incluye temas como el calentamiento de la tierra, conservación de biodiversidad, deterioro de fuentes de agua y suelos. También describe las ventajas de los sistemas silvopastoriles en términos de la captura y almacenamiento de carbono, regulación hídrica, prevención de derrumbes y erosión, mejoramiento de la productividad del suelo, ahorro de combustibles fósiles y otros beneficios adicionales para fincas ganaderas. Después se analizan diferentes formas para manejar fincas ganaderas para una mayor generación de servicios ambientales. Ofrece algunos consejos para aumentar y mejorar la fijación de carbono y generar otros servicios ambientales.

La publicación describe además el Proyecto “Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas” haciendo énfasis en sus objetivos, las actividades que se realizarán, y sobre cómo monitorear sus avances en términos de captura de carbono, apoyo a la biodiversidad y la biología de ambientes acuáticos con sus resultados esperados. Dentro de las metodologías de desarrollo, se describen los sistemas silvopastoriles que utilizarán, entre ellos los bancos de proteína, cercas vivas, bosquetes, corredores biológicos en ríos y quebradas y una descripción de las instituciones que participan dentro del proyecto y sus contribuyentes. Tiene una bibliografía sobre sistemas silvopastoriles muy actualizada. Es una publicación de fácil lectura, bastante apropiada para lectores que les interesa aplicar este tipo de sistemas.



*Reseña realizada por
Luis Meléndez
Co-Editor Revista
Agroforestería en las Américas
E-mail: lmelende@catie.ac.cr*

Reseñas Agroforestales Proyectos

Descripción de algunos proyectos en ejecución del Grupo Silvopastoril del Departamento de Agroforestería del CATIE

Proyecto Fragment: "Desarrollo de Modelos y Métodos para la Evaluación del Impacto de los árboles en la Productividad de Fincas y la Biodiversidad Regional en Paisajes Fragmentados" (2001 – 2004).

Grandes extensiones de bosque han sido convertidas a pasturas en toda Centroamérica, causando la pérdida de biodiversidad, la perturbación de procesos ecológicos y la degradación de los recursos naturales. Una estrategia para sostener la productividad de fincas y conservar biodiversidad dentro de estos paisajes fragmentados es la retención, establecimiento y manejo de árboles en potreros. El objetivo general del proyecto Fragment es evaluar el papel funcional de los árboles en sostener la productividad de fincas en Costa Rica y Nicaragua, conservar biodiversidad dentro de paisajes fragmentados y desarrollar herramientas para la toma de decisiones para el manejo sostenible.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar y mapear la abundancia, diversidad y distribución de árboles en diferentes paisajes fragmentados (dominados por pasturas).
- Adquirir conocimiento local e información científica sobre el valor funcional y socioeconómico de los árboles y cómo los productores deciden eliminar, retener, plantar y manejar los árboles.
- Examinar cómo la cobertura arbórea en paisajes fragmentados influye la diversidad y distribución de la biodiversidad (aves, murciélagos, mamíferos, mariposas y escarabajos).
- Desarrollar modelos (a nivel de paisaje) que faciliten a los productores, científicos y políticos explorar opciones para el establecimiento, conservación y manejo de árboles para fines productivos y conservacionistas.

Socios del Proyecto Fragment:

La Escuela de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad de Gales, Bangor; el Instituto Forestal de la Universidad Georg-August, Göttingen, de Alemania; el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica; el Instituto Nitlapán, Nicaragua; la Universidad Nacional (UNA), Costa Rica; y la Fundación Nicaragüense para la Conservación (Cocibolca), Nicaragua.

Proyecto Regional Silvopastoril GEF: "Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas" (2002 – 2007).

Forma parte de una serie de acciones coordinadas, que países y organizaciones mundiales como las Naciones Unidas, han emprendido para enfrentar los efectos devastadores del cambio climático. El Proyecto Silvopastoril GEF permitirá conocer los cambios que ocurren en el almacenamiento de carbono, la biodiversidad y la calidad del agua en fincas ganaderas de Colombia, Costa Rica y Nicaragua cuando los pastizales convencionales son transformados en sistemas silvopastoriles dentro de un manejo integrado del paisaje. Esta iniciativa busca demostrar que es posible lograr cambios en las formas y métodos de producción convencionales de las fincas ganaderas que causan impactos ambientales negativos, si se compensa a los productores por los servicios ambientales que generan a través de estos cambios tecnológicos.

Objetivos Específicos:

- Evaluar el potencial de los sistemas silvopastoriles intensivos para ofrecer servicios ambientales globales y beneficios socioeconómicos a las fincas y comunidades.
- Desarrollar incentivos y mecanismos que beneficien a las fincas y a las comunidades por los servicios am-

bientales de conservación de la biodiversidad, agua y captura de carbono.

- Preparar lineamientos de políticas para la intensificación sostenible de la producción ganadera y hacer recomendaciones concretas a políticas sectoriales y ambientales sobre el uso de la tierra y servicios ambientales.

Socios del Proyecto Silvopastoril GEF:

Banco Mundial; Global Environment Facility (GEF), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica; Convenio Interinstitucional para el Desarrollo Agropecuario del Valle del Río Cauca (CIPAV), Colombia; e Instituto Nitlapán, Nicaragua.

Proyecto Secuestro de Carbono: "Red de Investigación para la Evaluación de la Capacidad de Secuestro de Carbono en Sistemas de Pasturas, Agropastoriles y Silvopastoriles en el Ecosistema de Bosque Tropical Americano" (2002 - 2007).

Propone contribuir al desarrollo sustentable, al alivio de la pobreza y a la mitigación de efectos indeseables de los gases de efecto invernadero sobre el cambio climático, en particular el CO₂, en sub-ecosistemas vulnerables de los bosques de América Tropical. Para ello se evaluará y comparará en Colombia y Costa Rica el nivel de acumulación de Carbono en el tiempo en diferentes sistemas de manejo de la tierra dentro de cada sub-ecosistema. Además, después de cuatro años se evaluará el nivel de acumulación de Carbono en sistemas establecidos (nuevos) en comparación con pasturas degradadas en cada sub-ecosistema. Los sub-ecosistemas a estudiar son: laderas Andinas erosionadas de un bosque estacional semi-siempreverde (densamente pobladas); áreas con pendientes moderadas y planas del bosque semi-húmedo tropical de baja altitud (densamente pobladas); y áreas de pendientes moderadas y planas del bosque hú-

medo tropical de baja altitud (zona de conflicto social).

Objetivos Específicos:

- Identificar, dentro de cada sub-sistema, las formas de manejo de la tierra que son económicamente atractivas para el finquero (que ayudan a aliviar la pobreza) y que tienen una alta capacidad para capturar y acumular carbono.
- Realizar una evaluación económica de los beneficios de los incrementos de carbono y estimar el costo de degradación en términos de pérdidas de este elemento en esos sistemas de manejo.
- Proporcionar recomendaciones sobre tecnologías y manejo apropiado a los sistemas de uso de la tierra para hacerlos económicamente atractivos para el finquero y lograr beneficios para el medio ambiente en la medida que contribuyen a incrementar la captura y almacenamiento de carbono.
- Desarrollar metodologías de análisis de costo de oportunidad para el monitoreo de carbono en los diferentes sistemas de manejo de la tierra.
- Desarrollar modelos matemáticos para extrapolar la capacidad de almacenamiento de carbono en ecosistemas similares de América Tropical, para contribuir al proceso de toma de decisiones políticas e investigaciones futuras.

Socios del Proyecto Secuestro de Carbono:

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia; Convenio Interinstitucional para el Desarrollo Agropecuario del Valle del Río Cauca (CIPAV), Colombia; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica; Universidad de la Amazonia, Colombia; y Universidad Wageningen, Holanda.

Reseñas Agroforestales Proyectos

Descripción de proyectos por iniciar del Grupo Silvopastoril del Departamento de Agroforestería del CATIE

Proyecto NORAD: "Desarrollo Participativo de Alternativas Sustentables de Uso de la Tierra para Pasturas Degradadas en América Central" (2003-2008).

Más de la mitad de los nueve millones de hectáreas de pasturas en América Central están degradadas. En las décadas de los años 70 y 80, la alta demanda internacional de carne, el incremento de la población, aspectos políticos como subsidios y regulaciones en la tenencia de la tierra, precios de la carne en el mercado interno y construcción de carreteras, contribuyeron a la expansión de la industria ganadera. En este proyecto se sintetiza la problemática que conlleva a la degradación de las pasturas, mencionando dentro de sus causas al sobrepastoreo, el uso de suelos con pendientes inapropiadas para la producción de ganado y el uso o manejo inadecuado de pastos o forrajes. Dentro de los aspectos biofísicos se destacan la vulnerabilidad ecológica provocada en gran parte por la ganadería en zonas no aptas para esta actividad. Además analiza las relaciones entre los procesos de degradación de pasturas y su incidencia directa sobre los medios de subsistencia de más de tres millones de personas; la calidad de los suelos y la biodiversidad.

Con el proyecto se pretende que al final del año cinco, comunidades rurales e instituciones hayan desarrollado más y mejores programas con enfoques holísticos que conduzcan obtener beneficios ambientales y económicos de usos de la tierra alternativos, incrementar la biodiversidad y disminuir la degradación ambiental y vulnerabilidad de los pastizales de la Región Central de Nicaragua, el norte de Honduras y Petén en Guatemala.

Objetivos

Objetivo de desarrollo: Familias ganaderas y comunidades en áreas de pasturas degradadas en América Central están manejando sistemas de uso de la tierra más sustentables y diversificados, los cuales generan beneficios económicos, ambientales y sociales.

Objetivo inmediato: Familias de finqueros, líderes locales e instituciones claves han diseñado y probado enfoques alternativos ecológicos, sociales, económicos y políticos para mejorar el uso de la tierra de pasturas degradadas en las tres zonas piloto, con el propósito de forta-

lecer programas de enseñanza, capacitación y desarrollo. Orientados a las áreas ganaderas de América Central.

Resultados Esperados:

- Familias de finqueros, agentes de extensión, especialistas locales y nacionales han identificado y adaptado usos de la tierra sostenibles para la recuperación de pasturas degradadas, lo cual genera productos comerciales diversificados como también conservación de los recursos naturales, en las tres áreas piloto de América Central.
- Instituciones, organizaciones colaboradoras y finqueros han desarrollado métodos participativos de aprendizaje y experimentación, para fortalecer las destrezas de los productores para remediar y evitar la degradación de pasturas en el nivel de campo y de finca, para uso en programas de mayor cobertura.
- Extensionistas del área piloto y especialistas colaboradores han mejorado su conocimiento y destrezas para trabajar con familias ganaderas para identificar y manejar alternativas de uso de la tierra en áreas de pasturas degradadas.
- Tomadores de decisiones políticas, líderes nacionales, municipales e institucionales han sido proveídos de información, métodos y herramientas para monitorear y evaluar actividades del área piloto, como también para identificar alternativas políticas para ampliar la promisión de más usos de la tierra sustentables.
- El equipo del proyecto ha empleado adecuados mecanismos de manejo para una efectiva planificación, documentación, monitoreo y evaluación de resultados y objetivos del programa que contribuirán a mejorar el uso de la tierra en regiones con pasturas degradadas.

Socios del Proyecto:

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Honduras; Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano, Honduras; e Instituto Nitlapán, Nicaragua.