

**LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SU IMPACTO SOBRE LA RELACIÓN
SUELO, PLANTA, ANIMAL Y HOMBRE**

LUIS HERVIN ROSERO MONTERO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERECTORÍA DE INVESTIGACIONES POSTGRADOS Y RELACIONES
INTERNACIONALES
PASTO - COLOMBIA
2008**

**LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SU IMPACTO SOBRE LA RELACIÓN
SUELO, PLANTA, ANIMAL Y HOMBRE**

**Autor:
LUIS HERVIN ROSERO MONTERO**

**Asesor:
ARTURO GALVEZ M. Sc.**

**Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de especialista en
Producción de Recursos Alimentarios para Especies Pecuarias**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERECTORÍA DE INVESTIGACIONES POSTGRADOS Y RELACIONES
INTERNACIONALES
PASTO - COLOMBIA
2008**

Nota de aceptación

ARTURO GALVEZ CERÓN Zoot., Ms. C. (Asesor)

HERNAN OJEDA JURADO Zoo., Esp. (delegado)

JORGE FERNANDO NAVIA I.A., M. Sc. (Jurado).

Pasto, Noviembre de 2008.

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Dedico a :

MI ESPOSA

MI HIJO

MIS AMIGOS

LUIS HERVIN ROSERO MONTERO

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a :

ARTURO GALVEZ CERON	Zoot., M. Sc.
HERNAN OJEDA FURADO	Zoot. Esp
JORGE NAVIA	I.A M. Sc.
LUIS ALFONSO SOLARTE	Zoot.
ROCIO YEPES	Secretaria

Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.1.1 Objetivos Específicos	15
3. MARCO TEORICO	16
3.1 DEFINICION DE SISTEMAS	16
3.1.1 Límites de un sistema	17
3.1.2 Subsistemas	19
3.1.3 Interacción entre los subsistemas	19
3.2 LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SILVOPASTORIL	23
3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	24
3.3.1 Asociación de gramíneas con árboles y arbustos forrajeros	25
3.3.2 Cercas vivas	27
3.3.3 Bancos de proteína	28
3.3.4 Cultivo en callejones	30
3.3.6 Cortinas rompevientos	33
3.4 EL PAPEL DE LOS ARBOLES FIJADORES DE NITROGENO EN LA CONSERVACION DE LA FERTILIDAD DEL SUELO	34
3.4.1 Importancia de la dinámica árbol bacteria suelo	34
3.4.2 Importancia de la dinámica árbol animal medio ambiente	35
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFIA	39

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Una gallina como un sistema biológico.	15
Figura 2. El sistema “gallina en caja”.	16
Figura 3. Principales interacciones observadas en la Reserva Natural “El Hatico”	17
Figura 4. Aspecto de un sistema de cerca viva con Poró (<i>Erythrina lanceolata</i>)	25
Figura 5 Banco de proteína de matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)	27
Figura 6. Cultivo de especies forestales en callejones	29

GLOSARIO

ECOSISTEMA: Es el nivel de organización de la naturaleza que interesa a la ecología. En la naturaleza los átomos están organizados en moléculas y estas en células. Las células forman tejidos y estos órganos que se reúnen en sistemas, como el digestivo o el circulatorio. Un organismo vivo está formado por varios sistemas anatómico-fisiológicos íntimamente unidos entre sí.

FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO ATMOSFÉRICO: Consistente en la reducción de N_2 a NH_4^+ por la enzima nitrogenasa, es, después de la fotosíntesis, la ruta metabólica más importante para el mantenimiento de la vida en la Biosfera. Curiosamente, este proceso crucial sólo puede ser llevado a cabo por unos pocos grupos de seres vivos, todos ellos procariotas.

LEGUMINOSA: Orden de plantas dicotiledóneas que incluye la familia de las papilionáceas. Son plantas leñosas o herbáceas con fruto tipo legumbre y con diversas especies cultivadas por su importancia en la alimentación humana y del ganado y sus aplicaciones industriales. Las leguminosas son capaces de fijar nitrógeno atmosférico por su simbiosis con el género bacteriano *Rhizobium*. Entre ellas se encuentran plantas como el garbanzo, la lenteja, la judía y el guisante.

MICORRIZAS: Son órganos formados por la raíz de una planta y el micelio de un hongo. Funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente) a la planta, y proteger las raíces contra algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis. Existen miles de especies de hongos micorrízicos que forman esta simbiosis con los árboles. La mayoría de las familias de plantas superiores de la Tierra forman micorrizas.

RIZOSFERA: Es la parte del suelo inmediata a las raíces, tal que al extraer una raíz, es aquella porción de tierra que resta adherida a la misma. Se considera así dado que las características químicas y biológicas de la rizosfera se manifiestan en una porción de apenas 1 mm de espesor a partir de las raíces.

SILVOPASTOREO: Es el resultado de la introducción o mejoramiento deliberado de forraje en un sistema de producción de maderas o productos forestales, o de otro modo, la introducción deliberada o mejoramiento de árboles en un sistema de producción de forrajes. Silvopastoreo como tal, es el manejo de árboles, ganado y pastos en un sistema integrado

SISTEMA: Es un todo organizado y complejo; un conjunto o combinación de cosas o partes que forman un todo complejo o unitario. Es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia. Los límites o fronteras entre el sistema y su ambiente admiten cierta arbitrariedad.

RESUMEN

A través de investigaciones realizadas por diferentes instituciones como la Universidad de Nariño, CORPOICA, SENA y colegios agropecuarios se han identificado gran cantidad de especies forrajeras para su uso en alimentación animal. Entre las especies cabe mencionar Botón De Oro, Morera, Chocho, Chaya, Colla entre otros; especies forrajeras que adicionalmente han sido abordadas en investigaciones con diferentes especies animales monogástricas y rumiantes con resultados prometedores que colocan a estas especies como alternativas importantes en la utilización de forrajes que a la vez sean amigables con el medio ambiente y baratos.

La siembra de arbóreas es una práctica tradicional en Nariño, con frecuencia se utilizan leguminosas arbóreas y especies no leguminosas, con el fin de maximizar la producción de fitomasa para suplementación animal en diferentes sistemas de producción. En la región, la mayor parte de las fincas ganaderas se caracteriza por la presencia de árboles dispersos en potreros para proveer sombra y alimentos para los animales.

A pesar del gran esfuerzo que se ha venido haciendo en el campo de sistemas silvopastoriles, se encuentran lagunas de conocimiento para la investigación futura. Entre ellas se pueden mencionar: cuantificación de la emisión de gas de invernadero por rumiantes, recuperación de conocimientos tradicionales e integración con conocimientos nuevos, selección de especies eficientes para restaurar suelos degradados, metodologías para la cuantificación de carbono y otros gases invernaderos en el ámbito de sistema y paisaje, impactos de sistemas silvopastoriles en el recurso agua y reducción de la sedimentación de los ríos, sistemas silvopastoriles para la conservación de la biodiversidad en el corredor biológico e incentivos para los productores y modelaje de uso de la tierra.

En el presente documento se compila la información sobre este tema con el propósito de establecer criterios de juicio para la planificación de sistemas silvopastoriles en nuestra región de trópico alto nariñense.

Palabras claves: árboles y arbustos, cercas vivas, bancos proteicos, pastoreo en plantaciones. sistemas

ABSTRACT

Through investigations made by different institutions like the Nariño University, CORPOICA, SENA and farming schools have identified great amount of species for their use in feeding animal. Between the species it is possible to mention Gold Button, Morera, Cocho, Chaya, Colla among others; species that additionally have been boarded in investigations with different species monogastric animals and ruminants with promising results that place to stags species like important alternatives in the alternative forage use that simultaneously is friendly with the environmental means and cheap.

Seedtime of arboreal is a traditional practice in Nariño, frequently are used arboreal leguminosas and nonleguminosas species, with the purpose of maximizing the production of fitomasa for supplementation animal in different production systems. In the region, most of the cattle property is characterized by the presence of dispersed trees in grass to provide shade and foods for the animals.

In spite of the concerted effort that has come doing in the field of silvopastoril systems, are some lagoons of knowledge for the future investigation. Among them they are possible to be mentioned: quantification of the gas discharge of conservatory by ruminates, recovery of traditional knowledge and integration with new knowledge, selection of efficient species to recover degraded grounds, methodologies for the quantification of carbon and other gases conservatories in the scope of system and landscape, impacts of silvopastoriles systems in the resource water and silvopastoriles reduction of the sedimentation of the rivers, systems for the conservation of the biodiversity in the biological runner and incentives for the producers and modulate of use of the Earth.

In the present document the information is compiled on this subject in order to establish criteria of judgment for the planning of silvopastoriles systems in our region of Nariño high tropic.

Key words: trees and shrubs, alive fences, protein banks, pasturing in plantations. systems

INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles como herramienta en la producción de recursos alimentarios para especies pecuarias, tal como lo menciona Navas: “Deben enmarcarse teniendo un enfoque holístico que incluya tecnologías de uso del suelo en los cuales las especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, etc.) se implementen bajo una función de sinergismo con cultivos que en conjunto contribuyan a una seguridad alimentaria animal y humana. El propósito de dicho sinergismo es lograr una sincronía entre los componentes que conduzca a mejoras netas en uno o más rango de características, tales como productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales y no-comerciales”¹.

Por otra parte, según la Kanninen de la FAO argumenta que: La destrucción de selvas y bosques, con la consecuente drástica reducción o pérdida de especies de plantas y animales, para la implantación de praderas artificiales, ha sido una verdadera tragedia para el medio ambiente tropical. Las praderas de pastos para la producción bovina son verdaderamente artificiales, pues no solo la mayor parte de las especies de gramíneas vienen de otros continentes, incluso las que forman las praderas tropicales nativas, sino que hay que hacer un esfuerzo constante para evitar que se llenen de las llamadas malezas².

Estas circunstancias no son ajenas a nuestra región donde la concepción de este tipo de tecnologías es ambigua y se implementan sin un enfoque sistémico y por ende sin tener en cuenta de manera integral los elementos bióticos y abióticos que componen este tipo de sistemas. Desde este punto de vista, la visión armónica de la producción pecuaria apoyada con sistemas silvopastoriles constituye una herramienta fundamental en la búsqueda de modelos de producción eficientes, dinámicos y competitivos que contribuirán al desarrollo sostenible de una región y del país.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se plantea el presente trabajo con el propósito de compilar de manera crítica y argumentativa, la información existente relacionada con el enfoque integral de la producción pecuaria apoyada en sistemas silvopastoriles.

¹ NAVAS, ALEXANDER. 2007 Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios y Zootecnistas, [On line]. [Citado 02 junio 2008], p. 1. Disponible en la World Wide Web: http://www.acovez.org/index.php?option=com_content&task=view&id=71&Itemid=1

² KANNINEN M. 2001. Sistemas silvopastoriles y almacenamiento de carbono: Potencial para América latina. Conferencia electrónica en potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. FAO. [On line]. [Citado 02 junio 2008], p. 1. Disponible en la World Wide Web: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/33-realacion_suelo_planta_animal_silvopastoril.pdf

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Compilar y analizar de forma argumentativa la literatura existente respecto a los sistemas silvopastoriles y su impacto sobre la relación suelo, planta, animal y hombre

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Describir los impactos de los sistemas silvopastoriles sobre el suelo, planta, animal
- ✚ Clasificar los tipos de sistemas de producción silvopastoril que se manejan actualmente en Colombia
- ✚ Concluir sobre las fortalezas, debilidades y posibilidades de investigación del tema propuesto.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 DEFINICION DE SISTEMAS

Según menciona Saravia:

La palabra “sistema” es utilizada con mucha frecuencia y en relación a muchas diferentes cosas y actividades. Parece que nos sentimos muy cómodos con esta palabra al hablar sobre sistemas de producción, sistemas de ordeño, sistemas de pastoreo, etc. Existen tantas diferentes ‘cosas’ que llamamos sistemas que cualquier persona tendría toda la razón de imaginar que la palabra ‘sistema’ está bien entendida por todo el mundo.

De diversos puntos de vista podemos describir a muchas diferentes cosas sistemas. Por ejemplo; un automóvil, una finca, una fábrica, una célula y hasta su propio cuerpo humano. Es una tentación entonces querer decir que cualquier artefacto o cosa representa un sistema. Sin embargo no es así. Si así fuera, el concepto de reconocer sistemas y la aplicación de un enfoque por sistemas no tendría mucho sentido. Debemos comprender claramente la diferencia entre un sistema y algo que no constituye un sistema. Esta diferencia encierra la propiedad esencial que define un sistema verdadero³.

Por su parte, Spedding argumenta que:

La característica más importante que tiene un sistema, radica en que “...puede reaccionar como un todo al recibir un estímulo dirigido a cualquiera de sus partes.” por tanto, para que un conjunto de objetos puedan actuar como un sistema, tienen que existir relaciones o conexiones de alguna forma u otra entre las partes individuales que constituyen el sistema. Por ejemplo un saco de aislantes, un rollo de alambre, una batería y un controlador de pulsaciones y voltaje, no constituyen un sistema hasta que la cerca eléctrica esté armada. Antes de esto no existe conexión alguna entre los componentes, entonces no es un sistema porque no puede “reaccionar como un todo”, cuando uno de sus componentes recibe un estímulo. Sin embargo, cuando la cerca eléctrica está armada y funcionando entonces sí constituye un sistema verdadero. Si uno de los aislantes fuera dañado tal vez por deterioro natural debido a sol y lluvia, empieza a perder corriente en este punto. Automáticamente el controlador aumentaría el voltaje para contrarrestar la pérdida, y esto tendría el efecto de

³ Saravia, A (1985) Un Enfoque de Sistemas para el Desarrollo Agrícola. Capítulo 2, La Teoría General de Sistemas y su Aplicación. IICA, San José, Costa Rica. pp. 35–52.

descargar la batería más rápido. En el corto plazo el sistema puede seguir funcionando al reaccionarse al estímulo recibido de afuera.⁴

Desde este punto de vista, es obvia la necesidad de enmarcar o delimitar un sistema dado puesto que de otro modo el sistema se enmarcaría en un infinito cuya explicación y aplicabilidad serían inútiles para cualquier propósito. Al respecto Spedding argumenta que:

Al estudiar sistemas, es de suma importancia saber hasta donde llega el sistema. Esto define lo que se encuentra dentro y fuera de este. También define directamente cuáles son las entradas y salidas. Sin poder identificar con exactitud los límites del sistema conceptual, es imposible analizar el sistema. Un ejemplo de un animal vivo, pensemos en una gallina. Tiene una estructura física entonces es fácil identificar los límites. Es capaz de reaccionar como un sistema al ser estimulado⁵.

A veces se pueden considerar los componentes como subsistemas del sistema entero. En ese caso se considera un subsistema como un componente del sistema entero que podría funcionar como un sistema solo, si no fuera parte del sistema entero. Por ejemplo se puede considerar a una vaca como un sistema completo biológico, sin embargo, un grupo de 100 vacas será considerado como un sistema entero llamado “el hato” y cada vaca representará un subsistema del hato (sistema entero). Igualmente un hato de vacas lecheras en una finca con otras actividades (ej. caña, carne, cerdos, etc.) podrá ser considerado como un subsistema y la finca entera como el sistema.

En este orden de ideas, la utilidad en el concepto de sistema radica en el criterio preciso de la delimitación, identificación y cuantificación de entradas y salidas dentro de un sistema establecido, puesto que los sistemas agropecuarios son extremadamente complejos y difíciles de conceptualizar y comprender. Al analizarlos debemos tomar en cuenta un sinnúmero de factores biológicos, químicos, sociales, económicos, históricos, políticos y hasta éticos, para tratar de entender cómo las partes y/o subsistemas actúan en conjunto para formar el sistema como un todo.

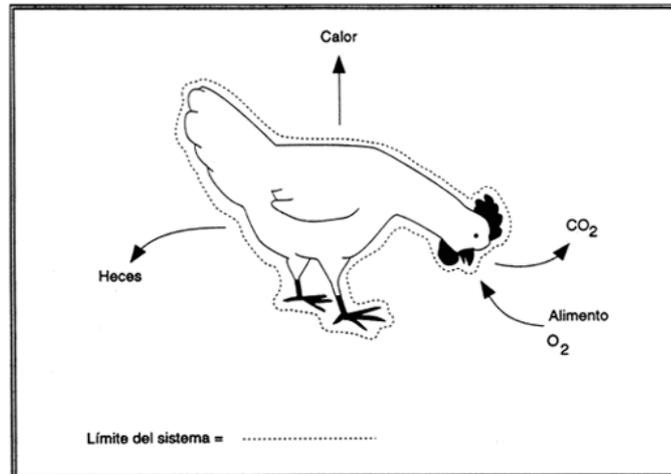
3.1.1 Límites de un sistema. Al estudiar sistemas, es de suma importancia saber como delimitarlo, lo que determina que se encuentra dentro y fuera del mismo, además de cuáles son las entradas y salidas del sistema. Sin poder identificar con exactitud los límites del sistema conceptual, es imposible analizar el sistema como un todo.

En este sentido Saravia ilustra un ejemplo de un animal vivo, una gallina, la cual tiene una estructura física entonces es fácil identificar los límites. Es capaz de reaccionar como un sistema al ser estimulado tal como se muestra en la Figura 1

⁴ Spedding, C. R. W (1979) An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 1, The Purposes of Agriculture. Applied Science Publishers, England. pp. 1-14.

⁵ Ibid., pp. 1-14

Figura 1. Una gallina como un sistema biológico.

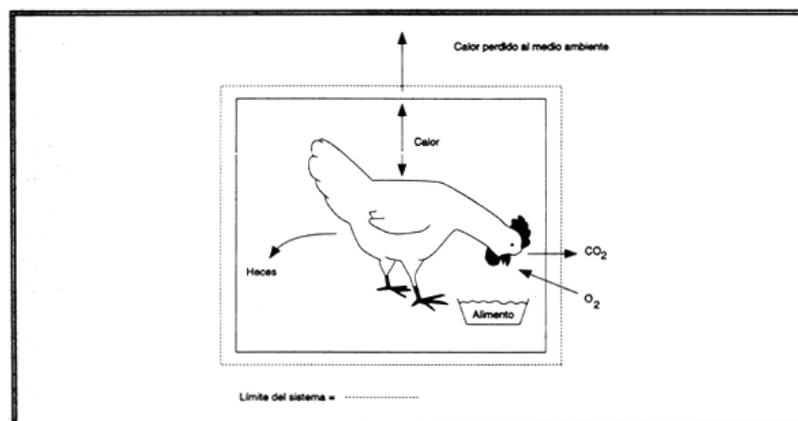


Fuente: Spedding, 1979

La gallina es un sistema vivo y el límite del sistema está apenas fuera de las plumas. En el dibujo se pueden notar las entradas principales (alimento, agua, O₂) y las salidas (heces, calor, CO₂). Note bien que las entradas constituyen cosas que cruzan el límite entrando y que las salidas cruzan el límite saliendo del sistema. Ahora bien, generalmente el medio ambiente es tan enorme que la producción de calor de la gallina no influye en ella de ninguna manera; tampoco el CO₂ producido. O sea, la gallina no tiene influencia significativa sobre el contorno dentro del cual se encuentra.

Supongamos ahora que metemos a la gallina en una caja pequeña con los huecos apenas necesarios para permitirle suficiente oxígeno, tal como se observa en la Figura 2.

Figura 2. El sistema “gallina en caja”.



Fuente: Spedding, 1979

El ambiente dentro de la caja es rápidamente calentado e inmediatamente afecta a la gallina y a su tasa de producción de calor. Esto se llama un “mecanismo de retroalimentación” y es de suma importancia porque si se ignora la retroalimentación, resultaría equivocado como el sistema (la gallina), reacciona a ciertos estímulos. Ahora, la gallina no es suficientemente independiente para ser considerada como un sistema, sino como una parte del sistema “gallina en caja” y se debe poner el límite del sistema alrededor de la caja. La posición correcta del límite es donde se define exactamente el contenido del sistema que queremos estudiar. Si no se concibe el límite se pierde mucho del valor de un enfoque sistemático.

Este ejemplo, nos presenta la oportunidad de mostrar cómo las entradas y salidas del sistema cambian según la posición del límite que nosotros definimos de acuerdo a nuestros fines analíticos (Cuadro 3)

Cuadro 1. Entradas y salidas de dos sistemas

	SISTEMA	
	Gallina	Gallina en caja
Entradas	Alimento	O ₂
	O ₂	
Salidas	Calor	Calor (reducido)
	Heces	CO ₂
	CO ₂	

3.1.2 Subsistemas. Tal como menciona Saravia⁶ a veces se pueden considerar los componentes como subsistemas del sistema entero. En ese caso se considera un subsistema como un componente del sistema entero que podría funcionar como un sistema solo, si no fuera parte del sistema entero. Por ejemplo se puede considerar a una vaca como un sistema completo biológico, sin embargo, un grupo de 100 vacas será considerado como un sistema entero llamado “el hato” y cada vaca representará un subsistema del hato (sistema entero). Igualmente un hato de vacas lecheras en una finca con otras actividades (ej. caña, carne, cerdos, etc.) podrá ser considerado como un subsistema y la finca entera como el sistema.

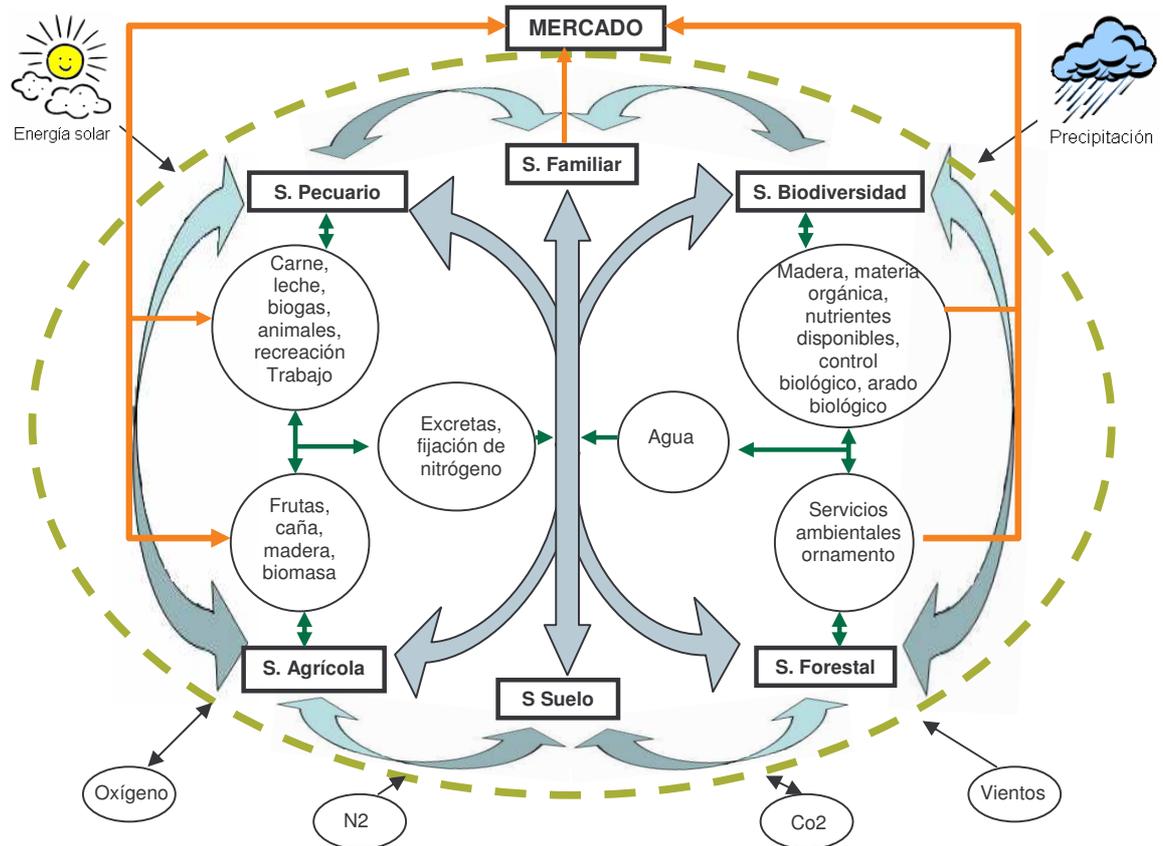
La definición de sistema y subsistema cambia según nuestra decisión de ubicar el límite del sistema. Esto depende del propósito de nuestro análisis y afectará la utilización de la misma. Entonces es muy importante saber cuando estamos considerando un sistema, un subsistema, o un componente, y sus relaciones jerárquicas.

3.1.3 Interacción entre los subsistemas. Uno de los ejemplos de mayor relevancia en Colombia en cuanto al manejo de sistemas silvopastoriles con enfoques integrales y una

⁶ Saravia, Op cit., p. 32-35.

filosofía holística es la Reserva Natural El Hatico donde se encuentra diferentes tipos de interacciones entre los subsistemas que hacen parte del total sistema finca. En la figura 3 se representa un resumen de las principales interacciones entre los subsistemas encontrados en la Reserva Natural “El Hatico”

Figura 3. Principales interacciones observadas en la Reserva Natural “El Hatico”



Fuente: Mahecha *et al*

De acuerdo con Mahecha *et al.*, “En la Reserva Natural “El Hatico”, se identifican seis subsistemas: familiar, pecuario, agrícola, forestal, suelo y biodiversidad, dentro de los cuales se mantiene un flujo de elementos constante. Los sistemas suelo y familiar, pueden considerarse como el eje central del sistema en general; puesto que estos constituyen el soporte principal del funcionamiento integral de los demás subsistemas, dentro de un contexto filosófico donde la tradición se ha heredado en cuanto al uso racional del recurso suelo y respeto sobre los recursos naturales”⁷.

⁷ MAHECHA, Liliana, ROSALES, Mauricio, DURÁN, Carlos, MOLINA, Carlos, MOLINA, Enrique y URIBE, Fernando. Evaluación del Forraje y los Animales a Través del Año, en un Silvopastoril Conformado por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*, en el Valle del Cauca, Colombia. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Mahecha1.htm>

Con respecto a la dinámica suelo – árbol - animal menciona Arévalo⁸, que pueden ser benéficas o perjudiciales. Su magnitud dependerá de las especies seleccionadas, de la densidad de la plantación, del arreglo espacial y del manejo aplicado. Entre las interacciones benéficas se pueden citar:

- ✓ Microclima creado por los árboles, lo que origina un ambiente más favorable para la crianza del ganado.
- ✓ El ciclo de renovación orgánica se incrementa al retornar al suelo: hojas, frutos, ramas, heces y orinas.
- ✓ Si las especies arbóreas y/o arbustivas, así como el pasto son especies leguminosas, se incrementa el N en el suelo, debido a la fijación simbiótica.
- ✓ El ganado contribuye a la utilización y control de pastos y malezas que compiten con el desarrollo de árboles juveniles, y en árboles adultos facilita la cosecha.
- ✓ La reducción en la velocidad de caída de las gotas de agua al suelo por el follaje, favorece la infiltración, reduciendo la erosión.
- ✓ El pastoreo reduce el riesgo de incendios, sobre todo en las plantaciones forestales ubicadas en zonas con estación seca definida.

Las interacciones negativas más importantes son:

- ✓ La competencia por luz, debido a la sombra que los árboles ejercen sobre los estratos inferiores, afecta los rendimientos y la calidad del forraje.
- ✓ La competencia por agua y nutrientes.
- ✓ Compactación del suelo.

Adicionalmente, el mismo autor⁹ argumenta que los árboles intervienen en el ciclo de los nutrientes, en la estructura y en el balance hídrico del suelo, parte de los residuos orgánicos se incorporan a la fracción orgánica del suelo o es absorbida directamente por las especies forrajeras. Las raíces de los árboles, son capaces de llegar a horizontes más profundos del suelo, absorber nutrientes y retornarlos a la superficie del suelo con la caída natural del follaje, ramas y frutos.

⁸ ARÉVALO, Luis. SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES. [On line] [Citado Noviembre 11 de 2008], p.1. Available from World Wide Web: <http://www.fao.org/Ag/agl/agll/rla128/inia/inia-i4/inia-i4-10.htm>

⁹ Ibid., p.1.

La cantidad de luz que ingresa a las pasturas depende de la densidad de la plantación y del diámetro de las copas de los árboles. Se debe, por lo tanto, seleccionar las especies forrajeras que se desarrollan mejor bajo el dosel arbóreo, dado que las gramíneas fueron seleccionadas a pleno sol. La baja radiación solar, que penetra a través del dosel arbóreo, puede influir en la producción de biomasa, calidad del forraje, consumo de agua de la pastura y la distribución de las raíces. La composición química de un forraje, especialmente de sus componentes celulares, cambia cuando se modifica la intensidad de luz que recibe. Al variar la composición química se modifica también su valor nutritivo y palatabilidad, afectando su consumo por el ganado.

El efecto del árbol sobre el animal se da en forma directa, debido a la sombra, y otro en forma indirecta debido al follaje y/o semillas de alta calidad, que algunos árboles producen, lo cual tiene un gran impacto en el mantenimiento de un adecuado balance térmico de los animales en pastoreo. En ganado vacuno, las temperaturas corporales altas provocan menor consumo de forrajes; aumentan los requerimientos nutricionales de mantenimiento; disminuyen la fertilidad de vacas y novillas; reducen la producción de carne y leche y afectan la resistencia a ciertas enfermedades. Si los árboles son escasos en el potrero, los animales tienden a concentrarse bajo ellos, lo que podría producir compactación del suelo, afectar la cobertura herbácea, originar focos de erosión y aumentar el riesgo de perder animales por accidentes durante las tormentas eléctricas. Esta situación cambia al introducir más árboles en los potreros.

Por su parte Gil, Espinoza y Obispo sostienen que:

Los sistemas silvopastoriles involucran la interacción de plantas leñosas perennes, la vegetación herbácea, los bovinos u ovinos y el suelo. Estos cuatro componentes se encuentran a su vez inmersos en un marco climático y regional, que junto con los aspectos sociales, económicos y culturales de los productores que pueden a su vez influenciar grandemente la respuesta del sistema, otorgándole identidad propia y diferencial entre los SSP.

En este sistema, los árboles pueden mejorar el ciclo de los nutrientes no disponibles a las raíces superficiales de los pastos, a través de su sistema de raíces profundas y su aporte de hojarasca, mantener la fertilidad del suelo y aumentar el aporte de materia orgánica. Además, crean microclimas más favorables para el conjunto formado por cultivos y ganado. Su presencia reduce la erosión eólica y/o hídrica, promoviendo la estabilidad del suelo y disminuye la insolación directa conservando el agua del suelo¹⁰.

¹⁰ GIL, José, ESPINOZA Yusmary y OBISPO, Néstor. Relaciones Suelo-Planta-Animal en Sistemas Silvopastoriles. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Número 9 septiembre-diciembre 2005. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n9/arti/gil_1/arti/gil_1.htm

Con respecto al ganado Camargo, *et al.*, afirma que:

Les permite a los animales reducir el stress calórico, mantener la temperatura del cuerpo con una menor pérdida de energía, disminuyendo la pérdida de calor por los vientos fríos o reduciendo el exceso de calor ante la insolación por su sombreadamiento. De igual manera, los árboles diversifican la producción de la finca, al reducir los factores de riesgo biológicos y de mercado, con un producto final (madera) que puede ser vendido cuando le conviene al productor.

En sistemas silvopastoriles, la gramínea debajo de la copa de los árboles es sometida a cambios sustanciales en la cantidad y calidad de la luz que recibe. Sin embargo, y a pesar de que la cantidad de biomasa producida por la gramínea se reduce con el sombreado, el área foliar y la eficiencia fotosintética incrementa en estas condiciones, lo que implica una mayor calidad del forraje producido en condiciones de sombra intermedia. De igual manera, la sombra del árbol reduce la temperatura foliar en la gramínea, lo que ocasiona una menor transpiración, aumentando la eficiencia de uso de agua de la gramínea.

Por otra parte, Arévalo sostiene que:

Existe en el suelo una compleja interacción entre vegetación y microorganismos de suelo que puede ser alterada por los animales en pastoreo. En general, la producción de pasturas en los sistemas silvopastoriles es mantenida por el ciclaje de N y P, debido a la actividad de los microorganismos del suelo. El crecimiento de los microorganismos es limitado por el carbono y depende de la cantidad y calidad de la hojarasca, raíces muertas, así como del flujo de carbono en las rizósfera. Los animales de pastoreo pueden influenciar la interacción entre la vegetación y el suelo, porque la defoliación puede alterar el flujo de C y por lo tanto, la diversidad y actividad de los microorganismos del suelo.

3.2 LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SILVOPASTORIL

Los sistemas de producción silvopastoril tal como menciona Martínez:

Se definen como una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra en las que se combinan árboles con cultivos agrícolas y/o pastos, en función del tiempo y el espacio para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida. Estos sistemas pueden contribuir a solucionar problemas en el uso de los recursos naturales debido a las funciones biológicas y socioeconómicas que cumplen. Desde el punto de vista biológico, la presencia de los árboles favorece los sistemas de producción en aspectos tales como el mantenimiento del ciclaje de nutrientes y el aumento en la diversidad de especies. Además, debido a la estructura vertical proporcionada por los árboles y otras especies leñosas, pueden convivir plantas y cultivos con diferentes requerimientos de luz;

asimismo, los árboles protegen al suelo de los efectos del sol, el viento y las fuertes lluvias que caracterizan al trópico¹¹.

A través de los años se han dado numerosas definiciones de agroforestería, sistemas agroforestales y silvopastoriles. El International Council for Research in Agroforestry (1983) citada por Martínez, la define como: “Sistema sostenido del manejo de la tierra que aumenta su rendimiento total, combina la producción de cultivos con especies forestales y/o animales, en forma simultánea o secuencial sobre la misma superficie de terreno, y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local”¹².

Maydell propone referirse a estos términos: “Sólo en aquellos casos en que los árboles y arbustos, así como los cultivos agrícolas y los animales de pastoreo, se encuentran juntos sobre una determinada parcela de terreno, en forma tal que se pueda demostrar una influencia ecológica mutua”¹³.

Budowski señala que: "El objetivo principal de estos sistemas es optimizar la producción total por unidad de superficie, respetando el principio de rendimiento sostenido”¹⁴. Por su parte, Somarriba define la agroforestería como:

Sistema de uso de la tierra donde leñosos perennes interactúan bioeconómicamente en una misma área con cultivos y animales. Estos elementos pueden estar asociados en forma simultánea o secuencial, en zonas o mezclados. Las formas de producción son aplicables tanto en ecosistemas frágiles como estables, a escala de campo agrícola, finca o región, a nivel de subsistencia o comercial. El objetivo es diversificar la agricultura migratoria, aumentar el nivel de materia orgánica en el suelo, fijar nitrógeno atmosférico, reciclar nutrientes, modificar el microclima y optimizar la producción del sistema, respetando el principio de rendimiento sostenido. Se exige compatibilidad con las condiciones socioculturales de la población y debe servir para mejorar las condiciones de la región”¹⁵.

¹¹ MARTINEZ, H.A. 1989. El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 79 p.

¹² Ibid., p. 70.

¹³ MAYDELL, H.J. VON. 1984. Los sistemas agroforestales desde el punto de vista forestal. En: Agroforestería. Actas del Seminario. (Eds. J. Heuveldop y J. Lagemann) CATIE. Turrialba, Costa Rica. 112 p.

¹⁴ BUDOWSKI, G. 1990. Agroforestería en Costa Rica y su relación con el manejo de suelos. Conferencia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 5 p.

¹⁵ SOMARRIBA, E. 1998. ¿Qué es agroforestería? En: Apuntes de clase del curso corto Sistemas Agroforestales. (Eds. F. Jiménez y A. Vargas). Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica. p. 3

3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

La clasificación de los sistemas silvopastoriles es necesaria con el fin de proveer un marco conceptual que permita su evaluación y desarrollar planes de acción para su mejoramiento. Los sistemas silvopastoriles han sido clasificados de diferentes maneras: según su estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de los diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características sociales y económicas prevalecientes.

En este sentido, existen diversas propuestas de clasificación que se basan en los productos que se pueden obtener y el tipo de combinación entre los componentes. Otras clasificaciones se sustentan en la escala y en los objetivos de la producción: sistemas comerciales, de subsistencia e intermedios. Otras clasificaciones donde se toman en cuenta los aspectos estructurales y funcionales como esquema de agrupamiento.

Teniendo en cuenta lo anterior, en seguida se realizará más que una clasificación, una descripción general de cada uno de los sistemas silvopastoriles más comunes en Colombia, así como las especies adecuadas para los casos respectivos.

3.3.1 Asociación de gramíneas con árboles y arbustos forrajeros. Dentro de este sistema es necesario considerar la aptitud de un árbol o arbusto para que pueda ser calificado como forrajero el cual debe reunir ventajas tanto en términos nutricionales, como de producción y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. Además de la compatibilidad de estos con las gramíneas.

En tal sentido Benavides argumenta que: “Los requisitos para tal calificación son: i) que su consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta; ii) que el contenido de nutrimentos sea atractivo para la producción animal; iii) que sea tolerante a la poda y iv) que su rebrote sea lo suficientemente vigoroso como para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible por unidad de área”,¹⁶.

Según Iglesias y Hernández¹⁷ los sistemas asociados han tenido una gran aceptación por los productores en América Latina, y actualmente se están introduciendo a escala comercial. La producción de leche obtenida varía de 5,8-9,2 kg/vaca/día, con cargas desde 1,7-2,0 vacas/ha. De esta forma se garantiza un alimento de alta calidad, que conjuntamente con la oferta de materia seca del pasto influirá en la respuesta productiva de los animales. En estas asociaciones se maximiza la capacidad de selección de los animales, los cuales

¹⁶ BENAVIDES, Jorge. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Turrialba, Costa Rica. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/agrofor1/bnvdes23.htm>

¹⁷ IGLESIAS, J. y HERNÁNDEZ, D. 2005. Los sistemas silvopastoriles para la producción bovina en Cuba. En: El silvopastoreo. Un nuevo concepto de pastizal. (Ed. L. Simón). Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. p. 161

consumen un mayor porcentaje de hojas y a su vez una dieta de mayor valor nutritivo, lo que se manifiesta en los resultados productivos alcanzados.

De otra parte, Carvalho sobre la contribución de las especies arbóreas nativas en nutrientes para las pasturas muestra que:

Aprovechando árboles aislados en una pastura cultivada con *B. decumbens* y *B. brizantha*, se realizó un estudio para evaluar el efecto de esos árboles sobre la disponibilidad de forraje, acumulación de hojarasca y composición mineral del forraje y de la hojarasca. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 6 repeticiones. Entre las especies arbóreas se incluyeron las leguminosas angico-rojo (*Anadenanthera peregrina*), angico-blanco (*A. colubrina*), jacarandá-blanco (*Platypodium elegans*), monjoleiro (*Acacia polyphylla*) y vinhático (*Plathymenia foliolosa*). Se recolectaron muestras de forraje bajo la copa de cada árbol y en áreas adyacentes del árbol, que representa a pleno sol para analizar la concentración de nutrientes. No hubo un efecto de los árboles sobre la disponibilidad de forraje. En cuanto a las concentraciones de nitrógeno y potasio en las hojas de las gramíneas y la hojarasca, fueron siempre más altas bajo la copa de los árboles que a pleno sol. Los árboles aumentaron la cantidad de hojarasca bajo las copas¹⁸

De otra parte Botrel argumenta que:

La tolerancia de gramíneas a la sombra es una de las condiciones esenciales para el éxito de asociaciones de pasturas con árboles. En EMBRAPA-Ganado Lechero fue establecido un ensayo para probar este efecto. Se utilizaron las gramíneas más recomendadas de la región a saber: *B. brizantha* cv. *Marandú*, *B. decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Andropogon gayanus* cv. *Planaltina*, *Panicum maximum* cv. *Vencedor* y *Setaria sphacelata* cv. *Kazungula*. Se sembraron en el sotobosque de una plantación de angico rojo y en áreas adyacentes sin árboles (testigo), las variables evaluadas fueron el establecimiento y la producción de materia seca. Se utilizó un diseño factorial con cuatro repeticiones.

Bajo los árboles, el porcentaje de transmisión de luz en el verano fue de 30 a 40% de incidencia de luz, comparado con áreas sin árboles. El crecimiento de las gramíneas fue menor en las áreas sombreadas que en las áreas sin árboles; además, se observaron diferencias en la producción entre especies. En el establecimiento, las gramíneas más tolerantes a la sombra fueron *B. brizantha* y *B. decumbens*, estas especies alcanzaron un 49 y 33%, respectivamente de producción relativa al testigo. En la fase de producción (después del

¹⁸ CARVALHO, Margarida. Asociaciones de pasturas con árboles en la región centro sur del Brasil. Depósito de documentos de la FAO. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6313S/X6313S00.HTM>

establecimiento de las forrajeras) las gramíneas más tolerantes fueron *B. brizantha*, *Panicum maximum* y *B. decumbens*, alcanzando en la sombra 98, 77 y 63% respectivamente, de crecimiento relativo comparado con el área sin árboles¹⁹

3.3.2 Cercas vivas. Según mencionan Molano y Quiceno:

Las cercas vivas funcionan como corredores de vegetación que interconectan relictos de bosque con los agroecosistemas permitiendo la reducción del efecto de la fragmentación en la capacidad de dispersión de ciertas especies al ofrecer estas cercas espacios para, alimentación, refugio y anidación. Las cercas vivas al presentar diferentes estadios sucesionales proveen una oferta alimenticia diferencial, aquellas en estadios incipientes de crecimiento están dominadas por enredaderas y otras especies con frutos abundantes, carnosos y vistosos.

Las cercas en estadios medios de crecimiento ofrecen más variedad de frutos y arbustos para anidación y refugio, mientras que las cercas de crecimiento avanzado al poseer canales de agua, ofrecen una variedad de recursos para la fauna visitante, representada en una mayor oferta alimenticia: insectos, frutos, peces e invertebrados acuáticos. Dado que las cercas vivas son líneas de vegetación típicamente representadas por especies de borde, no es de esperar que especies de interior de bosque con unos requerimientos específicos estén presentes en estas cercas de desarrollo avanzado, aún cuando estructuralmente podrían ser propicias para su establecimiento²⁰.

Sin embargo, Trujillo advierte que: “La elección de la especie forestal usada para cerca debe ser tan cuidadosa como la que se adelanta cuando se establece una plantación forestal industrial, éste es el primer y más importante paso para el éxito de la plantación, y por eso, se deben considerar los mismos aspectos que para aquella”²¹.

Así, para la buena selección de la especie es indispensable observar las condiciones del sitio: el tipo de suelo, su profundidad efectiva y características químicas (nutricionales), la pendiente, la cantidad y distribución de las lluvias, la altura sobre el nivel del mar y la temperatura, entre otros factores. Con esta información se seleccionan las especies que se adapten a tales condiciones. El cruce entre la oferta

¹⁹ BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; MOZZER, O.L. 1987. Avaliação agrônômica de gramíneas forrageiras sob pastejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira (Br.) 22 (9/10): 1019-1025.

²⁰ MOLANO, Juan y QUICENO, MARÍA. El papel de las cercas vivas en un sistema agropecuario en el Pídemonte Llanero. Instituto Alexander von Humboldt. . [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4435S/y4435s05.htm>

²¹ TRUJILLO, Enrique. Cercos Vivos con Especies Forestales Son Realmente Productivos. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: http://www.revista-mm.com/rev58/forestal_cercos.pdf

ambiental del sitio y los requerimientos de las especies, da la opción de escoger la especie apropiada.

Por lo anterior, no es factible pensar en adecuar el suelo y el medio a la plantación, sino escoger las especies de tal manera que se adapten a las condiciones de la finca; no hay que olvidar que no hay árboles inadecuados, sino sitios mal escogidos.

Figura 4. Aspecto de un sistema de cerca viva con Poró (*Erythrina lanceolata*)



Respecto al manejo cultural Trujillo²² argumenta que el manejo silvicultural es mucho más sencillo que el adelantado en una plantación densa pues no hay aclareos (eliminación de árboles de la plantación), por eso, no hay razón para no adelantar un manejo apropiado de la cerca y más teniendo en cuenta que se incurre en un esfuerzo e inversión que puede llegar a ser muy productiva, aún descontando los beneficios propios de la cerca.

En este sentido, el material utilizado para la plantación debe tener un manejo preliminar en vivero que garantice condiciones favorables para adaptarse a las características del lugar de establecimiento. La selección del material es un proceso que se inicia en el vivero y termina en la plantación. Las plantas deben tener un tamaño adecuado, sin defectos, micorrizados y sin problemas de plagas o enfermedades, con buen sistema radicular. No se recomienda material bifurcado, muy delgado, dañado, torcido, enfermo o muy pequeño. En general, cuando se establecen las cercas no se atiende y planifica pensando de una manera productiva, sino como una actividad de rutina y sin mayor importancia perdiendo la opción de mejorar los ingresos.

3.3.3 Bancos de proteína. De acuerdo con Camero y Ibrahim: “Se denomina bancos de proteína a la siembra de especies herbáceas o de árboles y arbustos con follaje de alto contenido proteico, dispuestos en arreglos de altas densidades de plantas que pueden ser

²² Ibid., p. 3.

cosechados y llevados a los animales en un sistema de corte y acarreo o que pueden ser pastoreados directamente, por lo general, durante cortos períodos diarios (1.5 a 2.5 horas diarias)”²³.

Por su parte Mejía menciona que:

Este tipo de arreglos son importantes en la suplementación del ganado y existe una gran cantidad de árboles y arbustos forrajeros que se pueden utilizar en bancos de proteína de acuerdo a las diferentes zonas climáticas. Cada árbol se adapta a determinadas condiciones de altitud, humedad y condiciones del suelo específicas y requiere también un manejo agronómico apropiado. Diariamente se debe suministrar entre 1 a 3 kilos de forraje arbóreo fresco por cada 100 kilos de peso vivo del animal, esto puede significar un aumento en la producción de leche diaria hasta del 20 % y además mejora la reproducción considerablemente. En animales jóvenes el forraje arbóreo mejora el crecimiento entre el 10 al 30 %²⁴.

Para este sistema se usan varias especies, entre ellas: *Leucaena leucocephala*, *Moros sp.* (morera), *Gliricidia sepium* (madero negro), *Erythrina sp* (poró), *Malvaviscus arboreus*, *Sesbania sesban*, entre otros. Sin embargo, algunas de ellas presentan problemas en su establecimiento, tanto en el manejo desde la fase de semillero, como en el tipo de material vegetativo utilizado y el método de siembra

Por lo general, Camero considera que se puede establecer un banco de proteínas en un área del 20 a 30% del terreno utilizado para pasturas, dependiendo por supuesto de la productividad y el número de animales a suplementar. En el trópico húmedo, los árboles como poró y madero negro pueden producir de 3 a 4.5 t de materia seca (MS) comestible/ha, cada tres meses. Con esta cantidad se pueden suplementar de 20 a 30 animales adultos durante un mes. Bajo un sistema de ramoneo o pastoreo, hay que estimar una pérdida del 15 al 20% del forraje total producido, debido al pisoteo²⁵.

Adicionalmente Espinoza *et al.*, aseveran que:

El uso de bancos de proteína es una de las vías de manejo de pastos donde se ha demostrado como inciden favorablemente en el peso de los animales. Los

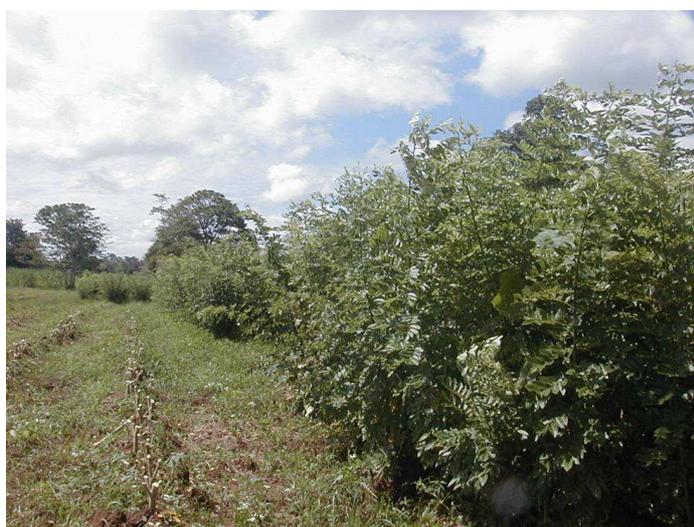
²³ CAMERO, Alberto y IBRAHIM, Muhanunad. Bancos de proteína de Poró (*Erythrina berteroana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) En: Agroforestería en las Américas. Mo 2 No.8 Oct -Dic 1995 [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/LEAD/X6307S/X6307S00.pdf>

²⁴ MEJIA, Carlos. Ganadería Sostenible Doble Propósito A Nivel De Pequeño Y Mediano Campesino. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.cipav.org.co/cipav/resrch/livestk/carlos.htm>

²⁵ CAMERO, I...A. 1994. Poró y madero negro como suplementos proteicos en la producción de leche. Agroforestería en las Américas. (C.R.) 1(1):6-8.

bancos de proteína proveen forraje de alta calidad durante las épocas críticas del año, tiempo en el cual el pastizal decae en productividad y valor nutritivo, limitando su consumo y utilización por parte de los animales. Entre los bancos de proteína de leguminosas arbustivas mayormente utilizados en los países tropicales, se destaca el uso de la especie *Leucaena leucocephala*, leguminosa con altos niveles de aceptabilidad y persistencia bajo condiciones de pastoreo; además que es capaz de crecer y producir forraje bajo un amplio rango de precipitación (300 a 3000 mm/año)²⁶.

Figura 5 Banco de proteína de matarratón (*Gliricidia sepium*)



3.3.4 Pasturas en callejones. Consiste en un establecimiento de hileras de árboles de en curvas a nivel a intervalos de 5-7 metros sembrando pasturas en los callejones entre las hileras. Los árboles se podan cada 2-3 meses dependiendo de su crecimiento para reducir la competencia por la luz entre hileras y cultivos.

Según menciona Mejía:

Se utilizan sobre todo en combinación con pasturas de porte alto que compiten bien con las hileras por la luz. Las hileras de árboles, sembrado en alta densidad, funcionan como barreras vivas para controlar la erosión y proporcionan abono verde, forraje y/o leña mediante las podas. Son obras biológicas bastante complejas que requieren de un buen ordenamiento de la finca y de bastante mano de obra. El objetivo principal de esta práctica es la integración simultánea de árboles y pastos anuales en el mismo campo y al

²⁶ ESPINOZA, Freddy, ARAQUE, César, QUINTANA, Héctor y PERDOMO, Efrén. Efecto del banco de proteína sobre la utilización del pasto estrella (*Cynodon lemfuensis*) en pastoreo con ovinos. En: *Zootecnia Trop.*, 19(Supl. 1): 307-318. 2001 . [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zt19S1/texto/freddyepinoza.htm>

mismo tiempo aprovechando el terreno disponible al máximo. Se usan 3 especies. Existen variedades mejoradas de cruces entre especies. Son árboles de 5-15 mts²⁷.

En un sistema de pasturas en callejones, el pasto puede cosecharse permanentemente mientras que los árboles maduran. Algunas especies de árboles apropiados para éste sistema incluyen: nueces, roble, y nogal, los que eventualmente proveerán maderas de alta calidad. Otra opción incluye la siembra de árboles frutales. Para formar los callejones se siembran en las terrazas plantas de crecimiento rápido, como leguminosas, en hileras dobles a distancias que varían según el gradiente, en combinación con hierbas resistentes como el vetiver. El espacio entre las hileras de árboles o arbustos se usa para cultivos estacionales de plantas alimenticias tales como frijoles, maní, maíz, etc. Este sistema retiene las características básicas del barbecho natural de la selva y que puede ser adoptado por los campesinos de escasos recursos.

De acuerdo a Zimmermann los árboles y arbustos de los sistemas de pasturas en callejones proporcionan:

- ✓ Abono vegetal a los pastos que los acompañan. De esta manera se reciclan los nutrientes de las plantas desde las capas profundas. Con una densidad de siembra de 6,000 árboles por hectárea, el reciclaje de nutrientes puede ser estimado en 60-110 Kg. De nitrógeno, 12 Kg. De fósforo y 50-110 Kg de potasio por año y por hectárea (Helvetas, Sri Lanka, zona seca, 1982);
- ✓ Sombra durante el barbecho para suprimir la maleza;
- ✓ Condiciones favorables para suprimir la maleza;
- ✓ Condiciones favorables para los macro y microorganismos del suelo;
- ✓ Barrera para controlar la erosión del suelo en pendientes si se plantan los árboles y arbustos paralelos a las mismas;
- ✓ Sobrantes para forraje, material para cercas y leña; y,
- ✓ Fijación biológica del nitrógeno a los cultivos acompañantes.

Los arreglos forestales en callejones pueden considerarse una vía para aumentar la productividad y la sostenibilidad, además de minimizar las pérdidas de nutrientes, es proporcionar suficiente nitrógeno de manera barata y continua a los campesinos pobres de las tierras altas. Esto puede hacerse con la introducción de legumbres que fijan de manera especial el nitrógeno²⁸

De acuerdo con Camero: “Bajo esta técnica de plantación en callejones, se establecen arbustivas en hileras o bandas con cultivos anuales sembrados en los espacios intermedios, más forrajeras (gramíneas y leguminosas). La distancia entre hileras puede variar entre 2 y

²⁷ MEJIA, Carlos., Op. cit., sp.

²⁸ ZIMMERMANN, T. 1986. Agroforestry - a last hope for conservation in Haiti? AGROFORESTRY SYSTEM 4, (pp. 255-268).

6 m, mientras que el cultivo se establece en conjunto con la gramínea y leguminosa a la vez, usando las densidades de siembra recomendadas para cada uno de estos²⁹.

Figura 6. Cultivo de especies forestales en callejones



El mismo autor argumenta que:

Las arbustivas por utilizar, en este caso, pueden ser podadas y usar el material como corte y acarreo o bien como abono, incorporándolo al suelo. También se puede utilizar la arbustiva en pastoreo directo. Entre las especies por utilizar están las citadas en las dos técnicas anteriores, mientras que para la gramínea se recomiendan especies de crecimiento erecto y con alto potencial de producción de forraje como las guineas (*Panicum maximum*) y el pasto Elefante (*Penisetum purpureum*), entre otros.

El sistema de pastoreo recomendado para este caso es el “Sistema de manejo flexible del pastoreo”, con el cual se pretende mantener un balance entre los diferentes componentes del sistema y su persistencia. Para esto es necesario ajustar la intensidad de defoliación, de acuerdo con la disponibilidad de cada componente. En aquellos períodos en que las forrajeras crecen más rápidamente se debe acortar el período de descanso e incrementar la carga animal. Por otro lado, si la arbustiva no se recupera rápidamente, se debe alargar el período de descanso, o bien, si el remanente de follaje de la

²⁹ CAMERO, Op. cit., p. 5.

arbustiva es alto después del pastoreo, se debe acortar el período de descanso³⁰.

3.3.6 Cortinas rompevientos. Según mencionan Gomez *et al.*,:

Esta técnica es similar a la de plantación en callejones, con la diferencia que se usa en terrenos con pendientes pronunciadas, en contra de la pendiente o en contorno. El objetivo de dicha técnica es el de proteger el terreno contra la erosión y reducir la velocidad del agua en la bajada. La especie arbustiva puede ser utilizada en este caso, tanto para corte y acarreo como para abono verde. Entre los espacios intermedios de las barreras, normalmente se colocan cultivos, cuando la pendiente es pronunciada, pero también puede existir pasto de corta en lugar de pasto de piso. Esta técnica también puede utilizarse en lugares con pendiente menos pronunciadas donde el objetivo es proteger al forraje del viento, ya que éste llega rápidamente a secar el pasto o bien a volcarlo, si es de corte, cuando el viento es muy fuerte³¹.

Las especies arbustivas por utilizar con esta técnica son prácticamente las mismas mencionadas en las técnicas anteriores, mientras que entre las forrajeras lo más recomendable es utilizar pasto de corte como el King grass (*Pennisetum purpureum x P. typhoides*), Taiwan (*P. purpureum*), sorgo forrajero (*Sorghum almun*) y otros. En los pastos de piso es preferible utilizar especies de crecimiento rastrero como *Brachiaria decumbens*, *B. dictyoneura*, asociadas con leguminosas como *A. pinto* u otras con el objetivo de tener una mejor cobertura del suelo.

Camero³² considera que en el sistema de cortinas rompevientos, la distancia de siembra entre las arbustivas, la cual puede ser en hilera o a doble hilera, varía dependiendo de la especie y del material que se utilice. Si es por medio de semilla, la distancia puede ser de 5 a 20 cm entre plantas y, si la siembra es por estaca, debe ser en forma de “X”, con una separación de 10 cm entre ellas. Así se controla la erosión y se forman terrazas naturales. La distancia entre barreras vivas depende de la magnitud de la pendiente, del grado de erosión, del sistema de labranza y de la cobertura vegetal en el espacio entre barreras.

Las cortinas rompevientos son muy comunes en áreas de pasto de corte y de pastoreo. Ellas dan protección tanto al pasto como a los animales. La altura y forma de la cortina (dos o más hileras; reducción de distancia entre plantas) es muy importante porque de esto depende la reducción de la velocidad del viento. La protección de una cortina rompevientos

³⁰ Ibid., p. 6.

³¹ GÓMEZ, M, RODRÍGUEZ, L, MURGUEITIO, E, RÍOS, C, MOLINA, C, MOLINA, C, MOLINA, E, Y MOLINA, J. 1995. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación Animal como fuente proteíca. CIPAV Cali Colombia.

³² CAMERO, Op. cit., p. 10.

alcanza aproximadamente una distancia 15 veces superior a su altura. La orientación de la cortina debe ser perpendicular a la dirección del viento predominante.

3.4 EL PAPEL DE LOS ARBOLES FIJADORES DE NITROGENO EN LA CONSERVACION DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

Montagnini argumenta que:

En la rehabilitación de suelos degradados se han recomendado proyectos de reforestación y sistemas agroforestales. Sin embargo, es común el fracaso de estas plantaciones debido a la baja disponibilidad de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) y a las deficientes condiciones físicas de los suelos. La deficiencia de nitrógeno en el suelo puede superarse mediante la fijación biológica de nitrógeno (FBN) que ocurre en nódulos radiculares de algunos géneros de plantas angiosperma que establecen simbiosis con ciertos microorganismos del suelo³³

3.4.1 Importancia de la dinámica árbol bacteria suelo. Existen dos tipos principales de simbiosis fijadoras de nitrógeno, las leguminosas que establecen asociación con bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Synorhizobium*, *Azorhizobium* y *Mesorhizobium* y las plantas actinorrizas que lo hacen con bacterias filamentosas (actinomicetes) del género Frankia.

Werner sostiene que: “La familia Leguminosae contiene más de 200 géneros y 17.000 especies de árboles, arbustos y plantas. Las actinorrizas incluyen más de 200 especies pertenecientes a 8 familias y 25 géneros, siendo todos árboles o arbustos a excepción del género *Datisca*”³⁴.

Se ha confirmado según Brewbaker *et al*³⁵, la nodulación radicular en 648 especies de árboles y arbustos, los cuales se supone que fijan nitrógeno; 520 especies corresponden a leguminosas pertenecientes a las subfamilias Mimosoideae (321 especies), Papilionoideae (173 especies) y Caesalpinioideae (26 especies); 117 especies son actinorrizas leñosas pertenecientes a las familias Betulaceae (38 especies), Casuarinaceae (20 especies), Coriariaceae (16 especies), Elaeagnaceae (10 especies), Myricaceae (14 especies), Rhamnaceae (14 especies) y Rosaceae (5 especies) y el resto a no-leguminosas de la familia Ulmaceae que establecen simbiosis con rizobios.

³³ Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales- Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales. San José, Costa Rica.

³⁴ Werner, D. 1992. Symbiosis of plants and microbes. Ed. Chapman & Hall, Cambridge, 389 pp.

³⁵ Brewbaker, J. L., K. B. Willers & B. Macklin. 1990. Nitrogen fixing trees: validation and prioritization. Nitrogen Fixing Tree Research Report 8: 8-16.

Por otra parte de acuerdo con Dawson: “La asociación con ciertos hongos del suelo formando endo- y ecto-micorrizas mejora la absorción de agua y la asimilación de fósforo y de otros nutrientes, ayudando también al establecimiento temprano de estos árboles en sitios marginales. Los AFN suelen ser especies pioneras en estadios tempranos de la sucesión y pueden colonizar sitios bajo intenso disturbio como aquellos afectados por inundaciones, incendios, deslizamientos de tierra, actividad glacial y erupciones volcánicas”³⁶.

Para Werner:

Los AFN incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica hecho al suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio³⁷.

Los arbustos y árboles pueden mejorar las condiciones físicas del suelo (porosidad y densidad aparente). Su efecto de descompactación es positivo y relevante en áreas degradadas, a causa de la compactación del suelo, ocasionada por la mecanización y/o por el pisoteo continuo del ganado. Un caso común son las pasturas abandonadas en el trópico húmedo

3.4.2 Importancia de la dinámica árbol animal medio ambiente. Según menciona Kanninen³⁸, la degradación física, la química y la biológica son las principales formas de degradación del suelo; las causas pueden ser naturales o debidas a la intervención del hombre. Algunos suelos son naturalmente susceptibles a sufrir degradación y por ello resultan menos aptos para la producción agropecuaria; son ejemplos de ello los suelos salinos, los fuertemente ácidos, los arenosos, los superficiales, los lateríticos, los compactados, los hidromórficos, las arcillas expansibles y las laderas de pendiente pronunciada, entre otros.

³⁶ DAWSON, J.O.1990. Interaction among Actinorhizal and associated plant species. En: The Biology of Frankia and Actinorhizal Plants. Schwintzer C. R. & J. D. Tjepkema, Ed. cademic Press, San Diego, pp 299-316.

³⁷ WERNER, Op. cit., p. 278.

³⁸ KANNINEN, M. 2001. Sistemas silvopastoriles y almacenamiento de carbono: Potencial para América latina. Conferencia electrónica en potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. FAO.

En este sentido Botero³⁹ destaca la importancia del papel de los árboles y arbustos forrajeros en la rehabilitación de suelos afectados por erosión, por limitaciones físicas y químicas y por otras formas de degradación, existen infinidad de especies con aptitud para establecerse en suelos degradados lo cual representa un alto valor económico e invaluable valor ecológico.

La presencia de variados tipos y calidades de forrajes según Provenza:

Permite a los animales variar su dieta y de esta manera poder balancear su dieta de acuerdo a sus requerimientos y potencial, que se puede reflejar en mayor nivel de producción. Esta posibilidad de seleccionar la dieta adecuada no existe en los monocultivos de gramíneas. El término "ecología nutricional" se sugiere para referirse a este esfuerzo de proporcionar el tipo o la variedad de forraje y/o alimento que permita al animal en cuestión variar por sí mismo su dieta respondiendo a estímulos metabólicos de retroalimentación⁴⁰.

De otra parte, Young⁴¹ argumenta que el micro-clima que se crea bajo los árboles beneficia también a los animales que se mantienen más frescos a la media sombra que bajo el fuerte sol tropical. Aunque en las condiciones de pastoreo en praderas artificiales, los bovinos tienden a pastar preferiblemente en las horas más frescas, ciertamente su consumo se ve limitado tanto por razones de regulación del balance térmico como por restricciones del horario de pastoreo. En el ganado, debido al microclima que se establece bajo los árboles, se reduce la pérdida de energía destinada a la regulación térmica y reduce el consumo de agua, lo que en condiciones extremas permite aumentar la eficiencia de conversión de los alimentos.

La presencia de árboles afecta la dinámica del agua de varias formas: actuando como barreras, las cuales controlan la escorrentía; como cobertura, la cual reduce el impacto de gota, y como mejoradores del suelo, incrementando la infiltración y la retención de agua.

En este orden de ideas Rhoades afirma que:

Pasturas bien manejadas con bajas presiones de carga animal, lo cual mantiene una buena cobertura a través del año son muy eficientes en la captación de agua. Los bosques de galería en las riveras de corrientes de aguas naturales y artificiales o parches de bosque en las pendientes, mejoran la infiltración de agua dentro del suelo, mejoran la estabilidad de los taludes, disminuyendo el riesgo de erosión. Las tasas de evapotranspiración son mas bajas en sistemas de

³⁹ BOTERO, Op. cit., p. 15

⁴⁰ PROVENZA, F.D. 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging rangelands. J. Anim. Sci. 74:2010-2020. Reynolds, S.G. 1995. Pasture-Cattle-Coconut systems. FAO, Rome, 668p.

⁴¹ YOUNG, A. 1997. Agroforestry systems for soil management. 2nd. ed. CAB International, New York, USA. 320 p. Cow at evening / la vaca. Imagen tomada por Ferran, Licencia Creative commons. Algunos derechos reservados.

pasturas sombreadas que en pasturas puras, especialmente donde estas están expuestas a fuertes vientos. Esto conlleva a una mayor humedad del suelo bajo las copas de los árboles comparados a suelos bajo pasturas a campo abierto. A medida que crecen los árboles el impacto positivo sobre la humedad del suelo puede incrementarse⁴².

Por otra parte Ibrahim *et al.*⁴³, aseveran que bajo condiciones climáticas tropicales de precipitaciones con eventos erosivos de alta frecuencia e intensidad, una cuenca hidrográfica sin cobertura vegetal está más expuesta al impacto de gota, lo cual podría causar severos efectos erosivos. Esto puede agravarse cuando las pasturas son sometidas a fuertes presiones de pastoreo (alta carga animal) que exponen el suelo y conducen a la formación de cárcavas, compactación del suelo y por lo tanto a una disminución de las tasas de infiltración y a pérdida de suelo por efecto de la escorrentía. En algunos casos resulta en erosión severa y sedimentación de cuerpos de agua y presas hidroeléctricas.

Un manejo adecuado de las pasturas en el trópico debería incluir la introducción del componente arbóreo, o alternar al menos con fragmentos de bosque en aras de sostener la base productiva para satisfacer las necesidades humanas y simultáneamente conservar su integridad.

Los arbustos y árboles crean un microclima favorable para los animales en pastoreo (sombra, menor radiación y menor temperatura). La intensidad de su sombra depende de la densidad y orientación de los surcos de árboles y del diámetro y estructura de sus copas. Para evitar la sombra refleja, que reduce la eficiencia fotosintética de los forrajes o cultivos de cobertura, las líneas o surcos de especies leñosas deben plantarse en dirección al recorrido del sol -de oriente a occidente-

En este sentido Botero⁴⁴ sostiene que la sombra protege a los animales del calor excesivo causado por la radiación solar directa y les permite mantener su temperatura corporal en un rango confortable. Los cambios en el balance térmico, que se logran con una menor temperatura del aire, comparada con la temperatura corporal del animal, le permiten un mayor consumo de alimento.

⁴² RHOADES C; ECKERT G. and COLEMAN, D. 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: Implications for tropical Montane Forest Restoration. *Restoration ecology* 6 (3): 262 - 270.

⁴³ IBRAHIM, M.; BEER, J.; HARVEY, C.; HARMAND, J.M.; SOMARRABA, E. & JIMÉNEZ F. 2003. Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. *Agroforestería de las Américas*, Vol. 10 No 37- 38. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 80-87

⁴⁴ BOTERO, Op. cit., p. 16

CONCLUSIONES

Aunque en la literatura revisada está explícita la importancia del enfoque medioambientalista en las investigaciones y los sistemas de uso de la tierra, sería interesante llegar a un concepto de Agroforestería en el cual un elemento condicionante sea la protección de los recursos naturales, sin la cual no es posible un rendimiento sostenido de ningún sistema de producción.

La clasificación de los sistemas agroforestales es muy diversa y está relacionada con los componentes que los integran, la estructura en el espacio, el diseño a través del tiempo, los objetivos de producción y las características bioeconómicas y sociales prevalecientes.

En los últimos años los sistemas silvopastoriles han tenido el éxito de ser ampliamente aceptados en muchos países del trópico en especial por su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y socioeconómicas, una flexibilidad de estrategias y prácticas y su orientación directa hacia la solución de problemas.

Las prioridades de investigación en el futuro deberían encaminarse a abordar, con un enfoque sistémico, las relaciones ecológicas, económicas y sociales de los sistemas silvopastoriles, con el objetivo de encontrar métodos alternativos de uso de la tierra que permitan solucionar los problemas de la deforestación, la falta de madera de uso directo y de combustible, la escasez de alimentos agrícolas para la población y su comercialización, la baja fertilidad de los suelos y su alta tasa de erosión, así como otros aspectos sociales entre los que se encuentran el éxodo del campo a la ciudad y la pérdida del sentido de pertenencia hacia la tierra.

BIBLIOGRAFIA

ARÉVALO, Luis. SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES. [On line] [Citado Noviembre 11 de 2008], p.1. Available from World Wide Web: <http://www.fao.org/Ag/agl/agll/rla128/inia/inia-i4/inia-i4-10.htm>

BENAVIDES, Jorge. Arboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Turrialba, Costa Rica. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/agrofor1/bnvdes23.htm>

BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; MOZZER, O.L. 1987. Avaliação agronômica de gramíneas forrageiras sob pastejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira (Br.) 22 (9/10): 1019-1025.

BREWBAKER, J. L., K. B. WILLERS & B. MACKLIN. 1990. Nitrogen fixing trees: validation and prioritization. Nitrogen Fixing Tree Research Report 8: 8-16.

BUDOWSKI, G. 1990. Agroforestería en Costa Rica y su relación con el manejo de suelos. Conferencia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 5 p.

CAMERO, Alberto y IBRAHIM, Muhanunad. Bancos de proteína de Poró (*Eritrina berteroa*) y madero negro (*Gliricydia sepium*) En: Agroforesteria en las Américas. Mo 2 No.8 Oct -Dic 1995 [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/LEAD/X6307S/X6307S00.pdf>

CAMERO, I...A. 1994. Poró y madero negro como suplementos proteicos en la producción de leche. Agroforestería en las Américas. (C.R.) 1(1):6-8.

CARVALHO, Margarida. Asociaciones de pasturas con árboles en la región centro sur del Brasil. Depósito de documentos de la FAO. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6313S/X6313S00.HTM>

DAWSON, J.O.1990. Interaction among Actinorhizal and associated plant species. En: The Biology of Frankia and Actinorhizal Plants. Schwintzer C. R. & J. D. Tjepkema, Ed. cademic Press, San Diego, pp 299-316.

ESPINOZA, Freddy, ARAQUE, César, QUINTANA, Héctor y PERDOMO, Efrén. Efecto del banco de proteína sobre la utilización del pasto estrella (*Cynodon lemfuensis*) en pastoreo con ovinos. En: Zootecnia Trop., 19(Supl. 1): 307-318. 2001 . [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web:

http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zt19S1/texto/freddyes_pinoza.htm

GIL, José, ESPINOZA Yusmary y OBISPO, Néstor. Relaciones Suelo-Planta-Animal en Sistemas Silvopastoriles. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Número 9 septiembre-diciembre 2005. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n9/arti/gil_1/arti/gil_1.htm

GÓMEZ, M, RODRÍGUEZ, L, MURGUEITIO, E. RÍOS, C. MOLINA, C. MOLINA, C. MOLINA, E. Y MOLINA, J. 1995. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación Animal como fuente proteica. CIPAV Cali Colombia.

IBRAHIM, M.; BEER, J.; HARVEY, C.; HARMAND, J.M.; SOMARRABA, E. & JIMÉNEZ F. 2003. Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. Agroforestería de las Américas, Vol. 10 No 37- 38. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 80-87

IGLESIAS, J. y HERNÁNDEZ, D. 2005. Los sistemas silvopastoriles para la producción bovina en Cuba. En: El silvopastoreo. Un nuevo concepto de pastizal. (Ed. L. Simón). Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. p. 161

KANNINEN, M. 2001. Sistemas silvopastoriles y almacenamiento de carbono: Potencial para América latina. Conferencia electrónica en potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. FAO.

MAHECHA, Liliana, ROSALES, Mauricio, DURÁN, Carlos, MOLINA, Carlos, MOLINA, Enrique y URIBE, Fernando. Evaluación del Forraje y los Animales a Través del Año, en un Silvopastoril Conformado por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*, en el Valle del Cauca, Colombia. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Mahecha1.htm>

MARTINEZ, H.A. 1989. El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 79 p.

MAYDELL, H.J. VON. 1984. Los sistemas agroforestales desde el punto de vista forestal. En: Agroforestería. Actas del Seminario. (Eds. J. Heuveldop y J. Lagemann) CATIE. Turrialba, Costa Rica. 112 p.

MEJIA, Carlos. Ganadería Sostenible Doble Propósito A Nivel De Pequeño Y Mediano Campesino. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web: <http://www.cipav.org.co/cipav/resrch/livestk/carlos.htm>

MOLANO, Juan y QUICENO, MARÍA. El papel de las cercas vivas en un sistema agropecuario en el Piedemonte Llanero. Instituto Alexander von Humboldt. . [On line]

[Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web:
<http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4435S/y4435s05.htm>

MONTAGNINI, F. 1992. Sistemas agroforestales- Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales. San José, Costa Rica

PROVENZA, F.D. 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging rangelands. *J. Anim. Sci.* 74:2010-2020. Reynolds, S.G. 1995. Pasture-Cattle-Coconut systems. FAO, Rome, 668p.

RHOADES C; ECKERT G. and COLEMAN, D. 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: Implications for tropical Montane Forest Restoration. *Restoration ecology* 6 (3): 262 - 270

Saravia, A (1985) Un Enfoque de Sistemas para el Desarrollo Agrícola. Capítulo 2, La Teoría General de Sistemas y su Aplicación. IICA, San José, Costa Rica. pp. 35–52.

SOMARRIBA, E. 1998. ¿Qué es agroforestería? En: Apuntes de clase del curso corto Sistemas Agroforestales. (Eds. F. Jiménez y A. Vargas). Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica. p. 3

Spedding, C. R. W (1979) An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 1, The Purposes of Agriculture. Applied Science Publishers, England. pp. 1–14.

TRUJILLO, Enrique. Cercos Vivos con Especies Forestales Son Realmente Productivos. [On line] [Citado noviembre 11 de 2008], Available from World Wide Web:
http://www.revista-mm.com/rev58/forestal_cercos.pdf

WERNER, D. 1992. Symbiosis of plants and microbes. Ed. Chapman & Hall, Cambridge, 389 pp.

YOUNG, A. 1997. Agroforestry systems for soil management. 2nd. ed. CAB International, New York, USA. 320 p. Cow at evening / la vaca. Imagen tomada por Ferran, Licencia Creative commons. Algunos derechos reservados.

ZIMMERMANN, T. 1986. Agroforestry - a last hope for conservation in Haiti? *AGROFORESTRY SYSTEM* 4, (pp. 255-268).