

Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal
Módulo No. 2

Sistemas Silvopastoriles

Segunda edición

Danilo Pezo, Ph.D.

Consultor en Pasturas y Nutrición Animal

Muhammad Ibrahim, Ph.D.

Investigador científico y Líder, Sublínea Sistemas Silvopastoriles
Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales
CATIE

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA CATIE
Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ
Turrialba, Costa Rica
1999

CONTENIDO

Agradecimientos	vii
Presentación	ix
Prefacio	xi
Colección de Módulos de Enseñanza Agroforestal	xiii
Objetivos de Enseñanza del Módulo.....	xiv
Mapa conceptual temático.....	xv
Guía del Módulo	xvii

Sección 1: Conceptos Básicos 1

Tema 1: Generalidades	3
INTRODUCCIÓN	3
¿Qué es un sistema silvopastoril?	4
TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES	5
(Acetatos)	6
Tema 2: Interacciones leñosa perenne - animal	15
INTRODUCCIÓN	15
REGULACIÓN DEL ESTRÉS CLIMÁTICO	15
Sombra y regulación de temperatura corporal	15
Protección contra el viento	16
LAS LEÑOSAS PERENNES COMO RECURSO ALIMENTICIO.....	17
Contenido de nutrimentos	17
Presencia de metabolitos secundarios.....	17
Diversidad genética y calidad nutritiva	18
Leñosas forrajeras como suplemento para el ganado	18
EFECTO DEL RAMONEO SOBRE LAS LEÑOSAS	18
Manejo de la defoliación	18
Posibles daños sobre las leñosas y cómo evitarlos	19
Efectos favorables de los animales en pastoreo	19
(Acetatos)	21
Tema 3: Interacciones leñosa perenne - pastura	37
INTRODUCCIÓN	37
EFECTO DE SOMBRA SOBRE EL ESTRATO HERBÁCEO	37
Producción de fitomasa	37
Cambios morfológicos y fenológicos	38
Calidad nutritiva	39
Factores que modifican el efecto de la sombra	39
OTROS EFECTOS MICROCLIMÁTICOS	
SOBRE EL ESTRATO HERBÁCEO	41
Regulación del estrés térmico	41
Incremento en la humedad relativa	41
Amortiguamiento del estrés hídrico	41
Protección contra el viento	41
Redistribución de la lluvia	42
Alelopatía.....	42
(Acetatos)	43
Tema 4: Interacciones leñosa perenne - suelo.....	63
INTRODUCCIÓN	63
FIJACIÓN DE NITRÓGENO.....	63
¿Cuáles leñosas son capaces de fijar nitrógeno?	63

¿Cuánto nitrógeno atmosférico puede ser fijado?	64
MATERIA ORGÁNICA Y RECICLAJE DE NUTRIMENTOS	64
Vías de reciclaje de nutrientes	64
Bombeo de nutrientes	64
Factores que afectan el reciclaje de nutrientes	65
MEJORA EN LA EFICIENCIA DE USO DE NUTRIMENTOS	65
CONTROL DE LA EROSIÓN	66
Rol de las pasturas	66
Rol de las leñosas	66
(Acetatos)	68
Tema 5: Interacciones animal - pastura	81
INTRODUCCIÓN	81
SELECTIVIDAD	81
Diferencias entre especies animales	81
Intensidad y frecuencia de defoliación	82
PISOTEO	82
Efectos sobre las pasturas y leñosas	82
Compactación del suelo	83
DEPOSICIÓN DE EXCRETAS	83
Contaminación del follaje	83
Reciclaje de nutrientes	83
Diseminación de semillas	84
(Acetatos)	86
Sección 2: Aplicaciones silvopastoriles	97
Tema 6: Cercas vivas	99
¿QUÉ ES UNA CERCA VIVA?	99
¿CÓMO ESTABLECER UNA CERCA VIVA?	99
Especies utilizadas	99
Establecimiento	99
¿CÓMO MANEJAR UNA CERCA VIVA?	100
(Acetatos)	102
Tema 7: Bancos forrajeros	109
¿QUÉ ES UN BANCO FORRAJERO?	109
¿CÓMO ESTABLECER UN BANCO FORRAJERO?	109
Selección de especies	109
¿Dónde establecer el banco forrajero?	110
Arreglo espacial	110
Técnica de siembra	110
¿CÓMO MANEJAR UN BANCO FORRAJERO?	111
Fertilización	111
Defoliación	112
(Acetatos)	116
Tema 8: Pasturas en callejones (“Alley Farming”)	143
¿QUÉ SON PASTURAS EN CALLEJONES?	143
¿CÓMO ESTABLECER UN SISTEMA	
DE PASTURAS EN CALLEJONES?	143
Sistemas manejados bajo corte	143
Sistemas manejados bajo pastoreo/ramoneo	144
Manejo del pastoreo/ramoneo	145
EVALUACIÓN ECONÓMICA	147
(Acetatos)	148

Tema 9: Árboles y arbustos dispersos en potreros.....	165
¿QUÉ SON ÁRBOLES Y ARBUSTOS DISPERSOS EN POTREROS?.....	165
VEGETACIÓN CLIMAX DE ÁRBOLES DISPERSOS	
CON PASTURAS	165
“Caatinga” del Noreste Brasileño.....	165
Los bosques de la Región Chaqueana	166
El “Matorral” del Noreste de México	167
El Prosopis: una leñosa versátil de las áreas semiáridas	167
ÁREAS EN “BARBECHO” MANEJADAS BAJO	
PASTOREO/RAMONEO	168
Leñosas del bosque secundario como alimento para el ganado...168	
Otros efectos del pastoreo/ramoneo en bosques secundarios	169
El “Barbecho Mejorado” como opción silvopastoril.....169	
MANEJO SELECTIVO DE ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS	170
¿Cómo se origina el sistema?	170
¿Por qué mantener o introducir árboles en potreros?	170
Los árboles dispersos como fuente de alimento para el ganado...171	
Los animales como dispersores de semilla de las leñosas	171
Protección de las leñosas para evitar daños por los animales	172
(Acetatos)	173
Tema 10: Pastoreo en plantaciones de maderables o frutales	195
¿QUÉ ES PASTOREO EN PLANTACIONES?	195
LA GANADERÍA COMO COMPLEMENTO	
A LA ACTIVIDAD FORESTAL	195
Ventajas	195
Desventajas	196
LA ACTIVIDAD FORESTAL COMO COMPLEMENTO	
DE LA GANADERÍA	196
INTERACCIONES ENTRE COMPONENTES	
EN EL SISTEMA DE PASTOREO EN PLANTACIONES	197
Sombreamiento del estrato herbáceo	197
Economía de agua	198
¿Competencia o complementariedad en la nutrición mineral?.....199	
Caída de hojas y ramas.....200	
LAS PASTURAS COMO COBERTURAS ÚTILES	200
Función de los cultivos de cobertura	201
Beneficios de la incorporación de animales en plantaciones.....201	
Los animales pueden provocar daños sobre las leñosas.....201	
¿Cómo prevenir los daños ejercidos por los	
animales sobre las leñosas?.....202	
(Acetatos)	203
Tema 11: Otros sistemas silvopastoriles	225
BARRERAS VIVAS	225
Barreras vivas: ¿Una opción silvopastoril? [Acetato 1]	225
¿Cómo diseñar una barrera viva?	225
CORTINAS ROMPEVIENTOS	226
Cortinas rompevientos: ¿Una opción silvopastoril?	226
¿Cómo diseñar una cortina rompevientos?	227
¿Qué consideraciones tener para el manejo	
de las cortinas rompevientos?	227
¿Qué especies se usan para cortinas rompevientos?	227
(Acetatos)	229

Sección 3: Ejercicios de comprobación de aprendizaje y prácticas de campo	245
Tema 12: Ejercicios de comprobación de aprendizaje	247
Preguntas.....	247
Respuestas.....	249
Tema 13: Prácticas de campo	255
Práctica de campo No. 1.....	255
Práctica de campo No. 2.....	258
Práctica de campo No. 3.....	260
Práctica de campo No. 4.....	262
Práctica de campo No. 5.....	262
Literatura citada	264



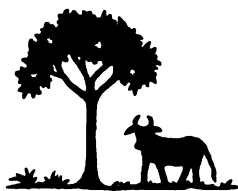
AGRADECIMIENTOS

Muchas personas han contribuido a la elaboración de la serie de "Módulos de Enseñanza Agroforestal" en general, y a la segunda edición de este módulo en particular. Primero debemos agradecer a todos los colegas del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ y del "Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales" (ACSAF) por su motivación y apoyo permanente en la elaboración de la segunda edición de este módulo. El Dr. Edgar Köpsell impulsó y el Lic. Gustavo Calvo facilitó la publicación del módulo en la presente forma. Todas las mejoras que se incluyen en la presente edición son el fruto de los comentarios y sugerencias de muchas personas, entre las que podemos destacar a los revisores técnicos de la primera edición, M.Sc. Johnny Montenegro y M.Sc. Alberto Camero, y a los participantes del curso "Desarrollo y aplicaciones de sistemas agroforestales de 1998". Además agradecemos los aportes de diferentes participantes en los cursos de capacitación en el tema, realizados a lo largo de Centro América en los últimos dos años. A todos los participantes e instituciones que promovieron y organizaron los eventos relacionados al tema que contribuyeron a la mejora del material presentado aquí. También agradecemos a muchas personas individuales e instituciones que por ser tan numerosas no nos es posible mencionarlas aquí. Finalmente agradecemos al Dr. Francisco Jiménez por la edición de este documento, a la Srta. Meivis Ortiz por su trabajo de apoyo y a la Sra. Rocío Jiménez por su labor dedicada y eficiente en la diagramación inicial y la posterior corrección realizada en esta segunda edición.

Gracias a todos.

Turrialba, Costa Rica
Octubre 1999

Lic. Gustavo Calvo Domingo
Coordinador Segunda Edición



PRESENTACIÓN

La degradación de los recursos naturales, base de los sistemas de producción agropecuaria y forestal, se ha convertido en una problemática prioritaria en América Latina desde la década de los ochenta. Parte del quehacer del CATIE, para enfrentar y solucionar dicha problemática, ha sido el diseño, la evaluación y la disseminación de sistemas mejorados de producción que incluyen ciencia y tecnología para conservar el ambiente.

Entre estas opciones, destaca la investigación, capacitación y enseñanza sobre sistemas agroforestales, área en la cual el CATIE ha logrado acumular una amplia experiencia y liderazgo regional a través de más de cuatro décadas. Con el fin de disseminar y proyectar las tecnologías y los conocimientos agroforestales generados en el CATIE, nos complace poner a su disposición, la Colección de Módulos de Enseñanza Agroforestal, la cual es el resultado de un esfuerzo conjunto por parte del personal del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ y del Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales (ACSAF) de nuestra Institución.

La Colección ha sido desarrollada con el fin de responder a la sentida necesidad regional de contar con material didáctico de alta calidad, sobre sistemas agroforestales, para utilizarlos en la capacitación y enseñanza de técnicos y de estudiantes de carreras técnicas, en las universidades y escuelas técnicas latinoamericanas.

La formación de recursos humanos, que tengan un impacto directo y duradero en sus países, es una acción prioritaria del CATIE. En este contexto, se espera que la Colección sea una herramienta importante para lograr un mejor entendimiento, y por ende, un uso más frecuente de la agroforestería por parte de capacitadores, docentes, estudiantes y técnicos de proyectos de desarrollo y de extensión.

A largo plazo, la Colección de Módulos de Enseñanza Agroforestal pretende lograr una mejor y más amplia disseminación y adopción de los sistemas agroforestales en América Latina, en el contexto de las opciones sostenibles de producción agropecuaria y forestal. Dicha estrategia representa un ejemplo más de la visión del CATIE de *"Producir conservando y conservar produciendo"*.

Rubén Guevara Moncada
Director General



PREFACIO

El Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, gracias a la cooperación técnica Alemana, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, ha trabajado en investigación y enseñanza agroforestal, en América Central, por más de una década. En su fase actual, el Proyecto se enfoca hacia la disseminación y transferencia del conocimiento agroforestal generado durante estos años. Para cumplir con este objetivo, creó la Colección de Módulos de Enseñanza Agroforestal, con la cual se busca promover y facilitar ampliamente la enseñanza agroforestal en América Latina.

La elaboración de estos Módulos Agroforestales surge de la gran demanda, que existe en la región, de contar con materiales de alta calidad para la capacitación y la enseñanza de esta temática. Como respuesta a esta necesidad, el personal del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ asumió la responsabilidad de coordinar la producción de la Colección en estrecha colaboración con el Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales (ACSAF) del CATIE. Los autores de los diferentes Módulos de la Colección son, principalmente, personal del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ y profesores/investigadores del ACSAF. Además, se incluyen contribuciones de otros reconocidos expertos regionales en el área agroforestal.

El trabajo en equipo de las instituciones y personal mencionados, ha dado fruto con la segunda edición. Esta edición fue probada en toda la región para determinar sus fortalezas y debilidades y así poder producir una edición ajustada a la realidad cambiante. Esperamos que los capacitadores, instructores, docentes, técnicos y estudiantes hagan uso de este material de enseñanza-aprendizaje y nos dejen saber su opinión, comentarios y críticas constructivas, sobre esta segunda edición. Con este proceso de retroalimentación esperamos incorporar las experiencias de los usuarios, para ajustar las ediciones futuras de acuerdo a sus necesidades.

Nos complace poner a la disposición de quienes trabajan en el manejo de los recursos naturales, esta segunda edición. Esperamos que su utilización redunde en una mayor conciencia y en una amplia disseminación de la importancia y utilidad de los sistemas agroforestales en el manejo sostenible de los recursos naturales del trópico Americano.

Turrialba, Costa Rica, octubre de 1999

Dr. Edgar Köpsell
Profesor Inv. Asistente
Líder, Proyecto Agroforestal
CATIE/GTZ

Dr. John Beer
Jefe, Área de Cuencas y
Sistemas Agroforestales, CATIE



Colección de Módulos de Enseñanza Agroforestal

OBJETIVOS

- Contribuir a la difusión de sistemas y tecnologías agroforestales en América Latina, tomando como base el conocimiento generado en el CATIE durante más de cuatro décadas.
- Responder a la necesidad de materiales didácticos de alta calidad sobre agroforestería.
- Lograr un mejor entendimiento de los sistemas agroforestales, desde una perspectiva agroecológica, económica y social.
- Proveer información básica (y en lo posible metodologías y herramientas), para fomentar la enseñanza, difusión e implementación de sistemas agroforestales.

GRUPOS META

Se pretende que los módulos sean utilizados por *capacitadores* nacionales para la formación del personal técnico de proyectos y programas de desarrollo y extensión. Además, se pueden emplear para la enseñanza universitaria.

Beneficiarios directos: *Capacitadores/instructores y profesores universitarios* que utilizarán los módulos como una herramienta para impartir enseñanza en agroforestería.

Beneficiarios indirectos: Todos aquellos que reciban la instrucción por parte de los beneficiarios directos causando así un efecto multiplicador:

- técnicos de instituciones, ONG, proyectos y programas de desarrollo y extensión
- estudiantes universitarios (a nivel de pregrado y maestría).

ESTRUCTURA GENERAL

Los Módulos contienen tres tipos principales de información:

- **Conceptos básicos:** forman la base teórica y presentan una discusión de literatura científica y técnica. Sirven principalmente de instructor para aprender y/o profundizar sobre el tema, y para la enseñanza universitaria.
- **Aplicaciones prácticas:** Contienen metodologías y consideraciones para la implementación de sistemas agroforestales en el campo. Además incluyen estudios de caso y ejemplos de aplicaciones.

- **Apoyo didáctico:** los módulos contienen textos, cuadros y figuras diseñados para ser usados como acetatos o transparencias. Estos pueden ser utilizados como están o ser modificados de acuerdo a las necesidades de cada instructor. También contienen ejercicios para los estudiantes que les sirven como comprobación de aprendizajes y citas bibliográficas donde pueden ampliar sus conocimientos.



Objetivos de Enseñanza del Módulo

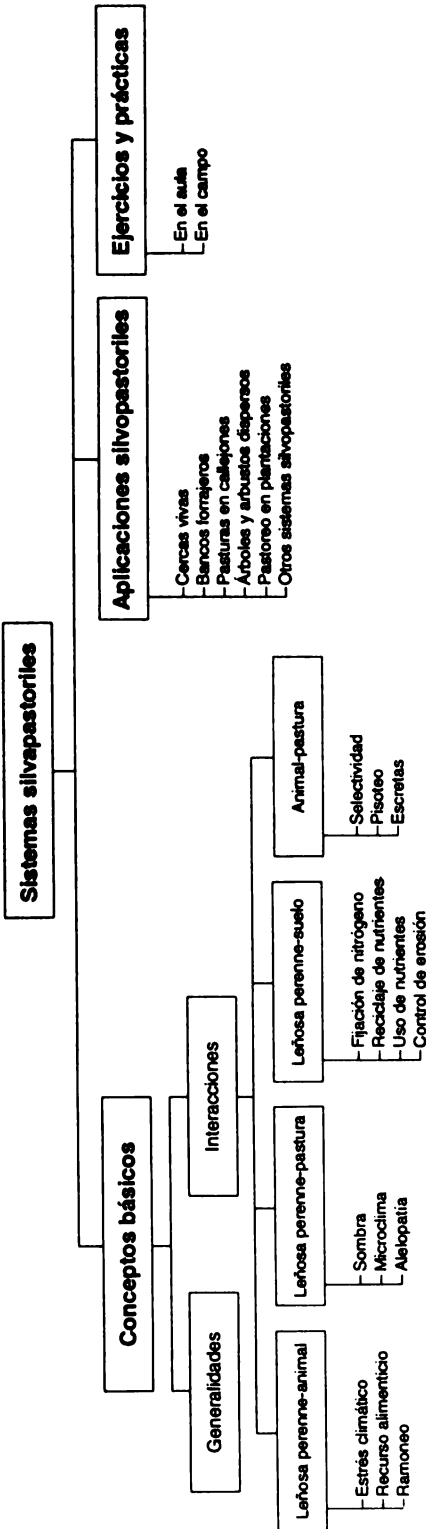
OBJETIVO GENERAL

Analizar los sistemas silvopastoriles en términos de su estructura y función; discutir el potencial y limitaciones para la incorporación de leñosas en los sistemas ganaderos, con énfasis en aquellos predominantes en el trópico de América Latina; y describir las opciones silvopastoriles de uso más común.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el potencial de los sistemas silvopastoriles en el contexto de la dinámica del uso de la tierra y de las políticas agrarias prevalentes en América Tropical.
- Identificar los componentes de los sistemas silvopastoriles y las múltiples manifestaciones de interacción entre ellos.
- Discutir las ventajas y limitaciones de la incorporación de leñosas en los sistemas ganaderos, así como las atribuibles a la presencia de animales en sistemas forestales y frutícolas.
- Identificar especies de leñosas y herbáceas con potencial de uso en diferentes opciones silvopastoriles, y bajo diferentes condiciones ecológicas.
- Proponer alternativas para el manejo racional de los animales, pasturas y leñosas, en las opciones silvopastoriles de uso más común.

Mapa conceptual temático del módulo





Guía del Módulo

DESCRIPCIÓN GENERAL

El módulo “Sistemas Silvopastoriles” consta de tres secciones. En la primera sección se hace una revisión de conceptos que permiten entender la estructura y función de este tipo de sistemas y apreciar la diversidad de opciones para la incorporación de leñosas en sistemas ganaderos. En esta sección luego de definir en qué consiste un Sistema Silvopastoril (Tema 1), para propósitos didácticos se desglosan las interacciones entre componentes, analizando las siguientes: “Leñosas - Animales” (Tema 2), “Leñosas - Pasturas” (Tema 3), “Leñosa - Suelo” (Tema 4) y “Animal - Pastura” (Tema 5). Así mismo, se discuten algunas interacciones que son mediadas por un tercer componente.

En la segunda sección se analizan las opciones más comunes de Sistemas Silvopastoriles, haciendo énfasis en el manejo racional de los componentes. Entre las opciones incluidas en esta sección están las siguientes: “Bancos Forrajeros” (Tema 7), “Pasturas en Callejones” (Tema 8), “Árboles Dispersos en Potreros (Tema 9) y “Pastoreo en Plantaciones de Maderables y Frutales” (Tema 10). Además, se discuten algunas opciones que no son exclusivamente silvopastoriles, como son las “Cercas Vivas” (Tema 6), las “Barreras Vivas” y “Cortinas Rompevientos” (Tema 11), las cuales son tratadas con más profundidad en otros Módulos de esta serie. Sin embargo, hay dos razones que justifican su incorporación en el Módulo “Sistemas Silvopastoriles”:

- a) La posibilidad que el presente Módulo sea utilizado independientemente del resto, en un evento de capacitación específico sobre Sistemas Silvopastoriles.
- b) Las características particulares del manejo y aprovechamiento de las leñosas presentes en dichas opciones, cuando ellas forman parte de sistemas ganaderos.

En la tercera sección se presentan ejercicios de comprobación de aprendizaje y prácticas de campo para ser utilizadas y desarrolladas por los estudiantes en el aula y el campo, respectivamente, ya sea en forma individual o en grupos.



Sección 1

Conceptos Básicos

OBJETIVO GENERAL

Revisar conceptos que permiten entender la estructura y función de los Sistemas Silvopastoriles y apreciar la diversidad de opciones para la incorporación de leñosas en sistemas ganaderos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir los diferentes tipos de Sistemas Silvopastoriles.
2. Definir y describir las relaciones leñosa - animal.
3. Definir y describir las relaciones leñosa - pastura.
4. Definir y describir las relaciones leñosa - suelo.
5. Definir y describir las relaciones leñosa - animal - pastura.

MATERIAL Y EQUIPO:

Proyector de transparencias
Transparencias del módulo
Pizarra

TIEMPO APROXIMADO:

Aula: 10 horas de sesión de aula.



Tema 1

Generalidades

INTRODUCCION

En América Central, el cambio de uso de la tierra más importante que se ha observado durante los últimos cuarenta años ha sido una fuerte reducción de la superficie dedicada a bosques [Acetato 1.1]. Aunque, debe señalarse que en la presente década ha declinado la tasa de deforestación, con respecto a la observada en los setenta y los ochenta (FAO 1994). La mayor parte del área deforestada ha sido dedicada a pasturas, ya sea directamente, o luego de haber sido usada por un tiempo en cultivos anuales. Sin embargo, en los últimos años se ha incrementado el abandono de áreas cubiertas por pasturas, dando paso a los "charrales" o "tacetales"⁽¹⁾, y eventualmente a los bosques secundarios (Kaimowitz 1996).

La reducción de la cobertura boscosa por sí misma ha sido un factor desencadenante del deterioro ambiental, pero el problema se ha visto exacerbado porque más del 50% de las áreas de pasturas se encuentra hoy en franco proceso de degradación (Pezo *et al.* 1992; Holmann *et al.* 1995). Esto es consecuencia de la implementación de prácticas de manejo no racionales (por ej. quemadas, prácticas de labranza inapropiadas, ausencia de coberturas vegetales y de otros métodos de conservación de suelos, manejo ineficaz de la fertilidad del suelo, sobrepastoreo) en muchas de las áreas deforestadas [Acetato 1.2]. Algunas de las expresiones de dicho deterioro son: la pérdida de la biodi-

versidad, la compactación y erosión de los suelos, la ruptura del balance hídrico en las cuencas y el incremento en la emisión de gases que contribuyen al calentamiento global (Serrão y Toledo 1990; Pezo e Ibrahim 1996). [Acetatos 1.3-1.4].

En la presente década, todos los países de la región han incorporado el desarrollo sostenible, la liberalización de los mercados, y la reducción o eliminación de los subsidios como elementos fundamentales en sus políticas agrarias (Riesco 1992). Esto crea un nuevo marco para los sistemas de producción animal [Acetato 1.5], pues estos no sólo deberán incrementar su productividad para responder a las demandas de seguridad alimentaria de una población creciente, sino que tendrán que ser cada vez más compatibles con el uso racional de la base de recursos naturales. Deberán también mejorar su eficiencia en términos reales, para hacerlos más competitivos bajo las condiciones de apertura de mercados y contribuir así al mejoramiento del nivel de vida de las familias rurales (Pezo 1996).

Dentro de este contexto, la incorporación de las leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas de producción ganadera, es una estrategia que responde a los objetivos anteriormente planteados [Acetato 1.6]. Además de su contribución potencial a contrarrestar los impactos ambientales negativos característicos de los sistemas tradicionales, constituye un mecanismo para diversificar

⁽¹⁾ También conocido como "guamil" o "guatal" en otras áreas de América Central, o como "purma" o "capoeira" en la amazonia".

las empresas pecuarias, generar nuevos productos e ingresos adicionales, reducir la dependencia de insumos externos, e intensificar el uso del recurso suelo, sin menoscabo de su potencial productivo a largo plazo.

¿Qué es un sistema silvopastoril?

Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim 1996) [Acetato 1.7]. Si bien a menudo se hace mención de sistemas silvopastoriles en los cuales las leñosas perennes constituyen un recurso alimenticio, no debe interpretarse que un sistema ganadero será silvopastoril sólo cuando los árboles o arbustos presentes cumplen un propósito forrajero.

Los objetivos de incorporar el componente arbóreo o arbustivo en sistemas ganaderos, pueden ser múltiples y muy diversos. Así, en algunos casos puede ser el incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema en el largo plazo, en otros reducir el riesgo a través de la diversificación de salidas del sistema (p. ej. frutas, madera) o atenuar los efectos perjudiciales del estrés climático sobre las plantas y los animales (Russo 1994; Reynolds 1995). Cabe anotar que algunos de estos propósitos también aplican cuando se incorporan animales en sistemas forestales (Stür y Shelton 1991).

En un sistema silvopastoril, la intensidad de las interacciones es mayor cuando los diferentes componentes comparten simultáneamente el mismo terreno; sin embargo, no es necesario que todos los componentes estén presentes en el mismo terreno (Somarriba

1992; Nair 1993), pues las interacciones entre dos de ellos pueden ser mediadas por un tercero.

Un ejemplo del primer caso es cuando se dispone de praderas asociadas de forrajeras herbáceas con leñosas perennes, las cuales son sometidas a la defoliación directa por animales en pastoreo [Acetato 1.8]. En este caso, la magnitud de las interacciones es alta, pues los animales derivan nutrientes de ambos grupos de especies, retornan nutrientes a través de sus excretas, y pueden ejercer eventualmente daños físicos por pisoteo. Además puede haber algún grado de interferencia de la radiación solar por parte del componente leñoso sobre el herbáceo, y aporte de nutrientes entre ambos componentes a través de la mineralización de material senescente.

Un ejemplo del segundo caso, es la presencia de leñosas perennes sembradas como bloque compacto en una parcela, de ella se cosechan el follaje o los frutos, y estos son transportados a otro sector de la finca, donde se suplementan animales mantenidos en estabulación o en pastoreo. Si bien en este caso no se dan todas las interacciones citadas en el ejemplo anterior, se considera que la finca constituye un sistema silvopastoril por que en ella se presentan interacciones entre las leñosas con los animales, y eventualmente con el pasto. Así, las leñosas y el forraje herbáceo le proveen al animal parte de su dieta, los animales depositan excretas en las pasturas, pero éstas contienen productos no digeridos tanto de los pastos, como del follaje o frutos de las leñosas consumidas por los animales. Obviamente, la interacción entre el componente leñoso y los animales sería más intensa si sus excretas fueran retornadas como abono orgánico a las parcelas donde se cultivan los árboles o arbustos forrajeros.

TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

Las combinaciones de leñosas perennes con pasturas y animales se presentan en formas muy diversas, lo que ha generado diferentes tipos de sistemas silvopastoriles. Muchos de ellos forman parte de la "cultura productiva" de los países tropicales (por ej. cercas vivas, árboles en potrero). En algunos casos se evidencia un diseño claramente orientado a obtener un beneficio económico, social o ecológico de las interacciones entre el componente leñoso con las pasturas y animales, mientras que en otros la presencia del componente leñosas puede ser el resultado de procesos de retrogresión en la sucesión natural hacia una vegetación climax de bosque (Brown 1994). Tal es el caso de los charrales o tacotales, aunque esto no quita que los mismos también puedan ser manejados para obtener beneficios similares a los estipulados para los otros sistemas.

Entre las opciones de sistemas silvopastoriles que se pueden encontrar en fincas ganaderas se pueden citar [Acetato 1.9]:

- 1 • Cercas vivas.

- 2 • Bancos forrajeros de leñosas perennes.
- 3 • Leñosas perennes en callejones ("Alley Farming").
- 4 • Árboles y arbustos dispersos en potreros.
- 5 • Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales.
- 6 • Leñosas perennes sembradas como barreras vivas.
- 7 • Cortinas rompevientos.

La decisión sobre cuales de estas opciones se implementarán en una finca determinada, será función de diversos factores, entre los que se citan: los objetivos que tiene el productor con respecto a las leñosas perennes y a las forrajeras; el tamaño de la finca; su localización; topografía; disponibilidad de mano de obra y otros recursos económicos (Pezo e Ibrahim 1996). Por ejemplo, en un estudio efectuado en el Trópico Húmedo de Costa Rica se vio que los pequeños productores (< 20 ha) preferían sembrar árboles frutales en los potreros y maderables en las cercas vivas. A medida que se aumentaba el tamaño de finca sus preferencias fueron por árboles maderables en bosquetes y leguminosas arbóreas como cercas vivas (CATIE 1991).



Cambio de uso de la tierra en América

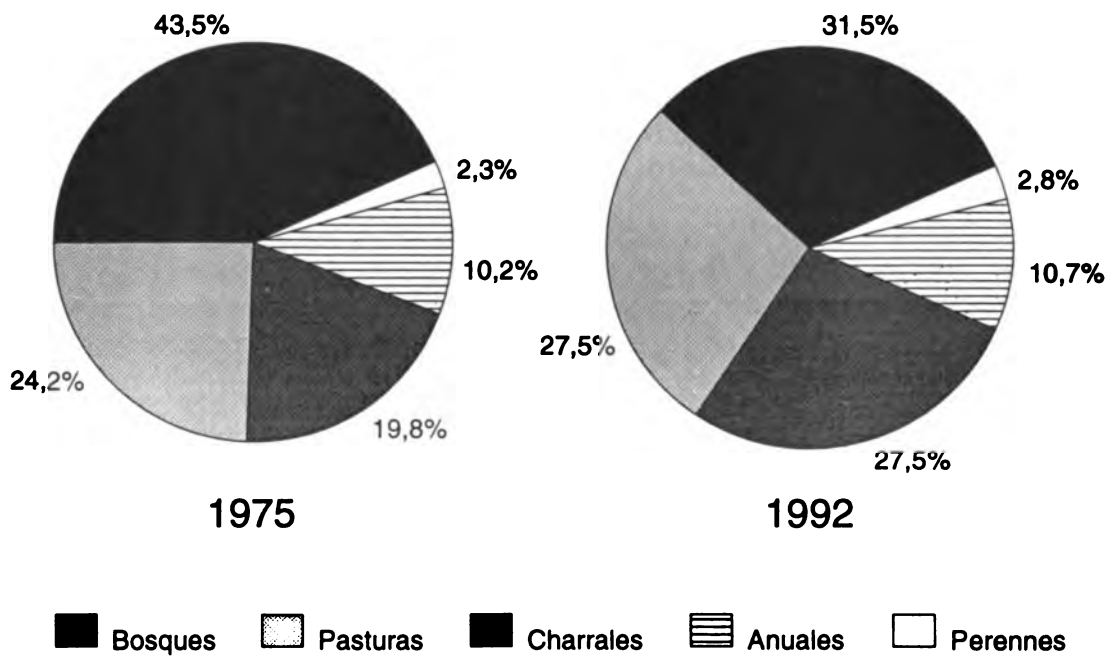


Figura 1. Cambios en el uso de la tierra en América durante el período 1975-1992 (FAO,1994).



DEGRADACIÓN DE PASTURAS:

Un problema real de los sistemas ganaderos en América Tropical

- Más del 50% del área de pasturas está en proceso de degradación.
- Causas de la degradación:
 - Uso de germoplasma no adaptado.
 - Sobrepastoreo y compactación del suelo.
 - Quemadas no controladas.
 - Prácticas de labranza inapropiadas.
 - Ausencia de coberturas vegetales y de métodos de conservación de suelos.
 - Manejo ineficaz de la fertilidad del suelo.



Impactos de la deforestación y la degradación de pasturas

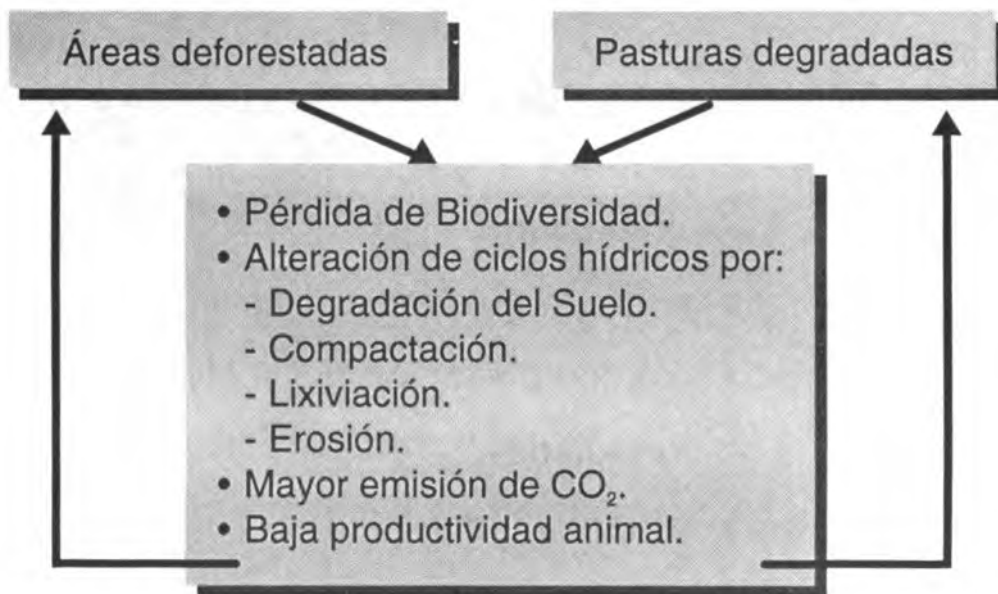


Figura 2. Impactos de la deforestación y la degradación de pasturas sobre el deterioro de la base de recursos naturales.



Indicadores del deterioro ambiental en América Central

- El 0.2% de las especies de animales y/o de plantas que se desarrollan en los bosques desaparecen anualmente por la deforestación (CATIE/UGIAAG 1994).
- El 17% de los suelos de América Central está seriamente erosionado y degradado.
- En Costa Rica, la depreciación del recurso suelo, por la pérdida del suelo o de fertilidad por erosión, equivale al 7.7% del PIB (Valor de la producción total de un país) (Flores 1994).
- La escorrentía anual de suelos en Guatemala varía regularmente entre 5 y 35 tmt/ha, pero se han estimado hasta 270 t/ha en algunas cuencas (Leonard 1987).
- Los niveles de sedimentación resultantes de la erosión de suelos en las partes altas de las cuencas ejercen efectos perjudiciales sobre la vida útil de la mayoría de proyectos hidroeléctricos de la región, pero también reducen la capacidad de carga de los lechos fluviales, incrementando los potenciales de inundación en las zonas bajas.



Cambios requeridos para responder a nuevos enfoques de políticas agrarias

Políticas	Ajustes
<ul style="list-style-type: none">• Sostenibilidad.• Apertura de mercados.• Reducción y/o eliminación de subsidios.	<ul style="list-style-type: none">• Reducción de impactos ambientales negativos.• Incremento de la productividad.• Mejora en la eficiencia biológica y económica.

Figura 3. Cambios requeridos en los sistemas de producción animal para responder a los nuevos enfoques de las políticas agrarias.



SISTEMAS SILVOPASTORILES

Una opción ante la nueva realidad que enfrenta el sector agropecuario

La incorporación de las leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas ganaderos:

- Contribuye a contrarrestar impactos ambientales negativos propios de los sistemas tradicionales.
- Favorece la restauración ecológica de pasturas degradadas.
- Mecanismo para diversificar las empresas pecuarias, generando productos e ingresos adicionales.
- Ayuda a reducir la dependencia de insumos externos.
- Permite intensificar el uso del recurso suelo, sin reducir el potencial productivo a largo plazo.



¿QUÉ ES UN SISTEMA SILVOPASTORIL?

“Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria en donde las leñosas perennes interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral”.



Diagrama de un sistema silvopastoril

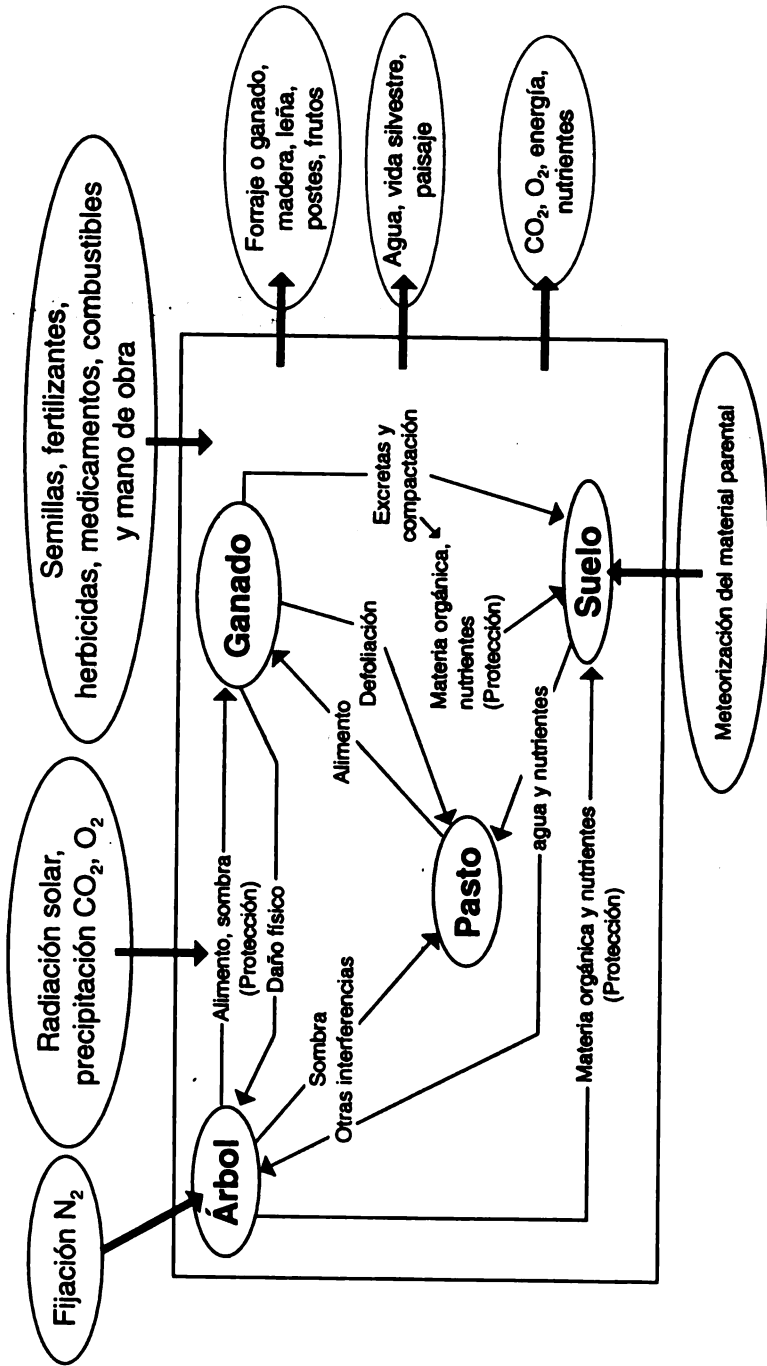


Figura 4. Diagrama simplificado de un sistema silvopastoril (Adaptado de Bronstein 1984).



Tipos de sistemas silvopastoriles

- Cercas vivas.
- Bancos forrajeros de leñosas perennes.
- Leñosas perennes en callejones (“Alley Farming”).
- Arboles y arbustos dispersos en potreros.
- Pastoreo en plantaciones árboles de maderables o frutales.
- Cortinas rompevientos.



Tema 2

Interacciones leñosa perenne - animal

INTRODUCCIÓN

Las interacciones entre las leñosas perennes y los animales pueden ser directas o mediadas a través del suelo y las pasturas. Entre las directas se pueden citar la protección contra las inclemencias del clima que pueden ejercer los árboles o arbustos sobre los animales, y el aporte de nutrientes a la dieta del animal mediante la provisión de fitomasa comestible (por ej. follaje, hojarasca, frutos, e incluso corteza) [Acetato 2.1]. Por su parte, el ganado puede ejercer efectos perjudiciales sobre los árboles y arbustos, especialmente en sus estadios juveniles; provocándoles daños físicos al rascarse en los tallos, raspar la corteza o incluso al cosechar intensamente los nuevos brotes. Todo esto puede resultar eventualmente en una alta tasa de mortalidad.

Entre las interacciones mediadas por el suelo, se citan la provisión de nutrientes, vía las excretas que depositan los animales y el efecto de compactación por pisoteo, el cual puede afectar perjudicialmente el crecimiento de las leñosas. Por otro lado, la protección de las leñosas contra el viento, los excesos de temperatura y de radiación pueden ejercer también efectos sobre el crecimiento y la calidad del forraje cosechado por los animales en pastoreo [Acetato 2.2].

REGULACIÓN DEL ESTRÉS CLIMÁTICO

La presencia de leñosas perennes en sistemas ganaderos puede contribuir de manera directa a la productividad del sistema, regulando o contrarrestando la intensidad de factores climáticos adversos para el animal, e indirectamente creando un microclima que favorece el crecimiento y la calidad de las pasturas que los animales consumen (Torres 1987).

Sombra y regulación de la temperatura corporal

En condiciones tropicales se ha observado que la temperatura bajo la copa de los árboles es en promedio 2 a 3 °C por debajo de la observada en áreas abiertas (Wilson y Ludlow 1991) [Acetato 2.3]; bajo condiciones específicas de sitio se han detectado diferencias de hasta 9.5 °C (Reynolds 1995). Además, los árboles interfieren parcialmente el paso de la radiación solar hacia la superficie corporal del animal, aliviando su contribución potencial al incremento en la carga calórica del animal (Weston 1982). Además se dan otros efectos perjudiciales potenciales, como son el cáncer de piel y desórdenes de fotosensibilidad (Djimde et al. 1989).

La reducción de temperatura causada por la sombra de los árboles, aunque sea de 2 a 3 °C, es extremadamente importante cuando la temperatura ambiental sobrepasa el límite superior del "área de confort" o "zona de

termoneutralidad” [Acetato 2.4]. Fuera de esos límites fallan los mecanismos de pérdida o emisión de calor que poseen los animales “homeotermos”, resultando en una elevación de la temperatura corporal, con sus consecuencias sobre la productividad animal (Djimde *et al.* 1989). Cualquier baja en la temperatura ambiente favorece la eliminación de calor por evaporación [Acetato 2.5], y por ende la reducción de la carga calórica del animal. Adicionalmente, la eliminación de calor se favorece por el viento y la ingestión de agua (Davison *et al.* 1988; Cowan *et al.* 1993).

Varios autores han postulado que la sombra artificial (Robinson 1983; Evans y Rombold 1984; Davison *et al.* 1988) y aquella provista por los árboles (Daly 1984; Roberts 1984; Djimde *et al.* 1989) contribuyen a reducir la temperatura ambiental, lo cual tiene implicaciones directas sobre el comportamiento animal [Acetato 2.6], su productividad, comportamiento reproductivo y la sobrevivencia de los animales. A la vez, tiene efectos indirectos a través de la provisión de alimentos, así como sobre la presencia de parásitos y de vectores que diseminan enfermedades (Djimde *et al.* 1989).

En términos generales, la contribución de los árboles en la prevención o reducción del estrés de calor, es mayor a medida que se eleva la temperatura ambiental y cuando se trabaja con animales de razas europeas [Acetato 2.6], como Holstein, Jersey o Pardo Suizo, cuya zona de termoneutralidad está entre 5 y 20 °C (Cowan *et al.* 1993). Sin embargo, debe notarse que no siempre se han detectado efectos positivos de la sombra de los árboles sobre la productividad animal en clima caliente (Torres 1987; Reynolds 1995), pero en todos los casos hubo una mejora en el comportamiento de pastoreo de los animales.

Entre los efectos benéficos frecuentemente

atribuidos al papel de la sombra como reguladora del estrés calórico, sobre el comportamiento y productividad de los animales en pastoreo, se citan los siguientes [Acetato 2.7]:

- Más tiempo dedicado a pastorear y rumiar.
- Mayor consumo de alimentos.
- Disminución en los requerimientos de agua de los animales.
- Incremento en la eficiencia de conversión alimenticia.
- Mejora en la ganancia de peso, en la producción de leche y en los rendimientos de lana (independientemente de la cantidad y calidad del alimento disponible).
- Mejoras en el comportamiento reproductivo del hato o el rebaño, debido a una pubertad más temprana (consecuencia de mejores tasas de crecimiento en los animales jóvenes), mayor fertilidad (más alta tasa de concepción), más regularidad en la ciclicidad del estro, alargamiento de la vida reproductiva útil, reducción en las pérdidas embrionarias, mejora en la libido, y reducción en la proporción machos/hembras requerida para mantener un nivel adecuado de fertilidad en el hato.
- Reducción en la tasa de mortalidad de animales jóvenes (terneros, corderos) debido a: mejor condición y mayor producción de leche de las madres, menores dificultades al parto, mejoras en el peso al nacimiento.

Protección contra el viento

El efecto directo de las leñosas como protectoras del animal contra el viento quizás sea más relevante en áreas frías [Acetato 2.8], donde la temperatura ambiental se encuentra por debajo del límite inferior de la zona de termoneutralidad, por lo que el animal tiene que sacrificar parte de la energía que podría ser utilizada para propósitos productivos, y la usa para contrarrestar el frío y mantener su temperatura corporal (Cañas y Aguilar 1992). En los climas fríos, el efecto

protector de las cortinas rompevientos no sólo se manifiesta en mejoras en la productividad, sino lo que es más importante, en la sobrevivencia de los animales (especialmente los jóvenes), al disminuir la incidencia de neumonías (Alexander *et al.* 1980; Djimde *et al.* 1989).

LAS LEÑOSAS PERENNES COMO RECURSO ALIMENTICIO

América Central es un área privilegiada en cuanto a la diversidad biológica de leñosas perennes con potencial forrajero (Benavides *et al.* 1992) [Acetato 2.9]. Sin embargo, es hasta hace poco más de una década que en esta región se hace un esfuerzo para el estudio sistemático de la calidad nutritiva, el manejo agronómico y el potencial de incorporación de estos forrajes en la dieta de los animales, como una forma de intensificación de la producción animal basada en forrajes (Pezo *et al.* 1990; Benavides 1994).

El follaje, frutos e incluso la corteza de muchas leñosas perennes constituyen parte importante de la dieta de los animales en su hábitat natural (Van Soest 1982). Tradicionalmente, los árboles y arbustos han provisto de forrajes a los animales domésticos en diversos ecosistemas (Norton 1994b). Quizás han tomado más importancia en los ecosistemas semiáridos y subhúmedos, donde hacen una mayor contribución a la dieta durante el período seco, cuando los animales son manejados bajo pastoreo/ramoneo (Torres 1987).

Contenido de nutrimentos

En términos generales, la biomasa comestible de las leñosas perennes, en especial de las leguminosas, es rica en proteína cruda (PC), vitaminas y la mayoría de minerales, excepto el sodio (Pezo *et al.* 1990; Escobar *et al.* 1996) [Acetato 2.10]. Estos conteni-

dos pueden variar con la época del año, pero la magnitud de los cambios estacionales son bastante menores a los detectados en gramíneas, por lo que las diferencias se hacen más marcadas en el período seco (Torres 1987).

Quizás el alto contenido de proteína cruda ha sido el atributo que más se ha destacado en el follaje de las leñosas perennes, especialmente cuando se trata de leguminosas. Sin embargo, análisis detallados de la fracción proteica en *Erythrina* spp. y *Gliricidia sepium* han mostrado que el 75% está constituida por compuestos de nitrógeno no proteico (Kass *et al.* 1993a) [Acetato 2.11], lo cual puede resultar una limitante para su uso en monogástricos, pero no en rumiantes. Así mismo, una buena proporción de su nitrógeno insoluble está ligado a la fibra detergente ácido, por lo tanto es de baja disponibilidad para los animales que los consumen. Estas características pueden ser aplicables también al follaje de muchas otras leñosas perennes.

Presencia de metabolitos secundarios

La disponibilidad energética del follaje en muchas especies arbóreas y arbustivas es similar o superior a la observada en gramíneas tropicales (Torres 1987; Benavides 1994; Escobar *et al.* 1996). Sin embargo, algunas muestran una degradabilidad ruminal baja, por poseer altos contenidos de taninos, por ejemplo *Calliandra calothyrsus* (Valerio 1994). Adicionalmente a los taninos, en algunos de estos follajes pueden encontrarse otros metabolitos secundarios con efectos perjudiciales sobre la digestibilidad, el consumo y el comportamiento animal [Acetato 2.12]. Es conocido el caso de la mimosina en *Leucaena*, eritroidinas en el género *Erythrina*, cumarinas en *Gliricidia sepium*, saponinas en *Sesbania sesban*, y oxalatos en algunas especies de *Acacia* (Norton 1994a).

Diversidad genética y calidad nutritiva

Cuando se habla de leñosas perennes con potencial forrajero, con frecuencia se acepta que hay diferencias entre especies en cuanto a sus características morfológicas, agronómicas e incluso de valor nutritivo. Sin embargo, con frecuencia se ignora que puede existir también variabilidad entre genotipos de una misma especie [Acetato 2.13]. Con respecto a esta diversidad genética en atributos de valor nutritivo, diversos estudios han demostrado diferencias importantes entre genotipos del género *Erythrina* en el contenido de proteína cruda y la digestibilidad (Kass *et al.* 1993a), así como en el contenido de alcaloides (Payne 1993). Por otro lado, se han detectado diferencias entre ecotipos de *Leucaena leucocephala* en cuanto al contenido de mimosina (Hauad-Marroquín y Foroughbackhch 1991) y entre procedencias de *Gliricidia sepium* en su contenido de cumarinas y el consumo (Ruiz 1992). Por ello, antes de hacer recomendaciones generales sobre el uso de estas especies, es fundamental buscar información local entre técnicos y finqueros sobre la palatabilidad de los genotipos locales, y de no existir experiencia, al menos deberían efectuarse pruebas de campo sobre su aceptabilidad por los animales.

Leñosas forrajeras como suplemento para el ganado

La magnitud de la respuesta al uso del follaje de leñosas perennes está condicionada, entre otros factores, por la calidad de la dieta base, la cantidad consumida, la condición corporal y el estado fisiológico de los animales que lo consumen (Norton 1994b) [Acetato 2.14].

En el caso de dietas típicas del período seco, basadas en el uso de forrajes maduros o residuos de cosecha (caracterizados por altos niveles de fibra y muy pobres contenidos de proteína cruda), la suplementación con estos

follajes permite incrementar el consumo de forrajes (Escobar *et al.* 1996), evitar la pérdida de peso, o incluso, lograr ganancias de peso (Norton 1994b). Además, se pueden obtener niveles aceptables de producción de leche, sin que las vacas tengan que hacer uso de sus reservas corporales (Camero *et al.* 1993).

En contraste, cuando el forraje base no presenta limitaciones proteicas (>7.5% PC), como es el caso de las pasturas durante el período de lluvias, los aumentos observados en la producción de leche por vaca han sido inferiores al 20% (Kass *et al.* 1993b). Sin embargo, un efecto substitutivo parcial sobre el consumo de pasto puede redundar en incrementos en la carga animal (vacas/ha) mantenida por las pasturas, y por ende, en una mayor producción por hectárea. Si el follaje de la leñosa perenne es de digestibilidad alta, como es el caso de la morera (*Morus sp.*), el efecto aditivo de la suplementación puede ser más marcado (Oviedo 1995). Lo mismo ocurrirá si también se incluyen suplementos energéticos como la melaza, pulidura de arroz, banano o granos (Kass *et al.* 1993b).

EFFECTO DEL RAMONEO SOBRE LAS LEÑOSAS

En los sistemas silvopastoriles en que los animales tienen acceso directo a las áreas donde se encuentran leñosas perennes palatables para el ganado, los animales consumen sus hojas y frutos. Sin embargo, independientemente de si las leñosas son comestibles o no, los animales son fuentes potenciales de daño para las leñosas, si es que raspan la corteza, se rascan en el tronco, cosechan los nuevos brotes o pisotean plántulas recién emergidas.

Manejo de la defoliación

En sistemas que involucran árboles forrajeros, la respuesta a la defoliación práctica-

mente sigue los mismos principios que regulan el uso racional de las pasturas. Así, es recomendable dejar área foliar remanente luego de una defoliación, ya que esto ayudará a prevenir que se haga un uso muy intenso de las reservas orgánicas durante el rebrote. Esto puede resultar en la pérdida de las plantas si se mantiene en defoliaciones sucesivas (Stur *et al.* 1994) **[Acetato 2.15]**. Por ello, en caso de que se use una intensidad de defoliación muy fuerte (poca o ninguna área foliar residual), deberá alargarse el intervalo entre ciclos de uso, para permitir que se restituyan las reservas utilizadas durante el rebrote (Mochiutti 1995). Además, debe señalarse que el primer corte o defoliación debe diferirse hasta que los tallos hayan alcanzado una altura de 1.0 a 1.5 m, pues ello favorecerá el engrosamiento de tallos, la acumulación de reservas y un desarrollo radicular vigoroso (Ella *et al.* 1991).

Posibles daños sobre las leñosas y cómo evitarlos

El daño de los animales por consumo de follaje y raspado de la corteza en árboles y arbustos que no tienen propósitos forrajeros es más frecuente con caprinos, pero puede ocurrir también con bovinos y ovinos (Stur y Shelton 1991b). Estos daños son más críticos en los estadíos juveniles de las leñosas, en los cuales es posible que el punto de crecimiento (meristemo apical) sea fácilmente consumido por estar al alcance de los animales (<2.0 m), y que el fuste no haya engrosado lo suficiente como para resistir la presión de los animales al rascarse (Chee y Faiz 1991; Reynolds 1995).

En sistemas silvopastoriles que incluyen árboles maderables o frutales, se han sugerido diferentes formas de protección para prevenir las pérdidas ocasionadas por la acción de los animales en pastoreo **[Acetato 2.16]**.

Estas incluyen entre otras prácticas, el manejo del pastoreo, el uso de repelentes y la protección mecánica. En cuanto al manejo del pastoreo en este tipo de sistemas silvopastoriles, frecuentemente se ha propuesto diferir el ingreso de los animales hasta que los árboles hayan alcanzado una altura tal que les permitan evitar daños potenciales por defoliación de los meristemos apicales (Whiteman 1980), lo cual en la mayoría de casos con especies tropicales de rápido crecimiento va a significar al menos los dos primeros años de la plantación. Además, se ha sugerido que en los primeros dos años de pastoreo se usen ovinos, y después de ese período se ingresen los bovinos al sistema (Lane 1981). Adicionalmente, el mantener un balance adecuado entre la disponibilidad de forraje y la carga animal ayudará a prevenir mayores daños por defoliación.

Una alternativa de bajo costo que ha mostrado efectividad en prevenir la defoliación de las leñosas en estadíos juveniles, es pintar el fuste con excretas animales frescas ⁽²⁾ (Payne 1985). También el uso de protectores mecánicos como son las cercas individuales, el alambre de púas y los sostenedores han demostrado efectividad en incrementar la sobrevivencia de los árboles (CATIE 1991), pero pueden resultar muy costosos en plantaciones de alta densidad (Pearson *et al.* 1990). Su uso quizás pueda justificarse en sistemas de árboles dispersos en potreros, cuando se trabaja con especies de alto valor comercial o cuando el propósito es la conservación de especies (Holmann *et al.* 1992).

Efectos favorables de los animales en pastoreo

La presencia de los animales en sistemas silvopastoriles también puede ejercer efectos favorables sobre las leñosas perennes, pues el consumo de los frutos puede constituirse

⁽²⁾ Conocida comunmente como "boñiga".

en un mecanismo efectivo de dispersión de semillas (Somarriba 1985), siempre y cuando éstas no sean destruidas en el proceso de masticación o por la acción de ácidos y jugos gástricos. Por otro lado, cuando los animales cosechan la vegetación herbácea están consumiendo un material potencial-

mente combustible, disminuyendo de esta manera el riesgo de incendios (Couto *et al.* 1994). Además, es una forma de reducir costos (Tajuddin *et al.* 1991; Couto *et al.* 1994), pues en el manejo normal de plantaciones se hace necesario controlar la competencia ejercida por plantas invasoras.



Interacciones leñosas - animales

Efectos directos

Leñosa sobre animal:

- Protección:
 - Sombra.
 - Rompeviento.
- Fuente de alimentos

Animal sobre leñosas:

- Daño físico:
 - Raspado de corteza.
 - Consumo de yemas.
 - Quiebra de ramas.



Interacciones leñosas - animales

Efectos indirectos

Mediados por el suelo:

- Reciclaje de nutrimentos (excretas animales).
- Compactación por pisoteo.

Mediados por el pasto:

- Modificación del rendimiento y calidad del forraje consumido, a través de la:
 - Protección contra el viento.
 - Prevención de excesos de temperatura y radiación.

Sombra y regulación de temperatura

- Bajo los árboles, la temperatura es 2 -3 °C menor que a plena exposición.
- La baja en temperatura favorece la disipación de calor por evaporación.
- El efecto de la sombra para contrarrestar los excesos de temperatura es importante cuando:
 - La temperatura ambiente está cerca del límite de la zona de termoneutralidad.
 - Se trabaja con ganado no adaptado al trópico.
 - Los animales poseen un alto potencial genético para la producción de leche o la ganancia de peso.
- Adicionalmente, la sombra *per se* contribuye a:
 - Reducir la carga calórica absorbida por el animal.
 - Disminuir la incidencia de cáncer en la piel y otros desórdenes de fotosensibilidad.



Rangos de adaptación de los animales a la temperatura

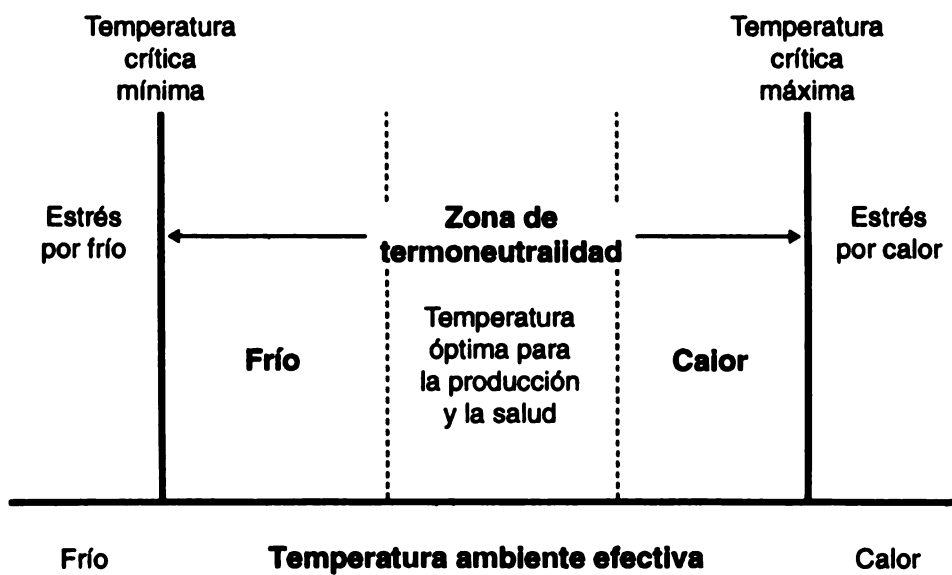


Figura 1. Representación esquemática de los rangos de adaptación de los animales a la temperatura ambiente.



CONTROL DEL ESTRÉS CLIMÁTICO

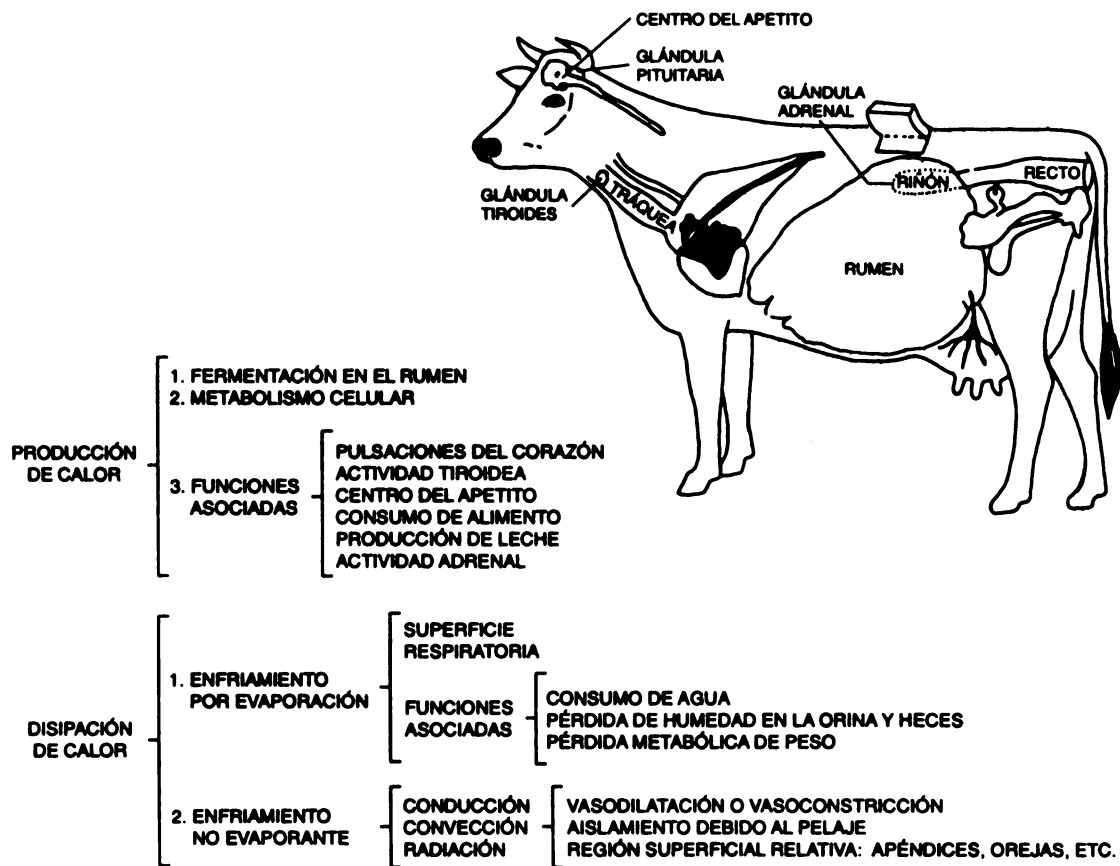


Figura 2. Principales fuentes de producción de calor y vías para la disipación del mismo.

Fuente: Hafez, E.S.E. (1973).



Interacciones leñosa perenne - animal

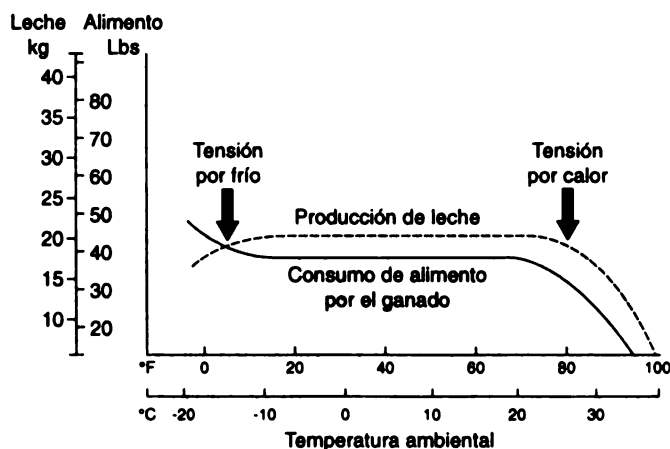


Figura 3. Efecto de la temperatura ambiente sobre la producción de leche y el consumo de alimentos.

Fuente: Hafez, 1973.

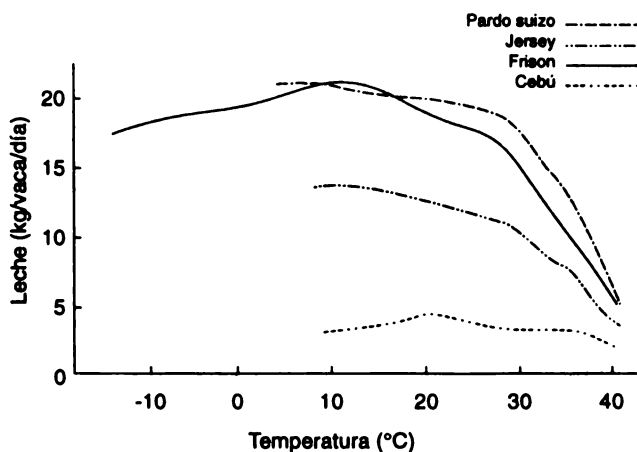


Figura 4. Producción de leche en vacas lactantes de diferentes razas, sometidas al estrés de temperatura.

Fuente: Hafez, 1973.



Efectos benéficos de la sombra

Comportamiento ingestivo:

- Más tiempo dedicado a pastorear y rumiar.
- Mayor consumo de alimentos.
- Disminución en los requerimientos de agua.

Producción:

- Incremento en la eficiencia de conversión alimenticia.
- Mejoras en la ganancia de peso, producción de leche y rendimiento de lana.

Reproducción:

- Pubertad más temprana.
- Mayor regularidad en los ciclos estrales.
- Mejora en la libido.
- Mayor calidad del semen.
- Tasa de concepción más alta.
- Menos pérdidas embrionarias.

Sobrevivencia:

- Reducción en la tasa de mortalidad de animales jóvenes por:
 - Mejor condición corporal y mayor producción de leche.
 - Menos dificultades al parto.
 - Mayor peso al nacimiento.
- Mejora en la respuesta inmunológica a enfermedades.
- Alargamiento de la vida reproductiva útil.



Efecto protector contra el viento

Resulta en:

- Mayor consumo de alimentos.
- El animal no necesita utilizar energía para contrarrestar el frío y mantener su temperatura corporal.
- Mayores niveles de productividad animal.
- Mejora en la sobrevivencia de animales jóvenes, al reducirse la incidencia de neumonías.

Este efecto es más relevante en condiciones de frío.



Las leñosas perennes como recursos alimenticios para el ganado

- En América Central existe una alta diversidad biológica de leñosas perennes con potencial forrajero.
- El follaje, frutos e incluso la corteza de muchas leñosas perennes constituyen parte importante de la dieta de los animales en su hábitat natural.
- Los árboles y arbustos hacen una contribución importante a la dieta de los animales, especialmente durante el período seco.
- La biomasa comestible de las leñosas perennes, en especial de las leguminosas, es rica en proteína cruda, vitaminas y la mayoría de minerales, excepto el sodio.
- Las variaciones estacionales en el contenido de nutrimentos de las leñosas tienden a ser menores que los detectados en gramíneas.



Cuadro 1. Contenido de proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) en los follajes de algunas leñosas perennes⁽¹⁾.

Nombre científico	PC (%)	DIVMS (%)
<i>Erythrina poeppigiana</i>	24.2	51.4
<i>Glicidia sepium</i>	24.8	62.2
<i>Leucaena leucocephala</i>	22.0	52.7
<i>Pithecelobium dulce</i>	24.1	59.6
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	21.7	68.8
<i>Morus spp.</i>	24.2	79.3
<i>Cnidocolus acutifolium</i>	41.7	84.4
<i>Sambucus mexicana</i>	24.3	75.8
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	19.9	71.2
<i>Verbesina myriocephala</i>	20.3	69.8
<i>Verbesina turbacensis</i>	20.2	68.4
<i>Dyphisa robinoides</i>	26.9	69.8
<i>Malvaviscus arboreus</i>	21.0	68.3
<i>Cestrum baenitzii</i>	37.1	65.8
<i>Spondias purpurea</i>	16.5	56.6
<i>Guazuma ulmifolia</i>	15.6	54.1
<i>Cecropia peltata</i>	19.8	51.7
<i>Brosimum alicastrum</i>	16.1	59.0
<i>Cassia siamea</i>	13.9	60.6
<i>Acacia angustissima</i>	19.9	23.2 ⁽²⁾
<i>Albizia falcataria</i>	20.3	42.4
<i>Calliandra calothyrsus</i>	20.2	21.0 ⁽²⁾
<i>Inga spp.</i>	21.8	23.2 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Adaptado de: Valerio (1990), Benavides *et al.* (1992) y Araya *et al.* (1994).

⁽²⁾ Especies altas en taninos, las cuales contribuyen a que se subestime su digestibilidad cuando se utiliza la técnica de *in vitro*.



Cuadro 2. Fracciones nitrogenadas identificadas en diferentes porciones de la biomasa comestible en madero negro (*Gliricidia sepium*) y poró (*Erythrina poeppigiana*) podados cada tres meses.

Fracción (%)	<i>G. sepium</i>	<i>E. poeppigiana</i>
Proteína Cruda (PC)		
• Lámina foliar	23.8	26.0
• Peciolo	11.9	9.3
• Tallo verde	20.7	17.8
PC Degradable en rumen		
• Lámina foliar	79.3	67.2
• Peciolo	80.1	78.8
• Tallo verde	86.8	83.9
PC Soluble		
• Lámina foliar	23.6	26.3
• Peciolo	43.7	47.0
• Tallo verde	63.7	67.2



Cuadro 3. Metabolitos secundarios encontrados en algunas leñosas perennes de uso forrajero.

Especie	Porción de la planta	Metabolitos secundarios
<i>Acacia aneura</i>	Hojas	Taninos condensados, oxalatos
<i>Acacia salicina</i>	Hojas, corteza Vainas	Taninos Saponinas
<i>Albizia lebbeck</i>	Flores Hojas Raíz	Varios esteroides Derivados del ácido piperólico Acido equinocístico
<i>Calliandra calothyrsus</i>	Hojas	Taninos condensados
<i>Gliricidia sepium</i>	Hojas Semillas	Pinitol, cumarinas, ácido melilótico, glucósidos cianogénicos, nitratos, taninos condensados Canavanina
<i>Leucaena leucocephala</i>	Hojas	Mimosina, taninos condensados, glicósidos de flavanol
<i>Sesbania sesban</i>	Hojas	Saponinas
<i>Erythrina</i> spp.	Hojas Semillas	Eritroidinas (alcaloides), flavononas de acción fungicida y germicida Eritroidinas, inhibidores de proteasas
<i>Flemingia macrophylla</i>	Hojas	Taninos
<i>Inga</i> spp.	Hojas	Taninos



Diversidad genética y calidad nutritiva

Cuadro 4. Variabilidad en la calidad nutritiva de genotipos de *Erythrina* spp.

Espece	No. de clones	PC (%)	Solubilidad de PC (%)	Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)
<i>E. berteroana</i>	12	22 - 28	28 - 53	42 - 55
<i>E. fusca</i>	7	19 - 25	20 - 49	43 - 47
<i>E. poeppigiana</i>	3	31 - 32	44 - 60	50 - 54
<i>E. costarricense</i>	8	22 - 27	28 - 46	32 - 53
<i>E. cocleata</i>	1	24	35	47
<i>E. lanceolata</i>	1	26	56	50



Las leñosas forrajeras como suplemento para el ganado

- La respuesta al uso del follaje de leñosas perennes como suplemento está condicionada por:
 - El valor nutritivo y la cantidad consumida de la dieta base.
 - La calidad nutritiva del follaje.
 - El uso de otras fuentes de suplementación.
 - La condición corporal y el estado fisiológico de los animales.
 - El potencial genético del animal.
- La respuesta a la suplementación con follajes de árboles, es mayor cuando la dieta base es pobre en nitrógeno fermentable (por ej. henos de baja calidad, residuos de cultivo).
- Bajo las circunstancias anteriores se logran:
 - Incrementos en el consumo de forrajes.
 - Evitar la pérdida de peso, e incluso obtener ganancias.
 - Niveles aceptables de producción de leche, sin que las vacas tengan que hacer uso de sus reservas corporales.



Efecto del ramoneo sobre las leñosas

Manejo de la defoliación

1. Diferir el primer corte o defoliación hasta que los tallos hayan alcanzado una altura de 1.0 a 1.5 m, pues ello favorecerá:
 - el engrosamiento de los tallos;
 - la acumulación de reservas;
 - el desarrollo radicular vigoroso.
2. Dejar algo de área foliar remanente luego de cada defoliación, para prevenir el agotamiento de las reservas orgánicas.
3. Si se utiliza una intensidad de defoliación muy fuerte o se defolian las plantas luego de un período de fuerte pérdida de hojas, es conveniente alargar el intervalo entre ciclos de uso.



¿Cómo proteger las leñosas del daño potencial por animales en pastoreo?

Manejo del pastoreo

- Diferir el ingreso de los animales hasta que los meristemas apicales estén por encima de la altura de cosecha de los animales.
- En los primeros años usar ovinos como consumidores del pasto.
- Ajustar la carga para prevenir el sobrepastoreo.

Uso de repelentes

- Pintar el fuste con excretas frescas para prevenir la defoliación de brotes bajos en estadíos juveniles de los árboles.

Protección mecánica

- El uso de cercas individuales, y el empleo de sostenedores para incrementar resistencia al apoyo ejercido por los animales.



Tema 3

Interacciones leñosa perenne - pastura

INTRODUCCIÓN

Cuando las leñosas perennes y las especies herbáceas comparten el mismo terreno, pueden presentarse entre ellas relaciones de interferencia y de facilitación [Acetato 3.1]. La competencia por radiación solar, por agua y por nutrientes, así como las posibles relaciones alelopáticas entre componentes, son manifestaciones de interferencia. En cambio, la fijación y transferencia de nutrientes, y el efecto de protección contra el viento que pueden ejercer las leñosas perennes, son ejemplos de relaciones de facilitación.

La magnitud de las interacciones entre leñosas perennes y pasturas, así como entre individuos dentro de cada una de estas categorías, es función de: la disponibilidad de factores de crecimiento (luz, agua, nutrientes) en el medio; los requerimientos específicos y las características morfológicas de los componentes; la población de plantas y su arreglo espacial; y el manejo al que están sometidos.

EFFECTO DE LA SOMBRA SOBRE EL ESTRATO HERBÁCEO [Acetato 3.2]

Las leñosas perennes por lo general tienen su copa por encima de las especies forrajeras, de manera que cuando crecen en el mismo terreno, las primeras interfieren el paso de la radiación solar al estrato herbáceo. Lo inverso puede ocurrir en las etapas iniciales del establecimiento de las leñosas perennes,

en especial si se combinan con especies herbáceas de crecimiento rápido y erecto o con leguminosas que enredan (crecimiento voluble). Para evitar ese tipo de problemas, con frecuencia se difiere el establecimiento de las pasturas hasta que las leñosas hayan alcanzado una altura tal que puedan funcionar como especies dominantes sobre las forrajeras, o se intensifica el control de la competencia mediante "chapias" frecuentes.

Producción de fitomasa

Shelton *et al.* (1987) sostienen que el principal factor limitante para el crecimiento de pasturas en sistemas silvopastoriles es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos. Si bien en la mayoría de situaciones, la tasa de crecimiento de las pasturas es menor cuando crecen bajo la copa de los árboles que a pleno sol (Horne y Blair 1991), no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución en la incidencia de energía lumínica.

En términos generales, el sombreado tiene un efecto más marcado sobre la tasa de crecimiento de las plantas forrajeras con ciclo fotosintético tipo C₄ (gramíneas tropicales) que las tipo C₃ (gramíneas de zona templada y leguminosas) (Tieszen 1981; Sanderson, *et al.* 1997) [Acetato 3.3]. Además, dentro de estos grupos se ha detectado variabilidad entre genotipos (Bazill 1987; Bustamante 1991; Reynolds 1995) [Acetato 3.4].

Entre las forrajeras que han mostrado alta tolerancia a la sombra, Wong (1991) incluye las gramíneas *Axonopus compressus*, *Brachiaria miliformis*, *Paspalum conjugatum*, *Stenotaphrum secundatum* e *Ischaemum aristatum*; así como las leguminosas *Desmodium heterophyllum*, *D. ovalifolium* y *Calopogonium caeruleum* [Acetato 3.5]. Por otro lado, entre las tolerantes a niveles intermedios de sombreado se encuentran: *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola*, *B. brizantha*, *Panicum maximum*, *Setaria sphacelata*, *Pennisetum purpureum* e *Imperata cylindrica* entre las gramíneas; y *Arachis pintoi*, *Centrosema pubescens*, *Desmodium intortum*, *D. triflorum*, *Calopogonium mucunoides* y *Pueraria phaseoloides* entre las leguminosas herbáceas.

Hay menos información respecto a la tolerancia a sombra en leguminosas arbóreas y arbustivas, pero entre aquellas identificadas por su tolerancia a los niveles intermedios de sombra se citan: *Gliricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus*, *Codariocalyx gyroides* y *Desmodium rensonii* (Oka Nurjaya et al. 1991; Benjamin et al. 1991) [Acetato 3.6]. Por otra parte, *Leucaena leucocephala*, *Sesbania grandiflora*, *Acacia villosa* y *Albizia chinensis* han demostrado ser poco tolerantes a la sombra (Egara y Jones 1977; Benjamin et al. 1991).

Cambios morfológicos y fenológicos

El sombreado también puede provocar cambios morfológicos y fenológicos en las especies forrajeras, los cuales funcionan como mecanismos de adaptación a la baja incidencia de radiación solar y la consiguiente reducción en el potencial fotosintético de las plantas [Acetato 3.7]. Para compensar esto, las especies forrajeras que crecen bajo sombra tienden a desarrollar hojas más largas, pero menos gruesas (Sanderson et al. 1997). Lo primero les ayuda a incrementar su habilidad competitiva para interceptar la

luz, mientras que lo segundo les permite reducir su tasa de respiración (Wilson y Ludlow 1991). Es evidente que esos mecanismos de compensación no son suficientes, por lo que la actividad fotosintética total disminuye bajo condiciones de sombra.

La prioridad que dan al desarrollo foliar aquellas plantas que crecen bajo sombra, afecta la disponibilidad de fotosintatos para otros órganos y procesos en la planta. Varios autores (Burton et al. 1959; Samarakoon et al. 1990; Zelada 1996) han observado reducción en el desarrollo radicular a medida que disminuye la radiación solar [Acetato 3.8]. Esto redundará no sólo en una menor habilidad para tolerar la sequía y para captar nutrientes, sino también en un anclaje más pobre en plantas que crecen bajo sombra. Por otro lado, también se han visto efectos perjudiciales del sombreado sobre la formación de los órganos reproductivos, lo cual resulta cuando menos en una floración más tardía; aunque en muchos casos, la floración se inhibe, y por ende no se producen semillas (Oliveira y Humphreys 1986).

Además de los cambios morfológicos antes citados, que son resultado de la menor incidencia de luz, también ocurren otros en respuesta a la variación en la calidad de luz. La proporción de luz fotosintéticamente activa (entre los 400-700 nm de longitud de onda) disminuye al pasar por el follaje de los árboles, lo cual promueve la elongación de los tallos e inhibe en cierto grado la formación de nuevos vástagos y ramificación en especies forrajeras (Wilson y Ludlow 1991; Zelada 1996). Estos efectos son aparentemente más marcados en aquellas especies con menor tolerancia a la sombra (Smith 1982).

En general, los cambios morfológicos y fenológicos que ocurren en las forrajeras que crecen bajo la sombra tienden a comprometer su potencial de persistencia, por ello, el manejo del pastoreo o corte en sistemas sil-

vopastoriles debe ser muy cuidadoso. Si se quiere prevenir la degradación de las pasturas es fundamental tener cuidado con la intensidad de defoliación, la cual puede ser regulada a través de la carga o la presión de pastoreo. Las forrajeras de crecimiento rastrojero, con rizomas o estolones, quizás tengan mayor potencial de persistir bajo esas condiciones, pues las mismas tienden a tolerar más el sobrepastoreo esporádico. Sin embargo, estos aspectos necesitan ser investigados en ensayos de pastoreo (Wilson y Ludlow 1991).

Calidad nutritiva

El sombreado también afecta la calidad nutritiva de los forrajes, pero en algunos casos esos efectos pueden estar mediados por cambios anatómicos o morfológicos que sufren las plantas (por ej. engrosamiento de la epidermis, elongación de tallos). En varios ensayos con gramíneas se han detectado incrementos en el contenido de proteína cruda y disminución en el de carbohidratos no estructurales (por ej. azúcares, almidones), a medida que aumenta la interferencia al paso de la luz solar (Wilson 1982; Pezo 1987; Zelada 1996) [Acetato 3.9].

En cambio, no ha habido consistencia en los resultados obtenidos con respecto al efecto de disminución en la radiación lumínica sobre el contenido y composición de los carbohidratos estructurales, la digestibilidad y el consumo (Sanderson *et al.* 1997) [Acetato 3.10]. Así, Deinum y Dirven (1974) y Wilson (1982) postulan que la sombra afecta negativamente la digestibilidad, mientras que Kephart y Buxton (1993) y Zelada (1996) encontraron el efecto contrario. Otros autores (Samarakoon *et al.* 1990; Norton *et al.* 1991) no detectaron ningún efecto importante.

Con respecto al consumo, Samarakoon *et al.* (1990) encontraron que el pasto "kikuyu"

(*Pennisetum clandestinum*) era menos consumido cuando crecía bajo sombra. Por otra parte, cuando Norton *et al.* (1991) evaluaron *Paspalum notatum*, *Setaria sphacelata* cv. Kazungula, *Panicum maximum* cvs. Riversdale y Trichoglume, y *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados a pleno sol o bajo sombra, no detectaron diferencias en el consumo de forrajes, aunque en las tres últimas especies el consumo tendió a ser mayor en el forraje que creció a pleno sol.

Con base en los resultados anteriores, Reynolds (1995) sugiere que la disminución en la digestibilidad y el consumo probablemente sólo ocurre en las plantas no tolerantes a la sombra, pues en ellas la sombra provoca una disminución marcada en el contenido de carbohidratos solubles y un incremento notorio en la elongación de los tallos [Acetato 3.11].

Factores que modifican el efecto de la sombra [Acetato 3.12]

El grado de sombreado ejercido por los árboles y arbustos varía con la morfología de la planta (por ej. características de copa y altura), la edad, la densidad y distribución espacial de los árboles con respecto al estrato herbáceo, la fertilidad del suelo, y la inclinación de los rayos solares (Reynolds 1995) [Acetato 3.13]. Esta última es a su vez función de la hora del día y -en cierto grado- de la época del año [Acetato 3.14].

En plantaciones de cualquier leñosa perenne, la transmisión de luz hacia el estrato herbáceo tiende a declinar con el tiempo. Sin embargo, hay diferencias en el patrón de respuesta a la edad que son atribuibles a la morfología de las leñosas. Wilson y Ludlow (1991) encontraron que el sombreado se incrementaba aceleradamente en los primeros años de la plantación, y que este efecto era más marcado en hule (*Hevea brasiliensis*) y palma aceitera (*Elaeis guineensis*), que

en el cocotero (*Cocos nucifera*) y *Eucalyptus deglupta*. Además, en las tres primeras especies, la transmisión de luz mejoraba en las plantaciones más maduras [Acetato 3.15]. Un comportamiento similar al señalado para *Eucalyptus deglupta*, ha sido observado en plantaciones de *Pinus radiata* (Anderson et al. 1988) y de *Pinus caribaeae* (Somarriba y Lega 1991). En estas, la disminución en la incidencia de luz, a medida que incrementó la edad de la plantación, no sólo afectó el crecimiento de las especies deseables, sino que promovió el desarrollo de especies poco palatables resultando en una menor capacidad de carga y productividad animal en el sistema.

La densidad de plantación es otro factor que afecta el crecimiento del estrato herbáceo en un sistema silvopastoril [Acetato 3.16]. En términos generales, la producción de biomasa en el estrato herbáceo disminuye a medida que se incrementa la densidad de árboles, pero la tasa de disminución declina con la densidad (Whiteman 1980). Este efecto no sólo es atribuible al sombreado que ejerce el follaje de la leñosa sobre las pasturas, sino también a la competencia por espacio entre las porciones basales de la leñosa y el pasto, así como al eventual daño físico por la caída de ramas (Reynolds 1995).

En sistemas silvopastoriles, las prácticas de manejo comúnmente aplicadas para reducir la interferencia de luz (podas y "raleas"⁽³⁾), son realmente multipropósito. Así, en áreas donde se presenta vegetación natural constituida por leñosas perennes y pasturas, la poda de ramas de especies palatables o la eliminación de especies indeseables, para regular la competencia entre leñosas o para facilitar la movilización de animales, de hecho va a permitir también un mayor acceso a la luz por parte del estrato herbáceo (Kirm-

se et al. 1987). Por su parte, los "raleos" practicados en los sistemas de plantación, no sólo favorecen el desarrollo de árboles seleccionados, sino que además permiten disminuir el sombreado hacia el estrato herbáceo (Knowles 1991).

El arreglo de plantación es otro factor que puede ser modificado para regular la interferencia de luz ejercida por las leñosas perennes. Con la siembra en hileras dobles o en franjas de 3 a 5 hileras, pero ampliando el espaciamiento entre franjas, es posible mantener la misma densidad de árboles. Estudios efectuados en Malasia con palma aceitera y en Australia con *Pinus radiata* han mostrado que al permitir un mayor paso de luz al estrato herbáceo, se favorece el crecimiento de la biomasa herbácea y la productividad animal (Reynolds 1995). Sin embargo, estos resultados no deben extrapolarse a otros sistemas silvopastoriles, ya que el análisis de la conveniencia o no de esas modificaciones no debe basarse sólo en los componentes pastura y animal, sino en el comportamiento de todo el sistema.

La orientación de las hileras de árboles en una plantación es también un factor de manejo que contribuye a regular el acceso de la vegetación herbácea a la luz. Árboles sembrados en hileras paralelas al movimiento del sol (Este - Oeste) facilitarán la penetración de los rayos solares al estrato herbáceo, en aquellas horas (antes de las 10 am y después de las 2 pm) en que por el ángulo de incidencia su transmisión es interferida por una barrera arbórea. Esto va a resultar en una mayor incidencia total diaria de luz al estrato herbáceo, y consecuentemente en una mayor producción de fitomasa, especialmente cuando se trabaja con menor espaciamiento entre las hileras de árboles.

⁽³⁾ Extracción selectiva de árboles durante la fase de crecimiento de una plantación.

OTROS EFECTOS MICROCLIMÁTICOS SOBRE EL ESTRATO HERBÁCEO

Regulación del estrés térmico

La presencia de árboles en un sistema silvopastoril mitiga los extremos de temperatura a los que puede estar sometido el estrato subyacente de vegetación herbácea [Acetato 3.17]. Si la temperatura a nivel del estrato herbáceo que crece debajo de la copa de árboles, difiere en apenas 2 a 3 °C con respecto a la obtenida a campo abierto (Ovalle y Avendaño, 1988; Wilson y Ludlow 1991), su efecto sobre el crecimiento y la calidad de los forrajes es puramente de relevancia académica, excepto cuando la presencia de árboles previene daños por heladas.

En términos generales, se sabe que la temperatura óptima para el crecimiento de gramíneas tropicales (plantas C_4) es de 35 °C, y que para leguminosas tropicales el valor correspondiente es de 28-29 °C (Whiteman 1980). Entonces, cuando la temperatura ambiental supera ese nivel umbral, el efecto de "enfriamiento" provocado por la presencia de árboles favorecerá la actividad fotosintética del estrato herbáceo, especialmente si se presentan cambios de temperatura tan altos como los 9.5 °C citados por Reynolds (1995) para plantaciones de cocoteros. Por otro lado, se espera que la calidad nutritiva de las pasturas que crecen bajo la copa de los árboles también se verá favorecida por esa disminución en temperatura. Estudios efectuados bajo condiciones controladas en cámara climática han demostrado que las menores temperaturas diurnas provocan una disminución en la fracción fibrosa del forraje y su grado de lignificación, lo cual resulta en una mayor digestibilidad (Pezo 1987).

Incremento en la humedad relativa

El incremento en la humedad relativa del ai-

re es otra característica del microclima que se desarrolla bajo la copa de los árboles [Acetato 3.17]. Este incremento incide en un mayor riesgo de ataques por hongos a la vegetación herbácea que crece debajo de los árboles (Wong 1991; Reynolds 1995). Sin embargo, es posible que los genotipos adaptados a las condiciones de sombra, hayan desarrollado mecanismos para tolerar el ataque de hongos y de insectos (Wilson y Ludlow 1991).

Amortiguamiento del estrés hídrico

En los sistemas silvopastoriles, quizás sea más importante el efecto de los árboles sobre el balance hídrico del sistema (Wilson y Ludlow 1991) [Acetato 3.18]. Cuando las leñosas y las pasturas comparten el mismo espacio, como son los sistemas de plantaciones o de árboles dispersos en potreros, la menor temperatura en el estrato herbáceo bajo la copa de los árboles provoca una disminución en la tasa de pérdida de agua por transpiración a través de los estomas (Baruch y Fisher 1991). Además, se presenta una baja en la temperatura del suelo, lo cual resulta en menores pérdidas de agua por evaporación (Wilson y Wild 1991).

Estos efectos pueden retrasar la incidencia del estrés hídrico característico del período seco (Reynolds 1995), y adelantar el inicio del crecimiento a medida que mejoran las condiciones de humedad en el suelo (Djimide *et al.* 1989). Sin embargo, no evita la competencia, ni el eventual efecto detrimental de uno sobre el otro, una vez que se presenta un déficit hídrico.

Protección contra el viento

Efectos similares a los atribuidos a la presencia de árboles en potreros respecto al mantenimiento del balance hídrico en pasturas, pueden presentarse cuando las leñosas forman parte de cortinas cortavientos, ya que

se reconoce que el viento ejerce un "efecto secante" sobre las pasturas, al incrementar la tasa de evapotranspiración de las mismas (Djimde *et al.* 1989) [Acetato 3.18]. Lynch y Marshall (1969), trabajando con cortavientos artificiales, encontraron que la productividad de pasturas asociadas de *Phalaris tuberosa*/*Trifolium repens* se duplicó cuando se dispuso de protección contra el viento. Esto incidió en una mayor producción animal, no sólo durante el período seco cuando se usaron cargas bajas y medias (15 y 30 ovinos/ha, respectivamente), sino también durante el período húmedo, pero con cargas más altas (38 ovejas/ha).

El viento también puede afectar directamente el crecimiento de las pasturas. Russell y Grace (1978) determinaron que a medida que se incrementaba la velocidad del viento había una reducción en la tasa de expansión de hojas, el índice de área foliar y la tasa de crecimiento relativo de *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*. Los mismos autores señalan que esto fue consecuencia directa del estímulo mecánico del viento, pues no fueron afectados el potencial hídrico ni la tasa fotosintética de las hojas.

Redistribución de la lluvia

Otra característica microclimática debajo de la copa de los árboles es la redistribución de la lluvia. Cuando las gotas de lluvia son interceptadas por la copa, una parte del agua se evaporará a la atmósfera, otra parte caerá a la superficie del suelo, otra parte queda retenida en el follaje y tronco, pero el resto es canalizado hacia el suelo a través del eje principal del tallo, de manera que se infiltra en el área más cercana a la base del tallo (Torres 1987). Esto es particularmente importante en las zonas áridas y semiáridas,

pues esta concentración del flujo de agua es otro factor que prolonga la fase vegetativa en las plantas que se encuentran en los sectores más cercanos alrededor del tronco (Pressland 1973).

ALELOPATÍA [Acetato 3.19]

La alelopatía es una forma de interferencia de tipo químico, que puede funcionar de parte de la pastura hacia la leñosa o de las leñosas hacia las pasturas. Este es un mecanismo de exclusión y dominancia diferencial que poseen ciertas especies de plantas, el cual es mediado por la secreción de compuestos químicos -denominados aleloquímicos-, que pueden afectar la germinación, el crecimiento o la sobrevivencia de otras especies (Putnam 1988).

En varias malezas se ha detectado actividad alelopática (Unamma y Akobundo 1989), pero también en algunas especies forrajeras y arbóreas (Reynolds 1995). Sin embargo, debe reconocerse que la acción alelopática es específica; es decir, no todas las especies son susceptibles a los aleloquímicos secretados por una especie determinada. Por ejemplo, Arosemena *et al.* (1997) detectaron efectos alelopáticos del pasto ratana (*Ischaemum indicum*) sobre el *Arachis pintoi* y el arroz (*Oryza sativa*), pero no sobre *Bracharia brizantha*. Por otro lado, se ha sugerido (OTS 1992) que el pasto "gordura" o "calingero" (*Melinis minutiflora*) ejerce efectos alelopáticos sobre *Eucalyptus saligna*, y probablemente también sobre *Cordia alliodora*. Por ello, cuando se diseñan sistemas silvopastoriles, debería tomarse en cuenta la existencia de factores que indiquen posibles relaciones alelopáticas entre los componentes.



INTERACCIONES LEÑOSA - PASTO

Relaciones de interferencia	Relaciones de facilitación
<ul style="list-style-type: none">• Competencia por:<ul style="list-style-type: none">- Radiación solar.- Agua.- Nutrientes.• Alelopatía.	<ul style="list-style-type: none">• Fijación y transferencia de nitrógeno.• Protección contra el viento.

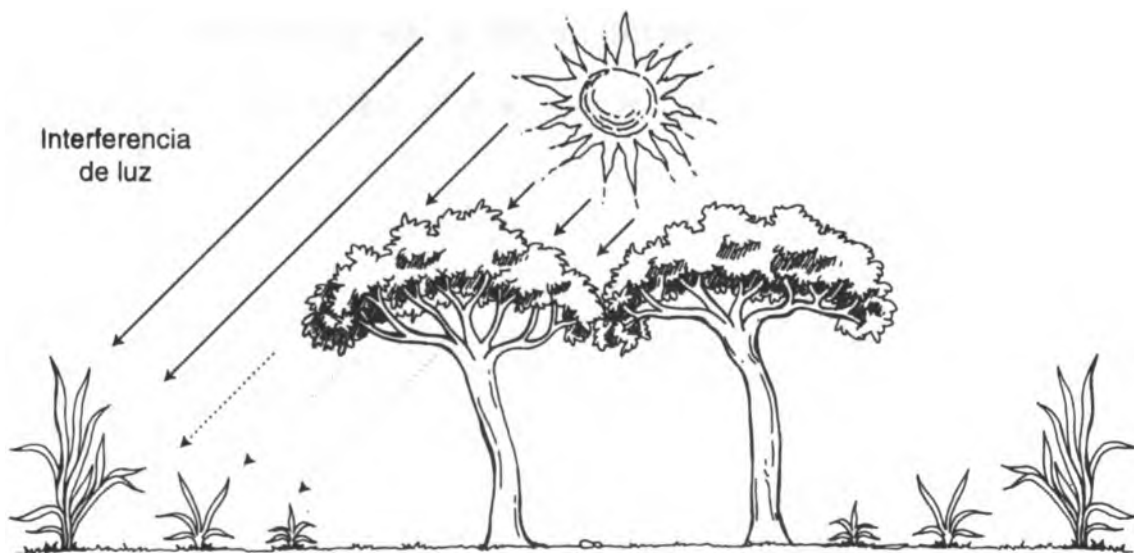
La Magnitud de las interacciones es función de:

- Disponibilidad de los factores de crecimiento:
 - Luz.
 - Agua.
 - Nutrimientos.
- Atributos de los componentes:
 - Requerimientos.
 - Morfología.
- Población de plantas.
- Arreglo espacial.
- Manejo al que están sometidos.



Efecto de la sombra sobre el estrato herbáceo

- Cambios morfológicos y fenológicos.
- Reducción en la producción de fitomasa.
- Cambios en calidad nutritiva.





Sombreamiento y producción de fitomasa

Diferencias entre gramíneas (C_4) y leguminosas (C_3) tropicales

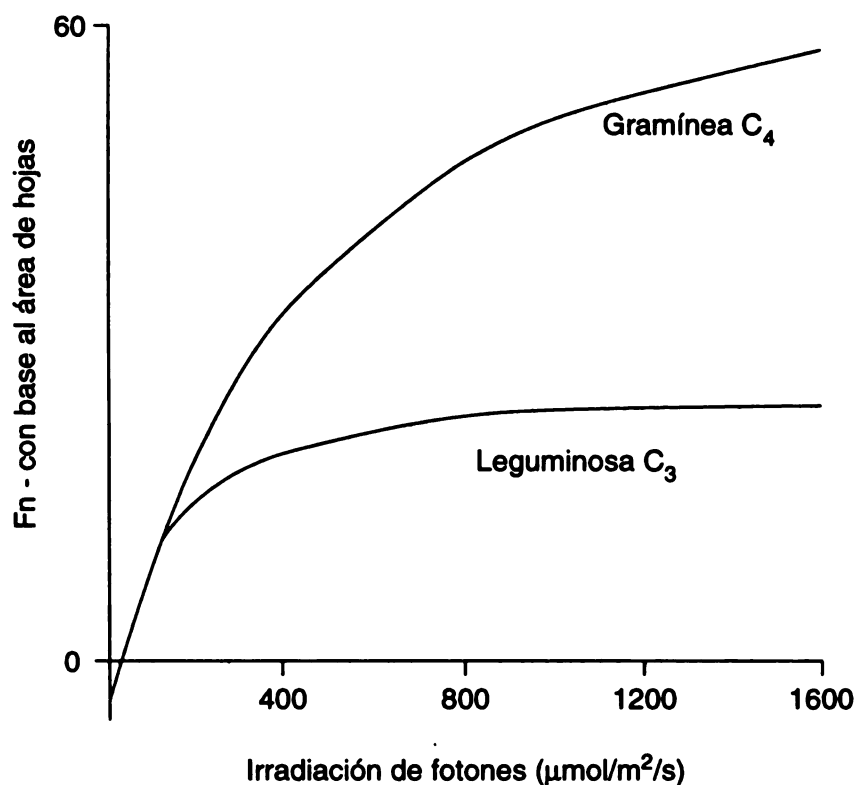


Figura 1. Fotosíntesis neta F_n (ml CO_2/dm^2 hojas) en *Pennisetum purpureum* (gramínea C_4) y *Calopogonium muconoides* (leguminosa C_3).

Fuente: Wilson, J.R. y Ludlow, M.M. (1991).



Variabilidad entre gramíneas tropicales en cuanto a su respuesta a la sombra

Cuadro 1. Producción de fitomasa (t/MS/ha) en cinco gramíneas tropicales manejadas bajo diferentes niveles de sombra en plantaciones de cocoteros.

Especies	% del pleno sol				
	100	70	50	40	20
<i>B. decumbens</i>	28.2	12.7	10.9	6.1	3.3
<i>B. milliiformis</i>	18.1	9.8	7.4	5.7	3.3
<i>P. conjugatum</i>	11.4	5.9	4.3	4.7	2.6
<i>A. compressus</i>	9.3	6.4	6.1	3.7	3.1
<i>S. secundatum</i>	7.0	6.5	6.0	5.7	3.3

Fuente: Smith, M.A. y Whiteman, P.C. (1983).

Clasificación de especies forrajeras tropicales en función de su tolerancia a la sombra

Tolerancia	Gramíneas	Leguminosas
Alta	<i>Axonopus compressus</i> <i>Stenotaphrum secundatum</i> <i>Ischaemum aristatum</i> <i>Paspalum conjugatum</i>	<i>Desmodium ovalifolium</i> <i>Desmodium heterophyllum</i> <i>Flemingia congesta</i> <i>Mimosa pudica</i>
Media	<i>Brachiaria brizantha</i> <i>Brachiaria decumbens</i> <i>Brachiaria humidicola</i> <i>Panicum maximum</i> <i>Pennisetum purpureum</i> <i>Setaria sphacelata</i>	<i>Arachis pintoii</i> <i>Calopogonium muconoides</i> <i>Centrosema pubescens</i> <i>Pueraria phaseoloides</i> <i>Desmodium intortum</i> <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Neonotonia wightii</i>
Baja	<i>Brachiaria mutica</i> <i>Brachiaria dictyoneura</i> <i>Digitaria decumbens</i>	<i>Stylosanthes hamata</i> <i>Stylosanthes guianensis</i> <i>Macroptilium atropurpureum</i>

Adaptado de: Reynolds, S. G. (1995).



Variabilidad entre leguminosas arbóreas en cuanto a su respuesta a la sombra

Cuadro 2. Producción de fitomasa (peso seco g/maceta) en seis leguminosas arbóreas sometidas a diferentes intensidades de luz.

Especies	Nivel de luz (%)			
	100	70	50	30
<i>G. sepium</i>	48	45	32	30
<i>C. calothyrsus</i>	44	42	38	33
<i>A. villosa</i>	38	40	36	35
<i>A. chinensis</i>	45	31	34	34
<i>S. grandiflora</i>	41	31	34	34
<i>L. leucocephala</i>	37	36	34	30

Fuente: Benjamin, A., Shelton, H.M. y Gutteridge, M.C. (1991).

Cambios morfológicos y fenológicos en las forrajeras que crecen bajo sombra

Cambios	Consecuencias
<ul style="list-style-type: none">• Hojas más largas.	<ul style="list-style-type: none">• > captación de luz.
<ul style="list-style-type: none">• Hojas menos gruesas.	<ul style="list-style-type: none">• < tasa de respiración.
<ul style="list-style-type: none">• Desarrollo radicular más pobre.	<ul style="list-style-type: none">• < tolerancia a sequía.• < captación de nutrimentos.• < anclaje de planta.
<ul style="list-style-type: none">• Floración tardía o inhibición de la misma.	<ul style="list-style-type: none">• < capacidad de reemplazo de plantas madres.
<ul style="list-style-type: none">• Elongación de tallos.	<ul style="list-style-type: none">• < tolerancia al pisoteo.
<ul style="list-style-type: none">• Menor formación de nuevos vástagos.• Menos ramificación.	<ul style="list-style-type: none">• < persistencia.• < capacidad de reemplazo de plantas madres.



Sombreamiento y desarrollo radicular

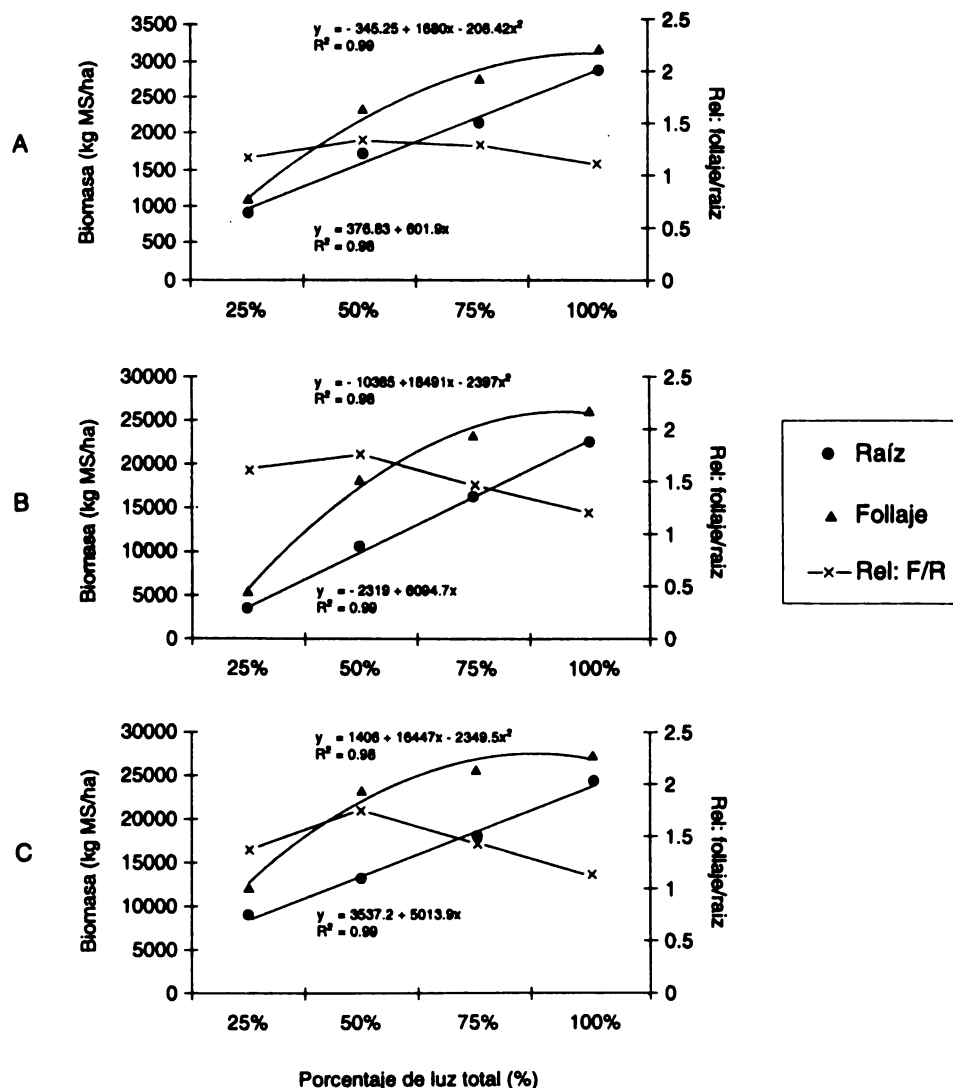


Figura 2. Efecto de diferentes niveles de luz en el peso seco de las raíces y el follaje en (A) *A. compressus*; (B) *B. brizantha* y (C) *P. maximum* y la relación biomasa aérea/raíz (Ba/R). Guápiles - Costa Rica, 1995.

Fuente: Zelada, E.E. (1996).



Sombreamiento y calidad nutritiva

- Bajo condiciones de sombra, los forrajes presentan mayores niveles de proteína cruda y más bajos contenidos de carbohidratos no estructurales (azúcares y almidones).
- No hubo consistencia en cuanto al efecto de la sombra sobre el contenido y la composición de las fracciones fibrosas constituyentes de la pared celular, ni sobre la digestibilidad.
- En algunos forrajes, como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), los guineas (*Panicum maximum*) variedades Trichoglume y Riversdale, así como en *Brachiaria decumbens* var. Basilisk, los animales tendieron a consumir menos el forraje que crecía bajo sombra.
- Se ha sugerido que los mayores efectos detrimentales del sombreamiento sobre la digestibilidad y el consumo sólo ocurren en los genotipos poco tolerantes a la sombra, pues en ellos se produce una disminución marcada en el contenido de carbohidratos solubles y un incremento notorio en la elongación de los tallos.



Sombreamiento y contenido de la proteína cruda

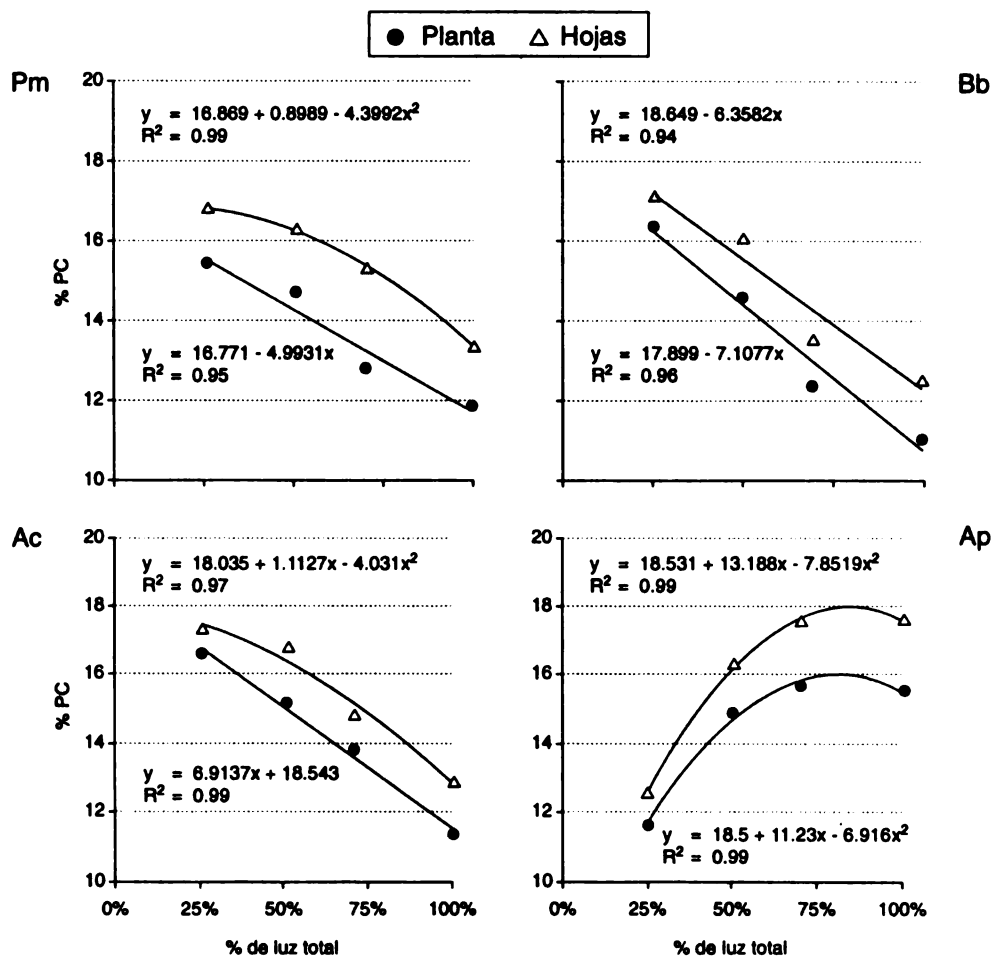


Figura 3. Efecto de diferentes niveles de luz sobre la concentración de proteína cruda de la planta total y hojas (verdes) de las gramíneas *P. maximum* (Pm), *B. brizantha* (Bb), *A. compressus* (Ac), y la leguminosa *A. pintoi* (Ap). Guápiles - Costa Rica, 1995.

Fuente: Zelada, E.E. (1996).



Sombreamiento y parámetros de calidad nutritiva

Cuadro 3. Parámetros morfológicos y de calidad nutritiva en gramíneas tropicales cultivadas a pleno sol y con 50% de interferencia de la radiación solar (Adaptado de: Norton *et al.* 1991).

Parámetros	Sol	Sombra	Signif.
Morfológicos (%)			
• Hojas	52	58	n.s.
• Tallos	40	38	n.s.
Composición química (%)			
• Nitrógeno	1.31	1.74	p<0.05
• Fósforo	0.16	0.18	n.s.
• Celulosa	35.70	34.10	n.s.
• Hemicelulosa	30.70	29.20	p<0.05
• Lignina	8.50	8.80	n.s.
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (%)	49.50	50.70	n.s.
Consumo (g MS/día)	510	489	n.s.
Retención de nitrógeno (g/día)	2.40	3.50	p<0.05
Parámetros ruminales			
• Amonio (mg/litro)	55.70	72.90	p<0.05
• Acidos Grasos Volátiles (mmol/litro)	47.70	46.50	n.s.



Factores que modifican el efecto de la sombra

- Morfología de la planta:
 - Forma de copa.
 - Altura.
- Edad de la plantación.
- Densidad de siembra.
- Distribución espacial respecto al estrato herbáceo.
- Fertilidad del suelo.
- Inclinación de los rayos solares:
 - Hora del día.
 - Epoca del año.

Variación en la transmisión relativa de luz

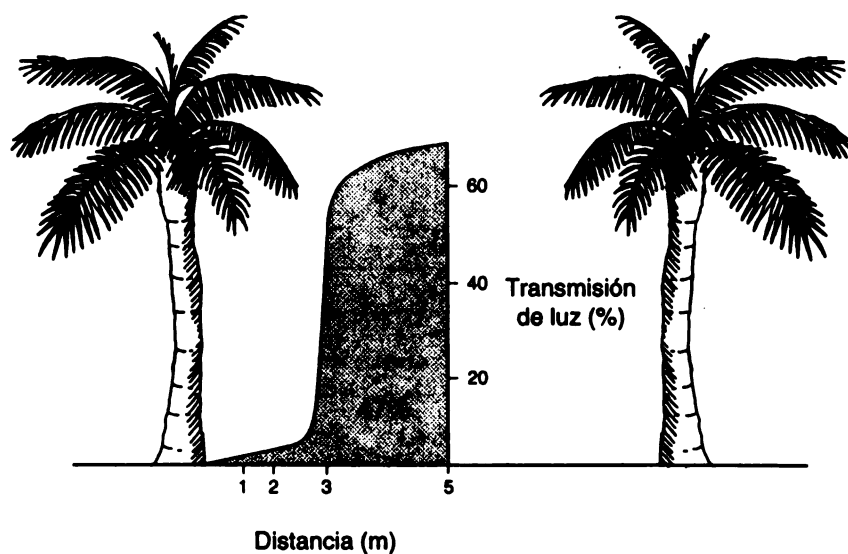


Figura 4. Variación en la transmisión relativa de luz bajo la copa de árboles de palma aceitera (*Elaeis guineensis*), en función de la distancia al fuste. El área bajo la curva corresponde al promedio de transmisión de luz.

Fuente: Wilson, J.R. y Ludlow, M.M. (1991).



Transmisión de luz bajo la copa de los árboles

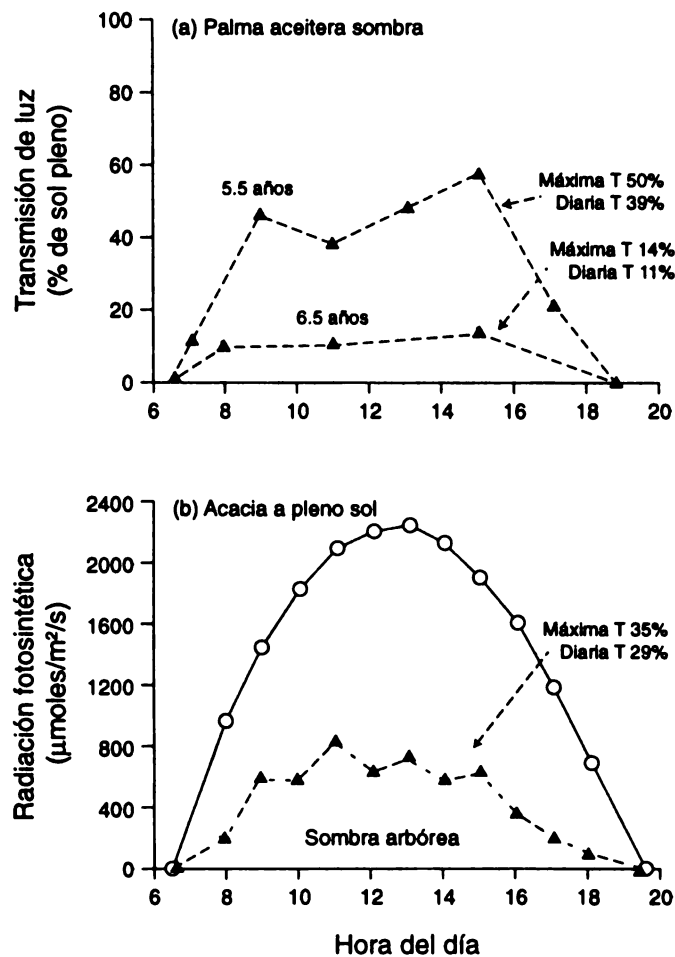


Figura 5. Variación diaria en la transmisión de luz bajo la copa de los árboles en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) y de *Acacia caven*.

Fuente: Wilson, J.R. y Ludlow M..M. (1991).

Transmisión de luz en función de la edad

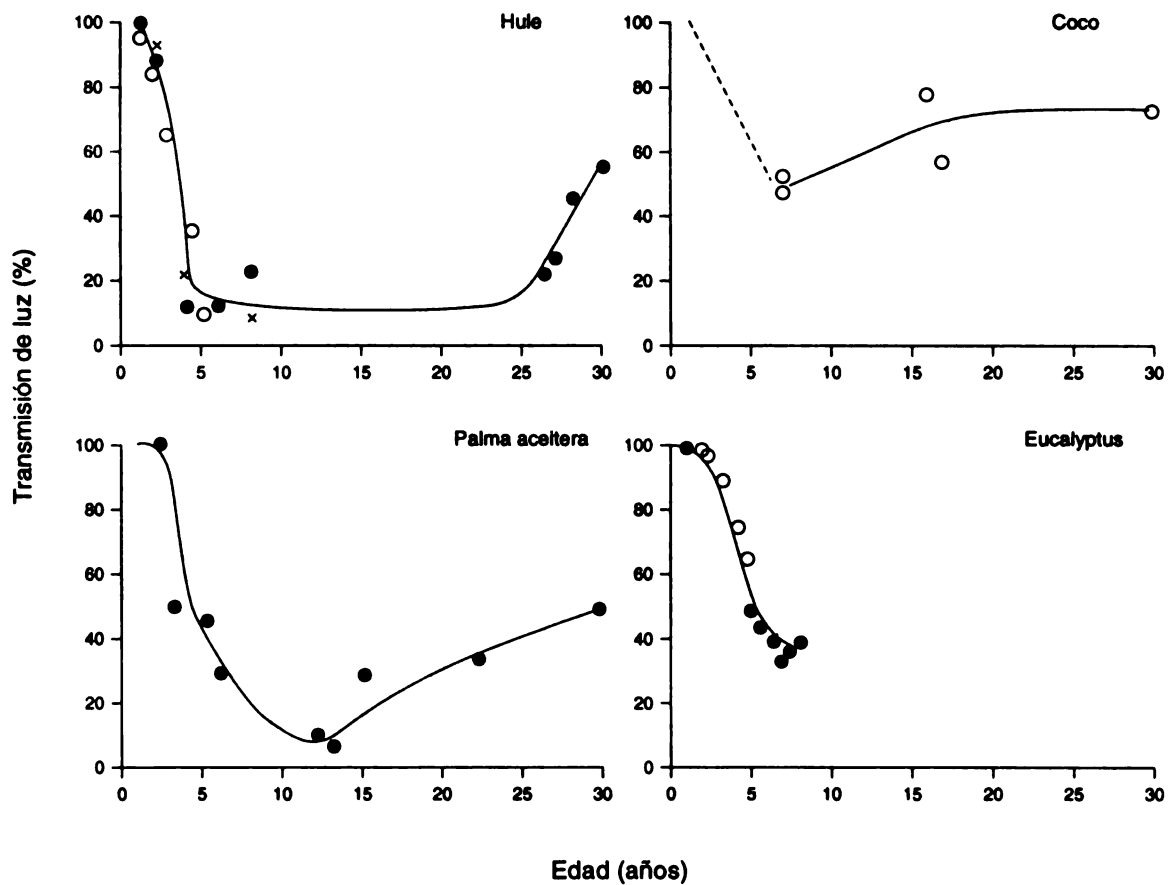


Figura 6. Cambios en la transmisión relativa de luz en función de la edad, en plantaciones de hule, cocotero, palma aceitera y eucalypto.

Fuente: Wilson, J.R. y M.M. Ludlow (1991).



Manejo de los arreglos espaciales

- La producción del estrato herbáceo disminuye a medida que se incrementa la densidad de árboles.
- Causas de menor producción de fitomasa:
 - Sombreamiento.
 - Competencia por espacio a nivel basal.
 - Daños físicos por caída de ramas.
- Las podas o raleos son multipropósito:
 - Reducen sombreamiento.
 - Facilitan desplazamiento de animales.
 - Favorecen el crecimiento de árboles selectos.
- Hileras dobles o franjas de 3 a 5 hileras, pero con mayor espaciamiento entre franjas, puede permitir mantener la misma densidad de árboles, pero reduce interferencia de luz al estrato herbáceo.
- Orientación Este-Oeste de las hileras de árboles facilita penetración de rayos solares al estrato herbáceo.



Otros efectos microclimáticos

Regulación de estrés térmico

- La presencia de leñosas contribuye a mitigar extremos de temperatura.
- Modificaciones de temperatura de apenas 2 - 3 °C, son de poca importancia en cuanto a sus efectos sobre producción de biomasa y calidad nutritiva del estrato herbáceo.

Incremento en la humedad relativa

- La mayor humedad relativa del aire bajo la copa de los árboles puede aumentar el riesgo de ataques por hongos sobre la vegetación herbácea; sin embargo, genotipos adaptados a sombra han desarrollado mecanismos para tolerar el ataque de hongos e insectos.



Otros efectos microclimáticos

Amortiguamiento del estrés hídrico

- Menos pérdidas por transpiración como resultado de la menor temperatura.
- Menos pérdidas por evaporación debido a la menor temperatura del suelo.
- Existe una demora en la presentación de déficit hídrico en el estrato herbáceo, pero no evita la competencia y el consecuente efecto perjudicial del uno sobre el otro, cuando se presenta efectivamente el déficit de agua en el suelo.

Protección contra el viento

- La presencia de árboles amortigua el “efecto desecante” del viento sobre el estrato herbáceo.
- Contrarresta el efecto mecánico del viento, el cual puede incidir en una menor tasa de expansión de hojas, un menor índice de área foliar y una tasa de crecimiento relativo más baja.



ALELOPATÍA

Es una forma de interferencia
de tipo químico,
que puede ser de la
pastura a la leñosa o
de la leñosa a la pastura.



Tema 4

Interacciones leñosa perenne-suelo

INTRODUCCIÓN

En sistemas silvopastoriles, la presencia de las leñosas perennes puede contribuir a mejorar la productividad del suelo, y por ende favorecer el desarrollo del estrato herbáceo. Algunos de los mecanismos más importantes son: la fijación de nitrógeno, el reciclaje de nutrientes, la mejora en la eficiencia de uso de nutrientes, el mantenimiento de la materia orgánica, y el control de la erosión [Acetato 4.1] (Nair 1993). Sin embargo, en muchos sistemas de plantación donde se usan especies herbáceas como cobertura - más aún si estas son leguminosas-, esos mecanismos pueden funcionar en el sentido inverso (Stür y Shelton 1991b; Reynolds 1995).

El efecto conjunto de los diversos mecanismos que inciden en el mejoramiento de la productividad del suelo puede ser tan fuerte, que en muchos casos sobre-compensa el efecto detrimental del sombreado. Así, Bronstein (1984) encontró que cuando el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) estaba asociado con árboles de *Erythrina poeppigiana*, sometidos a podas semestrales, la producción de pasto fue tres veces superior a la obtenida en el monocultivo no fertilizado. Cuando estuvo asociado con laurel (*Cordia alliodora*) el incremento fue del 55%. Además, estas diferencias resultaron en una mayor habilidad competitiva contra las malezas de hoja ancha [Acetato 4.2].

En un estudio posterior, Bustamante (1991) evidenció que la respuesta de las gramíneas al mejoramiento de la fertilidad del suelo, como consecuencia del asocio con *Erythrina*

poeppigiana, era influenciado por la tolerancia a la sombra característica de cada genotipo [Acetato 4.3]. Así, especies de tolerancia media como el pasto guinea (*Panicum maximum*), la *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y la *Brachiaria humidicola* produjeron un 10 a 30% más biomasa en el asocio que cuando fueron sembrados en monocultivo (sin árboles). En cambio, la *Brachiaria dictyoneura* y el pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) -genotipos más susceptibles a la sombra-, disminuyeron su rendimiento en un 11%.

FIJACIÓN DE NITRÓGENO

¿Cuáles leñosas son capaces de fijar nitrógeno?

La fijación simbiótica es un mecanismo importante en la economía del nitrógeno en muchos sistemas silvopastoriles, en especial en aquellos que involucran leguminosas. No todas las leguminosas arbóreas son capaces de ser infectadas por los rizobios (*Rhizobium* y *Bradyrhizobium*), pues apenas en el 34% de las especies de la tribu Caesalpi-noiedae se ha detectado nodulación, mientras que ésta si ocurre en el 92-94% de las pertenecientes a las tribus Mimosoideae y Papilionoideae [Acetato 4.4] (Dart 1994). Por otro lado, también ocurre fijación de nitrógeno en otras leñosas (por ej. *Casuarina* spp., *Alnus* spp.) que establecen asociación simbiótica con actinomicetos del género *Frankia*. Entre estas destaca el jaúl (*Alnus acuminata*), por ser una especie arbórea fre-

cuentemente encontrada en asocio con pastos en el trópico de altura (Russo 1990).

¿Cuánto nitrógeno atmosférico puede ser fijado?

Con frecuencia se ha sobrestimado la cantidad de nitrógeno fijada por las leguminosas (Szott et al. 1991); se citan niveles tan altos como 500 kg de N₂/ha/año en leguminosas arbóreas [Acetato 4.5]. Sin embargo, el uso de métodos más precisos ha permitido determinar que ésta puede llegar hasta entre 100 y 150 kg de N₂/ha/año en leguminosas herbáceas (Vallis 1985), y hasta 300 kg de N₂/ha/año en leguminosas arbóreas (Dart 1994).

Muchos factores inciden sobre la cantidad de nitrógeno atmosférico fijado por las leguminosas y eventualmente transferido a las especies acompañantes. Entre ellos se citan: la cepa de rizobio utilizada, la especie de leguminosa, la proporción de leguminosas en la pastura, la densidad de árboles, el nivel de fertilidad del suelo, las condiciones climáticas, y las podas o defoliaciones a las que son sometidas las leguminosas (Sylvester-Bradley y Valdez 1991; Nygren y Ramírez 1993; Dart 1994).

MATERIA ORGÁNICA Y RECICLAJE DE NUTRIMENTOS

Vías de reciclaje de nutrientes

El reciclaje de nutrientes en sistemas silvopastoriles ocurre a través de la senescencia de biomasa aérea y la muerte de raíces, tanto de las leñosas como del estrato herbáceo. Esto se da a través del material podado que es dejado en el campo, y por medio de las excretas que los animales depositan durante el pastoreo/ramoneo⁽⁴⁾ [Acetato 4.6]. En

sistemas silvopastoriles de baja productividad y en aquellos sometidos a defoliación directa por los animales, la extracción de nutrimentos es generalmente baja, por lo que el reciclaje es un mecanismo eficaz para prevenir una pérdida rápida del potencial productivo del sistema. En cambio, en aquellos sistemas con altos niveles de extracción, como es el caso de los bancos forrajeros manejados bajo esquemas de "corte y acarreo", la única forma de sostener la productividad es mediante la aplicación de altos niveles de fertilización (Libreros et al. 1994b; Oviedo 1995).

Bombeo de nutrimentos

Con frecuencia se ha generalizado que el "efecto de bombeo de nutrimentos" es una de las ventajas de los sistemas agroforestales (Nair 1993). En tal caso se supone que todas las leñosas perennes poseen sistemas radiculares pivotantes que les permiten extraer nutrientes de sectores más profundos del perfil del suelo donde no llegan las raíces de vegetación herbácea. Estos se hacen disponibles a los forrajes mediante la descomposición de hojas y ramas caídas [Acetato 4.7].

Sin embargo, el denominado "efecto de bombeo" no ocurre en todas las condiciones, pues su presentación dependerá de la morfología del sistema radicular de las especies componentes del sistema, del tipo de material usado para el establecimiento de las leñosas y del manejo de defoliación que se les aplique. Así por ejemplo, en bancos forrajeros constituidos por *Erythrina poeppigiana* y *Gliricidia sepium* sembradas por estacas, y sometidos a defoliaciones frecuentes, los sistemas radiculares son bastante superficiales (Pezo e Ibrahim 1996). En tal caso, mas bien puede haber competencia por nutrientes entre las raíces de las leñosas y las forrajeras herbáceas.

⁽⁴⁾ El reciclaje de nutrientes vía excretas animales será discutido en la sección Interacciones Animal-Pastura.

Factores que afectan el reciclaje de nutrimentos

El potencial de reciclamiento de nutrientes a través de la biomasa senescente es mayor en suelos de alta fertilidad (Szott *et al.* 1991a) [Acetato 4.8]. En alguna medida, el reciclaje es proporcional a la cantidad de biomasa aérea producida, pero puede ser modificado por la capacidad de retención de hojas que posea la planta, así como por el manejo de podas al que estén sometidas. La importancia del reciclaje a través de las raíces ha sido poco estudiado en el caso de las leñosas. Hay indicaciones de que éstas se comportan de manera similar a lo observado para forrajeras herbáceas, en el sentido de que la muerte de raíces se ve acelerada por la defoliación intensa, y que es mayor bajo condiciones de estrés climático (Humphreys 1991; Szott *et al.* 1991a y b; Nygren y Ramírez 1993).

La calidad del material senescente también afecta la tasa y magnitud de la descomposición de materia orgánica. En las zonas templadas, con frecuencia se ha señalado que la tasa de mineralización de materia orgánica es función de las relaciones carbono/nitrógeno (C/N) y lignina/nitrógeno en el material sujeto a descomposición (Keeney 1985). Este concepto aplica también en las zonas tropicales, pero puede ser modificado ante la presencia de niveles medios a altos de taninos y otros polifenoles (Palm 1995), pues estos afectan negativamente la actividad de los organismos y enzimas responsables de la degradación de materia orgánica (Jong Ho Ahn *et al.* 1989; Valerio 1994; Lascano *et al.* 1995).

En términos generales, la relación C/N en el material senescente de gramíneas tropicales es alta, lo cual contribuye a una menor tasa de descomposición de materia orgánica y a una fuerte inmovilización del nitrógeno, quedando poco disponible para las plantas (Keeney 1995). Por lo general, las hojas de

las leñosas perennes y de las leguminosas poseen niveles más altos de nitrógeno, lo cual ejerce efectos positivos sobre la actividad biológica en el suelo, y de la mineralización y liberación de nutrimentos a partir de la materia orgánica (Rao *et al.* 1992). Esto sucede siempre y cuando el material senescente no contenga sustancias inhibitoras de la actividad de los organismos y enzimas responsables de la descomposición de la materia orgánica.

MEJORA EN LA EFICIENCIA DE USO DE NUTRIMENTOS

La sombra moderada estimula la absorción de nitrógeno en las gramíneas y la inhibe en las leguminosas (Wong y Wilson 1980) [Acetato 4.9]. El resultado es que el crecimiento de las gramíneas es menos afectado en condiciones de baja radiación solar (Ludlow 1980). Incluso, en suelos pobres en nitrógeno, algunas gramíneas cultivadas bajo sombra han producido más biomasa que aquellas que crecen a pleno sol (Wilson y Wild 1991). Este efecto también explica el mayor contenido de proteína cruda detectado en plantas que se cultivan bajo sombra (Bronstein 1984; Bustamante 1991; Zelada 1996).

La menor temperatura del suelo bajo la copa de los árboles, la cual puede llegar a ser 10 °C inferior a la obtenida en terreno abierto (Wilson y Wild 1991), provoca una disminución en la tasa de mineralización de la materia orgánica, pero no necesariamente la cantidad total de materia orgánica mineralizada ("mineralización potencial"). Por otro lado, Belsky *et al.* (1993) señalan que el microclima (humedad, temperatura) creado por la presencia de leñosas perennes en las pasturas es más favorable para la actividad biológica de la micro y macrofauna, lo cual resulta en una mayor mineralización y disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Los resultados de un estudio efectuado bajo condiciones del trópico húmedo en Costa Rica (Umaña 1997) confirman lo anterior [Acetato 4.10]. La mineralización potencial de materia seca, nitrógeno y fósforo en residuos de *Brachiaria brizantha*, *Arachis pintoi* y de hojas y tallos de *Erythrina berteroana*, fue mayor bajo condiciones de bosque que en pasturas, y en estas últimas mayor a la conseguida en ausencia de cobertura de árboles o vegetación herbácea. La tasa de liberación de los elementos más móviles (nitrógeno y potasio) fue más lenta en el bosque, lo cual debe resultar en una mayor eficiencia en el uso de dichos nutrimentos, ya que los mismos se estarían liberando a una tasa más compatible con la capacidad de absorción de la planta, reduciendo así las pérdidas potenciales de esos elementos por lixiviación (Szott et al. 1991a; Palm 1995).

CONTROL DE LA EROSIÓN

Rol de las pasturas

Las pasturas de crecimiento rastrojero o decumbente, cuando son bien manejadas hacen una buena cobertura del suelo, previniendo pérdidas de suelo por erosión eólica e hídrica (Humphreys 1991) [Acetato 4.11]. Esta ha sido una de las razones por las cuales se han incorporado las pasturas como cultivos de cobertura en diversos sistemas de plantación que involucran leñosas perennes. Además, también son importantes su capacidad para competir con las malezas, y la fijación de nitrógeno cuando la vegetación herbácea de cobertura incluye leguminosas (Whiteman 1980; Reynolds 1995). En sistemas ganaderos, los problemas de erosión, escorrentía y lavado de nutrientes, regularmente están asociados con praderas degradadas, de pobre cobertura -con amplios espacios de suelo desnudo- y poco productivas. Los problemas son más críticos en áreas de pendiente, en suelos compactados

con limitada capacidad de infiltración y en aquellos con pobre estabilidad estructural.

Rol de las leñosas

En un sistema silvopastoril, al igual que las pasturas, las leñosas también pueden contribuir a contrarrestar la erosión. De hecho uno de los propósitos de la incorporación de leñosas en cortinas cortavientos es justamente el aliviar o prevenir problemas de erosión eólica (Nair et al. 1995). En otros sistemas, donde los árboles están dispersos en las áreas de pastoreo, pueden hacer una contribución más efectiva en aminorar los problemas de la erosión hídrica.

Con frecuencia se ha afirmado que los árboles contribuyen a controlar la erosión hídrica (Szott et al. 1991; Gutteridge y Shelton 1994; Pezo e Ibrahim 1996), porque su copa atenúa el impacto de las gotas de lluvia que caen sobre el suelo; evitando así que las partículas más pequeñas sellen los espacios porosos y provoquen una reducción en la tasa de infiltración de agua [Acetato 4.12]. Quizás esto sea cierto en el caso de leñosas que presentan una copa densa y baja, como las cultivadas en bancos forrajeros sometidos a defoliación frecuente. En cambio, cuando los árboles poseen una copa muy alta (>20 m), con hojas grandes y anchas, las gotas pequeñas coalescen en más grandes, lo cual puede resultar en una mayor energía de impacto al caer al suelo, provocando mayores efectos detrimentales que los que podrían producirse en ausencia de árboles (Nair et al. 1995).

Es probable que en la mayoría de situaciones, la mayor contribución de las leñosas en el control de la erosión hídrica sea mas bien a través del incremento en el contenido de materia orgánica del suelo. Esto se da por medio del mantillo de hojas y ramas que caen sobre la superficie del suelo y previenen el impacto directo de la lluvia sobre el

suelo. Además, por acción de la mesofauna, esa materia orgánica es incorporada paulatinamente al suelo, contribuyendo a mejorar la estabilidad del suelo y la capacidad de infiltración de agua (Nair *et al.* 1995). Adicio-

nalmente, en áreas de pendiente, este efecto puede ser ampliado si las leñosas perennes son sembradas como barreras vivas de alta densidad (Faustino 1994).



Interacciones leñosa - suelo

Leñosa sobre suelo:

- Protección (sombra, cortaviento, lluvia).
- Materia orgánica.

Suelo sobre leñosa:

- Agua y nutrientes.
- Soporte físico.



Cuadro 1. Producción de fitomasa y calidad nutritiva de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), cultivado sólo o en asocio con laurel (*Cordia alliodora*) o poró (*Erythrina poeppigiana*).

Atributo	Sólo	Asocio con Laurel	Asocio con Poró
Producción de fitomasa	Kg MS/ha		
• Estrella	2632	4087	9311
• Malezas hoja ancha	3299	1003	1090
Calidad nutritiva del pasto estrella	%		
• Proteína Cruda	6.1	6.4	9.5
• Digestibilidad <i>in vitro</i>	45.1	47.3	46.9
Nutrientes reciclados mediante podas	Kg/ha/año		
• Nitrógeno	---	64.3	185.6
• Fósforo	---	6.2	12.2
• Potasio	---	29.3	64.1
<i>Fuente: Bronstein, G.E. (1984).</i>			



Cuadro 2. Producción de fitomasa y calidad nutritiva en ocho gramíneas tropicales cultivadas solas o en asocio con poró (*Erythrina poeppigiana*).

Gramínea	Rendimiento (t MS/ha) ⁽¹⁾		PC (%)		Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	
	Sólo	Asociado	Sólo	Asociado	Sólo	Asociado
<i>Panicum maximum</i> CIAT 16061	20.8	29.8	12.5	15.9	52.2	54.5
<i>P. maximum</i> CIAT 16051	25.0	27.8	12.9	15.7	52.8	53.7
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 6780	10.5	14.4	11.4	14.5	57.8	58.1
<i>B. humidicola</i> CIAT 6369	8.2	9.8	10.3	13.6	56.0	58.2
<i>B. brizantha</i> CIAT 664	6.2	8.9	11.9	17.5	56.8	58.5
<i>B. dictioneura</i> CIAT 6133	9.5	8.4	12.3	14.1	56.2	58.2
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Mott	16.1	14.3	14.1	16.0	57.3	57.6
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	4.5	6.8	9.1	12.4	47.8	51.2

⁽¹⁾ Rendimiento acumulado en cinco cortes efectuados cada 35 días en las especies de hábito rastrero y cada 42 días en las de crecimiento erecto.

Fuente: Bustamante, J. (1991).



FIJACIÓN DE NITRÓGENO

¿Cuáles leñosas fijan nitrógeno?

- La fijación de nitrógeno ha sido frecuentemente asociada con las leguminosas, pero esto ocurre siempre y cuando estas logren establecer una relación simbiótica con los rizobios.
- Se ha demostrado habilidad para fijar nitrógeno en el 92-94% de las especies pertenecientes a las tribus Mimosoideae y Papilionoideae, pero apenas en 34% de las especies de la tribu Caesalpinoideae.
- También ocurre fijación de nitrógeno en otras leñosas que establecen asociación simbiótica con actinomicetos del género *Frankia*, como son la *Casuarina* spp. y el *Alnus* spp.



FIJACIÓN DE NITRÓGENO

¿Cuánto nitrógeno pueden fijar las leñosas?

- Se estima que la actividad fijadora de nitrógeno en leguminosas arbóreas puede alcanzar hasta 300 kg de N_2 /ha/año.
- Los valores correspondientes en leguminosas herbáceas son de 100 a 150 kg de N_2 /ha/año.
- La cantidad de nitrógeno fijada es función de:
 - Cepa de rizobio.
 - Especie de leguminosa.
 - Proporción de leguminosas en la pastura y/o densidad de árboles.
 - Fertilidad del suelo.
 - Condiciones climáticas.
 - Frecuencia e intensidad de podas o defoliaciones.



Modelo de reciclaje de nutrientes

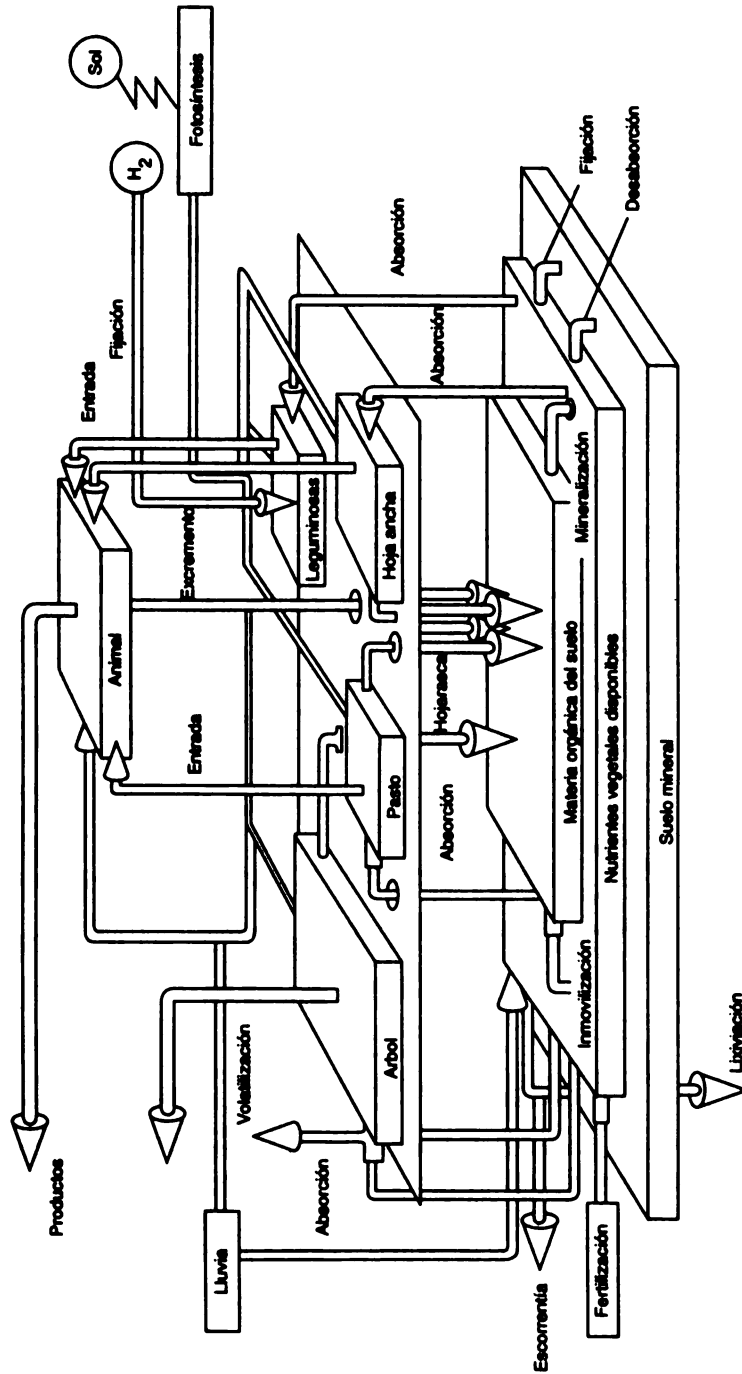


Figura 1. Modelo de reciclaje de nutrimentos en sistemas silvopastoriles.

Fuente: Reynolds, S. G. (1995).



“BOMBEO DE NUTRIMENTOS”

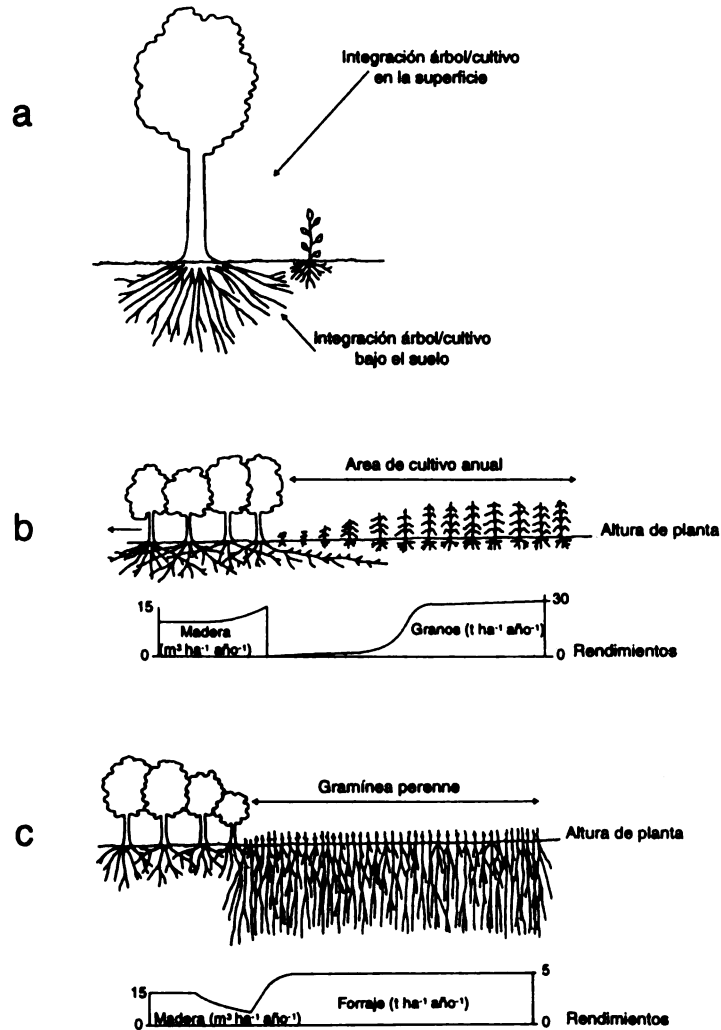


Figura 2. La ocurrencia del “efecto de bombeo de nutrientes” en un sistema silvopastoril, depende de la morfología de las raíces de las leñosas y de los pastos [a. “Bombeo efectivo”, leñosa con sistema radicular profundo -SRP- y pastura con sistema radicular superficial -SRS-; b. “Competencia”, leñosa y pastura con SRS; c. “No Bombeo”, leñosa con SRS y pastura con SRP].

Fuente: Reynolds, S. G. (1995).

RECICLAJE DE NUTRIMENTOS

Factores que inciden sobre la cantidad de nutrientes reciclados por las leñosas

- Especies.
- Fertilidad del suelo.
- Producción de biomasa.
- Estadío fenológico.
- Capacidad para retener hojas.
- Epoca del año.
- Manejo de podas.
- Relación C/N.
- Relación lignina/nitrógeno.
- Presencia de compuestos fenológicos que inhiben la actividad microbial (por ej. taninos).



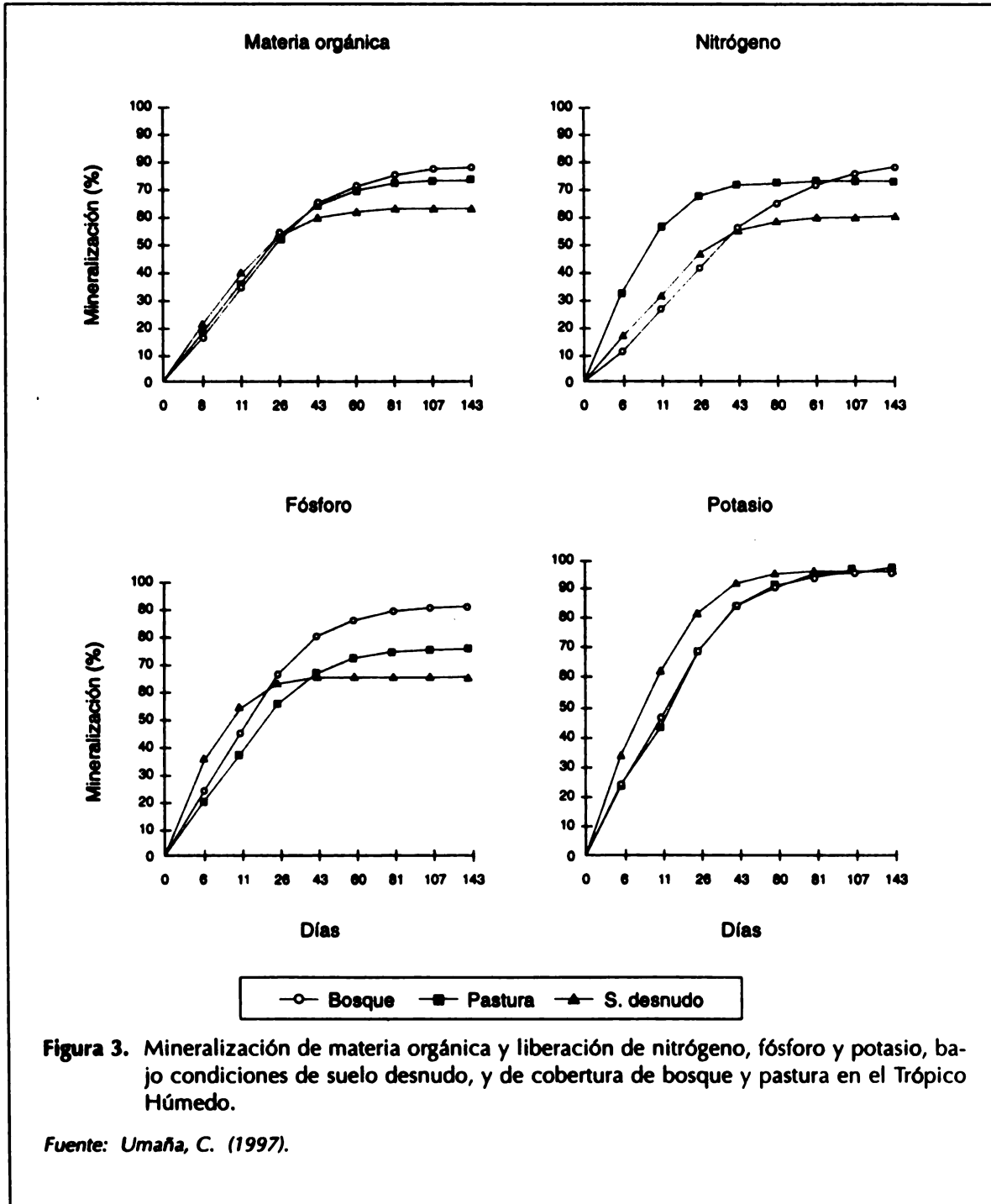
Mejora en la eficiencia de uso de nutrimentos

- La sombra estimula la absorción de nitrógeno por las gramíneas

Cuadro 3. Efecto de la sombra sobre la producción de biomasa y el contenido de nitrógeno en hojas de *Panicum maximum* y de nitratos en el suelo (Adaptado de Wilson y Wild 1991)

Atributos	Sombra	Sol
Rendimiento (t MS/ha)	13.4	9.1
Nitrógeno foliar (%)	2.64	2.39
Nitratos en el suelo (%)	3.2	2.6

- La menor temperatura del suelo bajo la copa de los árboles, provoca una disminución en la tasa de mineralización de la materia orgánica, pero no necesariamente en la cantidad total de materia orgánica mineralizada (“mineralización potencial”).
- El microclima (humedad, temperatura) creado por la presencia de leñosas perennes en las pasturas es más favorable para la actividad biológica de la micro y macrofauna, lo cual resulta en una mayor mineralización y disponibilidad de nitrógeno en el suelo.





CONTROL DE LA EROSIÓN

Papel de las pasturas

- Las pasturas de crecimiento rastrero, cuando están bien manejadas, protegen el suelo contra la erosión, la escorrentía y el lavado de nutrientes.
- En sistemas ganaderos, los problemas de erosión están asociados con praderas degradadas, de pobre cobertura. Es más crítico en áreas de pendiente, en suelos compactados, y en aquellos con pobre estabilidad estructural.



CONTROL DE LA EROSIÓN

Papel de las leñosas

- Leñosas con copa densa y baja atenúan el impacto de las gotas de lluvia, evitando así que las partículas más pequeñas sellen los espacios porosos del suelo, y provoquen una reducción de la tasa de infiltración de agua.
- En terrenos de pendiente, la protección se amplía si las leñosas son sembradas como “barrera viva”.
- El mayor aporte de las leñosas al control de la erosión es a través de las hojas y ramas caídas, ya que éstas:
 - Interfieren el impacto directo de la lluvia.
 - Contribuyen a mejorar la estructura del suelo, luego de su humidificación.



TEMA 5

Interacciones animal - pastura

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los sistemas ganaderos, los animales obtienen una proporción importante de los nutrientes que requieren de las pasturas que defolian. A la vez, en el acto de pastorear, los animales afectan directamente a las pasturas [Acetato 5.1], tanto por la defoliación selectiva que ejercen, como por el pisoteo (Pearson e Ison 1987). Además, pueden haber efectos indirectos a través del suelo, como son la compactación, el retorno de nutrimentos y la dispersión de semillas por medio de las excretas animales (Humphreys 1991; Pezo *et al.* 1992). Estos factores afectan, en sistemas silvopastoriles, no sólo a la pastura, sino también al componente arbóreo.

SELECTIVIDAD

Los animales en pastoreo manifiestan inclinación por ciertos componentes de la pastura y por determinadas partes de la planta [Acetato 5.2]. Esto tiene implicaciones no sólo sobre la calidad de la dieta de los animales en pastoreo, sino también sobre la capacidad de rebrote y la persistencia de los diferentes componentes de la pradera (Pezo 1994). El consumo selectivo ejercido por animales que pastorean es influenciado por múltiples factores (Gordon y Lascano 1993), algunos de ellos son atributos propios del animal (por ej. hábito de consumo de la especie, experiencia previa), otros de la pastura (por ej. nivel de oferta, composición botánica de la pastura y palatabilidad relativa de sus componentes, características estructura-

les asociadas con la facilidad de cosecha), y finalmente otros propios del ambiente (por ej. época del año y distancia respecto a fuentes de agua).

Diferencias entre especies animales

Las diferencias entre especies animales en cuanto a la selectividad son determinantes para definir qué especies de herbívoros introducir en un sistema silvopastoril específico y en qué momento. Por sus estructuras anatómicas bucales y hábitos de cosecha, los bovinos defolian selectivamente la vegetación herbácea de porte alto; los equinos y sobre todo los ovinos prefieren las forrajeras de crecimiento cespitoso, y los caprinos son preferentemente ramoneadores (Van Soest 1982) [Acetato 5.3].

El conocimiento de las diferencias entre especies en cuanto a defoliación selectiva debe ser aprovechado para diseñar estrategias de uso en los sistemas silvopastoriles [Acetato 5.4]. Así por ejemplo, sólo se justificará la inclusión temprana de caprinos en sistemas silvopastoriles cuando las leñosas cumplen preferentemente propósitos forrajeros. En cambio, los otros herbívoros pueden incorporarse una vez que la copa de las leñosas esté por encima de la altura de cosecha de los animales, ya que habrá menor riesgo que defolien las leñosas siempre y cuando se asegure un buen balance entre la oferta del componente herbáceo y el consumo. Si la disponibilidad de las forrajeras herbáceas es escasa, los bovinos, ovinos y equinos, pueden hacer defoliaciones no deseables de las especies leñosas.

La selectividad también puede ser aprovechada para controlar la invasión de malezas en sistemas de plantación, donde las leguminosas cumplen la doble función de cultivo de cobertura y fijadoras de nitrógeno. Así, en plantaciones de hule asociado con kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y *Calopogonium caeruleum* como cultivos de cobertura, la preferencia de los ovinos por gramíneas y una maleza de hoja ancha (*Mikania micrantha*) permitió su uso en el "control biológico" de éstas invasoras, reduciendo los costos y riesgos por el uso de herbicidas (Chee y Faiz 1991).

Por otro lado, las diferencias en selectividad pueden ser aprovechadas para incrementar la productividad de sistemas silvopastoriles, mediante el uso de los denominados sistemas de "pastoreo mixto" (Humphreys 1991). Cuando se dispone de una vegetación compleja, con componentes de hábito de crecimiento muy diverso y se usan especies animales que no compiten por los mismos recursos forrajeros, es posible obtener mayores niveles de producción animal por unidad de área y un uso más uniforme de las praderas.

Intensidad y frecuencia de defoliación

El manejo del pastoreo, por medio del cual se regulan la intensidad (carga animal) y frecuencia de defoliación (duración de los períodos de descanso y ocupación), es particularmente crítico en aquellos sistemas silvopastoriles donde las leñosas y las herbáceas comparten el mismo terreno, pues ello incidirá sobre la habilidad competitiva y el potencial de persistencia de las especies deseables (Smith y Whiteman 1985; Shelton 1991).

Para prevenir la pérdida de especies deseables, la carga animal deberá ajustarse a la oferta de especies palatables, y entre estas al material verde, antes que a la disponibilidad de biomasa total de las especies herbáceas

(Humphreys 1991). Además, si se pretende favorecer la persistencia de las especies más apetecibles, la duración del período de descanso deberá ser más prolongada que la recomendada para sistemas exclusivamente pastoriles, ya que debe compensarse, en cierta medida, la menor tasa de rebrote que muestran las pasturas que crecen bajo sombra (Wong 1991).

PISOTEO

Efectos sobre las pasturas y leñosas

En aquellos herbívoros que poseen pezuñas con bordes filosos (por ej. ovinos, bovinos, caprinos) hay mayor probabilidad que se produzcan cortes o laceraciones de hojas y tallos, mayormente en los nuevos vástagos. Además, la presión ejercida por cualquier animal que pastorea producirá el entierro parcial de la biomasa aérea, con enlodamiento de hojas y tallos en suelos muy húmedos (Pezo *et al.* 1992) [Acetato 5.5]. En casos extremos pueden ocurrir daños en la corona y raíces de las especies herbáceas (Humphreys 1991); pero también en las raíces de algunas leñosas perennes (Stür y Shelton 1991), como el hule (*Hevea brasiliensis*).

El potencial de respuesta al pisoteo no es el mismo en todas las pasturas. Los mayores daños por pisoteo ocurren en estadíos tempranos de crecimiento, en los cuales se produce mortalidad de vástagos, tanto por la ruptura del hipocotilo, como porque las raicillas pueden ser expuestas al desecamiento (Humphreys 1991). Por otro lado, las especies de crecimiento erecto son más afectadas por el pisoteo que las de crecimiento rastro y estolonífero. Cuando estas últimas forman parte de sistemas silvopastoriles, es posible que los cambios morfológicos inducidos por el sombreado, como son la elongación de tallos, la menor ramificación y la reducción en el desarrollo radicu-

lar (Wilson y Ludlow 1991) las hagan más susceptibles al pisoteo.

En las especies estoloníferas, el pisoteo moderado puede ejercer efectos favorables para la propagación vegetativa, al poner en contacto los entrenudos con el suelo húmedo. Por otro lado, en el caso de aquellas que producen semilla gámica, su entierro y compactación provocados por pisoteo, pueden favorecer la emergencia de plántulas (Humphreys 1991).

Compactación del suelo

La presión estática ejercida por la pezuña de los ovinos y bovinos es de 0.8 a 0.95 y de 1.2 a 1.6 kg/cm², respectivamente (Pearson y Ison 1987) [Acetato 5.6]. Esta presión puede duplicarse cuando los animales se movilizan, y es mayor a medida que se incrementa la velocidad de desplazamiento (Humphreys 1991).

La presión ejercida por las pezuñas de los animales en el mediano o largo plazo resultará en la reducción del volumen de macroporos en el suelo. Esto afectará negativamente la tasa de infiltración de agua, incrementará la resistencia a la penetración de las raíces, y disminuirá la disponibilidad de O₂ para el sistema radicular (Pezo *et al.* 1992). Los efectos de la compactación antes descritos no sólo afectarán a las pasturas, sino también al componente de leñosas perennes (Adams 1975; Reynolds 1995).

En términos generales, una amplia disponibilidad de fitomasa aérea y radicular amortigua el efecto de compactación, por lo que el problema es más frecuente en pasturas nativas que con especies mejoradas (Pinzón y Amézquita 1991) [Acetato 5.7], y más evidente en suelos de textura arcillosa (Pinzón y Amézquita 1991), que en aquellos con altos niveles de arena o en los de origen volcánico (Ibrahim 1994). La compactación es

mayor cuando la vegetación herbácea es de hábito de crecimiento erecto (Alegre y Lara 1991) y se incrementa con la carga animal impuesta (Ramírez 1974; Ibrahim 1994). Además, es más alta en las áreas donde los animales tienden a concentrarse, como puede ser debajo de la copa de los árboles, cuando hay pocos árboles dispersos en los potreros, o cerca de las fuentes de agua.

DEPOSICIÓN DE EXCRETAS

En sistemas silvopastoriles, las heces y orina depositadas por los animales en pastoreo pueden ejercer cuatro tipos de efectos, a saber: a) contaminación del follaje, b) reciclaje de nutrientes, c) dispersión de semillas y d) servir de medio nutritivo para el desarrollo de algunos patógenos [Acetato 5.8].

Contaminación del follaje

El forraje contaminado por la deposición de excretas tiende a ser rechazado por los animales por un período variable. El tiempo que dura ese efecto de rechazo es función, de la precipitación, el tipo de excretas -este efecto es más duradero en las heces que en la orina (Leaver 1985)-, y la presión de pastoreo aplicada a una pastura. El rechazo de los animales por el forraje contaminado no sólo se presenta en el follaje directamente impactado por las excretas, sino también en las áreas circundantes, pudiendo ser el área afectada 6 a 12 veces mayor que el área "manchada" por las excretas (Pezo *et al.* 1992) [Acetato 5.8].

Reciclaje de nutrientes

En cuanto al reciclaje de nutrientes vía excretas animales, la mayor parte del nitrógeno, potasio y azufre son retornados a través de la orina, en formas inorgánicas fácilmente disponibles para la planta, aunque, al menos en el caso del nitrógeno, las pérdidas

por volatilización son también altas [Acetato 5.9]. En contraste, las heces son la vía preferencial de excreción para el resto de elementos minerales (Wilkinson y Lowrey 1973), y deben ser mineralizados antes de ser aprovechados por la planta. La proporción de nutrientes minerales consumidos que son luego retornados en las excretas es muy alta. Se estima que esta alcanza el 87-95% en el caso de animales en crecimiento, y el 72-87% en las vacas lecheras (Humphreys 1991). Independientemente del tipo de animales, en aquellos sistemas que involucran árboles y arbustos forrajeros ricos en nitrógeno, se eleva la excreción de este elemento (Fassler y Lascano 1995). Esto puede contribuir a acelerar la tasa de descomposición de otros componentes de la materia orgánica que se depositan en el suelo, pero también a mayores pérdidas por volatilización.

En cualquier sistema de praderas manejadas bajo pastoreo, los niveles de retorno de nutrientes vía excretas pueden ser equivalentes a los niveles aplicados en pasturas de productividad media a alta (100-150, 10-20 y 75-125 kg/ha/año para nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente). La eficiencia de utilización de los nutrientes contenidos en las excretas se ve limitada por la distribución desuniforme de las mismas, lo cual resulta en niveles excesivos de nutrientes donde se depositan las excretas, con las consiguientes pérdidas por lixiviación o volatilización (Pearson e Ison 1987).

En sistemas silvopastoriles que involucran árboles dispersos en potreros, y genotipos animales no adaptados a la temperatura alta, puede concentrarse aún más la distribución de las excretas en espacios reducidos, pues los animales tienden a protegerse bajo la copa de los árboles por períodos prolongados durante el día (Sugimoto *et al.* 1987). Tanto en estos sistemas, como en los de pastoreo en plantaciones, se ha detectado que la deposición de excretas provoca cambios im-

portantes en las características químicas y físicas del suelo. Majid *et al.* (1989) destacan los efectos benéficos de las excretas, como son los aumentos en los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y cationes intercambiables; así como mejoras en la estabilidad de los agregados en el suelo, la infiltración de agua y la capacidad de retención de humedad [Acetato 5.10].

Entre los organismos que participan en la incorporación de las excretas animales al suelo destacan los escarabajos, aunque hay al menos una especie de estos insectos (*Oryctes rhinoceros*), patógeno para el cocotero, que se reproduce en las heces depositadas por los bovinos (Payne 1985). Sin embargo, Reynolds (1995) señala que esto no representa un mayor problema en las plantaciones de coco. Si bien estos aspectos no han sido reportados para otros sistemas silvopastoriles, es un aspecto al que debería prestársele atención cuando se evalúan estos sistemas.

Diseminación de semillas

El papel de las excretas como vehículo para la diseminación de semillas puede ser benéfico o detrimental, dependiendo si las semillas dispersadas corresponden a especies deseables o invasoras (Pezo *et al.* 1992) [Acetato 5.11]. La efectividad de este mecanismo para la dispersión y la viabilidad potencial de las semillas es función de: la especie animal que las ingiere; el tamaño y la dureza de la semilla; la calidad de la dieta; y el tiempo que permanecen las semillas dentro de las excretas. Simão Neto *et al.* (1987) encontraron que la recuperación de semillas viables era mayor en las excretas de bovinos que en las de caprinos y ovinos. Además, encontraron que las semillas pequeñas y con tegumento más duro tenían mayor potencial para escapar intactas a su paso por el tracto gastrointestinal de los animales. Por otro lado, dietas de mayor calidad pasan más rápido por el tracto y requieren de menor acti-

Sistemas Silvopastoriles

vidad de rumia, lo cual resulta en una mayor recuperación de semillas viables en las excretas (Jones y Simão Neto 1987).

En el caso particular de los sistemas silvopastoriles con bovinos, el microclima que se crea bajo la copa de los árboles quizás sea el factor más favorable para que las semillas dispersadas en las excretas puedan dar origen a nuevas plantas. Bajo condiciones tropicales, las temperaturas que se producen

dentro los parches de heces de bovinos expuestos a la acción directa del sol, la cual puede llegar hasta 70 °C en el momento de mayor calor y de más alta actividad fermentativa (Herrick 1992), compromete la sobrevivencia de plántulas (Simão Neto y Jones 1986). En cambio, la menor temperatura y mayor humedad que caracterizan el ambiente debajo de la copa de los árboles podría atenuar estos efectos.



Interacciones animal - pastura

Animal sobre pastura

Directos

- Pisoteo
- Desfoliación
- Excretas
- Dispersión de semillas

Indirectos

- Compactación del suelo
- Materia orgánica y nutrientes

Pastura sobre animal

- Alimento



Interacciones animal - pastura

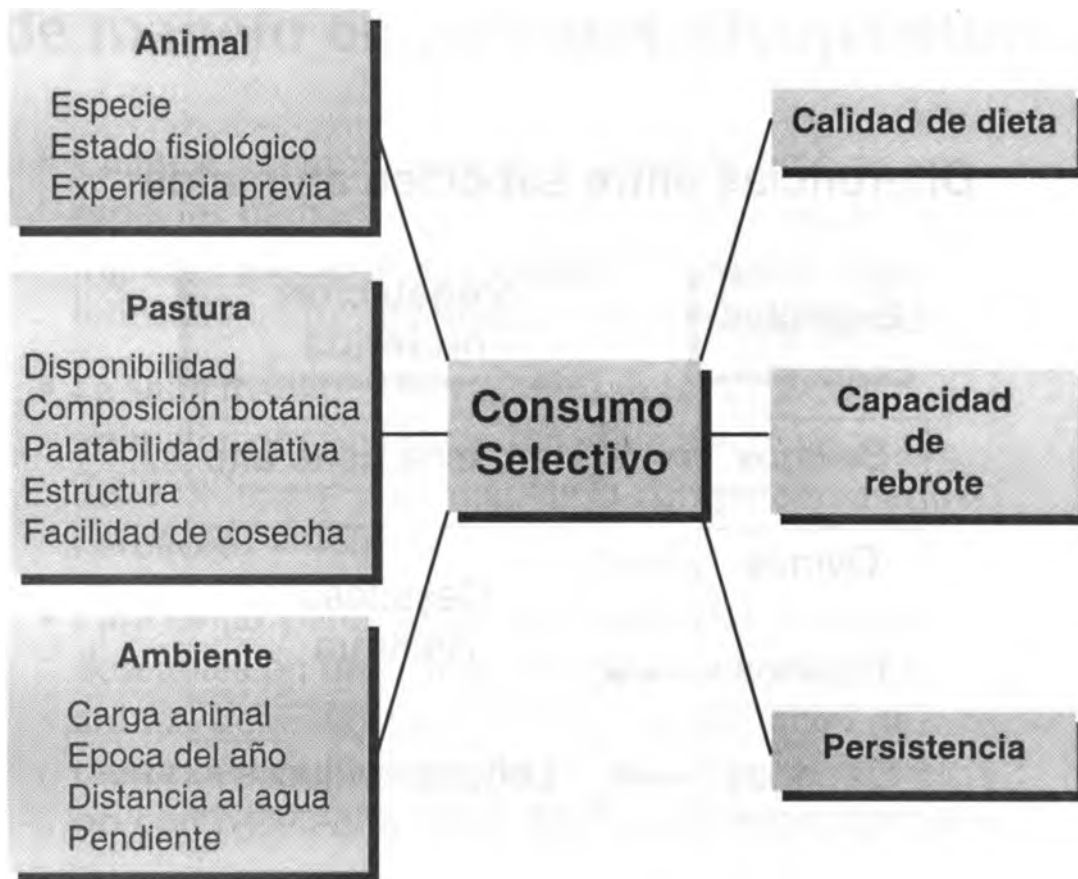


Figura 1. Factores que inciden sobre la defoliación selectiva y sus efectos sobre la pastura.



DEFOLIACIÓN SELECTIVA

Diferencias entre especies animales

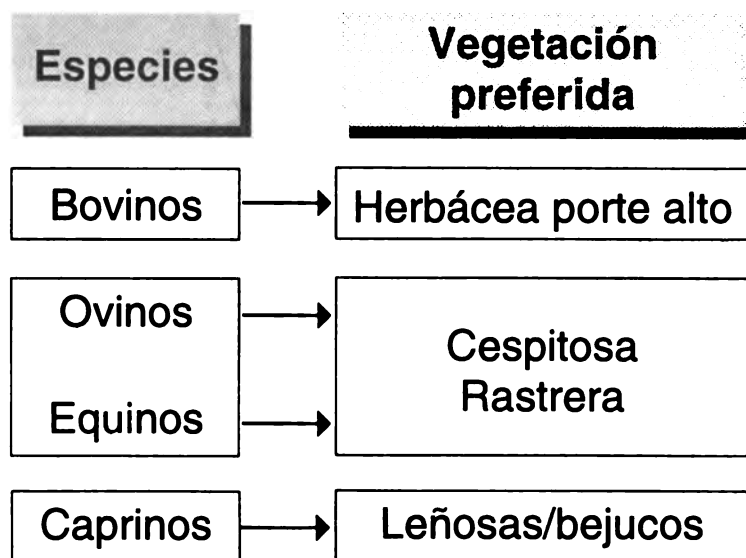


Figura 2. Diferencias entre especies animales respecto a la desfoliación.



Uso de los conceptos de defoliación selectiva para el diseño de opciones de manejo en sistemas silvopastoriles

- Cuando se manejan asociaciones de leñosas con especies herbáceas, los ovinos y bovinos deberán ingresar a los potreros cuando la copa de las leñosas está por encima de su altura de cosecha.
- La selectividad que manifiestan las especies animales por una determinada especie vegetal, debe utilizarse para regular la competencia entre herbáceas y leñosas.
- Para evitar pérdidas de plantas de las especies deseables en un sistema silvopastoril, la carga animal debe ajustarse en función del nivel de oferta de hojas verdes de las especies deseables, y no con base en la oferta total de biomasa forrajera.
- La introducción temprana de los caprinos en sistemas silvopastoriles, sólo se justifica cuando las leñosas cumplen propósitos forrajeros en el sistema.



PISOTEO



Efectos sobre las pasturas y leñosas

Negativos

- Cortes y laceraciones en hojas y tallos.
- Enterramiento parcial y enlodamiento (en suelos muy húmedos).
- Daños en corona y raíces (pasturas).
- Mayores efectos en especies erectas y en nuevos vástagos.
- Cambios morfológicos que hacen a las pasturas más sensibles al pisoteo.
- Daños en las raíces superficiales (leñosas).

Positivos

- El pisoteo moderado en suelos húmedos, puede favorecer la propagación vegetativa, y la eventual emergencia de nuevas plántulas.
- Un efecto similar puede ocurrir en plantas con propagación sexual, si el pisoteo provoca enterramiento superficial de semillas gámicas.



COMPACTACIÓN



- Presión estática de pezuñas mayor en bovinos que en ovinos; se incrementa con el movimiento y es proporcional a la velocidad de desplazamiento.
- La compactación del suelo afecta el crecimiento de los pastos y las leñosas porque:
 - Disminuye la capacidad de infiltración de agua.
 - Aumenta la resistencia a la penetración de raíces.
 - Reduce el nivel de oxígeno a nivel de raíces.
- Algunos factores que afectan el grado de compactación del suelo son:
 - Cobertura y disponibilidad de fitomasa.
 - Tipo de vegetación.
 - Textura del suelo.
 - Carga animal.
 - Concentración de animales (por ej. bajo la sombra).



Cuadro 1. Compactación en suelos cubiertos por pasturas durante 15 años, en diferentes condiciones geomorfológicas del piedemonte amazónico

Geomorfología	Vegetación	Densidad aparente, (g/cm ³)	Tasa de infiltración (cm/hora)	Resistencia a penetración (kg/cm ²)
Variable	Bosque	0.99	7.0	19
Lomerío ^(a)	<i>Homolepsis aturensis</i>	1.46	0.8	75
	<i>Brachiaria decumbens</i>	1.50	6.0	56
Terraza Baja ^(b)	<i>Homolepsis aturensis</i>	1.40	0.0	80
	<i>Brachiaria decumbens</i>	1.33	3.5	44
Vega ^(c)	<i>Homolepsis aturensis</i>	1.13	5.0	21

^(a) suelo Typic Hapludult isohipertérmico arcilloso fino.

^(b) suelo Typic Dystropept isohipertérmico arcilloso fino.

^(c) Suelo Fluvaquentic Dystropept isohipertérmico, franco arcillo-limoso.

Fuente: Pinzón, A. y Amézquita E. (1991).



DEPOSICIÓN DE EXCRETAS

Efectos

- a) Contaminación del follaje.
- b) Reciclaje de nutrimentos.
- c) Dispersión de semillas.
- d) Medio nutritivo para patógenos.

Contaminación del follaje

- Los animales rechazan el forraje contaminado con excretas.
- La superficie contaminada anualmente por la orina puede representar un 4-20% del área del potrero, mientras que aquella afectada por las heces es del 1-5%.
- Los efectos residuales de rechazo son más prolongados en el caso de las heces.



DEPOSICIÓN DE EXCRETAS

Reciclaje de nutrimentos

- El 87-95% de los nutrimentos minerales ingeridos por los animales en crecimiento son retornados vía heces y orina; mientras que los valores correspondientes para vacas lecheras son del 72-87%.
- La mayor parte del nitrógeno, potasio, boro y azufre son retornados vía orina, mientras que la ruta de excreción preferencial de los otros elementos minerales es a través de las heces.
- Los elementos minerales excretados en la orina van en formas inorgánicas (fácilmente disponibles para las plantas) en cambio los excretados en las heces deben ser mineralizados por los organismos del suelo.
- En sistemas de pasturas, los niveles de retorno de macronutrientes vía excretas son equivalentes a aplicaciones de 100-150, 10-20 y 75-125 kg/ha/año de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.
- Los niveles de excreción de nitrógeno son mayores cuando los animales ingieren el follaje de árboles forrajeros.
- La distribución desuniforme de las excretas, limita la eficiencia en el aprovechamiento de los nutrimentos presentes en las mismas.
- Cuando se trabajan sistemas silvopastoriles basados en el uso de genotipos animales no adaptados, los animales tienden a protegerse bajo la copa de los árboles donde depositan una mayor proporción de heces.



Cuadro 2. Impacto del pastoreo con ovinos sobre las propiedades físicas y de fertilidad del suelo en plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*).

Atributos	Pastoreadas	No pastoreadas
Físicos		
• Densidad aparente (g/cm ³)	1.59±0.12	1.57±0.22
• Vol. de macroporos (%)	8.0±1.2	10.2±1.3
• Tasa de infiltración (cm/h)	26.9±1.1	54.2±0.2
• Resistencia a penetración (kPa)	215.2±3.6	160.6±5.2
Fertilidad		
• pH	4.3±0.7	4.1±0.4
• Nitrógeno (%)	0.19±0.01	0.14±0.02
• Fósforo (ppm)	46.4±1.2	15.0±1.9
• Potasio (ppm)	21.9±0.1	28.7±0.7
• Calcio (ppm)	10.0±0.4	6.9±0.3
• Magnesio (ppm)	6.9±2.1	4.3±0.5
• Sodio (ppm)	37.6±2.5	15.0±3.5

Fuente: Majid, N.M., Awang, K. y Jusoff, K. (1989).



DEPOSICIÓN DE EXCRETAS

Dispersión de semillas

- El efecto será benéfico o detrimental, dependiendo de si las semillas dispersadas corresponden a especies deseables o a malezas.
- En el caso de leñosas cuyos frutos son ingeridos por los animales en pastoreo, la dispersión de semillas a través de las excretas puede contribuir a una propagación no controlada de la leñosa, en perjuicio de la productividad del componente herbáceo (por ej. *Prosopis*, *Guava*).
- La efectividad de dispersión y la viabilidad de las semillas distribuidas es función de:
 - Especie animal que las ingiere.
 - Tamaño y dureza de semillas.
 - Calidad de la dieta.
 - Tiempo de permanencia de semillas entre las excretas.
- En sistemas silvopastoriles, el microclima que se crea debajo de la copa de los árboles puede favorecer la viabilidad y emergencia de semillas dispersadas en las excretas.



Sección 2

Aplicaciones silvopastoriles

OBJETIVO GENERAL

Analizar las opciones más comunes de **Sistemas Silvopastoriles**, con énfasis en el manejo racional de los componentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

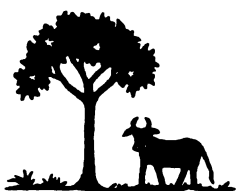
- 1 Presentar el sistema de **cercas vivas** como una opción silvopastoril, con énfasis en su potencial para la producción de forraje.
- 2 Analizar algunas opciones y estrategias para el establecimiento de **bancos forrajeros**, basados en el uso de leñosas perennes.
- 3 Presentar diferentes variantes del sistema de **pasturas en callejones** o "alley farming", y discutir opciones de manejo animal de pastoreo/ramoneo o de corte y acarreo en establo.
- 4 Analizar las variantes naturales y antropogénicas del sistema de **árboles dispersos en potreros**, con énfasis en el impacto que ejerce sobre ellos el uso con herbívoros domésticos.
- 5 Discutir la complementariedad y competencia de los componentes animal y leñosas en el sistema de **pastoreo en plantaciones**, como una forma de uso de la tierra.
- 6 Analizar los sistemas de **barreras vivas** y **cortinas rompevientos**, dentro del contexto de formas de uso de la tierra que implican la presencia de animales.

MATERIAL Y EQUIPO:

Proyector de transparencias
Transparencias del módulo
Pizarra

TIEMPO APROXIMADO:

Aula: Entre 8 y 10 horas de sesión de aula.



Tema 6

Cercas vivas

¿QUÉ ES UNA CERCA VIVA? [Acetato 6.1]

La siembra de leñosas perennes para la delimitación de potreros o propiedades (cercas vivas) es una práctica tradicional en áreas tropicales de América Latina, África y Asia (Budowski 1987; Ivory 1990). En los últimos años el sistema de cercas vivas ha tomado mayor relevancia económica y ecológica, no sólo porque su establecimiento puede significar un ahorro hasta del 46% con respecto al costo de las cercas convencionales (Holmann *et al.* 1992), sino porque constituye un mecanismo para reducir la presión sobre el bosque para la obtención de postes y leña. Además, contribuye a la introducción de árboles en las fincas, con los respectivos beneficios para los finqueros y el ambiente [Acetato 6.2].

¿CÓMO ESTABLECER UNA CERCA VIVA?

Especies utilizadas

Las leñosas que se utilizan en las cercas vivas no sólo sirven para delimitar del potrero o la propiedad, sino que regularmente cumplen algún propósito adicional en la finca (Budowski 1981; Bazill *et al.* 1994) [Acetato 6.3]. Algunas son forrajeras, como es el caso de madero negro (*Gliricidia sepium*), poró (*Erythrina berteroana*, *E. fusca* y *E. costarricensis*), *Leucaena leucocephala*; y ojoche o ramón (*Brosimum alicastrum*). Otras

son frutales, como el jocote (*Spondias purpurea*) y el marañón (*Anacardium occidentale*); y también las hay ornamentales, como el itabo (*Yucca elephantipes*).

Otras son maderables como el jiñocuave (*Bursera simaruba*), pochote (*Bombacopsis quinatum*), ciprés (*Cupressus lusitanica*), cedro (*Cedrella odorata*), teca (*Tectona grandis*), caoba (*Swietenia macrophylla*), guachipelín (*Diphysa robinoides*), eucalipto (*Eucalyptus* spp.) y tempate (*Jatropha curcas*). Cuando se usan especies maderables en las cercas, debe tenerse un cuidado especial para proteger la corteza del ingreso del alambre⁽¹⁾, lo cual afecta el valor comercial de la madera. Esto puede resolverse mediante la utilización de hojas de aluminio o metal en los lugares donde irán las grapas (Pezo e Ibrahim 1996).

Establecimiento

Para el establecimiento de cercas vivas con leguminosas arbóreas que son palatables para el ganado, generalmente se utilizan estacas de 5 a 15 cm de diámetro y de 2.0 a 2.5 m de largo [Acetato 6.4]. De esta manera se busca que los nuevos brotes que emergen después de su siembra queden fuera del alcance del ganado en pastoreo (NFTA 1989; Viquez *et al.* 1993). Las estacas empleadas para este propósito con frecuencia son ramas de árboles adultos presentes en las cercas, los cuales fueron dejados por 12 a 24 meses sin ser podados. Cuando se introducen especies maderables en las cercas, debe

⁽¹⁾ En el campo se dice que "se come alambre".

tenerse particular cuidado en la protección de los "plantones", lo cual se consigue aplicando las mismas técnicas de siembra "en linderos" (Ver Módulo de Árboles en Línea de esta misma Serie).

En zonas con un período de sequía bien definido, las siembras de estas especies (por ej. *Gliricidia sepium*) se hacen de preferencia al final del período seco (NFTA 1989). Los estacones son cortados al final de la estación seca, y se recomienda dejarlos bajo sombra por una semana para favorecer la "cicatrización". Luego, los estacones se dejan en posición vertical por 1 ó 2 semanas, para que se acumulen reservas en la base, lo cual favorecerá el enraizamiento. Algunos productores de América Central consideran que las fases de la luna afectan el enraizamiento, por lo que recomiendan cortar las estacas en la "fase de menguante".

Antes de plantar, la parte inferior del estacón se corta en bisel o como un cono invertido (tipo "punta de lápiz"), mientras que la parte superior se corta en bisel, para permitir que escurra el agua de lluvia. Para la siembra, los estacones se entierran a una profundidad de 20 a 40 cm. Cuando el drenaje es pobre, se recomienda hacer una incisión (pelar un anillo) en la corteza, en la porción que quedará justo por debajo del nivel del suelo, para estimular el enraizamiento (Viquez *et al.* 1993). La distancia de siembra entre estacas varía, aunque generalmente se usa un espaciamiento de 1 a 2 m. Cuando se establecen cercas nuevas, se recomienda dejarlas que enraícen por tres a seis meses, antes de colocarles el alambre; en cambio, cuando se reemplazan estacas viejas o se "tupen" cercas viejas, puede colocarse el alambre inmediatamente.

¿CÓMO MANEJAR UNA CERCA VIVA?

Cuando las cercas vivas están constituidas por árboles forrajeros, el follaje producido puede ser podado y utilizado en la alimentación de los animales (Pezo *et al.* 1990; Attakrah 1993). El potencial de producción de follaje comestible en cercas vivas es función de los siguientes factores: la especie utilizada; el distanciamiento de siembra; la edad de los árboles presentes en la cerca; la época del año; la frecuencia de poda; y las características agroclimáticas del sitio (Baggio y Heuvelodop 1982; Romero *et al.* 1993) [Acetato 6.5]. Por ejemplo, en el trópico húmedo de Costa Rica se ha observado un mayor potencial de producción de biomasa forrajera en cercas de poró (*Erythrina berteiroana*) que de madero negro (*Gliricidia sepium*), y se ha detectado que la variabilidad es mayor entre sitios que entre las especies utilizadas (Romero *et al.* 1993).

Para conseguir una producción alta y sostenida de biomasa comestible con las especies antes citadas, es mejor efectuar las podas cada seis meses (Romero *et al.* 1993; Viquez *et al.* 1993), aún cuando con esta frecuencia se sacrifique en algo el contenido de proteína cruda del forraje obtenido. Las podas pueden hacerse tan frecuentes como cada cuatro meses [Acetato 6.6], pero nunca menos porque se podría comprometer la sobrevivencia de los árboles (CATIE 1991).

Un aspecto importante en el uso de cercas vivas como fuente de follaje en los trópicos con un período seco definido, es que cuando más se necesita el forraje rico en proteína cruda (período seco), varias de estas leguminosas arbóreas ingresan en una fase reproductiva y pierden parte o todas sus hojas (NFTA 1989). Sin embargo, es posible modificar este comportamiento mediante podas estratégicas al final del período de lluvias.

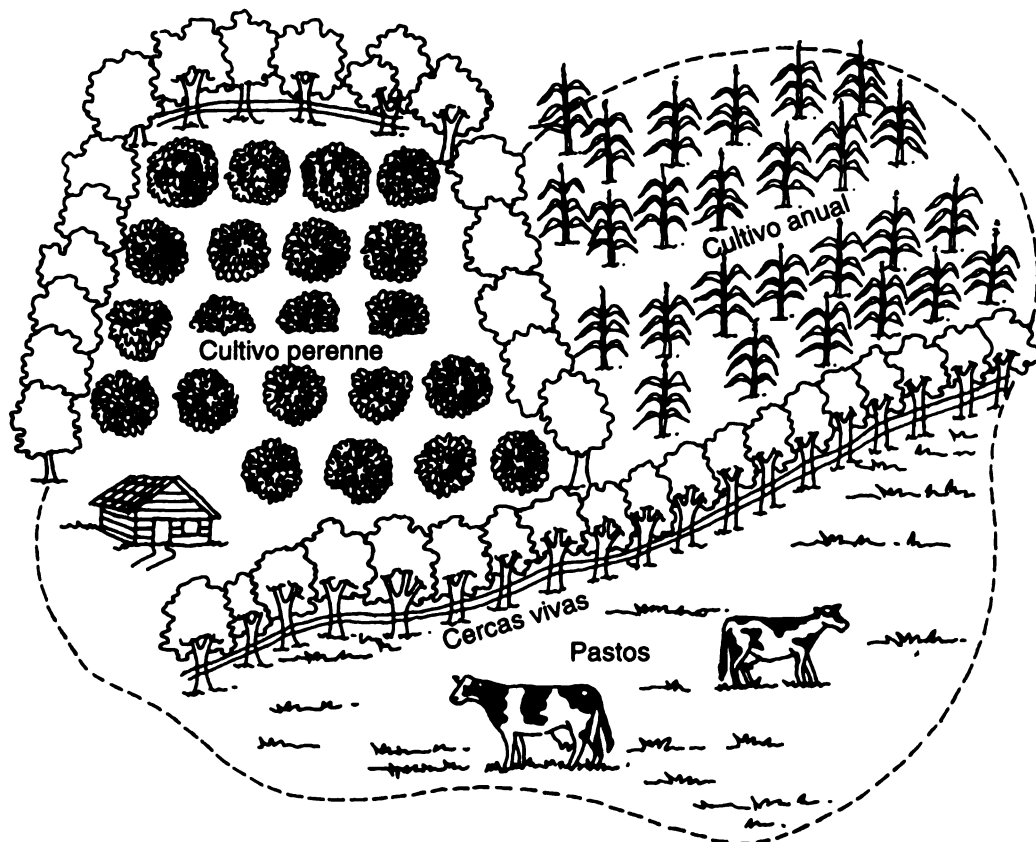
Al aplicar esta práctica en cercas vivas de *Gliricidia sepium*, Hernández y Benavides (1994) consiguieron obtener follaje durante el período seco; pero la cantidad de biomasa comestible que se produjo en ese período fue tan poca (± 500 g MS/árbol), que se necesitaba cosechar de 3 a 5 árboles/día para

suplementar un animal, requiriéndose de 0.13 a 0.37 km de cerca/animal/mes. Otra posibilidad para contar con el follaje de esas leñosas en los períodos críticos, es mediante la conservación de los mismos como heno o ensilaje (Pezo *et al.* 1990).



¿QUÉ ES UNA CERCA VIVA?

Las cercas vivas constituyen una opción silvopastoril cuando delimitan potreros o áreas de uso ganadero



Fuente: OTS (1992).



RELEVANCIA

- Sistema tradicional.
- Relevancia ecológica:
 - Evita intervención del bosque para la búsqueda de postes.
 - Promueve la introducción de árboles en las fincas.
- Relevancia económica:
 - Reduce los costos de construcción de cercas hasta en un 46%.
- Otros beneficios:
 - Delimitan propiedades o potreros.
 - Proveen de follajes y frutos.
 - Aportan nutrientes al suelo.
 - Pueden funcionar como “cortinas rompivientos”.



Algunas especies utilizadas

Propósito adicional	Nombre común	Nombre científico
Forrajero	Madero negro Poró Leucaena, Guaje Ramón, Ojoche	<i>Gliricidia sepium</i> <i>Erythrina berteroana</i> <i>E. fusca</i> <i>E. costarricensis</i> <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Brosimum alicastrum</i>
Frutales	Jocote Marañón Cítricos	<i>Spondias purpurea</i> <i>Anacardium occidentale</i> <i>Citrus sp.</i>
Ornamentales	Itabo	<i>Yucca elephantipes</i>
Maderables	Pochote Ciprés Cedro Teca Caoba Guachipelín Eucalipto Tempate	<i>Bombacopsis quinatum</i> <i>Cupressus lusitanica</i> <i>Cedrella odorata</i> <i>Tectona grandis</i> <i>Swietenia macrophylla</i> <i>Diphysa robinoides</i> <i>Eucalyptus spp.</i> <i>Jatropha curcas</i>

Establecimiento de las cercas vivas usando árboles forrajeros

- **Material:**

- Estacones de 5-15 cm de diámetro, y de 2.0 a 2.5 m de largo.
- Frecuentemente provienen de árboles adultos en cercas que no fueron podadas durante los últimos 12-24 meses.
- Estacones cortados en la "Fase de Menguante".

- **Manejo:**

- Para promover acumulación de reservas en la base, almacenarlos en posición vertical, bajo sombra, por 1-2 semanas.
- Antes de plantar, cortar el extremo basal en bisel o cono invertido (tipo "punta de lapiz") y la porción distal en bisel.

- **Siembra:**

- Enterrar los estacones a una profundidad de 20 a 40 cm.
- En terrenos muy húmedos, pelar un anillo en la corteza, justo en la porción que quedará debajo del nivel de suelo.
- Sembrar las estacas a distancia de 1 - 2 m.
- De preferencia, colocar el alambre 3-6 meses después de la siembra.
- Diferir la primera poda de las cercas hasta por lo menos un año después de establecidas.



Manejo de cercas constituidas por árboles forrajeros

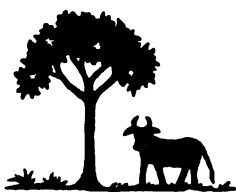
- La producción de follaje es función de:
 - Especie utilizada.
 - Edad de la cerca.
 - Frecuencia de poda.
 - Epoca del año.
 - Características agroclimáticas de sitio.
- Para conseguir una producción alta y sostenida de biomasa comestible, es preferible podar las cercas vivas cada seis meses, aún cuando se sacrifique algo la calidad de la biomasa.
- En áreas con un período seco definido, muchas de las leñosas presentes en las cercas florecen y pierden sus hojas.
- Podas “estratégicas” a finales de la época de lluvias permiten disponer de follaje verde durante el período seco.
- Durante el período seco, para obtener el follaje de madero negro (*Gliricidia sepium*) necesario **para suplementar con proteína cruda un novillo de 300 - 400 kg de peso** que pastorea en potreros de pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*), se deben podar de 3-5 árboles/día por cada animal que se vaya a suplementar.



Cuadro 1. Efecto de sitio y frecuencia de poda sobre la producción de biomasa de *E. berteriana* durante cuatro años en el trópico húmedo de Costa Rica (kg MS km⁻¹ año⁻¹).

Años	Poda meses	Cariari		Guácimo	
		Material comestible	Biomasa total	Material comestible	Biomasa total
1	4	4273	9022	2577	5435
	6	1835	8375	3292	9516
2	4	3976	6201	1769	3132
	6	3884	8273	4218	8273
3	4	1555	2598	4093	6978
	6	3063	6525	9328	18853
4	4	1747	3695	4774	8310
	6	4921	9249	9743	18255

Fuente: Romero, F. Montenegro, J. Chana, C. Pezo, D. y Borel, R. (1993).



Tema 7

Bancos forrajeros

¿QUÉ ES UN BANCO FORRAJERO?

Los bancos forrajeros son áreas en las cuales las leñosas perennes o las forrajeras herbáceas se cultivan en bloque compacto y a alta densidad [Acetato 7.1], con miras a maximizar la producción de fitomasa de buena calidad nutritiva. Para que un sistema de este tipo reciba la denominación de “banco de proteína”, el follaje de la especie sembrada debe contener más del 15% de PC. Por otro lado, si el follaje de las forrajeras sembradas en este sistema presenta además niveles altos de energía digerible, se le conoce como “banco energético-proteico” (Pezo e Ibrahim 1996).

¿CÓMO ESTABLECER UN BANCO FORRAJERO?

Selección de especies

Para los bancos forrajeros de leñosas perennes se prefieren especies capaces de persistir bajo un régimen de podas o defoliaciones frecuentes e intensas, que muestren una alta tasa de rebrote, que presenten una buena proporción de hojas y con una calidad nutritiva aceptable (Ivory 1990) [Acetato 7.2]. Esta última se manifiesta no sólo en un alto contenido de nitrógeno o energía digerible, sino también en una buena apetecibilidad (“palatabilidad”) para el ganado, así como en la ausencia total o la presencia de bajos contenidos de metabolitos secundarios (por ej. taninos, alcaloides) que perjudiquen el consumo, la digestibilidad o la salud de los animales.

Entre las leñosas perennes con potencial de ser utilizadas en bancos de proteína en el trópico húmedo [Acetato 7.3] destacan varias especies de poró (*E. fusca*, *E. berteriana*, *E. cocleata* y *E. poeppigiana*), madero negro (*Gliricidia sepium*), clavelón (*Hibiscus rosa-sinensis*) y amapola (*Malvaviscus arboreus*) (Romero *et al.* 1993; Oviedo *et al.* 1994; López *et al.* 1994). En este ecosistema hay indicaciones que *Acacia angustissima*, *Albizia* spp. y *Callindra calothyrsus* poseen un mayor potencial de producción de biomasa comestible que las anteriores (Herrera 1990), pero muestran en cambio problemas de baja digestibilidad (y posiblemente de palatabilidad) por sus altos contenidos de taninos (Valerio 1990). Por estas razones, las tres últimas especies no han sido recomendadas para bancos forrajeros en la Zona Atlántica de Costa Rica.

En contraste, para áreas con un período seco estacional de 3 a 6 meses de duración (trópico subhúmedo) destacan *Leucaena leucocephala*, guácimo (*Guazuma ulmifolia*), *Cratylia argentea* y ojoche o ramón (*Brosimum alicastrum*), aunque también algunas de las especies citadas para el trópico húmedo (por ej. *Erythrina* spp., *Gliricidia sepium*) pueden trabajar adecuadamente en este ecosistema (Pezo e Ibrahim 1996), proveyendo de forraje abundante al menos durante el período de lluvias. Por su parte, la morera (*Morus* spp.) y *Trichantera gigantea* son especies que por sus características de calidad nutritiva califican para bancos energético-proteicos.

En años recientes ha habido avances en la identificación de leñosas perennes para sue-

los ácidos e infértiles [Acetato 7.4]. Argel y Maas (1995) indican que *Flemingia macrophylla*, *Desmodium velutinum*, *Codariocalyx giroides*, *Calliandra* sp., *Tadehagi* spp. y *Cratylia argentea* son arbustivas capaces de crecer sin mayores problemas en suelos con pH inferior a 5.5, y por ende son potencialmente utilizables en bancos forrajeros y otras formas de sistemas silvopastoriles para esas condiciones de suelos. Sin embargo, la mayoría de estos han mostrado niveles altos de taninos y otros metabolitos secundarios que limitan su consumo por los animales (Lascano et al. 1995). Por otra parte, el trabajo de cruzamientos realizado por Hutton (1995) ha permitido desarrollar varios híbridos de *Leucaena leucocephala* x *L. diversifolia* que se adaptan a los suelos ácidos.

Los genotipos antes mencionados se pueden adicionar al *Cajanus cajan*, *Albizia lebbeck*, *Pithecellobium dulce* y *Sesbania grandiflora* que fueron identificados previamente (Brewbaker y Macklin 1990; Mannetje y Jones 1992) como tolerantes a ese tipo de suelos.

¿Dónde establecer el banco forrajero?

La determinación de dónde ubicar un banco forrajero será función no sólo de las características agroecológicas del sitio, sino también de la forma como se pretende utilizarlo [Acetato 7.5]. Si el banco forrajero va a ser utilizado bajo corte, se recomienda establecerlo cerca de las áreas donde se suplementan los animales, para así reducir los costos y el tiempo de acarreo del forraje (Oviedo et al. 1994). Además, esto facilitará la implementación de algún mecanismo para el retorno de las excretas como abono orgánico para el banco, lo cual ayudará a reducir los costos de fertilización.

Para bancos forrajeros que van a ser utilizados bajo pastoreo, deberán buscarse terrenos adyacentes a los potreros que se pretende suplementar, ya que la ocupación de los

bancos es generalmente por unas pocas horas cada día (Humphreys 1991; Mascary et al. 1993). Incluso, en algunos casos los bancos están dentro de un potrero de gramíneas, cubriendo hasta un 20-25% de la superficie del mismo (Paterson et al. 1982).

Arreglo espacial

Cuando los bancos forrajeros van a ser manejados bajo corte [Acetato 7.6], se recomienda establecer las leñosas con distanciamientos relativamente cortos, como de 0.8 - 1.0 x 0.25 - 0.5 m (Romero et al. 1993; Attakrah 1993). En cambio, si el uso va a ser bajo pastoreo/ramoneo, debe ampliarse la distancia entre surcos para facilitar el acceso y el desplazamiento de los animales, así como prevenir los daños por pisoteo.

En el caso de *Gliricidia sepium*, Escobar et al. (1996) proponen distanciamientos de 2.0 m entre hileras y de 0.5 a 1.0 m entre plantas dentro de la hilera; pero esos distanciamientos pueden ampliarse aún más, hasta 3.0 ó 4.0 m entre hileras, como ha sido sugerido por Milera et al. (1994) e Iglesias et al. (1994) para *Leucaena leucocephala*. Cuando se usan mayores distancias entre hileras, se recomienda disponer las leñosas en doble hilera, como un mecanismo para incrementar la densidad de siembra, además de darles resistencia contra los daños físicos ejercidos por los animales. Cuando se amplía la distancia entre hileras, debe incorporarse una forrajera herbácea como cultivo de cobertura para proteger el suelo y controlar la competencia por malezas.

Técnica de siembra

Bajo condiciones de trópico húmedo [Acetato 7.7], se ha tenido éxito estableciendo la *Erythrina berteroana* y *Gliricidia sepium* como se siembra caña de azúcar, utilizando tallos de 1.5 a 2.0 m de largo, colocados en el fondo del surco, y cubiertos ligeramente con

tierra (Romero *et al.* 1993). También se ha visto que una incisión (“pelado de la corteza”) en la porción que va en contacto con el suelo [Acetato 7.8] produce un incremento en la producción de biomasa comestible de hasta el 30%, la cual puede atribuirse a un mejor desarrollo de raíces. Este sistema de siembra no es recomendable para los ecosistemas de trópico sub-húmedo y seco, pues genera raíces superficiales, y por ende las plantas toleran menos el estrés de sequía (Pezo e Ibrahim 1996).

Para la mayoría de especies, y en particular para zonas en que se presenta un período de sequía definido, es más conveniente la siembra utilizando semillas, pues ello dará origen a plantas con sistemas radiculares más profundos [Acetato 7.9]. Sin embargo, como muchas de estas plantas tienen un crecimiento inicial muy lento, en esta etapa puede ser fuerte la competencia de las malezas o de otras forrajeras que crecen entre las hileras de leñosas. Por esta razón, cuando se opta por el uso de semilla botánica para el establecimiento de bancos forrajeros, es recomendable trabajar previamente en la producción de plantones a nivel de vivero, para luego trasplantarlos al campo. Aún cuando ello signifique un costo más alto por planta sembrada, puede representar un menor costo por planta adulta, al asegurarse la sobrevivencia de un mayor número de plantas (Pound y Martínez-Cairo 1985; Ivory 1990).

Otra opción que ha demostrado su conveniencia para este tipo de situaciones es el uso de la técnica de “seudo-estaca” [Acetato 7.10], en la cual se mantienen plantas en vivero por 2-4 meses, hasta que alcancen una altura de 60-90 cm, y un diámetro de 1-2 cm. Luego de ese período, se cortan los tallos a unos 10-20 cm por encima de la corona, y unos 15-20 cm por debajo de ella (NFTA 1989). Las seudo-estacas pueden sobrevivir por varias semanas si se mantienen húmedas o cubiertas con barro húmedo, pe-

ro es mejor si se trasplantan inmediatamente después de cortadas.

¿CÓMO MANEJAR UN BANCO FORRAJERO?

Fertilización

Las leñosas perennes pueden encontrarse en una gran diversidad de tipos de suelo. Muchas de ellas pueden crecer en suelos de fertilidad moderadamente baja (Shelton 1994). Sin embargo, independientemente de los mecanismos que tengan estas especies para adaptarse a esas condiciones de suelo, si se cultivan en bancos forrajeros, siempre requerirán de fertilización [Acetato 7.11].

La alta población de plantas que caracteriza los bancos forrajeros, crea condiciones de fuerte competencia por los nutrientes disponibles en el suelo. Además, como consecuencia de la extracción de nutrientes a través del forraje cosechado (Pezo *et al.* 1993), la fertilidad del suelo se hace limitante más tempranamente cuando los bancos son manejados bajo corte que en pastoreo. A manera de ejemplo, en un banco forrajero de morera (*Morus spp.*) mantenido en un suelo de fertilidad moderada y sometido a cortes periódicos, Oviedo (1995) estimó que la extracción de nutrientes fue de 255, 25, 154, 156 y 38 kg de N, P, K, Ca y Mg/ha/año, respectivamente.

Cuando no se reponen los nutrientes extraídos en el forraje cortado, el sistema degrada muy pronto. Este deterioro se manifiesta primeramente en una menor capacidad de rebrote después de las podas, seguido por la pérdida de plantas, y finalmente con la invasión de malezas. Este tipo de efectos han sido detectados tanto en bancos constituidos por leguminosas fijadoras de nitrógeno, como en aquellos con otras leñosas perennes.

En bancos de *E. berteriana* y *G. sepium* mantenidos dentro del esquema de "corte y acarreo", Romero *et al.* (1993) observaron que la productividad declinó hasta menos de la mitad al cabo de tres años de manejo extractivo, aún cuando se trabajaba en suelos de fertilidad media [Acetato 7.12]. Por otro lado, Benavides *et al.* (1994) y Oviedo (1995) mostraron un comportamiento similar en el caso de la morera (*Morus sp.*) no fertilizada. En cambio, aplicaciones de estiércol equivalentes al nivel de extracción de nitrógeno (360 kg de N/ha/año), permitieron mantener una producción de biomasa comestible superior a las 12.0 t MS/ha/año [Acetato 7.13].

Las investigaciones en el área de la nutrición mineral de leñosas forrajeras son escasas. La mayoría de ellas han estado orientadas a determinar la respuesta de éstas a diversas dosis de fertilizante, lo cual resulta en recomendaciones "sitio específicas", con un potencial de extrapolación limitado [Acetato 7.14]. Se desconocen los requerimientos internos y externos de nutrimentos para la mayoría de leñosas forrajeras, excepto para *Leucaena leucocephala*, en la cual Ruaysoognern *et al.* (1989) determinaron que si bien la mayoría de nutrimentos eran requeridos en cantidades similares a las observadas para muchas leguminosas herbáceas tropicales, esta especie tenía una fuerte demanda por fósforo (225 kg P/ha) y calcio (230 kg Ca/ha).

Ante la falta de información específica sobre los requerimientos nutricionales para la mayoría de las leñosas perennes utilizadas en bancos forrajeros, se sugiere que la dosis a aplicar durante el establecimiento se defina con base en la información obtenida del análisis de suelo y las recomendaciones disponibles para otras forrajeras de corte. En cambio,

para la fertilización de mantenimiento deberá tomarse en cuenta la producción de fitomasa y la concentración de nutrimentos en la biomasa cosechada, para estimar la cantidad de nutrimentos extraídos con base en ella. Además, debe considerarse un valor para la eficiencia de utilización de los nutrimentos incluidos en los fertilizantes aplicados.

La fertilización puede hacerse utilizando fertilizantes químicos o excretas animales. Sin embargo, cuando se utilizan estas últimas, debe pasar un tiempo después de la aplicación para que los nutrimentos se hagan disponibles a las plantas, ya que las heces deben sufrir un proceso de mineralización. Además, en muchos casos las cantidades de excretas requeridas para reponer los nutrimentos extraídos en un banco forrajero son tan altas², que hacen poco manejable el sistema con abono orgánico como única fuente de fertilización. Bajo tales condiciones es recomendable combinar la aplicación de abonos orgánicos con fertilizantes químicos, o aceptar niveles de productividad de follaje más bajos.

Defoliación

La defoliación que sufren los bancos forrajeros manejados bajo corte es diferente a la ejercida por los animales en pastoreo/ramoneo. Por lo general, en sistemas de corte o poda hay eliminación total del follaje (hojas y tallos) que está por encima de una altura dada. En cambio, cuando los animales defolian directamente, tienden a seleccionar preferentemente las hojas, lo cual resulta en una menor intensidad efectiva de defoliación (Stür *et al.* 1994). Esto hace que con frecuencia sea posible utilizar más frecuentemente los bancos cuando se manejan bajo pastoreo que bajo corte.

² Para aplicar el equivalente a 240 kg N/ha/año se necesitan 44.6 toneladas de heces frescas de caprino.

¿Cuándo efectuar la primera defoliación?

Un aspecto importante en el manejo de bancos forrajeros es el momento de efectuar la primera defoliación [Acetato 7.15], pues ello afectará el engrosamiento de los tallos y el desarrollo radicular. Esto, a su vez, influirá sobre la capacidad de rebrote luego de una defoliación (Ella *et al.* 1991), y sobre la resistencia al daño mecánico que pueden ejercer los animales en pastoreo. En la mayoría de leñosas perennes se recomienda efectuar la primera defoliación cuando las plantas han alcanzado de 1.0 a 1.5 m de altura (Pezo *et al.* 1993; Stür *et al.* 1994). Bajo las condiciones del trópico sub-húmedo, esto puede significar que las defoliaciones se inicien un año después de establecer el banco forrajero.

¿Con qué frecuencia se deben usar los bancos forrajeros?

Cuando los bancos forrajeros están sometidos a podas, la producción de biomasa total aumenta a medida que se prolonga el intervalo entre defoliaciones, pero en este caso se hace mayor la fracción leñosa, en desmedro de la fitomasa comestible (Ella *et al.* 1989; Mochiutti 1995) [Acetato 7.16]. Stür *et al.* (1994) sugieren que la máxima producción de biomasa comestible se consigue cuando ésta representa un 50-60% de la biomasa total, lo que a su vez ocurre antes de que comience la caída de hojas en las ramas inferiores de la planta (Blair *et al.* 1990).

La época cuando ocurre este evento varía con las especies, la densidad de siembra y las condiciones climáticas. En términos generales, se acepta que un intervalo entre podas de 3 a 4 meses es adecuado para la mayoría de leñosas, siempre que haya buena disponibilidad de humedad (Muschler *et al.* 1993). La frecuencia de uso puede prolongarse en las zonas más secas y en los trópicos de altura (Stür *et al.* 1994), donde el crecimiento es más lento. Además, en

plantaciones de mayor densidad, los cortes deben hacerse más tempranamente (Blair *et al.* 1990), pues la competencia por luz lleva a una mayor elongación de tallos, en desmedro del desarrollo de hojas.

¿A qué altura efectuar las podas?

La intensidad de corte, expresada como altura del material remanente luego de la poda, es determinante de la productividad de un banco forrajero en el largo plazo [Acetato 7.17]. La mayoría de estudios revisados por Blair *et al.* (1990) indican que una mayor altura -dentro de ciertos límites- favorece la velocidad de rebrote. Sin embargo, es difícil hacer una recomendación general sobre la altura óptima de poda para diferentes especies y condiciones. Por ello, para definir a qué altura podar las leñosas perennes presentes en un banco forrajero, es mejor aplicar algunos principios básicos de la fisiología del rebrote de plantas forrajeras, como son:

- Cuando la defoliación es muy intensa, el rebrote es fuertemente dependiente de las reservas orgánicas, una parte importante de las cuales se encuentra almacenada en las partes basales del tallo (Pezo *et al.* 1993).
- Para que se produzca un rebrote vigoroso, debe haber además un número importante de yemas en el material remanente luego de la poda (Stür *et al.* 1994).
- Es conveniente dejar algo de área foliar residual luego de la poda, pues ello favorecerá la velocidad de rebrote, ya que el crecimiento va a depender más tempranamente de los productos de fotosíntesis (Stür *et al.* 1994).
- Si se prolongan los intervalos entre defoliaciones, puede hacerse una defoliación más intensa, es decir dejando una menor cantidad de biomasa remanente luego de la poda (Mochiutti 1995), pues ello permitirá que las reservas utilizadas para el rebrote inicial sean fácilmente recuperadas [Acetato 7.18].

¿Cómo manejar los bancos forrajeros bajo pastoreo/ramoneo?

Los principios fisiológicos descritos anteriormente también operan cuando los bancos forrajeros son defoliados directamente por los animales. Para asegurar la persistencia de las leñosas perennes es fundamental regular la carga animal [Acetato 7.19], y establecer un esquema de pastoreo rotacional, con un período de ocupación menor de 7 días y un período de descanso de 60-80 días (Pound y Martínez-Cairo 1985; Jones 1994; Milera *et al.* 1994; Mochiutti 1995; Escobar *et al.* 1996; Ibrahim *et al.* n.p.).

Algunos autores (Pound y Martínez-Cairo 1985; Escobar *et al.* 1996) han sugerido que los bancos forrajeros de *Leucaena leucocephala* y de *Gliricidia sepium* son capaces de sostener cargas equivalentes a 2.5⁽³⁾ UA/ha. Sin embargo, esto no debe tomarse como regla general, pues la carga óptima depende del nivel de oferta de biomasa comestible [Acetato 7.20], o en otras palabras, del potencial de producción de biomasa en un sitio determinado. Además, debe recordarse que la carga efectiva es menor a la que ahí se señala, pues al funcionar estas forrajeras como "suplementos" de una dieta base, con frecuencia la ocupación del banco forrajero es apenas de 1-2 horas por día (Pound y Martínez-Cairo 1985; Suárez *et al.* 1987; Hernández *et al.* 1992; Mascary *et al.* 1992; Mochiutti 1995).

Un aspecto adicional del manejo bajo pastoreo/ramoneo, es que las leñosas deben ser podadas cada seis meses a un año [Acetato 7.21], para eliminar los tallos remanentes después de varios ciclos de pastoreo, los cuales pueden superar los 2.0 m de altura (Mochiutti 1995). Estas podas tienen diversos propósitos, entre ellos: a) evitar que los nuevos brotes se produzcan por encima de

la altura de ramoneo de los animales, ya que muchas veces por alcanzarlos, los animales provocan fuertes daños físicos a las plantas; b) eliminar tallos viejos y así favorecer un mayor macollamiento y c) promover una mayor uniformidad en el rebrote (Pezo e Ibrahim 1996).

La mayor parte de estudios sobre el uso de bancos de proteína evidencia una ventaja en la ganancia de peso [Acetato 7.22] y producción de leche [Acetato 7.23], cuando las vacas tienen acceso al follaje producido en un banco de proteína (Kass *et al.* 1993; Jones 1994).

La magnitud de la respuesta al acceso a un banco forrajero, o al follaje cosechado en él y ofrecido en corral, es función, entre otros factores, de la calidad de la dieta base, el uso de otros suplementos y el potencial de producción de animales suplementados. En términos generales, se han detectado mejores respuestas al uso de los bancos durante el período seco, cuando la dieta base está constituida por pastos pobres en proteína cruda y de baja digestibilidad (Camero 1991), o cuando la dieta base está constituida por residuos de cultivo o cultivos estratégicos, como la caña de azúcar (Alagón 1990). Por otro lado, cuando se usan leñosas ricas en proteína cruda, pero con una digestibilidad inferior al 60%, hay respuesta a la suplementación con fuentes energéticas (Corado 1991).

Algunas especies como *Cratylia argentea* tienen baja consumo debido a la presencia de compuestos secundarios. El regado de una solución de melaza o premarchamiento del follaje de *C. argentea*, como estrategias de manejo han influido en un incremento significativo (>30%) sobre el consumo de esta especie [Acetato 7.24] (Ibrahim *et al.* 1999). Cabe notar que el uso de *C. argentea* como

⁽³⁾ Una unidad animal (UA) es equivalente a un bovino de 400 kg de peso.

suplemento para vacas de doble propósito en la época seca ha resultado en un incremento de la cantidad de jaragua (*Hyparrhenia rufa*) consumido que estuvo caracterizada con un alta porcentaje de fibra (>70%), baja proteína cruda (3.3%) y digestibilidad de materia seca *in vitro* (33%) [Acetato 7.25].

Ventajas bio-económicas del uso de bancos bajo pastoreo/ramoneo

El análisis económico de una serie de ensayos de suplementación de vacas lecheras usando el follaje proveniente de bancos de proteína manejados bajo corte, ha mostrado que no hay diferencias importantes en cuanto al beneficio neto cuando se compara el follaje de leñosas con el uso de suplementos tradicionales. Sin embargo, se reducen marcadamente los costos en efectivo (Abarca 1989; Tobón 1988; Alagón 1990; Camero 1991; Corado 1991; Romero *et al.* 1993).

Por otro lado, cuando se ha comparado el uso de bancos de *Erythrina berteroana* bajo

pastoreo versus corte (Holmann *et al.* 1992) [Acetato 7.26], el costo de establecimiento fue 45.5% superior para los bancos que son utilizados bajo corte, pues en ellos la densidad de siembra es dos veces mayor que en los utilizados bajo pastoreo. Igualmente, la mayor demanda de mano de obra para el "corte y acarreo", determina que los costos por este rubro sean 3.65 veces más altos en el sistema de corte que en el de pastoreo.

Sin embargo, en el estudio de Holman *et al.* (1992), las demandas de mano de obra del sistema de pastoreo están subestimadas, pues estudios posteriores (Mochiutti 1995) mostraron que había necesidad de podar los bancos de proteína al cabo de 2 ó 3 ciclos de uso para evitar que los rebrotes se produjeran a una altura que no es alcanzable por los animales. Además, el análisis de Holmann *et al.* (1992) no consideró diferencias potenciales en la vida útil del banco, la cual puede ser diferente si se considera que en bancos manejados bajo pastoreo/ramoneo es mayor el riesgo de perder el banco por fallas en el manejo.



¿QUÉ ES UN BANCO FORRAJERO?

- Es un sistema de cultivo en el cual las leñosas perennes o las forrajeras herbáceas crecen en bloque compacto y con alta densidad, con miras a **maximizar** la producción de fitomasa de alta calidad nutritiva.
- Si la forrajera sembrada tiene más de 15% PC, el bloque constituirá un **banco de proteína**.
- Si la forrajera presenta altos niveles de energía digerible (más de 70% de digestibilidad), el bloque constituirá un **banco energético**.
- Si la forrajera cumple los dos requisitos anteriores, el bloque constituirá un **banco energético-proteico**.



¿Cómo establecer un banco forrajero con leñosas perennes?

Selección de especies

Para este sistema se requieren forrajeras que:

- Manifiesten una buena capacidad de rebrote luego de la defoliación.
- Posean un alto potencial para producir hojas.
- Persistan cuando son sometidas a la defoliación frecuente e intensa, sea en forma de podas o la ejercida por los animales (pastoreo/ramoneo).
- Presenten una calidad nutritiva aceptable, la cual se expresa en:
 - Alto contenido de nitrógeno y/o energía digerible.
 - Niveles aceptables de consumo.
 - Bajo contenido de metabolitos secundarios que afecten el consumo, la digestibilidad o la salud de los animales.



Cuadro 1. Características de adaptación para algunas leñosas utilizadas en bancos forrajeros

Espece	Ecosistema ⁽¹⁾	Tipo de banco ⁽²⁾	Características destacables
<i>Erythrina poeppigiana</i>	TH, TsH	BP	Altitud: 150-1900 msnm. Tolera hasta 6 meses secos.
<i>Erythrina berteroana</i>	TH	BP	Altitud: 300-600 msnm. Precip. 1500-2800 mm. Resistente a viento.
<i>Erythrina fusca</i>	TH	BP	Altitud: 0-1600 msnm. Tolera drenaje pobre.
<i>Gliricida sepium</i>	TsH, TH	BP	Altitud: 0-1800 msnm. Precip. 900-3500 mm. Tolera hasta 7 meses secos.
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	TsH, TH	BP	Utilizada como cerca y ornamental.
<i>Malvaviscus arboreus</i>	TsH, TH	BP	Altitud: 0-2100 msnm. Utilizada como cerca y ornamental.
<i>Calliandra calothyrsus</i>	TsH, TH	BP	Alta producción de fitomasa. Poco palatable, problemas con taninos.
<i>Leucaena leucocephala</i>	TsH	BP	Mayoría de genotipos no toleran suelos ácidos.
<i>Guazuma ulmifolia</i>	TsH	BP	No es leguminosa. Follaje y frutos apetecidos por el ganado.
<i>Cratylia argentea</i>	TsH	BP	Tolerante a la sequía, consumo mejora con oreo después de corte.
<i>Brosimum alicastrum</i>	TsH	BP	Hojas y frutos comestibles.
<i>Morus spp.</i>	TH, TsH	BE	No es leguminosa. Alta digestibilidad.
<i>Trichantera gigantea</i>	TsH, TH	BE	No es leguminosa. Alta digestibilidad.

⁽¹⁾ TH = Trópico húmedo; TsH = Trópico Sub-Húmedo

⁽²⁾ BP = Banco de Proteína; BE = Banco Energético

Algunas leñosas adaptadas a suelos ácidos e infértiles

Flemingia macrophylla
Desmodium velutinum
Codariocalyx giroides
Calliandra sp.
Tadehagi spp.
Cratylia argentea
Cajanus cajan
Albizia lebbeck
Pithecellobium dulce
Sesbania grandiflora

- *Leucaena leucocephala* es una especie sensible a suelos de reacción ácida; sin embargo, se han desarrollado híbridos de *L. leucocephala* x *L. diversifolia* tolerantes a suelos ácidos y con problemas de alta saturación de aluminio.
- La mayoría de ellas se caracterizan por presentar niveles altos de taninos y otros metabolitos secundarios que limitan su digestibilidad y consumo.



¿Dónde establecer el banco forrajero?

- Está en función de:
 - Características agroecológicas de sitio.
 - Forma de uso.
- Los bancos utilizados bajo corte deberán establecerse cerca de sitios de alimentación, para:
 - Reducir costos y labores de “corte-acarreo”.
 - Facilitar fertilización orgánica con excretas.
- Los bancos a ser usados bajo pastoreo deberán establecerse en áreas adyacentes a potreros que deben suplementar. Incluso, puede ser parte del potrero (20-25% del área).



¿Cuál debe ser el arreglo espacial?

- Bajo corte:
 - Distancias de 0.8 - 1.0 m, y de 0.25 - 0.5 m entre plantas.
- Bajo pastoreo:
 - La distancia mínima entre hileras será de 2.0 m y de 0.5 - 1.0 m entre plantas.
 - Las distancias pueden ampliarse hasta 3.0 ó 4.0 m entre hileras.
 - Cuando se usan mayores distanciamientos, se pueden sembrar hileras dobles, lo cual resulta en mayor densidad de plantas, pero además contribuye a incrementar la resistencia a la presión ejercida por los animales.
 - Cuando se amplía el distanciamiento, conviene sembrar pastos entre las hileras de leñosas, como cultivo de cobertura.



¿Cuál es la técnica de siembra más adecuada?

- En el trópico húmedo ha funcionado bien el uso de tallos maduros de 1.5 a 2.0 m de largo (similares a los usados para establecer cercas), sembrados -como caña de azúcar- en el fondo del surco.
- En ecosistemas con un período de sequía bien definido, pueden usarse estacas de 30-50 cm de largo, colocadas inclinadas o en posición vertical; pero es más conveniente si la siembra se hace con plántones producidos en vivero.
- Cuando se usan estacas, se puede conseguir un desarrollo de raíces más profundas si se hace una "incisión" (pelado) en la porción que va hacia el fondo del surco.
- Si se opta por la siembra directa de semillas en el campo, muchas de las especies usadas para bancos forrajeros tienen un crecimiento inicial lento, por lo que es fuerte la demanda de mano de obra para "limpiezas" frecuentes.



SIEMBRA DIRECTA DE ESTACAS

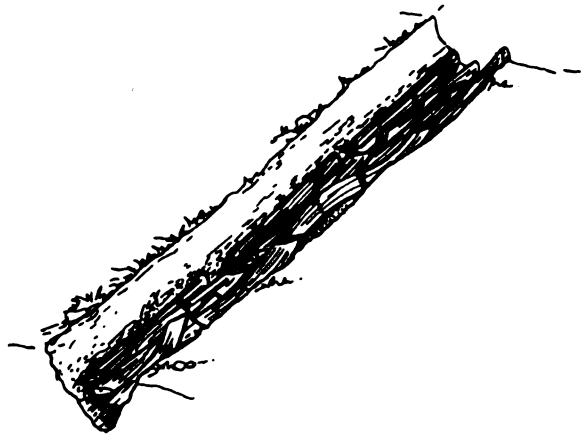


Figura 1a. Siembra de las leñosas, "acostadas", de manera similar a la siembra de la caña de azúcar.

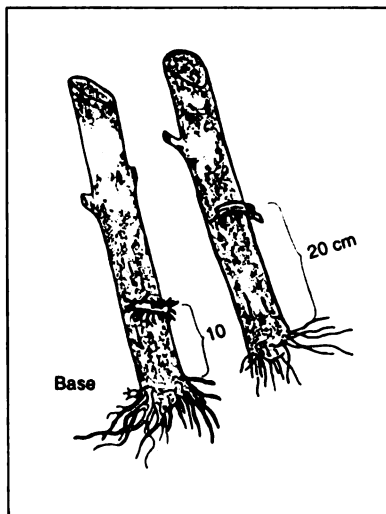


Figura 1b. Incisiones en la corteza de las leñosas, una estrategia para promover el enraizamiento.

Fuente: NFTA (1989).



Preparación de plántones en vivero

Mezcla de tierra

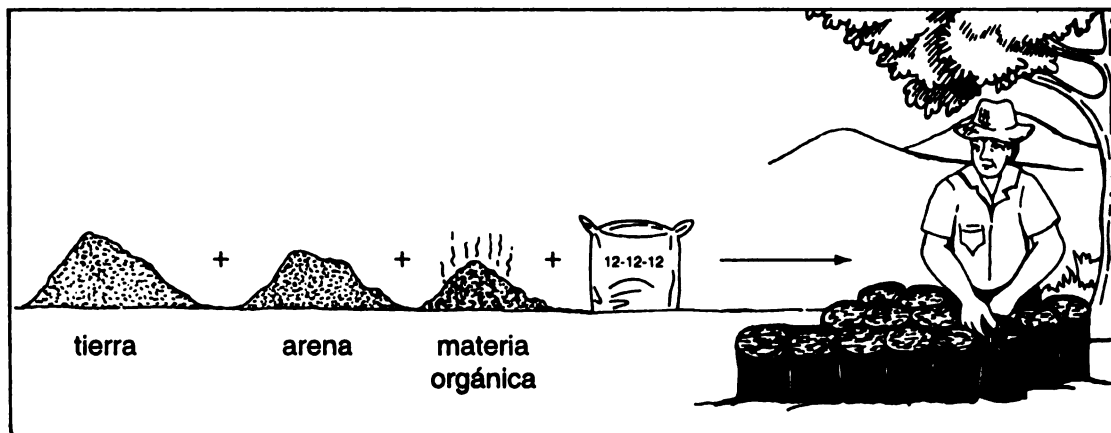


Figura 2a. Preparación de mezclas para el llenado de bolsas, donde se sembrarán las semillas.

Sembrando las semillas

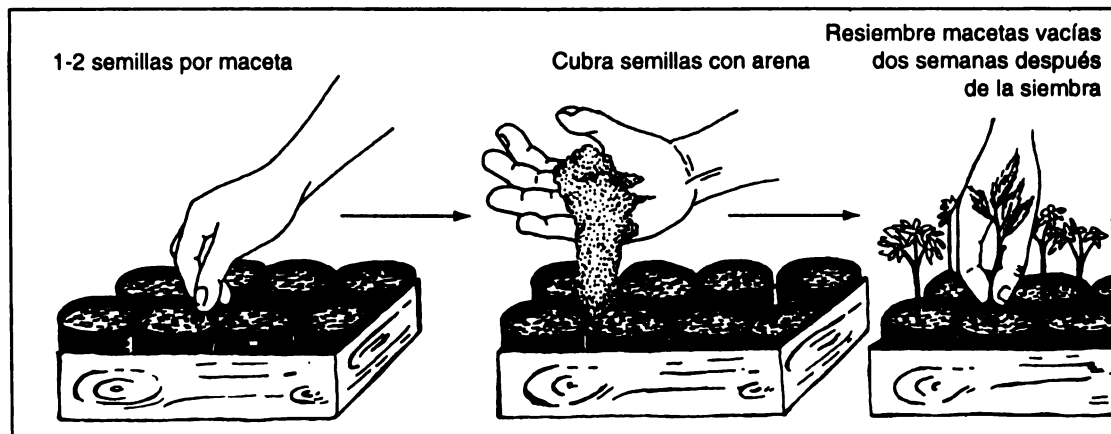


Figura 2b. Siembra de semillas en bolsas, para la producción de plántones.

Fuente: NFTA (1989).



Preparación de "Seudo - Estacas"

Seudo - estacas

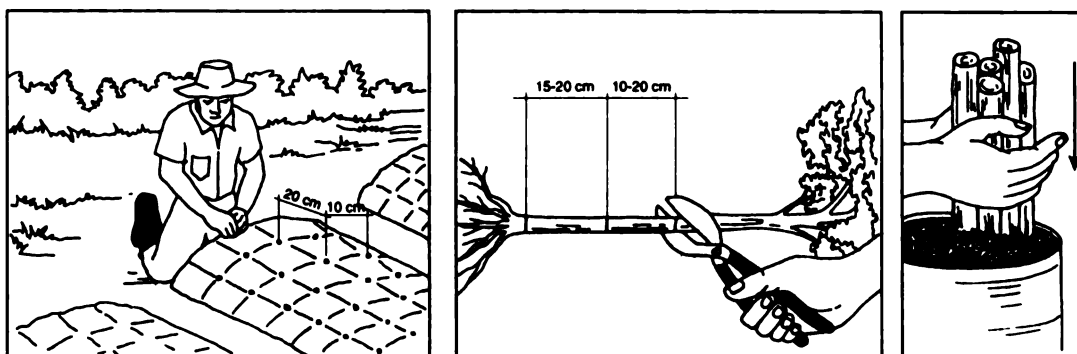


Figura 3a. Preparación de "seudo-estacas" para la siembra de leñosas en bancos forrajeros.

Trasplante del vivero al campo

Trasplante de plántulas

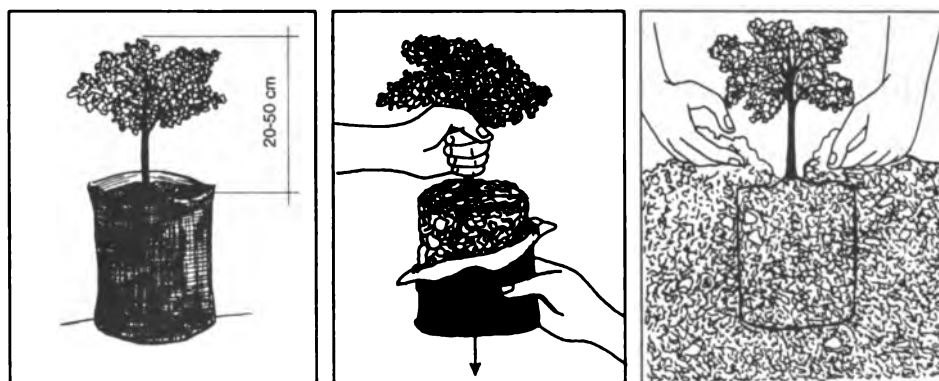


Figura 3b Trasplantes al campo de los plantones producidos en el vivero.

Fuente: NFTA (1989).



¿Cómo manejar un banco forrajero?

Fertilización

- En los BANCOS FORRAJEROS, es fuerte la competencia por nutrimentos, debido a la alta densidad de plantas que caracteriza el sistema.
- En BANCOS FORRAJEROS manejados bajo esquemas de “corte y acarreo”, la fertilidad del suelo será más tempranamente limitante de la productividad del sistema.
- Fallas en la fertilización de BANCOS FORRAJEROS provocan la degradación del sistema, la cual se manifiesta en:
 - Capacidad de rebrote cada vez más limitada.
 - Pérdida (mortalidad) de plantas.
 - Fuerte invasión de malezas.

Producción de fitomasa de un banco forrajero

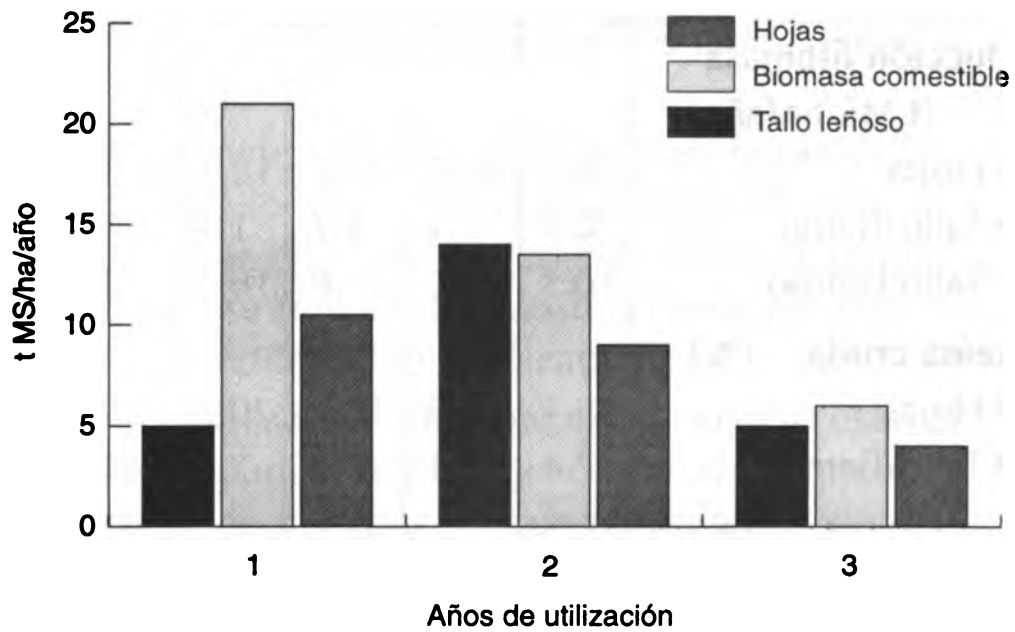


Figura 4. Producción de fitomasa de *Erythrina berteroana* en un banco forrajero sometido a podas cada cuatro meses, en el trópico húmedo .

Fuente: Romero, F. Montenegro, J. Chana, C. Pezo, D. y Borel, R. (1993).



Cuadro 2. Producción de fitomasa y calidad nutritiva en bancos forrajeros de morera (*Morus spp.*) sometidos a diferentes tratamientos de fertilización

Parámetro	Niveles de estiércol ⁽¹⁾				NH ₄ -NO ₃ 480
	0	240	360	480	
Producción fitomasa (t MS/ha/año)					
• Hojas	8.7	10.5	11.2	12.7	10.4
• Tallo Tierno	0.9	1.1	1.2	1.4	1.0
• Tallo Leñoso	10.3	12.6	13.8	16.0	13.1
Proteína cruda (%)					
• Hojas	19.1	19.3	19.3	20.2	22.5
• Tallo Tierno	7.4	7.1	7.2	7.4	12.3
Digestibilidad (%)					
• Hojas	76.7	77.5	77.0	76.9	77.1
• Tallo Tierno	56.2	56.4	56.0	55.8	58.6

⁽¹⁾ Equivalencia en kg de N/ha/año.

Fuente: Benavides, J., Lachaux, M., y Fuentes, M. (1994).

¿Cómo manejar un banco forrajero?

Fertilización

- Entre las leñosas perennes usadas en BANCOS FORRAJEROS, sólo se conocen los requerimientos externos e internos de nutrimentos para *Leucaena leucocephala*.
- Si bien en otras leñosas presentes en **bancos forrajeros**, se han conducido ensayos de fertilización orgánica o inorgánica, con base en ellos sólo se pueden derivar recomendaciones “sitio específicas” de fertilización.
- Ante la escasez de información se sugiere estimar las necesidades de fertilización de mantenimiento con base en la extracción de nutrimentos.
- En sistemas de corte, la cantidad de nutrimentos extraídos se estima de la siguiente manera:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Rendimiento} \\ (\text{kg MS/ha/corte}) \end{array} \times \begin{array}{l} \% \text{ Nutrimento} \\ (\text{en base seca}) \end{array} \right] / 100$$

- En sistemas de pastoreo, la estimación se hace de manera similar, sólo usando la cantidad de producto animal extraído y el contenido de nutrimentos minerales en el mismo.



¿Cómo manejar un banco forrajero?

Primera defoliación

- Esta es una decisión crítica, pues ejerce influencia sobre:
 - Engrosamiento de tallos.
 - Desarrollo radicular.
 - Capacidad de rebrote luego de defoliación.
 - Resistencia a daño mecánico por animales.
 - Supervivencia de plantas.
- En la mayoría de leñosas se recomienda efectuar la primera defoliación cuando las plantas han alcanzado 1.0 - 1.5 m de altura.
- En áreas con período de sequía prolongado, esto ocurre generalmente al segundo año de haber sido establecido el banco.



¿Cómo manejar un banco forrajero?

Frecuencia de podas

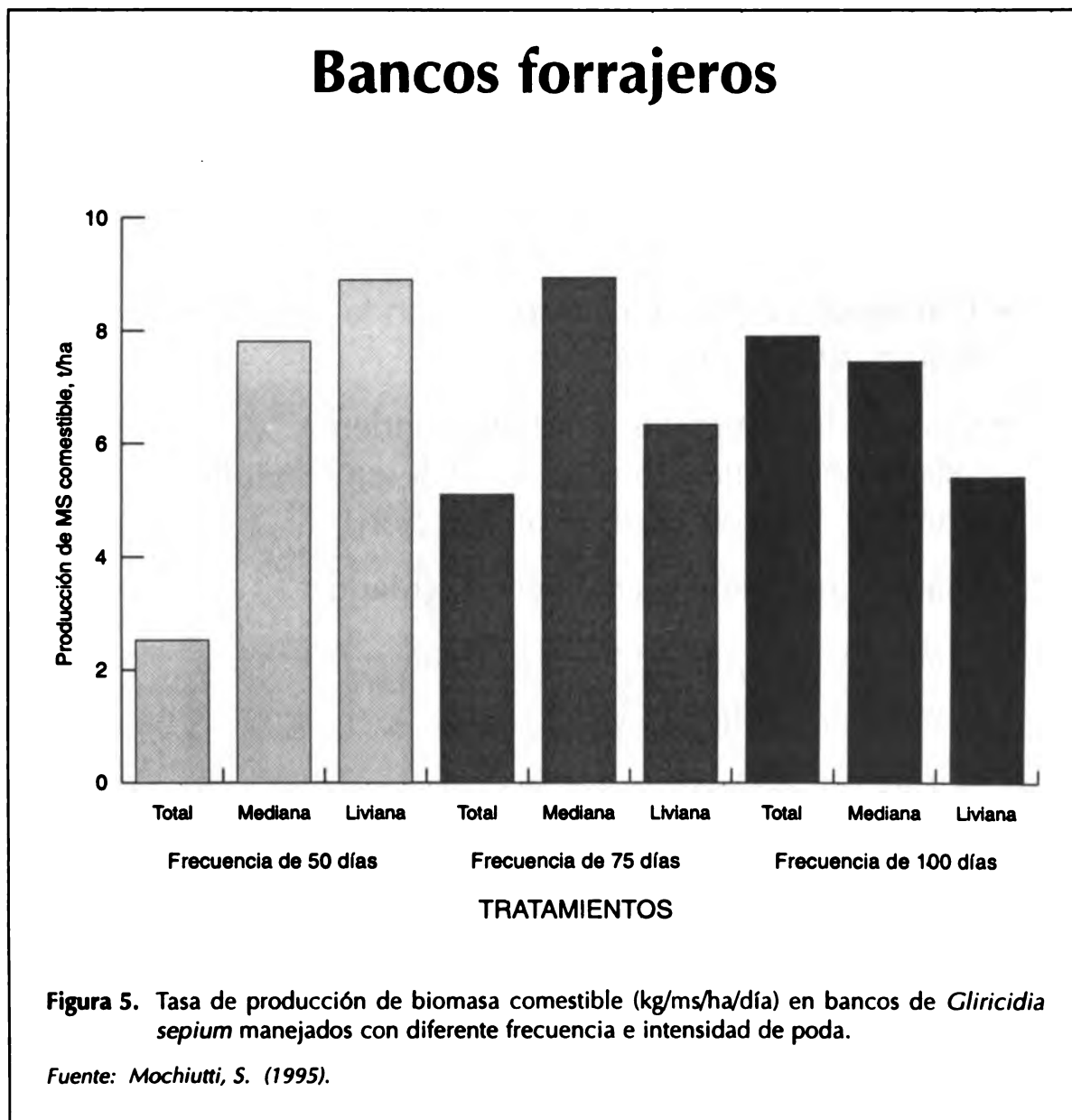
- La producción de **biomasa total** aumenta a medida que se alarga el intervalo entre defoliaciones, pero en ese caso aumenta la proporción de **material leñoso**.
- La máxima producción de **biomasa comestible** ocurre cuando esta representa el 50-60% de la biomasa total. Esto coincide con el inicio de la caída de hojas de las ramas inferiores de la planta.
- Cuando hay buena disponibilidad de humedad, para la mayoría de leñosas es apropiado efectuar las podas cada 3-4 meses.
- El intervalo puede prolongarse en zonas menos húmedas y en zonas más frías.
- En bancos de alta densidad, conviene acortar el intervalo entre podas.



¿Cómo manejar un banco forrajero?

Altura de poda

- La intensidad de uso, expresada como altura de poda en sistemas de “corte y acarreo” es determinante de la productividad de un banco forrajero en el largo plazo.
- No es posible hacer una recomendación general sobre altura de corte, pero si hay principios básicos:
 - a) Cuando la defoliación es muy intensa, el rebrote es dependiente de las reservas orgánicas, presentes en los tallos residuales.
 - b) Para asegurar un rebrote vigoroso, el material remanente luego de la poda debe tener buena cantidad de yemas.
 - c) El dejar algo de hojas luego de la poda, favorece la velocidad de rebrote.
 - d) Si la defoliación es intensa debe incrementarse el intervalo entre podas.





¿Cómo manejarlos bajo pastoreo/ramoneo?

- El intervalo entre defoliaciones tiende a ser menor bajo pastoreo, que bajo corte.
- Cuando los animales defolian, tienden a seleccionar hojas, lo cual normalmente resulta en una menor intensidad de defoliación.
- **Manejo frecuentemente recomendado:**
 - Sistema de pastoreo: rotacional.
 - Período de descanso: 60-80 días.
 - Período de ocupación: 7 días o menos.
 - Horas de ocupación ocupación/día: 1-2 h.
 - Carga animal: 2.5 UA/ha (sin embargo, ésta puede variar en función del nivel de oferta de biomasa comestible).

Biomasa comestible en banco de *Gliricidia*

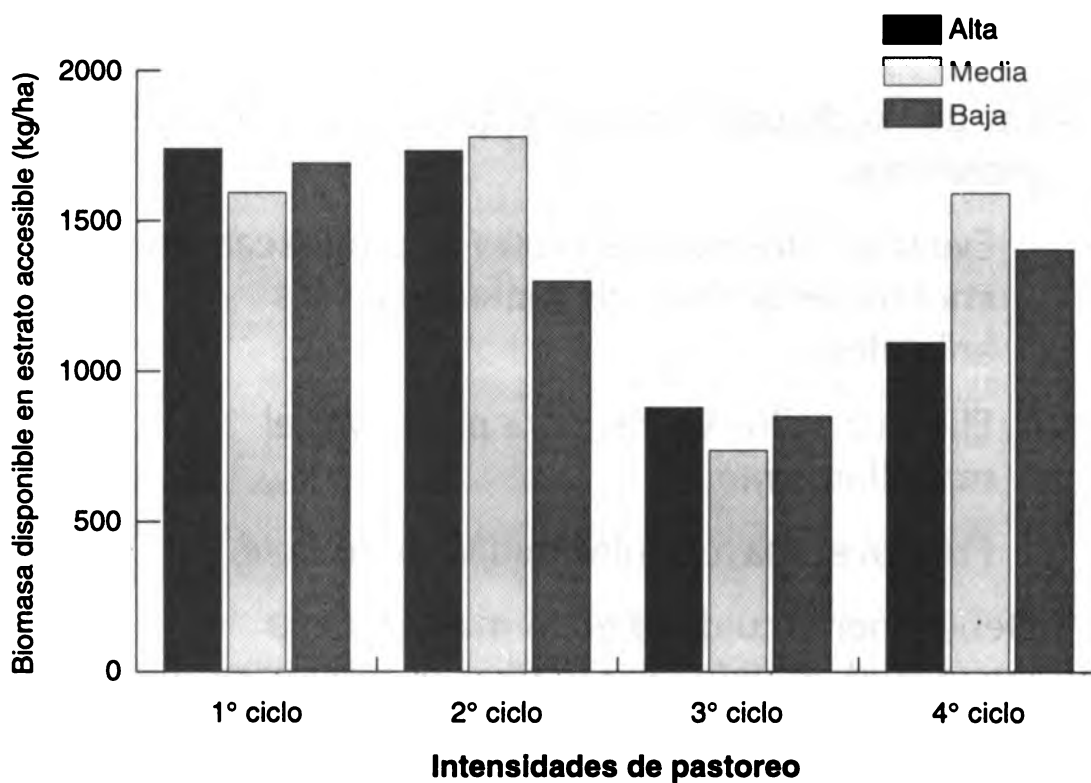


Figura 6. Disponibilidad de biomasa comestible en bancos de *Gliricidia sepium* manejados bajo pastoreo, en función de la intensidad de defoliación y el ciclo de utilización.

Fuente: Mochiutti, S. (1995).



¿Cómo manejarlos bajo pastoreo/ramoneo?

- Podas de uniformización cada 6-12 meses, cortando los tallos hasta 0.5-1.0 m.
- Las podas de uniformización tienen los siguientes propósitos:
 - Evitar que los nuevos brotes se produzcan por encima de la altura de ramoneo de los animales.
 - Eliminar tallos viejos, para promover el macollamiento.
 - Promover mayor uniformidad de rebrote.
- Debe tenerse cuidado en el manejo de la intensidad de defoliación, pues el sobrepastoreo resultará en la pérdida de productividad y eventualmente en la pérdida de plantas y la invasión de malezas.



Ventajas bioeconómicas del uso de bancos forrajeros

Cuadro 3. Efectos del acceso a bancos de proteína de *Leucaena leucocephala* sobre las ganancias de peso (kg/an/día) en bovinos.

Dieta Base	Acceso al Banco	Epoca del Año	Control + <i>Leucaena</i>	
Pasto nativo	25% área en Leuc.	Prim, Ver	0.59	0.70
Pasto nativo	4 h/día	Inv	0.22	0.39
Pasto nativo	25% área en Leuc.	Otoño, Inv	-0.15	0.16
Pasto nativo	6% área en Leuc.	Prim, Ver, Otoño	0.23	0.51
Pasto nativo	25% área en Leuc.	Todo el Año	0.25	0.35
<i>Cenchrus ciliaris</i>	10-20 h por semana	Fría	0.6	0.6
<i>Brachiaria decumbens</i>	4 h/día	Seca	0.49	0.64
<i>Hyparrhenia rufa</i>	10% área en Leuc.	Seca	0.27	0.35
<i>Cynodon plectostachyus</i>	4 h/día	Seca	0.29	0.41
<i>Dicanthium caricosum</i>	20% area en Leuc.	Año	0.21	0.50
<i>Pennisetum clandestinum</i>	3 h/día	Otoño, Inv	0.07	0.34
<i>Panicum maximum</i>	30% area en Leuc.	Lluvias	0.52	0.67
<i>Panicum maximum</i>	30% area en Leuc.	Seca	0.18	0.37

Fuente: Jones, R.M. (1994).



Ventajas bioeconómicas del uso de bancos forrajeros

Cuadro 4. Incrementos en producción de leche en vacas lactantes con acceso al follaje de leñosas presentes en bancos de proteína y/o energía.

Dieta Base	Leñosa	Detalles experimentales	Aumento %
<i>Cynodon plectostachyus</i>	<i>L. leucocephala</i>	Acceso a banco de leucaena, 3-4 h	2
<i>Chloris gayana</i>	<i>L. leucocephala</i>	leucaena fresca, 2-4 kg/día en corrales	7
<i>Panicum maximum</i>	<i>L. leucocephala</i>	Acceso a banco de leucaena por la mañana	12
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>L. leucocephala</i>	Acceso a banco de leucaena, 6 h	16
<i>Digitaria decumbens</i>	<i>L. leucocephala</i>	Acceso a banco de leucaena, 2 h	33
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	<i>L. leucocephala</i>	Acceso a banco de leucaena, 3 h (Lluvias)	0
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	<i>L. leucocephala</i>	Acceso a banco de leucaena, 3 h (Seca)	4
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	<i>Morus spp.</i>	Morera fresca, 1% PV en corral	17
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	<i>E. poeppigiana</i>	Poró fresco. 0.5% PV en corral	13

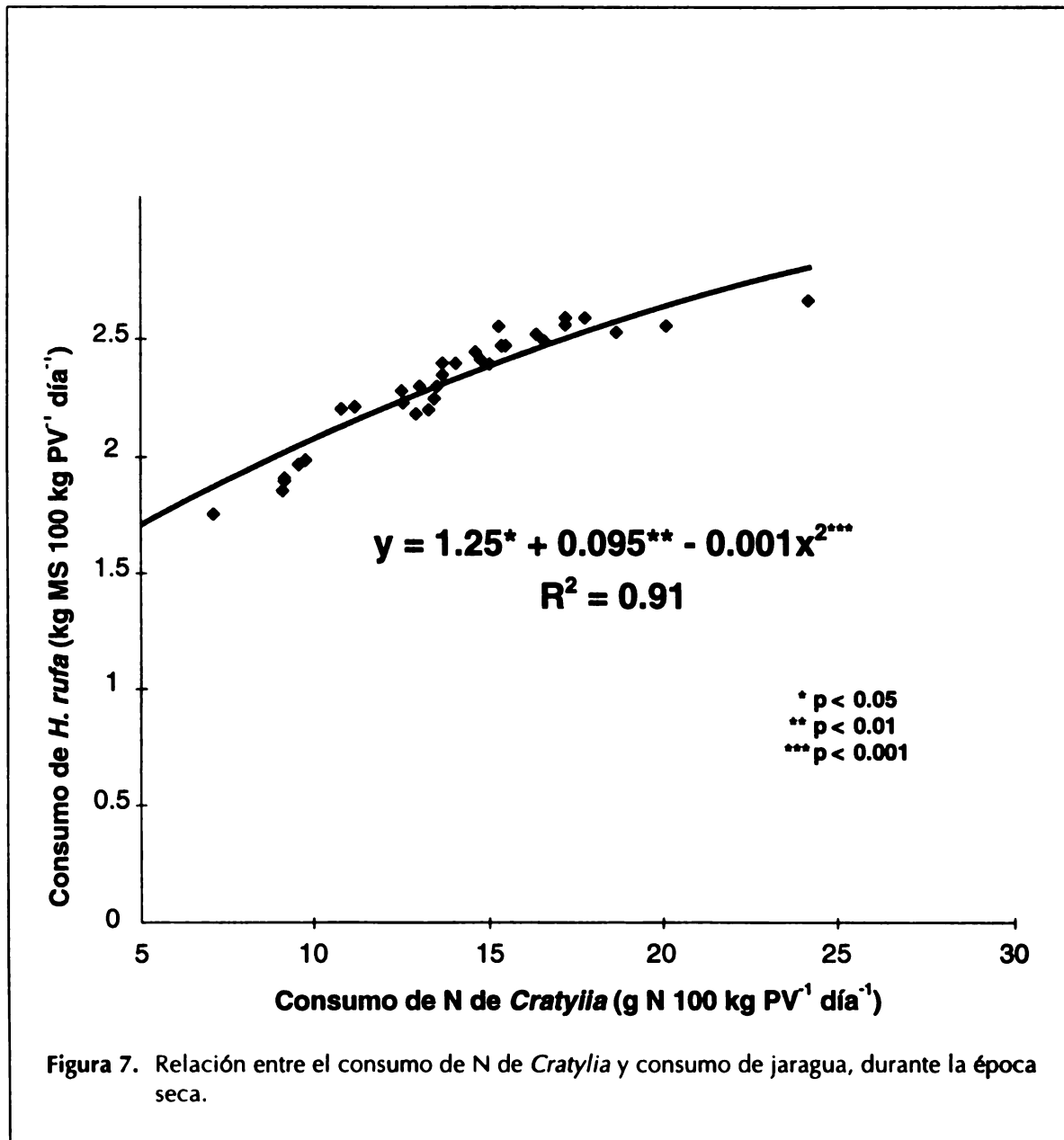
Adaptado de: Jones, R.M. (1994); Oviedo, F.J. (1995); Kass, M., Pezo, D., Romero, F., y Benavides, J. (1993b).



Cuadro 5. Efecto del pre-marchitamiento y adición de melaza sobre el consumo de materia seca (MS) de *Cratylia argentea* en época seca, Esparza, Costa Rica.

Variable	Consumo (kg MS 100 kg PV ⁻¹ día ⁻¹)		Promedio
	Fresca	Premarchito	
<i>C. argentea</i>			
- melaza	0.28 ± 0.06 [●]	0.37 ± 0.06	0.33b
+ melaza	0.40 ± 0.07	0.43 ± 0.09	0.42a
Promedio	0.34b	0.40a	

[●]± desviación estándar; medias con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes al 5%.





Ventajas biomecánicas del uso de bancos forrajeros bajo pastoreo/ramoneo

- Costo de establecimiento es 45.5% inferior en los bancos usados bajo pastoreo, porque se invierte menos en semilla, al ser la densidad de siembra la mitad de la utilizada en sistemas de corte.
- El “corte y acarreo” determina que los costos de mano de obra sean 3.65 veces mayores que en el pastoreo. Sin embargo, el análisis no consideró que:
 - Hay una demanda por mano de obra para las podas que deben efectuarse cada 2 ó 3 ciclos, cuando los bancos se usan bajo pastoreo.
 - La vida útil del banco usado bajo pastoreo puede ser menor, ya que hay mayor riesgo de pérdida del mismo por mal manejo.



Tema 8

Pasturas en callejones ("Alley farming")

¿QUÉ SON PASTURAS EN CALLEJONES? [Acetato 8.1]

El cultivo en callejones es un sistema agroforestal, en el cual se establecen bandas o hileras de leñosas perennes (preferentemente leguminosas) de rápido crecimiento, con cultivos anuales sembrados en el espacio intermedio (Kang 1993). Este sistema se conoce en inglés como "alley cropping", pero para dar cabida a la opción silvopastoril que incorpora los animales en el uso de los sistemas de cultivo en callejones, se usa un término más genérico que es conocido como "alley farming" (Atta-Krah 1993).

En los sistemas de "alley cropping", las leñosas son sometidas a podas periódicas y el follaje resultante es depositado como "mulch" sobre la superficie del suelo, o incorporado al suelo como "abono verde" (Kang et al. 1990). La distancia entre hileras de la leñoosa perenne varía de 2 a 6 m, mientras que el distanciamiento entre plantas dentro de una misma hilera puede variar entre 0.05 y 0.5 m (NFTA 1989).

Si en esos sistemas de asocio de leguminosas arbóreas o arbustivas con cultivos anuales, las leñosas son sometidas regularmente a podas parciales para obtener forraje suplementario para unos pocos animales, o son podadas ocasionalmente para propósitos forrajeros durante el período seco, se trata de un sistema de "alley farming" (Atta-Krah 1993) [Acetato 8.2]. Sin embargo, también hay variantes "exclusivamente" silvopastori-

les, en las cuales se incorporan forrajeras (herbáceas o leñosas) en lugar de los cultivos anuales (Pezo e Ibrahim 1996), y las mismas pueden ser utilizadas bajo corte o pastoreo.

¿CÓMO ESTABLECER UN SISTEMA DE PASTURAS EN CALLEJONES?

Sistemas manejados bajo corte

Especies utilizadas

En los sistemas de cultivo en callejones manejados bajo esquemas de "corte y acarreo", regularmente se cultivan gramíneas de crecimiento erecto y con alto potencial de producción de biomasa. Por ejemplo, los pastos elefante (*Pennisetum purpureum*) y guinea (*Panicum maximum*), que se establecen entre hileras de leguminosas arbóreas o arbustivas (Libreros et al. 1994) [Acetato 8.3]. Sin embargo, es factible que esas gramíneas sean substituidas por otras leñosas forrajeras no leguminosas (López et al. 1994; Oviedo 1995), como la morera (*Morus spp.*) o la amapola (*Malvaviscus arboreus*).

Cuando el propósito de las leguminosas arbóreas presentes en los callejones es exclusivamente la protección del suelo y el mejoramiento de su fertilidad, es factible utilizar especies poco palatables, siempre y cuando tengan un buen potencial para la producción de biomasa (por ej. *Calliandra calothyrsus*). En contraste, cuando se busca que la leguminosa provea también alimento para

los animales, deberá trabajarse con especies palatables. Sin embargo, debe recordarse que la extracción del follaje de las leñosas para ser utilizado como forraje en lugar de "mulch", representa una exportación de nutrientes del sistema, lo cual va a redundar en menor producción de biomasa (Atta-Krah y Sumberg 1988; Libreros *et al.* 1994b; Muireithi *et al.* 1995).

Arreglo espacial

En este tipo de sistemas se puede acortar el espaciamiento entre las hileras de la leñosa perenne, o aumentar su densidad de siembra, con miras a promover una mayor producción de follaje para abono verde o forraje. Esto será posible, siempre y cuando la competencia ejercida por la leñosa no comprometa la producción de la especie forrajera asociada [Acetato 8.4]. En este contexto, en el sistema de cultivo en callejones de poró (*Erythrina poeppigiana*) con pasto king-grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), Benavides *et al.* (1994b) encontraron que la producción de follaje de la leñosa se incrementó al duplicar la densidad de árboles de poró (de 1666 a 3333 árboles/ha), pero no se afectó la producción del pasto.

Extracción de nutrientes

Un factor que compromete la sostenibilidad de este tipo de sistemas, es la magnitud de la extracción de nutrientes a través del forraje cosechado. Por ejemplo, en una asociación de pasto king-grass con poró (*Erythrina poeppigiana*), en la cual todo el follaje de la leguminosa era podada y retornada como abono verde (Libreros *et al.* 1994b), la exportación de nutrientes fue de 376, 60, 767, 111 y 141 kg/ha/año, para nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, respectivamente [Acetato 8.5]. El no retornar el fo-

llaje de la leguminosa disminuyó la producción de biomasa de la gramínea, pero resultó en mayores exportaciones de nutrientes, dado el alto contenido de nutrientes del follaje de la leguminosa.

Cuando se cultivó morera (*Morus* spp.) en lugar del pasto king-grass (Oviedo 1995), se detectaron tendencias similares a las descritas anteriormente, sólo que con la morera fue más alta la exportación de calcio (158 kg/ha/año), pero menor para el resto de nutrientes (271, 25, 170 y 36 kg/ha/año, para nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, respectivamente) [Acetato 8.6]. En consecuencia, si se desea mantener en el largo plazo la productividad de sistemas de cultivo en callejones manejados bajo corte, será necesario prever una fuerte fertilización orgánica (Benavides *et al.* 1994a) o mineral, aún cuando se aplique como abono verde todo el follaje podado de la leguminosa arbórea [Acetato 8.7].

Sistemas manejados bajo pastoreo/ramoneo

En los sistemas de cultivo en callejones utilizados bajo pastoreo/ramoneo, las leguminosas arbóreas o arbustivas proveen un forraje de calidad [Acetato 8.8], que complementa a la vegetación herbácea que crece entre las hileras de las leñosas, y que pueden ser pastoreadas por los animales. Además, pueden contribuir a mejorar la fertilidad del suelo, a través de la fijación/transferencia de nitrógeno, caída de hojas senescentes, muerte de raíces y las podas esporádicas. Para este tipo de sistemas deben buscarse especies apetecibles para el ganado, pero no más palatables que las forrajeras herbáceas con las que están asociadas, pues de lo contrario puede resultar en una pobre persistencia de la leñosa.

⁽⁴⁾ La competencia será más fuerte a nivel de raíces, pues el efecto de sombreado será regulado en buena medida por las podas de la leñosa perenne.

Tipos de sistemas

Los sistemas de cultivo en callejones manejados bajo pastoreo/ramoneo pueden ser de dos tipos, unos diseñados para ser utilizados exclusivamente con propósitos de producción animal, y otros en los que el uso con animales ocurre durante períodos de barbecho entre series de ciclos con cultivos anuales [Acetato 8.9]. En estos últimos, cualquier arreglo de las filas de leñosas responde a lo que es apropiado para los cultivos anuales intercalados en los callejones. El propósito de la siembra de forrajeras por períodos cortos y su uso temporal con animales es para generar ingresos durante la fase de barbecho, además de que las excretas de los animales contribuyen a incrementar la fertilidad de esos suelos (Atta-Krah 1993).

Cuando el sistema de cultivo en callejones con forrajeras, constituye una forma más permanente de uso de la tierra, debe tenerse cuidado en su diseño para asegurar que los animales se desplacen con facilidad durante el pastoreo/ramoneo [Acetato 8.10], además que la leñosa debe aportar al sistema un 20 a 30% de la biomasa potencialmente consumible (Escobar *et al.* 1996). A diferencia de los bancos forrajeros pastoreados por unas pocas horas al día, en este tipo de sistemas los animales permanecerán todo el día en los potreros con leñosas sembradas en callejones (Pound y Martínez-Cairo 1985).

Arreglo espacial de los callejones

En los sistemas de cultivo en callejones manejados bajo pastoreo, generalmente se recomiendan separaciones de 4 a 6 m entre filas de la leñosa, con 4 o más hileras de gramíneas entre ellas (Atta-Krah, 1993). Con esos distanciamientos, es posible sembrar en cada fila una doble hilera de leñosas, con una distancia de 0.7 -1.0 m entre hileras (Escobar *et al.* 1996), para incrementar la den-

sidad de plantación, y a la vez darle mejor protección a las leñosas contra el daño físico de los animales [Acetato 8.11].

En otros casos se ha utilizado distanciamientos entre hileras de las leñosas de hasta 2.5 m, colocando dos hileras de pasto entre ellas. Se argumenta que con este arreglo hay un efecto más uniforme de la fijación/transferecia de nitrógeno y del reciclaje de nutrientes a través de la caída de hojas (Atta-Krah 1993) [Acetato 8.12]. Sin embargo, en especies que tienden a generar muchos vástagos y ramificaciones laterales cercanas a la base, puede dificultarse el traslado de los animales en distanciamientos tan cortos.

Otro arreglo utilizado por Abarca (*datos inéditos*) para el cultivo en callejones de *Erythrina berteroana* o *Gliricidia sepium* en asociación con *Brachiaria brizantha*, en el trópico húmedo de Costa Rica, ha sido la siembra de las leñosas en filas discontinuas dispuestas de manera alternada. En este arreglo la distancia entre plantas de dos filas contiguas es de 6 m. Entre los callejones de leguminosas arbóreas se siembran varias hileras de las especies herbáceas, de acuerdo a los distanciamientos recomendados para sistemas que no incluyen árboles.

Manejo del pastoreo/ramoneo

Inicio del pastoreo/ramoneo

El manejo del pastoreo/ramoneo es el factor más determinante de la persistencia de los componentes de un sistema de cultivo en callejones, y por ende del mantenimiento de su potencial productivo en el largo plazo [Acetato 8.13]. Cuando las leñosas presentes en los callejones han sido sembradas por semilla o con plántones producidos a nivel de vivero, la mayoría de especies requieren de 12 a 18 meses antes de que se puedan ingresar los animales (Atta-Krah 1993).

Bajo las condiciones de trópico húmedo, este intervalo puede ser más corto (ocho meses), especialmente si para la siembra se han utilizado estacas similares a las empleadas para cercas (Jansen *et al.* 1997). Con ese sistema de siembra, es posible que a los cuatro meses las leñosas presenten una buena cantidad de follaje, pero es recomendable demorar la poda de uniformización o el primer pastoreo, para promover un mayor engrosamiento de los tallos.

Pastoreo rotacional

Si bien hay acuerdo en que el sistema de pastoreo en las asociaciones de gramíneas con leñosas perennes debe ser rotacional (Pound y Martínez-Cairo 1985; Hutton 1974; Jones 1994; Escobar *et al.* 1996), las recomendaciones difieren en cuanto a la frecuencia e intensidad de defoliación [Acetato 8.14].

Así, para asociaciones de *Leucaena leucocephala* con pasto guinea (*Panicum maximum*) o *Brachiaria decumbens* se han propuesto períodos de descanso que varían de 30 a 80 días, y cargas de 2.5 hasta 6.0 UA/ha (Hutton 1974; Pound y Martínez-Cairo 1985; Jones 1994). Por su parte, Escobar *et al.* (1996) señalan haber tenido éxito al pastorear la asociación *Gliricidia sepium*/estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con 2.5 UA/ha, en un esquema de rotación con 3 a 4 días de ocupación y 70 a 80 días de descanso. Por otra parte, en el trópico húmedo de Costa Rica, Abarca (datos inéditos) manejó las asociaciones de *Gliricidia sepium* o *Erythrina berteroana* con *Brachiaria brizantha*, con cargas de 1.35 y 2.7 UA/ha, en un sistema rotacional de 5 días de ocupación y 30 días de descanso. El sistema funcionó bien para la asociación con *E. berteroana*, pero la *G. sepium* no pudo persistir.

Pastoreo flexible: una opción de manejo

Ante la diversidad de recomendaciones, lo más lógico es diseñar opciones de uso para cada condición específica. Pueden considerarse los principios del “manejo flexible del pastoreo”, propuestos por Spain y Pereira (1986), para asociaciones de gramíneas con leguminosas herbáceas [Acetato 8.15]. Estos pueden adaptarse a las características particulares del sistema de cultivo en callejones, donde los componentes difieren en su tasa de rebrote, potencial de ser defoliados, tolerancia a la defoliación, palatabilidad y su accesibilidad a la luz.

El “manejo flexible del pastoreo” debe estar orientado en este sistema a mantener un balance entre los componentes y a asegurar que la persistencia de los mismos no se vea comprometida por el sobreuso de alguno de ellos. En términos generales, el “manejo flexible” considera que en aquellos períodos en los que las forrajeras crecen más aceleradamente se debe acortar el período de descanso, incrementar la carga o alargar el período de ocupación. Además, cuando se observa una disminución en la contribución del follaje de la leñosa a la biomasa total deberá prolongarse el período de descanso⁽⁵⁾, y acortarse cuando el remanente de follaje después de la defoliación es alto. Además, el manejo debe incluir la poda periódica (no en todos los ciclos de pastoreo) a 1.0 m de altura, para aquellos tallos que superan los 2.0 m.

Cuando se diseñan las opciones de manejo flexible del pastoreo/ramoneo, debe considerarse que el período de descanso va a ser más largo en este tipo de asociaciones, que en pasturas de solo gramíneas. Esto porque las leñosas presentan una menor tasa de rebrote que las gramíneas, y también porque el crecimiento de estas últimas puede verse demorado por la interferencia ejercida por la leñosa, si es que se usan distanciamientos

muy cortos entre callejones. Se puede argumentar que el intervalo de descanso más prolongado va a afectar detrimentalmente el valor nutritivo de la pastura, pero las pasturas asociadas a leñosas regularmente presentan niveles más altos de nitrógeno (Bronstein 1984; Bustamante 1991; Lilbreros *et al.* 1994a). Además, el follaje de la leñosa debe contribuir a mejorar la calidad de la dieta, por lo menos en cuanto al nivel de proteína cruda (Escobar *et al.* 1996).

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Los sistemas de "cultivo en callejones" manejados bajo pastoreo no son de uso común en América Central, por lo que es escasa la información sobre la evaluación económica de este sistema. Sin embargo, en un estudio en el cual Jansen *et al.* (1997) compararon los sistemas de asocio gramínea/leguminosa, ya sea con una leguminosa arbórea

(*Erythrina berteroana*) cultivada en callejones, o con una herbácea (*Arachis pintoï*) intercalada entre hileras de una gramínea (*Brachiaria brizantha*), se obtuvo una mayor eficiencia económica, expresada como tasa interna de retorno (TIR), en el sistema con la leguminosa herbácea (TIR = 122 y 35%, para las asociaciones *B.brizantha* - *A. pintoï* y *B. brizantha* - *E. berteroana*, respectivamente) [Acetato 8.16].

Cabe anotar sin embargo, que en el análisis económico efectuado por Jansen *et al.* (1997) no se valoraron los posibles beneficios ecológicos debidos a la introducción de la leguminosa arbórea en el sistema de pasturas. Además, entre los rubros que más incidieron en el menor beneficio económico del sistema de cultivo en callejones fue el alto costo de establecimiento de las hileras de *E. berteroana* y los costos de mano de obra para las podas periódicas de los tallos remanentes.

¹⁵¹ Esta propuesta es contraria a lo sugerido por Spain y Pereira (1986) para las asociaciones con leguminosas herbáceas, pero en este caso las leñosas se encuentran en un estrato superior, lo que siempre les da oportunidad de funcionar como "dominantes" en cuanto a su habilidad competitiva por la luz.



¿Qué son pasturas en callejones?

Son una modificación silvopastoral de los cultivos en callejones, en el cual se establecen especies forrajeras dentro de bandas o hileras de árboles o arbustos leñosos.

Las pasturas en callejones pueden ser utilizadas como potreros o como áreas de cultivo bajo el sistema de corte y acarreo.



Cuadro 1. Diferencias entre el sistema de cultivos en callejones (“Alley Cropping”) y el de pasturas en callejones (“Alley Farming”).

Atributo	“Alley Cropping”	“Alley Farming”
Componentes	Leñosa perenne + Cultivos anuales	Leñosa perenne + Cultivos anuales o Forrajeros + Animales
Uso del follaje de la leñosa en los callejones	Mulch Abono verde	Mulch Abono verde y/o suplemento para el ganado



¿Cómo establecer un sistema de corte?

Componente forrajero entre los callejones

- Gramíneas de crecimiento erecto y con alto potencial de producción de biomasa (por ej. *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*).
- Es factible que el lugar de las gramíneas sea ocupado por leñosas forrajeras no leguminosas (por ej. *Morus* spp., *Malvaviscus arboreus*).

Componente leñoso en los callejones

- Se puede usar una especie poco palatable (por ej. *Calliandra calothyrsus*) si el follaje va a ser utilizado sólo como "mulch" y abono verde.
- Se usan especies palatables, si el follaje de la leñosa también va a ser usado como suplemento para los animales.

¿Cuál debe ser el arreglo espacial en manejo bajo corte?

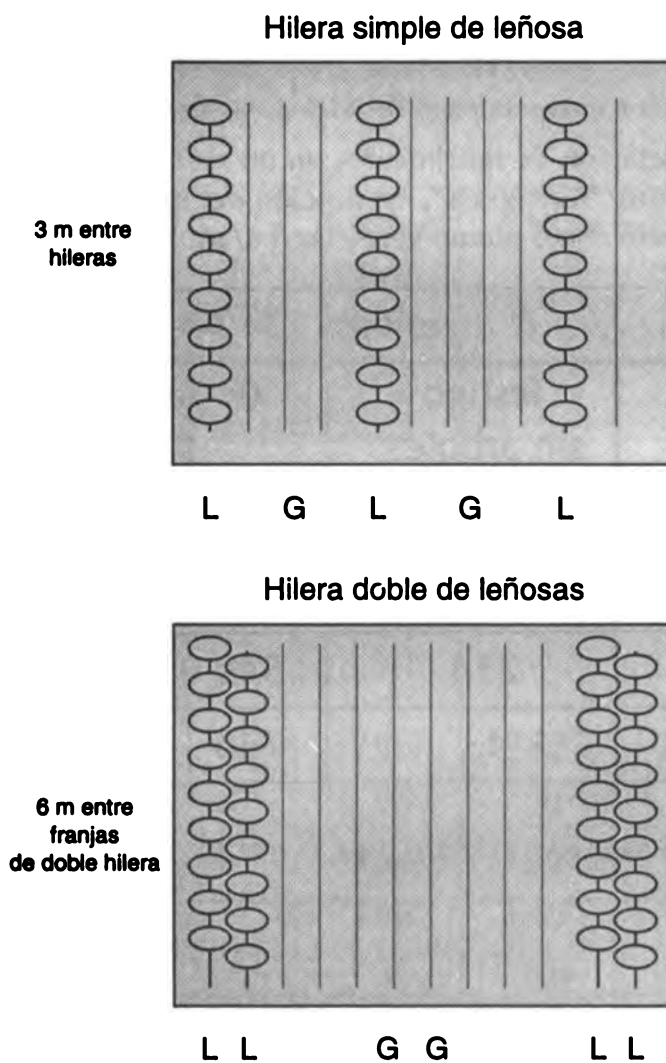


Figura 1. Arreglos espaciales utilizados en el sistema de pasturas en callejones, manejados bajo corte (L= leguminosa, G= gramínea)



Extracción de nutrimentos en manejo bajo corte

Cuadro 2. Exportación de nutrimentos en un sistema de siembra en franjas de poró/"King-grass", en función del nivel de retorno del follaje de poró como abono verde (kg/ha/año).

		% de retorno de poró			
Nutrimentos (kg/ha/año)	Testigo sin árboles	0	33	67	100
Nitrógeno	113	499	419	354	376
Fósforo	26	59	54	53	60
Potasio	254	549	553	587	767
Calcio	43	146	126	103	11

Fuente: Libreros, H.F.; Benavides, J.E.; Kass, D.; Pezo, D. (1994b).



Extracción de nutrimentos en manejo bajo corte

Cuadro 3. Producción de materia seca y exportación de nutrimentos en el sistema morera (*Morus spp.*) sembrada entre callejones de poró (*Erythrina poeppigiana*), bajo diferentes niveles de retorno de follaje de poró.

Parámetro	Testigo sin árboles	Retorno de follaje (%)		
		0	50	100
Producción de fitomasa (t/ha/año)				
• Comestible	7.12	6.58	6.72	7.22
• Total	19.67	17.59	18.72	19.40
Nutrientes exportados (kg/ha/año)				
• Nitrógeno	255	252	263	271
• Fósforo	25	21	23	25
• Potasio	154	122	127	171
• Calcio	156	149	158	170
• Magnesio	38	36	37	36

Fuente: Oviedo, F.J. (1995).



Fertilización en manejo bajo corte



Figura 2. Fertilización de un sistema de cultivo en callejones ("Alley farming") usando el follaje de la leñosa como abono verde y las excretas animales.

Fuente: Benavides, J.E., Esquivel, J., y Lozano, E. (1995).



MANEJO BAJO PASTOREO

- Funciones de las leñosas (preferentemente leguminosas) presentes en las franjas:
 - Proveen de forrajes de calidad, complementando la pastura presente entre los callejones.
 - Contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo a través de:
 - Fijación-transferencia de N_2 .
 - Caída de hojas y material senescente.
 - Muerte de raíces.
 - Productos de podas esporádicas.
- Para este sistema, las leñosas deben ser apetecibles por el ganado, pero nunca más palatables que las forrajeras herbáceas con las que se asocian.



Tipos de sistemas en manejo bajo pastoreo

Uso silvopastoril esporádico

- El uso con animales ocurre en períodos de barbecho, entre ciclos con cultivos anuales.
- El arreglo espacial responde a lo que resulte apropiado para los cultivos anuales que se intercalan entre callejones.
- El propósito de las forrajeras en rotación temporal con los cultivos anuales es para:
 - Generar ingresos en período de barbecho.
 - Mejorar la fertilidad del suelo, mediante la acción de las excretas animales.



Tipos de sistemas en manejo bajo pastoreo

Uso silvopastoril permanente

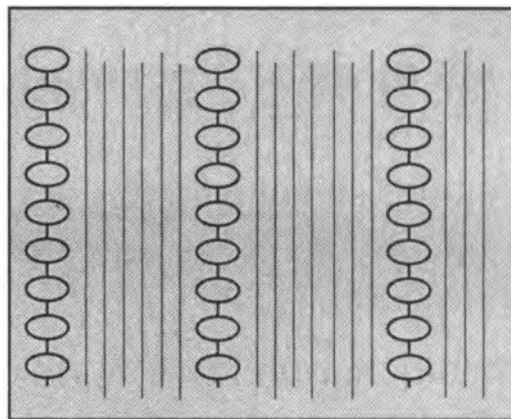
- Entre los callejones se cultivan pasturas permanentes (gramíneas solas, asociaciones gramínea/leguminosa).
- La leñosa debe aportar un 20-30% de la biomasa potencialmente consumible por el ganado.
- El arreglo espacial debe ser tal que favorezca la movilización de los animales y la cosecha.
- A diferencia de lo que sucede en los bancos forrajeros, en este sistema los animales permanecen todo el día en las áreas donde se intercalan leñosas en callejones con la vegetación herbácea.



¿Cuál debe ser el arreglo espacial en el manejo bajo pastoreo?

Hilera simple de leñosa

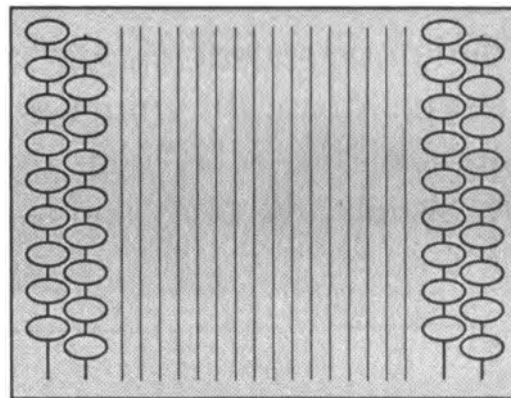
6 m entre hileras



L H L H L

Hilera doble de leñosas

6 m entre franjas de doble hilera



0.7 -1.0 m entre hileras

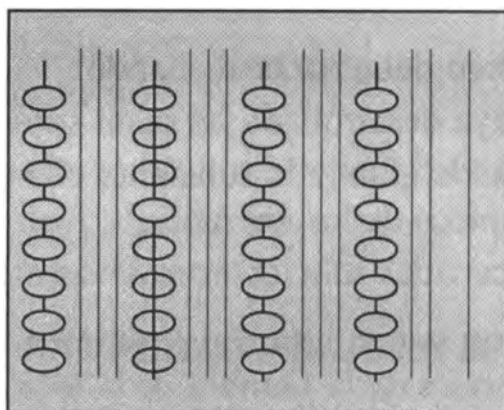
L L H H L L

Figura 4. Arreglos espaciales utilizados en el sistema de pasturas en callejones, manejados bajo pastoreo (L = leñosa, H = herbácea).

¿Cuál debe ser el arreglo espacial en el manejo bajo pastoreo?

Hilera simple de leñosa,
con alta densidad

3 m entre
hileras de
leñosa



L H L H L H L

Hileras alternas de leñosas

6 m entre
franjas

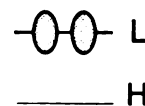
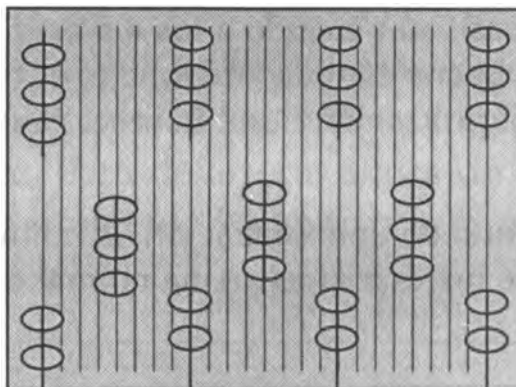


Figura 5. Otros arreglos espaciales utilizados en el sistemas de pasturas en callejones, maneja- dos bajo pastoreo (L = leñosa, H = herbácea).



¿Cómo manejar el sistema bajo pastoreo?

Primer pastoreo

- El primer pastoreo debe hacerse cuando:
 - La leñosa haya desarrollado un buen sistema radicular.
 - Haya engrosado el tallo lo suficiente como para resistir daños mecánicos de los animales.
 - Tenga almacenadas suficientes reservas orgánicas.
- En el trópico con sequía estacional, se debe esperar de 12 a 18 meses después de la siembra de la leñosa, para efectuar el corte de uniformización.
- Bajo condiciones del trópico húmedo, cuando las leñosas se siembran por estacas (similares a las empleadas para establecer cercas), aún cuando a los 4 meses las leñosas presenten una buena cantidad de follaje, es mejor diferir el corte de uniformización hasta 8 meses después de la siembra.
- Después del corte de uniformización, el cultivo estará en condiciones de ingresar al esquema normal de uso bajo pastoreo.



¿Cómo manejar el sistema bajo pastoreo?

El sistema de pastoreo más apropiado

- **Pastoreo rotacional**
 - Cualquier alternativa de uso debe tender a mantener un balance entre los componentes y asegurar su persistencia.
 - Independientemente del régimen de pastoreo implementado, debe recordarse que el período de descanso debe ser mayor en este sistema, que en aquellos donde no están presentes las leñosas.
 - Cuando los tallos de las leñosas superan los 2.0 m, deberán podarse los tallos y follaje remanente, para dejar una altura de residuo de 1.0 m (no es necesario aplicar esta práctica en todos los ciclos).



¿Cómo manejar el sistema bajo pastoreo?

El sistema de pastoreo más apropiado

- **Pastoreo flexible:**

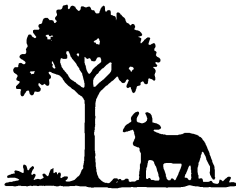
- Ajustar la intensidad de defoliación al nivel de oferta de los componentes herbáceo y leñosa.
- En períodos de crecimiento más acelerado, se debe acortar el intervalo de descanso, incrementar la carga y/o alargar el período de ocupación.
- Si se observa que la leñosa no se está recuperando adecuadamente, deberá prolongarse el intervalo de descanso.
- Si el follaje de la leñosa remanente después de la defoliación es muy alto, debe acortarse el período de descanso.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Cuadro 4. Evaluación económica de sistemas de asocio gramínea/leguminosa.

Asociación evaluada	Tasa interna de retorno (TIR, %)
<i>B. brizantha-A. pintoii</i>	122
<i>B. brizantha-E. berteroana</i>	35

Fuente: Jansen, et al. (1997).



Tema 9

Árboles y arbustos dispersos en potreros

¿QUÉ SON ÁRBOLES Y ARBUSTOS DISPERSOS EN POTREROS?

El sistema de leñosas perennes dispersas en potreros puede ocurrir en forma natural [Acetato 9.1], ya sea por que la vegetación climax de un sitio dado esta constituida por la combinación de árboles y arbustos con pasturas, o como resultado de procesos de sucesión vegetal (por ej. charrales, tacotales) tendientes a una vegetación climax de bosque. Cualquiera que sea el caso, bajo condiciones naturales, el arreglo espacial y la densidad de las leñosas estarán determinados por las condiciones agroecológicas del sitio y por las especies de árboles, arbustos y pasturas presentes en dicho ecosistema (Atta Krah 1993).

El sistema de árboles dispersos en potreros también puede ser el resultado de la intervención del hombre [Acetato 9.1]. Ya sea a través del manejo selectivo de árboles y arbustos remanentes después que el bosque fue transformado en pasturas (Budowski 1983), o de la introducción de árboles en praderas ya existentes. En estos casos las densidades y los arreglos espaciales pueden ser regulados por el hombre, lo que significa que se pueden manejar las interacciones.

VEGETACIÓN CLIMAX DE ÁRBOLES DISPERSOS CON PASTURAS

En aquellos ecosistemas donde la vegetación nativa incluye la combinación de vegetación

herbácea con árboles y arbustos distribuidos aleatoriamente, ocurre un proceso de selección natural y ajuste entre componentes [Acetato 9.2]. Esto resulta en una situación de cierto equilibrio estable. Sin embargo, este es modificado cuando la intervención del hombre introduce una población de herbívoros ajena al ecosistema, intensifica la extracción a través de una mayor carga animal, o elimina selectivamente algunos componentes de la vegetación (Belsky et al. 1993).

En América Tropical y Sub-Tropical, especialmente en las regiones semiáridas y áridas, existen varias manifestaciones de sistemas silvopastoriles basados en el uso de una vegetación natural constituida por leñosas perennes dispersas y un estrato bajo de vegetación herbácea con dominancia de gramíneas. Ejemplos de estas son la "Caatinga" del Noreste de Brasil, los Bosques de la Región Chaqueana de América del Sur y el "Matorral" del Noreste de México.

"Caatinga" del Noreste brasileño

La "Caatinga" del Noreste de Brasil, cubre aproximadamente el 10% de la superficie total del Brasil (Kirmse et al. 1983) [Acetato 9.3]. La vegetación de la "Caatinga" está constituida por leñosas perennes deciduas (por ej. *Auxemma oncocalyx*, *Mimosa caesalpinioidea*, *Bauhinia forticata*, *Combretum leprosum*, *Croton hemiargireus*, *Caesalpinia pyramidalis*) con un estrato inferior de especies herbáceas (Kirmse et al. 1987).

El manejo de la "Caatinga" con ovinos y caprinos constituye parte de los sistemas mixtos predominantes en el Noreste del Brasil, aportando ingresos en efectivo y proteína a la dieta de los agricultores, en especial a los del estrato campesino de subsistencia. La vegetación leñosa constituye la fuente principal de alimentación de los caprinos y ovinos durante el período seco, ya sea por defoliación directa, o por el consumo del mantillo de hojas depositada en el suelo. Por otra parte, el estrato inferior herbáceo hace su mayor aporte a la dieta durante el período de lluvias (Kirmse et al. 1987) [Acetato 9.4].

La tendencia en el manejo de la "Caatinga" como sistema silvopastoril ha consistido básicamente en reducir la densidad de leñosas para permitir un mayor acceso de luz a la vegetación herbácea, y así favorecer su crecimiento (Mason 1980). Kirmse et al. (1987) demostraron que este manejo resulta favorable para la producción animal, no sólo por el incremento esperado en la producción de especies herbáceas y su consiguiente aporte durante el período de lluvias, sino porque las leñosas defoliadas presentan una buena producción de nuevos brotes, principalmente de hojas, los cuales mejoran la calidad de la dieta de los animales durante el período seco. Lo que no está claro de este estudio, es el impacto que esas "raleas" pueden ejercer sobre el balance hídrico del sistema y los cambios potenciales en la vegetación, pues algunas de las especies con mayor respuesta a la poda (por ej. *Auxemma oncocalyx*) no son palatables.

Los bosques de la región chaqueana

El dominio biogeográfico conocido como el Chaco, ocupa hasta 500.000 km² en el Noroeste de Argentina, Noroeste de Paraguay, Sureste de Bolivia, y una superficie bastante menor (10.000 km²) en el Sureste de Brasil

[Acetato 9.5]. En la Región Chaqueana, las leñosas perennes son la base de la alimentación del ganado -principalmente bovinos- durante los períodos prolongados de sequía (Terán e Ibrahim 1997). Según Renolfi (1989), algunas de las especies dominantes de leñosas en el Chaco son: *Prosopis* spp., *Schinopsis* spp., *Caesalpinia paraguayensis* y *Aspidosperma* spp. En el estrato inferior de vegetación herbácea pueden encontrarse: gramíneas palatables (*Trichloris crinita*, *Digitaria californica*, *Setaria leirantha*, *Chloris ciliata* y *Pennisetum frutescens*; gramíneas poco palatables (*Setaria globulifera*, *Aristida mendocina*, *A. colsencioni*, *Chloris virgata*); gramíneas no palatables (*Eragrostis cilianensis*); algunas leguminosas (*Rhynchosia*, *Desmanthus*, *Zornia*, *Mimosa*); y otras especies consideradas como malezas (*Sida rhombifolia*, *Eupatorium* sp.).

Por otro lado, en la Región Chaqueana Serrana de Chuquisaca (Bolivia), Terán e Ibrahim (1997) han identificado varias leñosas que son apetecibles para diferentes especies animales, y que cumplen una función importante en la nutrición de los animales durante el período seco. Entre ellas se citan *Caesalpinia paraguayensis*, *Acacia* spp., *Piptadenia* spp., *Enterolobium contortus*, *Erythrina falcata*, *Geoffroea decorticans* y *Tipuana tipu*.

Algunas de las leñosas presentes en este ecosistema (por ej. *Schinopsis balansae*) tienen gran demanda por su madera, pero también son consumidas por el ganado. Por lo tanto, el manejo del pastoreo en estas áreas supone un control cuidadoso de la carga animal [Acetato 9.6], así como la exclusión periódica de los animales en forma temporal (por 6 meses o más). Esto permite el repoblamiento de las leñosas valiosas (Saravia-Toledo 1989) y de la vegetación herbácea deseable (Terán e Ibrahim 1997), con el consiguiente mejoramiento en los índices zootécnicos del hato.

El “Matorral” del noreste de México

El ecosistema “Matorral” cubre parte de los Estados de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila, de Oeste a Este desde la Sierra Madre Oriental hasta el Golfo de México; y de Norte a Sur desde la Frontera México-E.E.U.U. hasta el Trópico de Cáncer [Acetato 9.7]. Sin embargo, se acepta que se dan condiciones ecológicas similares en el 40% de la República Mexicana (Rzedowski 1978).

La especie dominante en el componente animal que hace uso de la vegetación de “Matorral” es el bovino, pero también es importante la presencia de caprinos, aunque la ausencia de un sistema de manejo planificado con esta última especie ha provocado daños severos a la vegetación deseable (Stienen 1990). Entre las leñosas apetecibles por el ganado que se encuentran en el “Matorral” se citan: *Pithecellobium pallens*, *Acacia farnesiana*, *Acacia rigidula*, *Forestiera angustifolia*, *Celtis pallida* y *Cordia boissieri*. Por otra parte, varias de las leñosas son “taladas indiscriminadamente” para producir carbón. Entre las especies más explotadas para este propósito se citan: *Pithecellobium flexicaule*, *Prosopis glandulosa*, *Condalia hookeri*, *Heliopsis parvifolia* y *Diospyros texana*.

Hay oportunidades para el mejoramiento de la productividad y la preservación de los componentes valiosos a través del manejo silvopastoril del “Matorral”. Entre las prácticas recomendadas para este propósito se incluyen [Acetato 9.8]: los raleos selectivos dejando mayor espacio para las leñosas deseables; las “clausuras temporales” para favorecer el repoblamiento de las especies deseables (Stienen 1990); la introducción de otras leñosas forrajeras que han mostrado buena adaptación al sitio (por ej. *Leucaena*

spp., *Gliricidia sepium*) (Foroughbakhch et al. 1988); y sobre todo, la regulación de las tasas de extracción, tanto mediante el ajuste de las cargas animales como por la tala controlada de leñosas.

El *Prosopis*: una leñosa versátil de las áreas semiáridas

Los árboles y arbustos del género *Prosopis* spp. se encuentran en áreas de pastoreo, no sólo en la región Chaqueana de América del Sur [Acetato 9.9], sino que por muchas otras regiones semiáridas de América, como el Suroeste de los Estados Unidos y norte de México, la Vertiente Pacífica de América Central, los Estados de Lara, Falcón, Sucre y Zulia en Venezuela, el nordeste de Brasil, la costa norte y sur de Perú, la región norte y central de Chile, y las Provincias de Córdoba, Tucumán, y Catamarca en Argentina (Galera 1996). Generalmente el *Prosopis* spp. se presenta con otras leñosas, pero pueden encontrarse también poblaciones casi puras, como es el caso de *P. glandulosa* en algunos “matorrales” del norte de México (Stienen 1990) o *P. tamarugo* en los “tamarugales” de los suelos salinos del norte de Chile (Riveros 1992).

En los sistemas silvopastoriles que incluyen el *Prosopis* spp. [Acetato 9.10], ésta leñosa provee, principalmente, los frutos (vainas) para la alimentación de los animales⁶⁾. El follaje de algunas especies es también palatable, pero su contribución es mucho menor que la hecha por los frutos (NAS 1979) [Acetato 9.11]. Además, es una buena mejoradora del suelo, por su capacidad de fijar nitrógeno, su contribución de nutrientes a través de la caída de hojas, y por su papel en el control de la erosión y la estabilización de suelos arenosos (Galera 1996) [Acetato 9.12]. La especie provee leña con alto valor

⁶⁾ También son consumidas por los humanos, en forma de harina, mieles, licores e incluso algunas se usan para propósitos medicinales (NAS 1979; Galera 1996).

calorífico, pero también madera para muebles, pisos, postes, etc. (NAS 1979).

Al menos tres especies de *Prosopis* (*P. glandulosa*, *P. juliflora* y *P. ruscifolia*), son muy agresivas y compiten fuertemente por nutrientes y agua. Por su facilidad de propagación y tolerancia a condiciones ambientales adversas y al sobrepastoreo, tienden a desplazar a las gramíneas (Gutteridge 1994), y a cerrar el espacio para el libre movimiento de los animales, lo cual se complica por el hecho que tienen espinas (NAS 1979; Riveros 1992). El manejo de la vegetación que contiene estas especies de *Prosopis* debe ser cuidadoso, pues el sobrepastoreo reduce la habilidad competitiva de la vegetación herbácea y los animales actúan como dispersores de semillas "escarificadas". Bajo tales condiciones, se recomienda el control selectivo de nuevas plantas, y de ser posible, la recolección de las vainas para ofrecerlas molidas a los animales (Galera 1996).

ÁREAS EN "BARBECHO" MANEJADAS BAJO PASTOREO/RAMONEO

La vegetación de bosque secundario en su fase de regeneración, durante períodos prolongados de "barbecho", son conocidos como "charrales o tacotales" en Costa Rica, "guamiles" en Guatemala, "purma" o "capoeira" en la Amazonía del Perú y Brasil, respectivamente. El bosque secundario constituye un sistema silvopastoril cuando está sometido al uso animal, por lo menos en alguna época del año.

Leñosas del bosque secundario como alimento para el ganado

En los charrales o tacotales de la Vertiente Pacífica de América Central predominan leguminosas tales como *Mimosa tenuiflora*, *Gliricidia sepium*, *Pithecellobium dulce* y *Enterolobium cyclocarpum* [Acetato 9.13].

Las hojas y vainas de estas especies son consumidas por el ganado en el período seco, pero quizás la leña sea el producto más importante del sistema (Alfaro y Rojas 1992). Por otra parte, en los "guamiles" del Petén (Guatemala), Hernández y Benavides (1995) encontraron que las especies *Cecropia peltata*, *Lonchocarpus guatemalensis*, *Heliocarpus donel-smithii* y *Cassia bicapsularis* eran las especies más comunes. Sin embargo, de éstas sólo las dos primeras fueron consumidas preferentemente por los animales en pastoreo.

En el Departamento de Chiquimula (Guatemala), la mayoría de productores encuestados en las áreas más húmedas, identificaron como las leñosas más consumidas por caprinos y bovinos a: *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina berteroana* y *Spondias* spp. En cambio, en la zona más seca todos los productores señalaron que el *G. ulmifolia* era una leñosa consumida por los animales. Además arriba del 65% identificaron como especies palatables a: *Acacia farnesiana*, *Leucaena brachycarpa*, *Cordia dentata*, *Pithecellobium dulce* y *Crescentia alata* (Flores-Ruano 1994).

En estudios efectuados en el Sur de Honduras (Departamentos de Choluteca y Valle), en un área con una precipitación de 1500-1600 mm concentrada en 6 meses, y con un mes de canícula dentro del período de lluvias, Godier *et al.* (1994) encontraron que las leñosas eran consumidas preferentemente por los caprinos durante el período seco. En cambio, durante el período de lluvias la vegetación herbácea fue el principal componente de la dieta seleccionada por los animales [Acetato 9.14]. Por otro lado, Reyes y Medina (1994) detectaron que las herbáceas eran los componentes mayoritarios de la dieta en los primeros meses del período de lluvias, pero después de la canícula, las leñosas tomaban más importancia. Entre las leñosas defoliadas selectivamente por los ca-

pinos se citan: *Mimosa platycarpa*, *Caesalpinia coriaria*, *Acacia insii*, *Acacia farnesiana*, *Mimosa albida*, *Combretum sufruticosum*, *Guazuma ulmifolia* y *Spondias* sp. En la mayoría de éstas, los caprinos además consumieron los frutos, y en jícaro (*Crescentia alata*) consumieron los frutos y las flores.

Otros efectos del pastoreo/ramoneo en bosques secundarios

En los pocos estudios que hay sobre el uso de charrales o tacotales en sistemas silvopastoriles, se ha enfatizado el papel de las leñosas como fuentes de alimento para el ganado. Sin embargo, no se han cuantificado otras interacciones importantes en el sistema, ni se ha estudiado en qué medida el uso de algunas prácticas de manejo de pastoreo, como el pastoreo "mixto"⁽⁷⁾, pueden favorecerse de la dinámica de la vegetación.

Por ejemplo, la defoliación selectiva que los caprinos hacen de las leñosas, ayuda en cierta medida a reducir la interferencia de luz sobre el estrato herbáceo; pero el sistema no trabajaría adecuadamente si se tuvieran sólo bovinos, con limitada habilidad ramoneadora, en especial cuando hay especies que poseen espinas. El consumo que los animales hacen de las leñosas en estadíos juveniles, si son bien manejadas, puede contribuir a regular la población de leñosas y por ende, la competencia entre ellas. Además, la deposición de excretas animales contribuye a mejorar la eficiencia en el reciclaje de nutrientes, lo cual va a representar una ganancia adicional en la fertilidad del suelo. Esto será particularmente útil si el terreno está en una fase de barbecho, ya que la fertilidad adicional podrá ser utilizada nuevamente en sistemas de cultivos o de pasturas.

El "barbecho mejorado" como opción silvopastoril

En años recientes se han propuesto modificaciones al sistema de barbecho tradicional, mejorando los charrales o tacotales, mediante la incorporación de leguminosas herbáceas de rápido crecimiento y de gran capacidad de fijación de nitrógeno (Szott et al. 1991). Estos mismos conceptos han sido adaptados por Loker (1994), en su propuesta del mejoramiento de charrales, pero incorporando el uso silvopastoril por un período prolongado dentro del ciclo, de manera que se puedan generar ingresos a través de la producción animal en la etapa de barbecho [Acetato 9.15].

El modelo propuesto por Loker (1994) para el trópico húmedo considera que con la última cosecha del cultivo anual se siembre una asociación de gramíneas con leguminosas herbáceas, utilizando genotipos de reconocida adaptación a las restricciones propias del agroecosistema. Cuando las pasturas están en uso, se permite la regeneración selectiva de leñosas, dejando de 50 a 100 árboles/ha. Los propósitos principales de estas leñosas serán el reciclaje de nutrientes, contribuir a la estabilidad del suelo, y eventualmente producir algún ingreso por madera si hay especies maderables. Con este esquema es probable que las pasturas puedan ser manejadas con una carga de 2.0 UA/ha durante los primeros 4 años, pero luego de ese lapso, la sombra ejercida por las leñosas debe resultar en un menor crecimiento de las forrajeras herbáceas, por lo que la carga puede reducirse a la mitad (1.0 UA/ha) por los siguientes dos años. Finalmente, se retiran los animales y al cabo de 2 ó 4 años más, el terreno puede ser sometido a "tumba y quema", para iniciar nuevamente el ciclo con los cultivos anuales.

⁽⁷⁾ Sistema de pastoreo en el cual se utiliza más de una especie animal, de preferencia con hábitos de consumo y selectividad diferentes.

MANEJO SELECTIVO DE ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS

¿Cómo se origina el sistema?

En el proceso de establecimiento de pasturas a partir de áreas de bosque, muchos productores dejan sin cortar algunos árboles maderables, frutales o de sombra [Acetato 9.16]. Otros, aplican estrategias de manejo silvicultural para favorecer la regeneración natural de algunas leñosas con valor comercial o por algún otro propósito específico dentro del sistema (Pezo e Ibrahim 1996). En otros casos, la reaparición de leñosas en los potreros puede ocurrir en forma natural, ya sea como producto del banco de semillas remanentes en el suelo al momento de la deforestación o por el acarreo y dispersión de semillas a través de los animales (Janzen 1982; Somarriba 1985b).

Al ser este sistema producto de procesos naturales o de la acción del hombre para orientar en alguna medida ese proceso, la distribución de las leñosas es aleatoria, es decir no responde a un arreglo espacial determinado. Esto dificulta en alguna medida el manejo de las interacciones entre las especies arbóreas y las forrajeras herbáceas (Pezo e Ibrahim 1996). Una opción para superar esta limitante, es la introducción de árboles en potreros. Se utiliza un arreglo espacial definido, similar al del sistema de plantaciones, sólo que a menores densidades, para reducir el impacto de la interferencia ejercida por el estrato de leñosas sobre la vegetación herbácea. Esta práctica se aplica mayormente en pasturas degradadas, como parte de una estrategia de rehabilitación.

¿Por qué mantener o introducir árboles en potreros?

Con frecuencia, la función principal de las leñosas en el sistema de árboles dispersos en potreros, es como proveedoras de leña

[Acetato 9.17]. Sin embargo, varias de ellas son también apreciadas como fuente de alimento para el ganado, a través del follaje o de frutos, y en especial durante el período seco (Alfaro y Rojas 1986). En otros, la razón por la que los productores dejan algunos árboles en los potreros es como fuente de sombra. Además, recientemente se ha incrementado el interés por la reincorporación de los árboles maderables al sistema, con miras a generar ingresos adicionales o producir madera, la cual esta cada vez más escasa para uso en la finca (Bazill *et al.* 1994), ya sea como postes, para construcción, o incluso para leña [Acetato 9.18].

En el trópico húmedo de Costa Rica, se ha encontrado que bajo el sistema de árboles dispersos en potreros predominan especies maderables tales como laurel (*Cordia alliodora*), cedro amargo (*Cedrella odorata*), gavilán (*Pentaclethra macroloba*) y caobilla (*Guarea sp.*) (CATIE 1991; Budowski 1993); pero también pueden encontrarse leguminosas arbóreas como *Gliricidia sepium* (NFTA 1989).

Por otro lado, en la Vertiente Pacífica de América Central, en ecosistemas con un período seco bien definido, algunas de las leñosas encontradas en potreros son: *Croton gossypifolius*, *Gliricidia sepium*, *Dyphisa robinoides*, *Cedrella odorata*, *Psidium guajaba*, *Guazuma ulmifolia*, *Rapanea ferruginea*, *Humeneae courbaril*, *Tabebuia rosea*, *Inga sp.*, *Eugenia jambos*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Samanea saman* y *Cassia spectabilis* (Lagemann y Heuvelodop 1992).

Entre las especies que se conservan como fuente de sombra en potreros del trópico sub-húmedo bajo de América Central, se citan: *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste), *Mangifera indica* (mango), *Ficus spp.* (higuerón y chilamate) e *Hymanaea courboril* (guapinol).

Por otro lado, entre las especies cuya preservación y crecimiento dentro de los potreros tienden a ser favorecidas por los productores para propósitos maderables, OTS (1992) y Bazill *et al.* (1994) mencionan las siguientes: *Cordia alliodora* (laurel), *Cedrella odorata* (cedro), *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste), *Swietenia macrophylla* (caoba), *Terminalia ivorensis*, *Vochysia ferruginea* (chancho colorado), *Acacia mangium*, *Pithecellobium saman* (cenízaro), *Albizia guachipele* (guayaquil) y *Tabebuia rosea* (roble de sabana).

Los árboles dispersos como fuente de alimento para el ganado

En el trópico sub-húmedo y seco de América Central, y en ausencia de podas, el ramoneo del follaje de las leñosas mencionadas anteriormente, es limitado durante las etapas más críticas del período seco, ya que una alta proporción de ellas son caducifolias⁽⁹⁾ (Frankie *et al.* 1974; Opler *et al.* 1980) [Acetato 9.19]. Además, entre las perennifolias, la mayoría presentan hojas coriáceas y ricas en compuestos secundarios, que las hacen poco palatables para el ganado (Conklin 1987). En el caso de las leñosas caducifolias, es importante la cantidad de nutrientes que se reciclan por esta vía (Hunter y Stewart 1993), lo cual resulta en algunas de ellas (por ej. *Pithecellobium saman*) en un crecimiento muy vigoroso debajo de su copa (NAS 1979).

Pese a lo anterior, no deja de ser importante el aporte de las leñosas deciduas a la dieta del animal durante el período seco. Muchas de ellas producen frutos ricos en azúcares, aceites o proteína cruda, los cuales caen du-

rante la segunda mitad del período seco (Opler *et al.* 1980), justo cuando hay una marcada escasez de componentes herbáceos, y cuyos remanentes presentan una calidad nutritiva muy pobre. Además, la emergencia de nuevas hojas ocurre previo al inicio de las lluvias, de manera que están disponibles antes de que la vegetación herbácea inicie su crecimiento (Frankie *et al.* 1974)

Conklin (1987) indica que entre las leñosas que crecen dispersas en los potreros de Guanacaste (Costa Rica), y cuyos frutos son consumidos por el ganado en pastoreo, algunas son leguminosas, como: *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste), *Acacia farnesiana* (espino blanco), *Cassia bicapsularis* (candelillo) y *Pithecellobium saman* (cenízaro). También las hay de otras familias, como es el caso de *Guazuma ulmifolia*⁽⁹⁾ (guácimo), *Mangifera indica* (mango) y *Acrocomia vini-fera* (palma de coyol) [Acetato 9.20]. Entre las que proveen de follaje se incluyen algunas de las anteriores (por ej. *Enterolobium cyclocarpum*, *Mangifera indica*), pero además *Gliricidia sepium* (madero negro), *Leucaena leucocephala*, *Ficus* spp. (guachero) y *Lonchocarpus minimiflorus* (chaperno)⁽¹⁰⁾.

Los animales como dispersores de semilla de las leñosas

En el caso de leñosas cuyos frutos son bien consumidos por los animales (Somarriba 1985b), es factible que sus semillas sean diseminadas ampliamente a través de las excretas [Acetato 9.21]. En el caso de *Psidium guajaba* (guayaba) y *Prosopis juliflora*⁽¹¹⁾, este mecanismo puede ser tan efectivo que existe el riesgo de que las leñosas tien-

⁽⁹⁾ También conocidas como leñosas deciduas, pues pierden sus hojas durante un período del año, pasando de la fase vegetativa a la fase reproductiva (floración y fructificación).

⁽⁹⁾ Identificada por Conklin (1987) como *Guazuma tomentosa*.

⁽¹⁰⁾ Defoliada sólo por caballos, según observaciones de Conklin (1987).

⁽¹¹⁾ Conocida como bayahonda en el Caribe, mezquite en México, carbón en El Salvador, espinarucu en Honduras, Acacia de Catalina en Nicaragua, cují en Venezuela, y también como algarrobo en varios de estos países.

dan a dominar a la vegetación herbácea, pasando de la situación de árboles dispersos a la formación de "parches" más o menos extensos (Somarriba 1985a; Galera 1996).

Los parches de leñosas se presentan generalmente en las áreas donde se concentran los animales para el descanso o la ingesta de agua, y cuando la emergencia de nuevas plantas supera al consumo que pueden hacer de éstas los animales (Somarriba 1985a). Generalmente, los productores toleran que se formen estos parches, pues esto les facilita la cosecha de frutos o de leña, aunque aplican algunas prácticas de manejo para controlar su diseminación intensa fuera de ellos. En algunos casos se aplican prácticas de control selectivo de nuevas plantas, y en otros (por ej. *Prosopis* spp.) se recomienda cosechar la mayor parte de vainas, molerlas y ofrecerlas molidas como suplemento para los animales (Galera 1996).

Protección de las leñosas para evitar daños por los animales

Cualquiera que sea el propósito de las leñosas en el sistema, un aspecto clave es la protección de los árboles -especialmente en su estadio juvenil-, contra los posibles daños de los animales en pastoreo [Acetato 9.22]. Ya que, en algunos casos, los animales tienden a consumir el follaje y/o la corteza (Conklin 1987), ejercen presión al rascarse sobre el fuste (Borel y Romero 1991; Stür y Shelton 1991).

Para prevenir daños potenciales en las leñosas se han sugerido opciones tales como el "pintarlos con boñiga" (Payne 1985), la "clausura" temporal de los potreros para promover el repoblamiento de las leñosas (Whiteman 1980), el uso de genotipos que tienen espinas (por ej. *Bombacopsis quinatum*, *Erythrina* spp.) y la construcción de estructuras sencillas similares a las jaulas (Reynolds 1995). Esta última opción, si bien resulta muy costosa en sistemas de plantación con alta densidad de árboles, puede justificarse económicamente en el sistema de árboles dispersos con especies maderables de alto valor de mercado, tal como fue estimado por Holmann *et al.* (1992) para laurel (*Cordia alliodora*) a una densidad menor a 100 árboles/ha.

Por otro lado, Romero *et al.* (1991) probaron formas de protección contra el daño físico ejercido por la presión de los animales en pastoreo, cuando introdujeron estacas de poró (*Erythrina berteroana*) en potreros degradados. La mayor sobrevivencia de árboles (59%) se logró cuando amarraron tres estacas de poró con dos cañas bravas dispuestas en forma de "X" y cuando las estacas fueron amarradas a 1.8 m de alto, usando un alambre liso tensado entre dos postes muertos. En contraste, cuando no se utilizó protección, la sobrevivencia de las estacas fue de sólo 21% cuando existían otros árboles en el potrero y de 0% en ausencia de ellos.



Cuadro 1. Clasificación de los sistemas de árboles dispersos en potreros.

Atributo	Naturales	Artificiales
<p>Densidad y arreglo espacial de leñosas</p> <p>Interacciones entre componentes</p> <p>Casos:</p>	<p>Determinado por condiciones agroecológicas de sitio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - topografía - humedad - tipo de pasto <p>Poco o no controladas:</p> <p>a) Vegetación climax del sitio (por ej. sabanas arboladas).</p> <p>b) Producto de sucesión hacia vegetación climax de bosques (por ej. "charrales", "tacotales", "purma", "capoeira").</p>	<p>Determinado por decisiones de manejo (por ej. aplicación de herbicidas).</p> <p>Reguladas por el hombre:</p> <p>a) Manejo selectivo de leñosas remanentes después de la apertura del bosque.</p> <p>b) Introducción de leñosas en potreros.</p>



Árboles dispersos como vegetación climax

- Existe cierto “equilibrio estable” entre componentes (plantas, animales y microorganismos), como producto del proceso de selección natural.
- Este equilibrio afecta por la intervención del hombre, a través de:
 - Introducción de una población de herbívoros domésticos ajenos al ecosistema.
 - Intensificación de la extracción al incrementar la carga.
 - Eliminación selectiva de algunos componentes de la vegetación.



Caso 1: “Caatinga” del noreste de Brasil

- Cubre el 10% de la superficie del Brasil.
- El sistema silvopastoril que involucra el uso de la “Caatinga” con ovinos y caprinos es componente básico de los “sistemas mixtos” practicados por la mayoría de productores de escasos recursos. En muchos casos también hay presencia de bovinos y otros herbívoros.
- **Principales componentes**
 - Leñosas: *Auxemma oncocalyx*, *Mimosa caesalpinoiidea*, *Bauhinia forficata*, *Combretum leprosum*, *Croton hemiargireus*, *Caesalpinia pyramidalis*.
 - Herbáceas: Más de 40 especies entre gramíneas anuales (por ej. *Brachiaria mollis*) y malezas (por ej. *Blainvillea rhomboidea*, *Wissadula* sp.).
- Las leñosas (hojas y frutos) son fuentes importantes de alimentación en el período seco, mientras que la vegetación herbácea lo es en el período de lluvias.
- Estrategias de manejo recomendadas:
 - Ajuste de carga.
 - “Raleas” de leñosas para reducir competencia sobre vegetación herbácea.

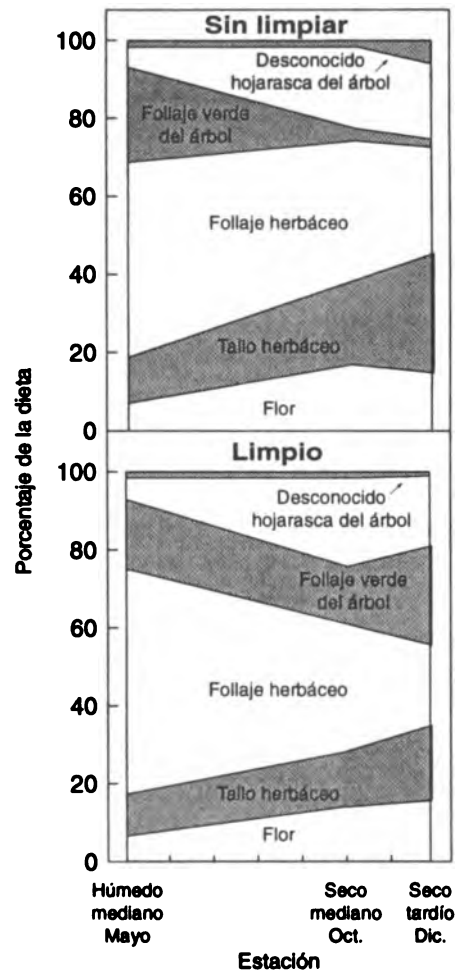


Figura 1. Composición de la dieta en caprinos y ovinos que pastorean la "Caatinga" sometida o no a "ralea" selectiva.

Fuente: Kirmse, R.D., Provenza, F.D., y Malechek, J.C. (1987).

Caso 2: Bosques de la región chaqueana

- Superficie: 500 000 km² en Noroeste de Argentina y Paraguay, Sureste de Bolivia y Brasil.
- El sistema silvopastoril tradicional del Chaco involucra el uso de la vegetación herbácea, y del follaje y frutos de las leñosas, mediante pastoreo/ramoneo por bovinos, caprinos, ovinos, y equinos. Las leñosas nativas además proveen de madera y se usan para la producción de carbón.
- **Principales Componentes**
 - Leñosas: *Prosopis* spp., *Schinopsis* spp., *Caesalpinia paraguayensis*, *Aspidosperma* spp., *Acacia* spp., *Piptadenia* spp., *Enterolobium contortus*, *Erythrina falcata*, *Geoffroea decorticans* y *Tipuana tipu*.
 - Herbáceas:
 - Gramíneas palatables como *Trichloris crinita*, *Digitaria californica*, *Setaria leirantha*, *Chloris ciliata* y *Pennisetum frutescens*.
 - Gramíneas poco palatables y no palatables como *Setaria globulifera*, *Aristida mendocina*, *A. colsencioni*, *Chloris virgata* y *Eragrostis cilianensis*.
 - Leguminosas de los géneros *Rhynchosia*, *Desmanthus*, *Zornia* y *Mimosa*.
 - Otras especies consideradas malezas como *Sida rombifolia* y *Eupatorium* sp.



Caso 2: Bosques de la región del chaco

Estrategias de manejo recomendadas

- **Componente herbáceo:**

- Ajustar la carga y de ser necesario aplicar “exclusión” temporal para favorecer el repoblamiento de especies deseables.
- Durante los siguientes 2 ó 3 años después de la corta de leñosas, pastorear sólo en el invierno⁽¹²⁾ y con ganado de poco peso, para minimizar daños por pisoteo y ramoneo en propágulos y rebrotes de las leñosas.
- Desmontar del 5 a 20% de la superficie total de finca para establecer pasturas cultivadas de secano, las cuales se usarán desde finales de invierno hasta mediados del verano.

- **Componente leñosas:**

- Ordenar las talas por sectores y tratar que operaciones de corte y extracción para todos los productos se realicen simultáneamente.
- Corta racional de leñosas con interés forestal y ganadero, dejando un mínimo de árboles deseables para regeneración.
- Preservar bloques con una superficie equivalente al 10% del total.

⁽¹²⁾Meses más fríos del año.



Caso 3: “Matorral” del noreste de México

- Cubre parte de los estados de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila, pero condiciones similares se presentan en el 40% del territorio de México.
- La vegetación es utilizada mayormente con bovinos y caprinos, pero el uso no controlado ha provocado degradación fuerte de este recurso.
- Muchas de las leñosas han sido taladas indiscriminadamente para la producción de carbón.
- **Componente leñosas**
 - Palatables: *Pithecellobium pallens*, *Acacia farnesiana*, *Acacia rigidula*, *Forestiera angustifolia*, *Celtis pallida* y *Cordia boissieri*.
 - Más usadas para carbón: *Pithecellobium flexicaule*, *Prosopis glandulosa*, *Condalia hookeri*, *Helietta parvifolia* y *Diospyros texana*.



Caso 3: “Matorral” del noreste de México

Estrategias de manejo recomendadas

- Raleas selectivas para favorecer desarrollo de vegetación herbácea y leñosas deseables.
- Clausuras temporales para promover repoblamiento vegetativo.
- Introducción de leñosas exóticas con potencial de uso forrajero (por ej. *Leucaena*, *Gliricidia sepium*).
- Regulación de la tasa de extracción, mediante el ajuste de carga animal y el control de la tala de árboles y arbustos.



El Prosopis: una leguminosa cosmopolita

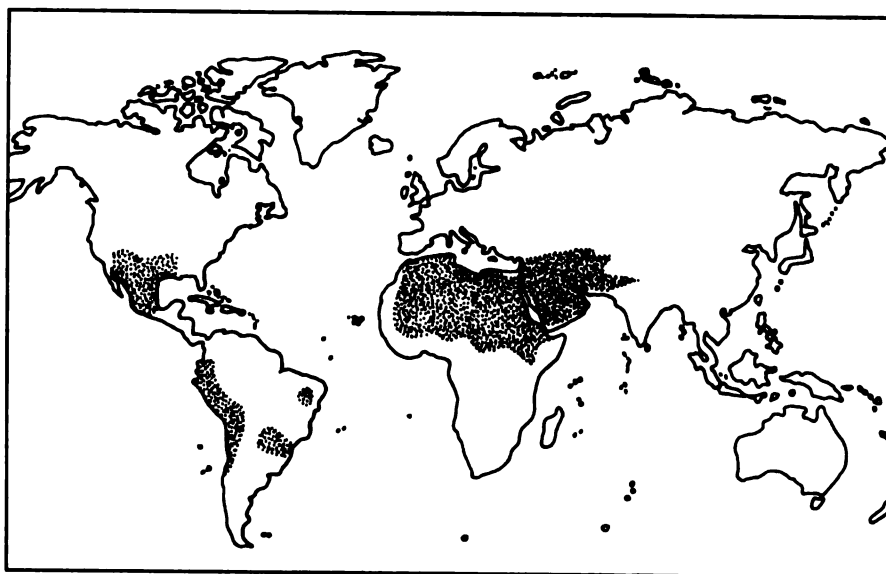


Figura 2. Distribución del género Prosopis en el mundo.

Fuente: Riveros, F. (1992).



El Prosopis: una leguminosa multipropósito

Contribución en sistemas silvopastoriles

- Provee de frutos (vainas) ricas en proteína y azúcares para los animales en pastoreo.
- El follaje de algunas especies es palatable, pero su contribución es menor que la de los frutos.
- Es buena mejoradora del suelo porque:
 - Fija nitrógeno atmosférico.
 - Aporta nutrientes a través de la caída de hojas.
 - Contribuye al control de la erosión y a la estabilización de suelos arenosos.
- Produce leña de alto valor calorífico, pero también madera para muebles, pisos, postes, etc.



El Prosopis como fuente de forraje y nutrimentos para la mejora del suelo

Cuadro 2. Contenido de nutrimentos (%) en hojas y frutos de *Prosopis* spp.

Fracción	Hojas verdes	Hojas secas	Vainas
Materia seca	41.2	94.4	93.7
Proteína cruda	19.0	13.3	13.9
Fibra cruda	21.6	34.2	27.7
Extracto etéreo	2.94	1.4	3.0
Extracto libre de nitrógeno	48.0	44.8	50.6
Cenizas	10.0	6.4	4.8
Calcio	2.08	—	0.28
Fósforo	0.22	—	1.44

Fuente: Gohl, B. (1993).



El Prosopis como fuente de forraje y nutrimentos para la mejora del suelo

Cuadro 3. Efecto de la presencia de árboles de *Prosopis nigra* sobre la producción y calidad de pastos que crecen bajo su copa y parámetros de fertilidad del suelo.

Atributo	(+) <i>P. nigra</i>	(-) <i>P. nigra</i>
Producción de fitomasa en <i>Cenchrus ciliaris</i> (kg/ha/corte)	3 900	2 600
Contenido de PC (%)		
<i>C. ciliaris</i>	8.6	4.8
<i>Setaria</i> spp.	13.7	8.8
<i>Trichloris pluriflora</i>	10.9	9.3
<i>Digitaria californica</i>	10.0	8.3
M.O. en el suelo (%)		
0-2 cm	1.83	0.90
2-10 cm	1.57	0.94
Nitrógeno en el suelo (%)		
0-2 cm	0.26	0.13
2-10 cm	0.23	0.08

Fuente: Riveros, F. (1992).



Las leñosas del bosque secundario como alimento para el ganado

Charrales de la vertiente pacífica de Costa Rica

- *Mimosa tenuiflora*, *Gliricidia sepium*, *Pithecellobium dulce* y *Enterolobium cyclocarpum*, leguminosas arbóreas comunes en este agroecosistema.
- Los frutos y follaje de estas especies son consumidas por el ganado, pero los productores además las aprecian como fuente de leña.

“Guamiles” del Petén (Guatemala)

- *Cecropia peltata*, *Lonchocarpus guatemalensis*, *Heliocarpus donel-smithii* y *Cassia bicapsularis* entre las leñosas más comunes; sin embargo, de éstas sólo las dos primeras fueron consumidas preferentemente por los animales en pastoreo.

Áreas en barbecho en Chiquimula (Guatemala)

- *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina berteroana* y *Spondias spp*, entre las leñosas más consumidas por caprinos y bovinos en las áreas más húmedas.
- *Guazuma ulmifolia*, *Acacia farnesiana*, *Leucaena brachycarpa*, *Cordia dentata*, *Pithecellobium dulce* y *Crescentia alata* fueron las leñosas identificadas por los productores como las más consumidas en las áreas secas.

Áreas en barbecho en Choluteca (Honduras)

- Los caprinos ramonean el follaje de *Mimosa platycarpa*, *Caesalpinia coriaria*, *Acacia insii*, *Acacia farnesiana*, *Mimosa albida*, *Combretum sufruticosum*, *Guazuma ulmifolia* y *Spondias sp*. En la mayoría de éstas, los caprinos además consumen los frutos.
- En jícaro (*Crescentia alata*) los caprinos consumen los frutos y las flores.



Tiempo dedicado al pastoreo

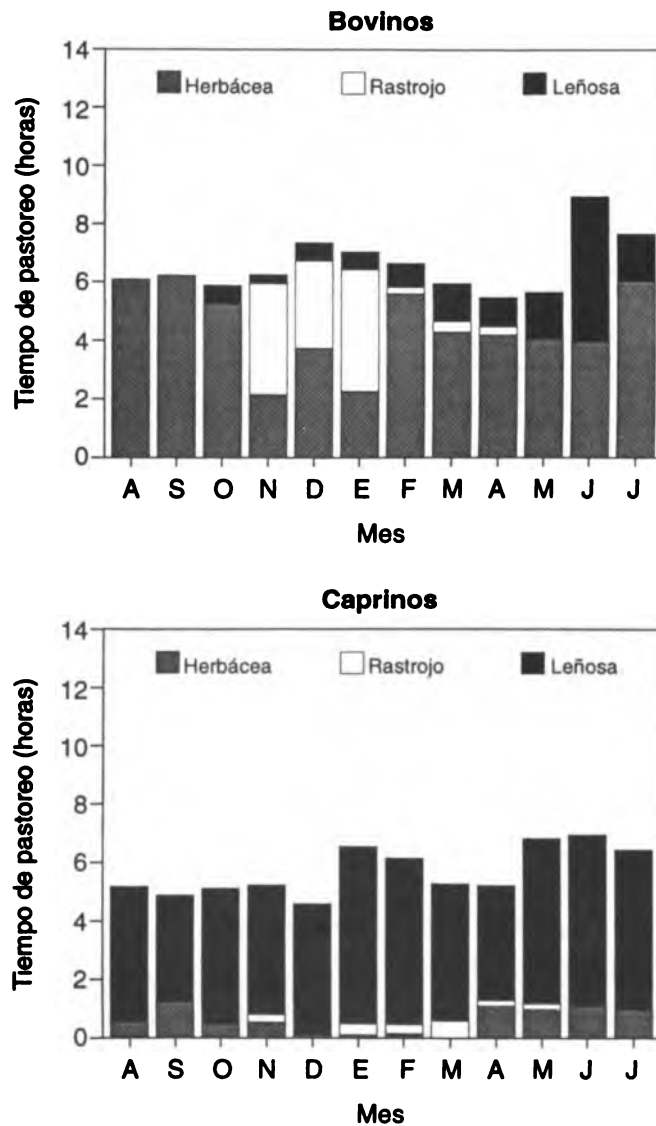


Figura 3. Tiempo dedicado por los bovinos y los caprinos en pastoreo, al consumo de vegetación herbácea, rastrojos y leñosas en zonas secas.

Fuente: Dicko, M.S. y Sikena L.K. (1992).

El “barbecho mejorado” como opción silvopastoril

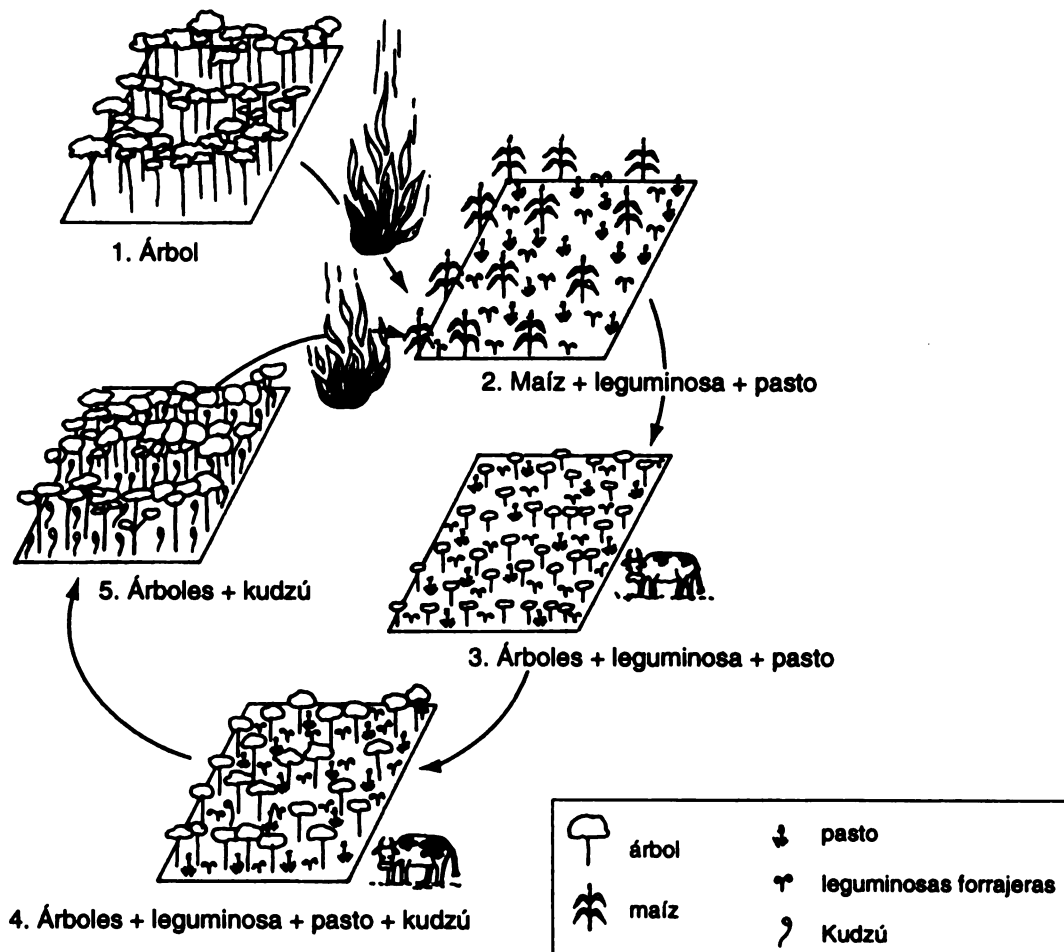


Figura 4. Modelo del sistema de barbecho mejorado como una opción silvopastoril.

Fuente: Loker, W.M. (1994).



Manejo selectivo de los árboles

¿Cómo se origina el sistema?

- Dejando sin talar algunos árboles maderables, frutales o de sombra, cuando se establecen pasturas en terrenos deforestados.
- Aplicando técnicas de manejo silvicultural para favorecer la regeneración natural de algunas leñosas.
- De manera natural, algunas leñosas reaparecen en los potreros, como consecuencia de la emergencia de plantas a partir de remanentes en el banco de semillas, o por el acarreo y dispersión de semillas por los animales.
- Siembra planificada de leñosas, pero a densidad menor que la utilizada en los sistemas de plantaciones forestales.



Manejo selectivo de los árboles

¿Para qué tener árboles en potreros?

- Producción de leña.
- Producción de alimentos para el ganado (follaje, frutos), en especial durante el período seco.
- Sombra para el ganado.
- Generación de ingresos adicionales (madera, fruta).
- Producción de madera para uso interno en la finca (postes, material de construcción).
- Protección y/o mejoramiento del suelo.



Cuadro 4. Clasificación de leñosas incorporadas como árboles dispersos en potreros en el trópico sub-húmedo de América Central, en función de su(s) propósito(s) en el sistema.

Nombre científico	Nombre común	F	L	M	S
<i>Acacia farnesiana</i>	Espino blanco	XX	X		
<i>Acacia mangium</i>		X		XX	
<i>Albizia guachipele</i>	Guayaquil			XX	X
<i>Cedrella odorata</i>	Cedro			XX	
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel			XX	
<i>Croton gossyfolius</i>			XX		
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	X		X	XX
<i>Ficus</i> spp.	Higuerón, Chilamate, Guachero	X			XX
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	XX	X		
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	XX	X		
<i>Hymanaea courbirol</i>	Guapinol				XX
<i>Inga</i> spp.			XX		
<i>Leucaena</i> spp.	Leucaena	XX		X	
<i>Mangífera indica</i>	Mango	X			XX
<i>Pithecellobium saman</i>	Cenízaro	X		XX	
<i>Psidium guajaba</i>	Guayaba	X	X		X
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba			XX	
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble de sabana			XX	
<i>Tabebuia ochracea</i>	Cortez amarillo	XX		X	
<i>Terminalia ivorensis</i>				XX	
<i>Vochysia ferruginea</i>	Chancho colorado			XX	

F = Follaje, frutos o flores; L = Leña; M= Madera; S = Sombra



Manejo selectivo de los árboles

Aporte dietético de los árboles durante el período seco

- En las etapas más críticas del período seco, la contribución del follaje de las leñosas es muy limitado, porque la mayoría son “caducifolias”, y en el caso de las “perennifolias”, muchas presentan hojas coriáceas y ricas en compuestos secundarios que las hacen poco palatables.
- Varias leñosas “caducifolias” producen frutos ricos en azúcares, aceites y/o proteína, los cuales están disponibles para los animales en la segunda mitad del período seco, cuando hay marcada escasez de vegetación herbácea de calidad.
- Las leñosas caducifolias generalmente rebrotan previo al inicio del período de lluvias, y están disponibles antes que la vegetación herbácea.



Manejo selectivo de los árboles

Cuadro 5. Contenido de Proteína Cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* (DIVMS) en el follaje y frutos de algunas leñosas que crecen dispersas en potreros de Guanacaste (Costa Rica).

Nombre científico	Nombre común	PC (%)	DIVMS (%)
Follajes			
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	17.5	51.8
<i>Pithecellobium saman</i>	Cenízaro	19.9	41.2
<i>Spondius purpureus</i>	Jocote	13.7	55.4
<i>Tabebuia ochracea</i>	Cortez amarillo	16.7	40.6
<i>Piscidia carthagenensis</i>	Pellejo de toro	15.5	41.7
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	17.4	36.0
<i>Lysiloma divaricata</i>	Quebracho	10.2	47.5
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	12.4	48.1
Frutos			
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	16.2	79.0
<i>Pithecellobium saman</i>	Cenízaro	16.2	73.7
<i>Spondius purpureus</i> ⁽¹⁾	Jocote	3.2	95.6
<i>Mangifera indica</i> ⁽¹⁾	Mango	1.8	95.4
<i>Piscidia carthagenensis</i>	Pellejo de toro	19.6	52.1
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	5.7	61.7
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Chaperno	16.0	48.2
<i>Bauhinia unguolata</i>	Casco de venado	10.1	59.0
<i>Crescentia alata</i>	Jícaro	5.8	60.6

⁽¹⁾ Sólo pulpa.

Adaptado de: Concklin, N.L. (1987).



Manejo selectivo de los árboles

Distribución de semillas

- A través de las heces, los animales dispersan las semillas de muchos frutos que consumen (por ej. *Psidium guajaba*, *Prosopis* spp.).
- En algunas especies este mecanismo puede ser tan efectivo que las leñosas se constituyen en una “*invasora dominante*”.
- Es más frecuente que se formen “*parches*” de las leñosas en las áreas de descanso (por ej. sombra), de suplementación o de bebida.
- En el caso de frutales con valor comercial, los productores toleran la formación de “*parches*”, pues ello facilita la cosecha.
- Formas de control:
 - Deshierba selectiva.
 - Colecta de frutos, para ofrecerlos molidos.



Manejo selectivo de los árboles

Protección contra daños

¿Qué tipo de daños?

- Consumo del follaje.
- “Raspado” de la corteza.
- Ruptura de tallos al rascarse sobre el fuste.

¿Cómo evitarlos?

- “Clausura temporal” para favorecer repoblamiento.
- “Pintarlos” con boñiga.
- Uso de genotipos con espinas.
- Construcción de pequeñas jaulas protectoras.
- Amarras con alambre liso tensado a postes muertos.



Tema 10

Pastoreo en plantaciones de maderables o frutales

¿QUÉ ES EL PASTOREO EN PLANTACIONES?

El pastoreo en plantaciones de cocoteros (*Cocos nucifera*), hule (*Hevea brasiliensis*) y palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es común en varios países tropicales del Asia y Oceanía (Chen 1993; Reynolds 1995), pero excepcionalmente practicado en América [Acetato 10.1]. En contraste, en América Tropical es más frecuente el pastoreo en plantaciones de mangos, cítricos, achiote (*Bixa orellana*), pejivalle (*Bactris gassipaes*) y marañón (*Anacardium occidentale*), sin que ello signifique que esta es una práctica común (Lascano y Pezo 1994).

Los sistemas silvopastoriles basados en la introducción de forrajeras herbáceas y animales en plantaciones de especies maderables (por ej. *Pinus* spp., *Juglans nigra*), son sistemas de uso de la tierra bastante difundidos en varios países de la zona templada (Reynolds 1995), pero no tanto en los países de América Tropical. Se espera que en los años venideros estos sistemas tomen más relevancia, pues hay cada vez mayor actividad de reforestación en las áreas hoy cubiertas por praderas degradadas (Pezo e Ibrahim 1996).

LA GANADERÍA COMO COMPLEMENTO A LA ACTIVIDAD FORESTAL

En los sistemas plantaciones manejados bajo pastoreo, el producto derivado de la leñosa es generalmente la fuente principal del ingreso o al menos el objetivo primario del sistema, mientras que la producción animal es complementaria, ya sea porque los animales funcionan como reguladores de la competencia ejercida por las "malezas" o por los cultivos de cobertura, o porque ellos constituyen una fuente de ingresos adicionales en el sistema, antes de que las leñosas entren en su etapa productiva. Por ello, cualquier efecto detrimental de los animales sobre la producción derivada de la leñosa o incluso sobre su manejo⁽¹³⁾, hará incompatible la presencia del ganado en el sistema de plantación (Stür y Shelton 1991b).

Ventajas

Los beneficios atribuidos a la incorporación de la producción animal en los sistemas de leñosas en plantaciones son múltiples (Cook et al. 1984; Shelton 1993; Reynolds 1995); entre ellos se citan [Acetato 10.2]:

- Incremento en los ingresos y diversificación de la empresa, lo cual debe redundar en un mejor control del riesgo.
- Aprovechamiento más uniforme de la mano de obra a lo largo del año, en especial

⁽¹³⁾Stür y Shelton (1991) señalan que los bovinos y los caprinos son incompatibles con la producción de hule (*Hevea brasiliensis*), por que tienden a volcar las tasas de recolección del latex.

cuando los animales incorporados al sistema son de ordeño.

- Mejor uso de los recursos escasos; además que cualquier manejo aplicado al componente herbáceo (por ej. fertilización, control de malezas) beneficia indirectamente a las leñosas.
- Mayor estabilización del suelo.
- Más altos rendimientos en las plantaciones, como consecuencia de un mejor control de las malezas, de un reciclaje de nutrientes más eficiente, y un incremento del nivel de nitrógeno en el suelo.

Desventajas

Cook *et al.* (1984) y Reynolds (1995) identifican como desventajas del sistema de pastoreo en plantaciones las siguientes [Acetato 10.3]:

- No es cualquier especie forrajera la que puede ser incorporada al sistema, pues algunas son sensibles a la competencia por luz, agua o nutrientes que puede presentarse bajo la copa de los árboles.
- Las forrajeras pueden ser vectores de enfermedades o atraer plagas que atacan a la leñosa.
- La presencia de animales puede provocar daños a la leñosa, ya sea por pisoteo, defoliación, raspado de corteza, etc.
- Algunas de las prácticas de manejo para cualquiera de los componentes se puede ver interferida por la presencia de los otros componentes.
- La caída de ramas o árboles puede destruir las cercas, y ello representará mayores gastos en su reparación.
- La competencia ejercida por las pasturas y el consumo por los animales puede afectar la reposición natural de las leñosas.
- El control de malezas por medios químicos puede verse limitado, pues los herbicidas pueden afectar también a las forrajeras.

LA ACTIVIDAD FORESTAL COMO COMPLEMENTO DE LA GANADERÍA

Hasta aquí se ha considerado la producción animal como actividad complementaria a la producción forestal o frutícola en plantaciones; sin embargo, el productor ganadero puede ver la actividad forestal como complementaria a la ganadería. Dentro de este contexto, existe también la posibilidad de introducir árboles en pequeños bosquetes [Acetato 10.4], contiguos a áreas de pastoreo, como una forma de inversión a largo plazo (Torres 1987), para producir la madera requerida a nivel de la finca o para la venta, pero además como áreas de protección y sombra para los animales en pastoreo.

Este tipo de opción tiene la ventaja de que se pueden proteger los árboles en sus estadíos juveniles mediante la exclusión de los animales por medio de una cerca que limita el bosquete, pero el resto del área se puede seguir usando bajo pastoreo. Obviamente, con esta estrategia no se dan varios de los beneficios atribuidos a los sistemas en que leñosas, pasturas y animales comparten el mismo espacio, pero tampoco los problemas de manejo que ello puede ocasionar.

Daly (1984) propone que una adecuada distribución de los bosquetes en las áreas de pastoreo, puede ser incluso un mecanismo para conseguir una utilización más uniforme de las pasturas. En sistemas más extensivos, las fuentes de agua son el principal atrayente de los animales en pastoreo, por lo que tiende a haber un sobrepastoreo y mayores efectos de pisoteo en las áreas cercanas a éstas. En segundo orden de importancia funcionan como atrayentes los puntos donde se proveen las sales minerales y los suplementos, así como las áreas de sombra. Por ello, para conseguir un uso más uniforme de las pasturas se recomienda establecer los bosquetes estratégicamente distribuidos en las

áreas de pastoreo, pero lejos de los otros puntos de atracción, en especial las fuentes de agua.

INTERACCIONES ENTRE COMPONENTES EN EL SISTEMA DE PASTOREO EN PLANTACIONES

Sombreamiento del estrato herbáceo

Una de las desventajas frecuentemente asociadas a la combinación de leñosas perennes con pasturas, es que la copa de las primeras interfieren el paso de la radiación solar hacia el estrato herbáceo [Acetato 10.5], lo cual redundará regularmente en un menor potencial de crecimiento de este último (Wilson y Ludlow 1991); sin embargo, la naturaleza y magnitud de la interferencia es dinámica, tanto a lo largo del día como en función de la edad de la plantación (Reynolds 1995) [Acetato 10.6].

Interferencia de luz: un atributo variable en las plantaciones

En los sistemas silvopastoriles que involucran plantaciones de maderables o frutales con pasturas, la cantidad y la calidad de la luz que pasa a través de la copa de los árboles y llega al estrato herbáceo tiende a cambiar rápidamente con la maduración de las leñosas. En la mayoría de plantaciones, con las densidades normalmente utilizadas, las copas tienden a cerrar de tal manera, que al cabo de 5 a 8 años la transmisión de luz puede caer hasta por debajo del 30% (Chen 1993); pero además va a ocurrir una disminución importante en la proporción de la luz fotosintéticamente activa con relación a la infrarroja (Wilson y Ludlow 1991), lo que incidirá en cambios morfológicos en las pasturas.

Quizás una excepción al patrón anteriormente descrito son las plantaciones de cocoteros, donde la transmisión de luz se reduce

hasta el 40-50% al cabo de 8 años de edad, pero luego de eso tiende a incrementarse, pues en ese momento los cocoteros incrementan su altura y presentan una disminución en la densidad de sus frondas (Chen 1993).

La disminución en la cantidad y calidad de luz que llega al estrato herbáceo, la cual se hace más marcada a medida que avanza en edad la plantación, no sólo resulta en una reducción en la tasa de crecimiento y el potencial de producción de fitomasa del estrato herbáceo, sino en cambios importantes en la composición botánica. Estos cambios se manifiestan en una dominancia de gramíneas poco productivas, algunos helechos y otras especies poco palatables para el ganado. Esto redundará en una fuerte reducción en la capacidad de carga de las pasturas (Somarriva y Lega 1991), la cual puede llegar incluso hasta menos de 1/5 la observada en las etapas iniciales de la plantación (Shelton 1993). Sin embargo, aún con estas variaciones, es factible conseguir una estabilidad en la producción animal y forestal a nivel de la empresa; siempre y cuando se establezcan rotaciones en el tiempo en cuanto a los ciclos de plantación, ralea y corte, para diferentes lotes dentro de la finca.

¿Cómo contrarrestar el impacto del sombreamiento?

El uso de germoplasma forrajero con tolerancia a la sombra media (por ej. *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens*, *B. humidicola*, *Panicum maximum*, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides*, *Arachis pintoii*) o sombra alta (por ej. *Brachiaria miliformis*, *Ischaemum aristatum*, *Axonopus compressus*, *Paspalum conjugatum*, *Stenotaphrum secundatum*, *Desmodium ovalifolium*, *D. heterophyllum* y *Flemingia congesta*), puede ayudar a contrarrestar al menos temporalmente, el efecto perjudicial de la baja incidencia de luz observada en la mayoría de

sistemas de plantación [Acetato 10.7]. Sin embargo, cuando la transmisión de luz es menor del 25%, prácticamente ni las forrajeras identificadas como altamente tolerantes a la sombra pueden expresar esa capacidad de adaptación (Wong 1991).

Otras opciones para regular la magnitud de la interferencia de luz en los sistemas de plantación es a través del manejo de la población de leñosas, ya sea mediante siembras a menor densidad (Anderson et al. 1988; Knowles 1991) o por medio de "raleos" selectivos (Anderson et al. 1988). También puede ayudar la modificación del arreglo espacial de las leñosas (Sharrow 1991; Tajuddin et al. 1991), o la utilización de especies y genotipos dentro de especies cuya morfología de copa permita una mejor transmisión de luz (Shelton 1993).

Cualquier modificación al sistema tradicional de manejo de plantación será aceptada en la medida en que no afecte detrimentalmente al componente de leñosa y al ingreso neto del sistema total. Por ejemplo en un estudio con *Pinus radiata* (Shelton 1993), la disminución en la densidad de árboles favoreció la producción de forraje y la productividad animal del sistema [Acetato 10.8], pero provocó una mayor ramificación de los árboles, lo que a su vez afectó el valor comercial de la madera producida. Esto determinó que se desechara la propuesta tecnológica, pues la producción de madera de pino era el producto más valioso del sistema silvopastoril, y la producción animal una actividad complementaria.

Economía de agua

En sistemas de plantación con un estrato de vegetación herbácea, bajo la copa de los árboles se presentan menores temperaturas del aire y del suelo y una mayor humedad relativa del aire, que en los espacios donde no ocurre sombreado (Wilson y Ludlow

1991) [Acetato 10.9]. Además, bajo la sombra de los árboles se incrementa la disponibilidad de humedad en el suelo, como consecuencia de una reducción en las pérdidas de agua del sistema, tanto por transpiración de las pasturas, como por evaporación del agua del suelo (Wong y Wilson 1980).

Cuando las plantaciones están sujetas al pastoreo, el efecto de la circulación de animales va a provocar algún grado de compactación del suelo, comparado con las plantaciones no pastoreadas; sin embargo la magnitud de estos impactos se incrementa a medida se usan cargas más altas. A manera de ilustración, en plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*) pastoreadas por ovinos, la densidad aparente del suelo se incrementó en apenas 1%, pero la tasa de infiltración se redujo casi a la mitad y la resistencia a la penetración se incrementó en un 20 a 30% (Majid et al. 1989).

Las modificaciones en la economía de agua del sistema provocadas por el pastoreo son más importantes en aquellos ecosistemas que presentan sequía estacional [Acetato 10.10] y cuando se trabaja con especies de pastos o leñosas sensibles al estrés de déficit hídrico. Desde el punto de vista de las pasturas, la mayor disponibilidad de humedad en presencia de los árboles permite prolongar el período de crecimiento, de manera que se tiene pasto verde cuando en las áreas abiertas sin sombra ya hay claras manifestaciones del estrés de sequía (Stür y Shelton 1991b); sin embargo, hay también indicaciones de que algunas especies de leñosas pueden ser fuertemente competitivas por el agua, como es el caso del *Eucalyptus tereticornis* (Malik y Sharma 1990), lo cual puede redundar en menores rendimientos de los cultivos acompañantes.

Se ha postulado que el uso de genotipos de pasturas con mayor potencial de crecimiento pueda perjudicar la producción de la le-

ñosa, como consecuencia de la competencia por agua. Esto podría ocurrir en aquellos sistemas donde las leñosas y las pasturas tienen raíces que ocupan los mismos sectores superficiales del perfil del suelo, en áreas con déficits hídricos marcados y cuando se trabaja con especies particularmente sensibles a las restricciones de humedad en el suelo, como son el cocotero (Reynolds 1995) y el hule (Chen 1993). Sin embargo, estos aspectos necesitan ser mejor documentados en la literatura (Wilson y Ludlow 1991), pues los genotipos de las leñosas pueden diferir en su tolerancia a la sequía (Reynolds 1995), además que en muchas situaciones ocurre una mejora en la capacidad de infiltración y retención de humedad en el suelo, como consecuencia de los aportes de materia orgánica de la herbácea y la misma leñosa (Chen 1993).

¿Competencia o complementariedad en la nutrición mineral?

En los sistemas de plantación con un estrato herbáceo como cobertura, las leñosas y las pasturas -pero también las malezas-, pueden competir o complementarse con respecto a su nutrición mineral (Reynolds 1995) [Acetato 10.11]. La competencia por nutrientes toma importancia cuando los sistemas radiculares de ambos componentes comparten el mismo sector del perfil del suelo, los suelos presentan limitaciones en cuanto a su fertilidad, las especies son muy extractoras de nutrientes y las densidades de plantación son altas (Waidyanatha *et al.* 1984; Disanayake y Waidyanatha 1987; Stür y Shelton 1991b; Shelton 1993).

Quizás, en la mayoría de sistemas de plantación son más evidentes los efectos de complementariedad que los de competencia entre los árboles, la vegetación herbácea y los animales en pastoreo, con respecto a la nutrición mineral (Shelton 1993). Desde el punto de vista de los aportes del árbol hacia

las especies acompañantes del estrato herbáceo, esto puede darse por fijación/transferencia de nitrógeno y por el reciclaje a través de materia orgánica senescente o podada [Acetato 10.12].

Las leñosas pueden aportar nutrimentos a las pasturas

Cuando se trabaja con leñosas capaces de establecer relaciones simbióticas con rizobios y otras especies fijadoras del nitrógeno atmosférico, éstas van a transferir parte del nitrógeno fijado hacia las especies acompañantes (Dart 1994). Adicionalmente, si las leñosas poseen sistemas radiculares más profundos que los de la vegetación herbácea, pueden ejercer un "efecto de bombeo de nutrimentos" (Nair 1993) hacia la vegetación herbácea, pues a través de mineralización de sus hojas y ramas senescentes hacen disponibles para las pasturas nutrimentos que se encontraban inicialmente en sectores del perfil del suelo no alcanzables por la profundidad de su sistema radicular. En muchos casos, la magnitud del reciclaje de nutrientes es tal que llega a sobrecompensar el efecto detrimental ejercido por la sombra (Dacarret y Blydentsein 1968; Bronstein 1984; Wilson *et al.* 1990; East y Felker 1993; Bustamante 1991).

Las pasturas también pueden aportar nutrimentos a las leñosas

Por otro lado, la vegetación herbácea también puede aportar nutrimentos a la leñosa, y por ende contribuir al mejoramiento de su productividad (Broughton 1977). Quizás el ejemplo más relevante sea el uso de leguminosas forrajeras como cultivos de cobertura en sistemas de plantación, pues en este caso la vegetación herbácea aporta nitrógeno atmosférico al sistema y mejorar la eficiencia del reciclaje de nutrientes al enriquecer el suelo con una materia orgánica de mejor calidad [Acetato 10.13] (Stür y Shelton 1991a;

Reynolds 1995), así como a través de su acción en el mejoramiento de las características físicas del suelo (Chen 1993).

En sistemas de plantación cuyo estrato herbáceo es manejado bajo pastoreo, el aporte de nutrimentos vía la deposición de excretas de los animales es otro mecanismo importante de reciclaje de nutrimentos (Majid *et al.* 1989; Humphreys 1991), además que debe contribuir a mejorar la eficiencia del proceso de mineralización de la biomasa reciclada por las leñosas (Rao *et al.* 1992), dado el alto contenido de nitrógeno presente especialmente en la orina (Pezo *et al.* 1992). Algunos trabajos evidencian una mayor productividad del componente leñosas cuando las plantaciones están sometidas al pastoreo, que en ausencia de los animales (Majid *et al.* 1989; Carlson *et al.* 1994; Clason 1995), además de mayores contenidos de nutrientes en hojas de las leñosas (Stür y Shelton 1991b), lo cual en buena medida puede reflejar la contribución de los animales en el reciclaje de nutrimentos en este tipo de sistemas.

Caída de hojas y ramas

Cuando las pasturas crecen en asocio con árboles, se ha dicho que las ramas y hojas caídas constituyen un mecanismo importante de reciclaje de nutrimentos, de protección del suelo contra la erosión y que en el mediano plazo contribuyen a mejorar la estructura del suelo y la tasa de infiltración de agua. [Acetato 10.14]. Pero, al menos temporalmente, tienen un efecto detrimental sobre el crecimiento de las pasturas, al no permitir el paso de la radiación hacia el estrato herbáceo subyacente; así como por interferir la movilización y la cosecha del forraje por los animales en pastoreo. Obviamente, estas interacciones toman más importancia en los sistemas de plantación, debido a las mayores densidades de leñosas que se usan en estos.

A manera de ejemplo, en los sistemas de pasturas asociadas con cocoteros se ha estimado que la superficie cubierta por las ramas caídas puede variar de 75 a 180 m²/ha (Reynolds 1995). Por otra parte, en los sistemas que incluyen pinos (por ej. *Pinus radiata*), las agujas que caen naturalmente y aquellas ramas producto de podas o de raleas también interfieren el crecimiento del estrato herbáceo (Anderson *et al.* 1988). Estos efectos son menos marcados cuando las hojas caídas son de fácil descomposición o son palatables para el ganado.

Además, las ramas pueden provocar daños por cortes. A manera de ejemplo, hasta un 24% del rebaño de ovinos que pastoreaba una plantación de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) presentó cortes en la piel, debido a las espinas de esta especie y los bordes filosos de los peciolos de las "frondas" (Stür y Shelton 1991). También los problemas de mastitis por cortes o golpes con ramas pueden ser marcados en el caso de animales lactantes que pastorean bajo estas condiciones. Sin embargo, el problema puede controlarse bastante con el movimiento cuidadoso de los animales en la plantación, o con el "macheteo" de las ramas.

LAS PASTURAS COMO COBERTURAS ÚTILES

Entre las hileras de las leñosas cultivadas en sistemas de plantación, en especial durante las primeras etapas del cultivo, pasa suficiente energía lumínica como para permitir el desarrollo de un estrato de vegetación herbácea (Stür y Shelton 1991a) [Acetato 10.15]. Algunas de las especies que ahí se desarrollan son palatables para el ganado, pero muchas otras son malezas (Dahlan *et al.* 1993), e incluso algunas pueden ser de crecimiento voluble⁽¹⁴⁾, por lo que se deben

⁽¹⁴⁾Crecen en forma de enredadera, usando la leñosa como soporte o guía.

controlar para que no compitan con las leñosas. Lo que no es recomendable es tener el suelo sin cobertura, pues ello provocaría fuertes pérdidas de suelo por erosión.

Función de los cultivos de cobertura

La incorporación de leguminosas herbáceas como cultivos de cobertura en plantaciones tiene múltiples propósitos. Por ejemplo, contribuyen a prevenir la invasión de malezas y su interferencia potencial sobre el desarrollo de las leñosas; controlan la erosión y además fijan nitrógeno (Stür y Shelton 1991b; Chen 1993; Reynolds 1995). Todo esto regularmente redundará en algunos casos, en una mayor producción del componente leñoso, pero en la mayoría de casos habrá cierto sacrificio en la producción de los componentes individuales, pero una mejora en la productividad del sistema total (Reynolds 1995) [Acetato 10.16].

Por otro lado, si se reconoce que las gramíneas tropicales como plantas C_4 tienen mayor potencial de producción de biomasa que las leguminosas (C_3), es factible considerar una cobertura de sólo gramíneas [Acetato 10.17], o mejor aún asociaciones de gramíneas y leguminosas tolerantes a sombra, lo cual permitiría tener una cobertura herbácea con buen potencial de producción de forrajes de calidad (Ng 1991).

Beneficios de la incorporación de animales en plantaciones

El pastoreo en los sistemas de plantación cumple varios propósitos [Acetato 10.18], como son: controlar la competencia que la vegetación herbácea pueda ejercer sobre las leñosas (Stür y Shelton 1991b; Carlson *et al.*

1994) [Acetato 10.19]; reducir un material potencialmente inflamable en incendios accidentales (Couto *et al.* 1994), disminuir los costos asociados con el control de malezas⁽¹⁵⁾ [Acetato 10.20] (Chee y Faiz 1991; Tajuddin *et al.* 1991; Couto *et al.* 1994), y en el caso de plantaciones de frutales cuyos productos deben ser colectados del suelo, la cosecha del follaje ejercida por los animales en pastoreo facilita la ubicación de los frutos caídos⁽¹⁶⁾ (Reynolds 1995). Además, desde el punto de vista económico contribuye a generar un ingreso adicional - incluso en momentos cuando la leñosa no produce para el mercado-, y a la diversificación del sistema (Clason 1995), mediante la venta de los productos animales.

Los animales pueden provocar daños sobre las leñosas

La compatibilidad del pastoreo y la producción forestal o frutícola en sistemas de plantación no puede generalizarse, pues múltiples factores pueden condicionar el que los animales causen o no daños sobre las leñosas. Pese a ello, hay algunas prácticas que pueden contribuir a reducir o controlar los impactos detrimentales de los animales; pero en plantaciones resulta costoso el uso de las técnicas de protección física recomendadas para árboles dispersos en potreros (Holmann *et al.* 1992).

Los animales en pastoreo pueden consumir el follaje de los árboles o arbustos presentes en una plantación [Acetato 10.21], raspar la corteza con los dientes o provocar la ruptura de tallos y ramas cuando se apoyan para rascarse o accidentalmente al caminar. Si los animales ingresan muy tempranamente a las plantaciones, y si el follaje de las leñosas

⁽¹⁵⁾La introducción de ovejas para cosechar el estrato herbáceo en plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*) en Malasia, redujo los costos de control de malezas en un 18-36%.

⁽¹⁶⁾Se recomienda utilizar especies bajas, decumbentes y estoloníferas, en lugar de las de crecimiento erecto y macollador (por ej. *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*), pues éstas dificultan la colecta de frutos caídos en el suelo (Stür y Shelton 1991a).

es palatable, los animales pueden defoliarlas completamente, provocando la pérdida de plantas. Por otro lado, si los animales cosechan la yema apical del tallo principal, se producen malformaciones del tronco o ramificaciones a baja altura, lo cual en muchas especies resulta en la pérdida de su valor comercial (Anderson *et al.* 1988).

En el caso de leñosas que no poseen espinas, con una corteza suave y palatable, es frecuente el raspado de la corteza con los dientes, pero también pueden ocurrir daños en las capas superficiales del tronco cuando los animales se rascan en él. El problema puede complicarse, llegando a pérdidas de plantas, si es que ingresan patógenos (por ej. hongos) a través de peladuras en el tronco (Stür y Shelton 1991b).

Un efecto indirecto que puede afectar la productividad de los árboles en plantaciones manejadas bajo pastoreo, es la compactación ejercida por los animales, la cual puede interferir con el desarrollo radicular de las leñosas y con la tasa de infiltración de agua. En un sistema silvopastoril con plantaciones de *Acer pseudoplatanus* L., manejadas bajo pastoreo (Wairiu *et al.* 1993) detectaron mayor resistencia a la penetración debajo de la copa de los árboles que en los espacios abiertos, lo cual se atribuyó a que los animales tendieron a usar los árboles como protección, y permanecieron más tiempo debajo de sus copas, lo que redundó en mayor compactación.

¿Cómo prevenir los daños causados por los animales sobre las leñosas?

En general se ha recomendado que los animales ingresen en las plantaciones una vez que las leñosas hayan alcanzado una altura tal que las ramas y hojas estén por encima del nivel de ramoneo (Whiteman 1980) [Acetato 10.22], lo cual en muchas especies tropicales puede significar que transcurran por lo menos dos años después de haber sido establecidas (Chen 1991). También se ha sugerido que en las primeras etapas de uso de la plantación el pastoreo se haga con ovinos (Lane 1981), y unos dos años después recién ingresen los bovinos (Anderson *et al.* 1988). Por otro lado se ha visto que los bovinos y ovinos tienden a consumir el follaje de las leñosas cuando hay una pobre disponibilidad de forraje palatable en el estrato herbáceo (Sharrow *et al.* 1992).

Lo anterior no significa que los animales no puedan defoliar algunas ramas, o provocar otros daños como el descortezado o la presión sobre los árboles de mayor edad, pero en esas etapas las leñosas tienen más posibilidades de tener siempre un follaje remanente por encima de la altura de ramoneo, además que son más resistentes a la presión ejercida por los animales al rascarse. Así, Couto *et al.* (1994) no detectaron diferencias en la sobrevivencia de árboles en plantaciones de *Eucalyptus citriodora* cuando el control del estrato herbáceo fue manual o con animales en pastoreo (bovinos, ovinos o combinaciones de ambos). Igualmente, Sharrow *et al.* (1992) detectaron apenas una mortalidad del 0.9% de los árboles de *Pseudotsuga menziesii* cuando las plantaciones fueron pastoreadas tempranamente por ovinos.



Pastoreo en plantaciones de maderables o frutales

- Asocio de maderables (por ej. *Pinus* spp.) con herbáceas, manejado bajo pastoreo es más común en la zona templada; pero se espera que en próximos años tomen más relevancia en el área tropical, por la reforestación en terrenos cubiertos por praderas degradadas.
- **Asia y Oceanía**
 - *Elaeis guineensis* (palma aceitera).
 - *Cocos nucifera* (cocotero).
 - *Hevea brasiliensis* (hule o jebe).
- **América Tropical**
 - *Mangifera indica* (mango).
 - *Citrus* spp. (cítricos).
 - *Bactris gassipaes* (pejibaye).
 - *Anacardium occidentale* (marañón).



Ganadería como complemento de la actividad forestal

Ventajas

- Incremento de ingresos, diversificación de la empresa y control del riesgo.
- Aprovechamiento más uniforme de la mano de obra, en especial si se incorpora ganado de ordeño.
- Cualquier manejo aplicado al componente herbáceo tiene efectos colaterales sobre las leñosas, y viceversa (por ej. control de malezas, fertilización).
- Mayor estabilización del suelo.
- Rendimientos más altos en las plantaciones por:
 - Mejora en el control de malezas.
 - Mayor eficiencia en el reciclaje de nutrimentos.
 - Incremento de nitrógeno en el suelo (más frecuente si la herbácea es leguminosa).



Ganadería como complemento de la actividad forestal

Desventajas

- La competencia por luz, agua y nutrientes afecta la productividad de la vegetación herbácea.
- Las forrajeras pueden atraer plagas o ser vectores de enfermedades que atacan las leñosas.
- Los animales en pastoreo pueden causar daños a las leñosas.
- La aplicación de algunas prácticas de manejo (por ej. control químico de malezas) en un componente se puede ver interferida por la presencia del otro.
- La caída de ramas o árboles puede dañar cercas.
- La reposición natural de las leñosas se puede ver interferida por el consumo animal o la competencia de la vegetación herbácea.



Actividad forestal como complemento de la ganadería

- Introducción de árboles en bosquetes, contiguos a áreas de pastoreo, como forma de inversión a largo plazo, para producir madera y como zonas de protección y sombra para los animales en pastoreo.
- Los árboles se pueden proteger mediante exclusión durante estadios juveniles.

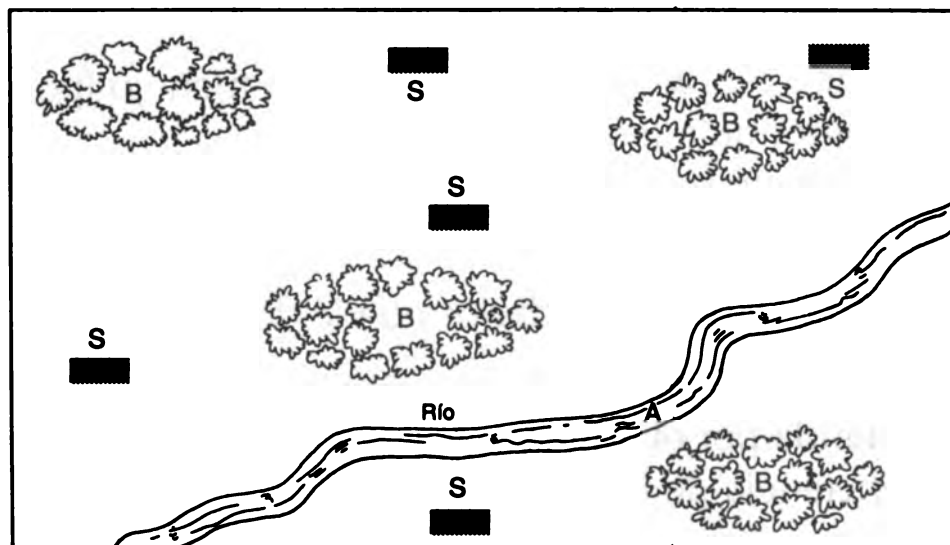


Figura 1. Distribución estratégica de bosquetes (B), saladeros (S) y fuentes de agua (A) para promover un uso más uniforme del recurso herbáceo.



Interacciones entre componentes

Interferencia de la luz

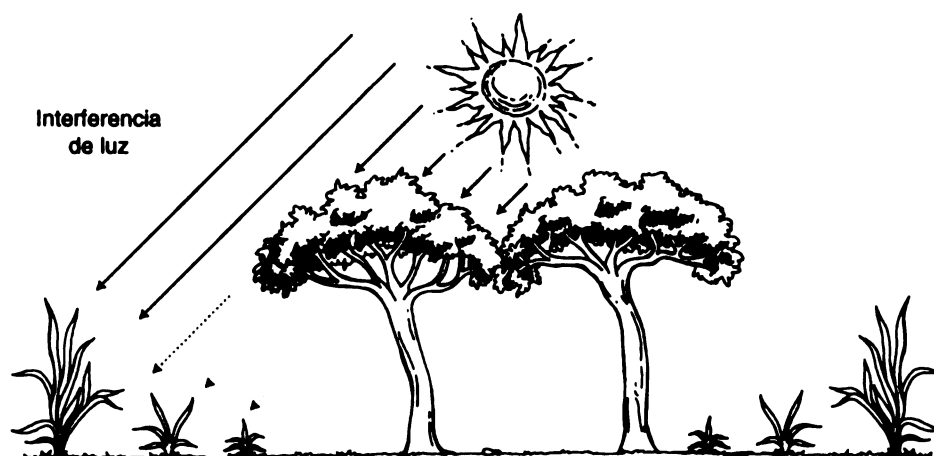


Figura 2. La interferencia al paso de la luz ejercida por las leñosas, afecta el crecimiento del estrato herbáceo.

- **Efectos:**

- Reducción en tasa de crecimiento y potencial de producción de fitomasa.
- Cambios morfológicos (elongación de tallos, menor desarrollo radicular).
- Cambios en composición botánica, a favor de especies poco palatables.



Interacciones entre componentes

Capacidad de carga

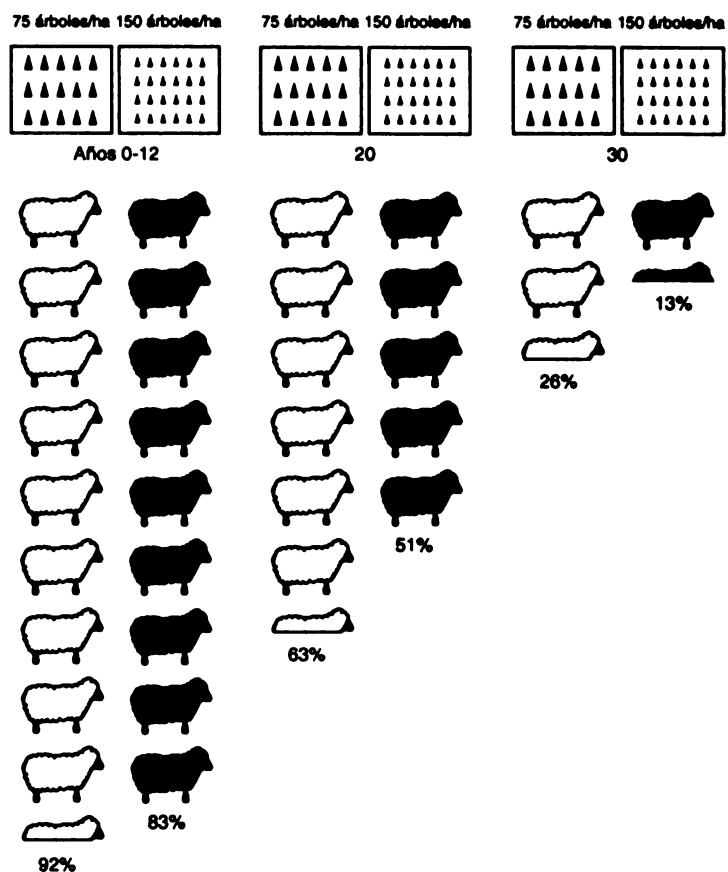


Figura 3. Cambios en la capacidad de carga, como porcentaje de la carga sostenida por la pastura sin árboles, en función de la edad y densidad de plantación.

Fuente: Reynolds, S. G. (1995).



¿Cómo contrarrestar el impacto del sombreamiento?

- **Uso de germoplasma tolerante a la sombra**
(cuando la transmisión de luz es $< 25\%$, fallan hasta las especies reconocidas como altamente tolerantes a sombra).
- **Manejo de la población de leñosas**
 - Siembras a menor densidad.
 - Raleas selectivas.
 - Modificación del arreglo espacial, siempre y cuando no afecte al componente leñosas y el ingreso neto del "sistema total".
 - Uso de leñosas con arquitectura de copa que permita una mejor transmisión de luz.



Cuadro 1. Ganancia de peso en un sistema de pastoreo con ovinos en plantaciones de pinos (*Pinus radiata*) establecidos con diferentes arreglos espaciales.

Tratamiento	1986	1987	1988	1990	1991
	Ganancia de peso (kg/año)				
Sin árboles	8.5	11.7	15.2	9.9	18.3
100 árb./ha (12 x 8 m)	10.6	8.7	16.1	10.2	16.2
277 árb./ha (9 x 4 m)	9.0	3.5	8.4	5.5	18.3
277 árb./ha (franjas)	9.3	7.7	12.3	7.1	20.0
1650 árb./ha (bloque)	6.4	—	—	—	—
DMS, nivel 5%	2.1	3.5	2.9	4.2	5.6

Fuente: Bird, P.R., Kellas, J.D., Cumming, K.N. y Kearney, G.A. (1992).



ECONOMÍA DEL AGUA

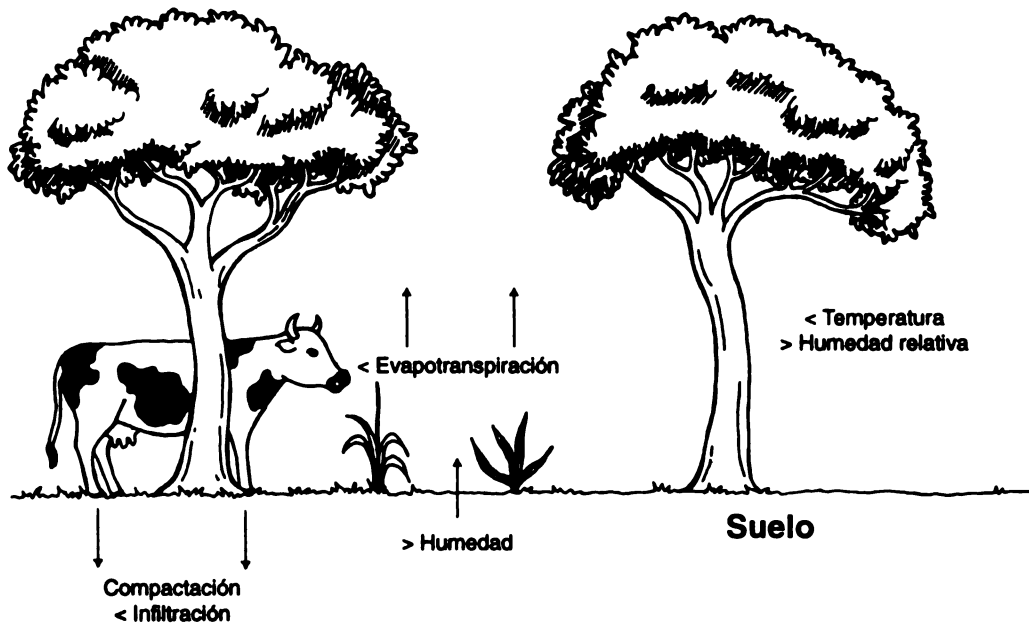


Figura 4. Modelo simplificado de los factores que inciden sobre la economía del agua en un sistema de pastoreo en plantaciones.



Economía del agua en zonas con sequía estacional

- Bajo la copa de los árboles se mantiene por más tiempo la humedad, y por tanto, se demora la presentación de síntomas de estrés hídrico en pasturas sensibles al déficit de agua.
- Algunas leñosas (por ej. *Eucalyptus tereticornis*) pueden ser fuertemente competitivas por agua, perjudicando, por tanto, a las herbáceas acompañantes.
- El uso de pasturas con mayor potencial productivo puede resultar en menor crecimiento de las leñosas como consecuencia de competencia por agua, en:
 - Especies con raíces que ocupan los mismos sectores superficiales del perfil del suelo.
 - Leñosas particularmente sensibles a sequía.
- Hay mejora en infiltración y retención de agua en el suelo, por la materia orgánica producida por la leñosa.



¿Competencia o complementariedad en la nutrición mineral?

- La competencia por nutrientes entre las leñosas y la vegetación herbácea toma importancia cuando:
 - Los sistemas radiculares de leñosas y herbáceas comparten el mismo sector del perfil del suelo.
 - Los componentes herbáceos y leñosos son altamente extractores.
 - Las densidades de plantación son muy altas.
- En los **sistemas de pastoreo en plantaciones** son más frecuentes las manifestaciones de complementariedad en la nutrición mineral entre leñosas, pasturas y animales:
 - Fijación/transferencia de N_2 .
 - Reciclaje de materia orgánica podada y/o senescente.
 - Deposición de excretas.

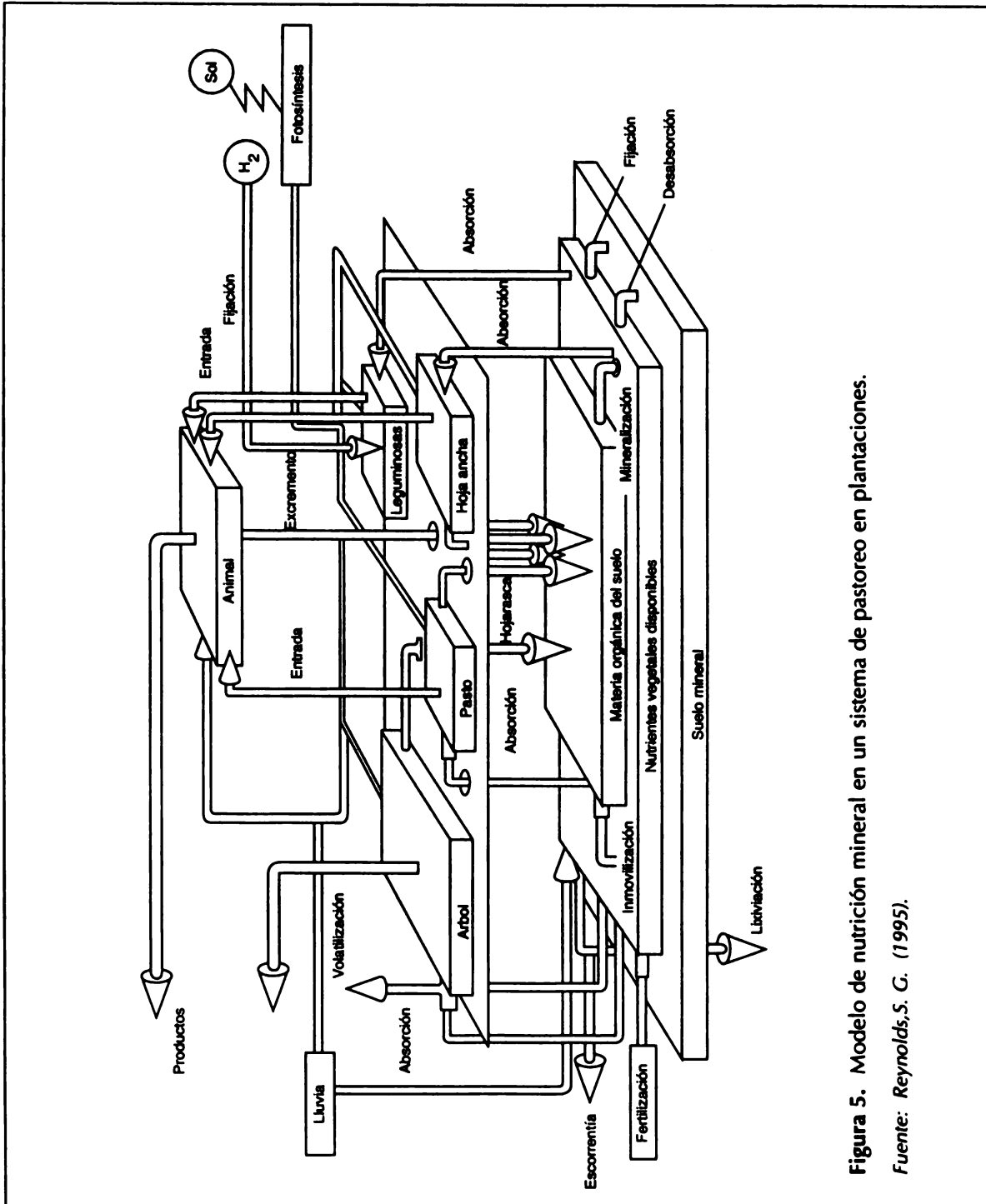


Figura 5. Modelo de nutrición mineral en un sistema de pastoreo en plantaciones.

Fuente: Reynolds, S. G. (1995).



Complementariedad leñosa - pastura - animal en la nutrición mineral

Cuadro 2. Cambios en el suelo en plantaciones de *Pinus radiata* en monocultivo o asociado con *Trifolium subterraneum* como cultivo de cobertura.

Parámetro	Monocultivo (control)	+ <i>T. subterraneum</i> + Fósforo + Pastoreo
Carbono (%)	3.1	4.1
Nitrógeno total (%)	0.19	0.26
Fósforo (ppm)	5.1	12.9
Potasio intercambiable (%)	0.72	0.81

Fuente: Anderson, G.W., Moore, R.W., y Jenkins, P.J. (1988).

Cuadro 3. Efecto del pastoreo con ovinos en plantaciones de cocoteros (*Coccoloba nucifera*), sobre algunas características de fertilidad del suelo.

Atributo	Con pastoreo	Sin pastoreo
Carbono (%)	1.44	0.75
N Total (%)	0.12	0.08
Fósforo soluble ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	7.2	4.0
Potasio (%)	0.44	0.35
Calcio intercambiable (meq/100 g)	0.30	0.24
Magnesio (meq/100 g)	0.18	0.16

Fuente: Reynolds, S. G. (1995).



Efectos de la caída de hojas y ramas en sistemas de pastoreo en plantaciones

Favorables

- Reciclaje de nutrimentos.
- Protección contra erosión.
- Mejora en estructura del suelo.
- Mejora en la tasa de infiltración de agua en el suelo.

Desfavorables

- Interfiere transmisión de luz a vegetación cubierta.
- Impide libre movimiento de animales en pastoreo.
- Limita el acceso de animales a parte del forraje disponible.
- Pueden provocar daños a los animales por cortes o golpes.



Las pasturas como “coberturas útiles” en plantaciones de leñosas

- En las primeras etapas del cultivo de leñosas en plantaciones, pasa suficiente luz para permitir el desarrollo vigoroso de un estrato herbáceo.
- Muchas especies espontáneas no son palatables para el ganado, e interfieren el crecimiento de las leñosas.
- La incorporación de **forrajeras** como “Cultivos de Cobertura” cumple los siguientes propósitos:
 - Interfieren el desarrollo de plantas invasoras.
 - Previenen o reducen pérdidas de suelo por erosión.
 - Proveen de alimento para animales.
 - Contribuyen al reciclaje de nutrientes.
 - Fijan nitrógeno (en el caso de leguminosas).



Las pasturas como cultivos de cobertura

Cuadro 4. Efecto del uso de pasturas como cobertura sobre la producción de frutos en plantaciones de cocoteros (*Cocos nucifera*)

Cobertura	Frutos (No./ha)	Copra (t/ha)
Experimento 1		
Control (malezas)	8319	1.96
<i>B. brizantha</i>	6491	1.48
<i>B. miliformis</i>	7659	1.81
Experimento 2		
Control (malezas)	8674	
<i>B. brizantha</i>	9230	
<i>B. miliformis</i>	9203	
<i>P. maximum</i>	8010	
Experimento 3		
Control (malezas)	13600	2.98
<i>B. miliformis</i> + <i>P. phaseoloides</i> + <i>L. leucocephala</i> + <i>G. sepium</i>	16072	3.32

Adaptado de: Reynolds, S. G. (1995).

Comentarios:

- Aunque el componente cocotero pueda rendir menos, la productividad e ingreso neto del sistema total se incrementan.
- Diferencias entre pasturas de cobertura en cuanto a su efecto de interferencia sobre la leñosa.



Las pasturas como cultivos de cobertura

Cuadro 5. Efecto del tipo de pastura usada como cobertura, sobre el crecimiento de árboles en plantaciones de pino (*Pinus taeda*, L.) de 20 años de establecidas

Parámetro	Pasto nativo	<i>Lespedeza cuneata</i> ¹	<i>Cynodon dactylon</i>	Control
Mediciones en la pastura				
Producción de fitomasa (kg/MS/ha/año)	1240	995	3115	--
PC (%)	12.7	12.5	14.5	--
DIVMS (%)	55.2	57.6	56.4	--
Mediciones en los árboles				
Densidad (árboles/ha)	263	255	247	222
DAP (cm)	31.4	29.7	30.7	29.6
Altura (m)	21.0	18.8	20.3	20.6
Area basal (m ² /ha)	20.7	17.9	18.8	15.7
Volumen comercial (m ³ /ha)	157.5	120.6	136.5	116.0
Volumen en troza (m ³ /ha)	31.3	20.0	25.9	19.6

¹ Leguminosa, una variedad con bajo contenido de taninos.

Fuente: Clason, T.R. (1995).



Beneficios de la incorporación de animales en plantaciones

- Controla o reduce la competencia de la vegetación herbácea sobre las leñosas.
- Disminuye el riesgo de incendios accidentales, al consumirse un material potencialmente inflamable.
- Reduce los costos asociados con el control de malezas.
- Facilita la recolección de frutos caídos.
- Contribuye a generar un ingreso adicional.
- Permite diversificar el sistema.



Efecto del pastoreo sobre los cultivos de cobertura

Cuadro 6. Pastoreo con ovinos (8 animales/ha) en plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*) con *Calopogonium caeruleum* como leguminosa de cobertura, y sus efectos sobre el control de la vegetación herbácea y el crecimiento de los árboles.

Atributo	Rotacional	Continuo	Sin Pastoreo
Cobertura del estrato herbáceo (%)			
Inicial	100	100	100
Un año después	38	37	70
Circunferencia del fuste (cm)			
Inicial	14.1	14.1	14.0
Un año después	21.6	22.1	20.0
Costos de control de malezas (\$ MN/ha)	40 000	40 000	48 000-54 000

Fuente: Chee, Y.K. y Faiz, A. (1991).

Comentarios:

- Los ovinos consumieron preferentemente pasto natural (*P. conjugatum*) y dos malezas de hoja ancha (*Asystasia intrusa* y *Mikania micrantha*), cuyo control suponía varias aplicaciones de herbicidas.



El pastoreo reduce los costos de manejo de plantaciones forestales

Cuadro 7. Costos de establecimiento e ingresos por venta de animales en sistemas silvopastoriles con *Eucalyptus citriodora* en Dionísio, Minas Gerais, Brasil, 1986.

Tratamiento	Costos (US \$/ha)		Ingresos (US \$/ha) Hatos	Costo real		Reducción costos	
	Inicial	Control Malezas Total		US\$/ha	%	US\$/ha	%
9 Bovinos	367	0 367	154	213	39	330	61
6 Bovinos	367	0 367	105	262	48	281	52
9 Bov., 6 ovejas	367	0 367	330	37	7	506	93
6 Bov., 10 ovejas	367	0 367	268	99	18	444	82
10 ovejas	367	0 367	157	210	39	333	61
Control manual	367	176 543	---	543	100	0	0

Fuente: Couto, L., Roath, R.L., Betters, D.R., García, R. y Almeida, J.C.C. (1994).



Efecto del pastoreo sobre las leñosas

Daños en estadíos juveniles

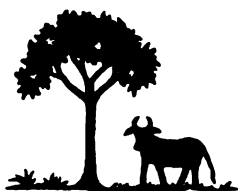
- El consumo de follaje ramas y hojas afecta el crecimiento y puede comprometer la sobrevivencia de los árboles.
- La defoliación de la yema apical en el tallo principal provocará malformaciones del tronco o ramificaciones a baja altura (pérdida de valor comercial).
- El raspado del tronco (con los dientes o al rascarse) provoca ruptura de la corteza, creando una vía potencial de ingreso de patógenos. En casos extremos puede comprometer las haces vasculares del tronco.
- El pisoteo puede provocar ruptura de tallos, con consiguientes malformaciones o pérdida de plantas.
- El pisoteo también puede contribuir a compactar el suelo, lo cual interfiere con el desarrollo radicular y la infiltración de agua.



Efecto del pastoreo sobre las leñosas

¿Cómo prevenir los daños causados por los animales?

- Ingresar los animales cuando las ramas superiores están por encima de la altura de ramoneo.
- En las primeras etapas de uso de una plantación, efectuar el pastoreo con ovinos. Al cabo de unos dos años de uso (depende de la velocidad de crecimiento de la leñosa), pueden ingresar los bovinos.
- En la medida de lo posible, no emplear cabras para defoliar una plantación forestal, ya que éstas son eminentemente ramoneadoras. Si no hay opción, su ingreso deberá diferirse hasta que la copa esté por encima de su altura de cosecha (las últimas en ingresar).
- Asegurarse que hay un balance adecuado entre la oferta de la vegetación herbácea y la capacidad de consumo de los herbívoros que pastorean en la plantación.



Tema 11

Otros sistemas silvopastoriles

BARRERAS VIVAS

Barreras vivas: ¿Una opción silvopastoril? [Acetato 11.1]

Las barreras vivas con leñosas perennes constituyen una forma de cultivo en callejones ("alley farming") en terrenos con pendientes pronunciadas [Acetato 11.2]. Bajo esas condiciones, el objetivo principal de la siembra de leñosas perennes en contorno es la protección contra la erosión, al reducir la velocidad de bajada del agua y atrapar partículas de suelo que se pudieran estar erosionando (Pound y Martínez-Cairo 1985). El follaje que se poda de las barreras vivas puede ser utilizado como alimento para animales estabulados, cuando las especies son palatables (Stewart 1996), o como abono verde (Fujisaka et al. 1994). Entre las especies de leñosas utilizadas en barreras vivas se pueden citar: *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Leucaena diversifolia*, *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Acacia villosa* y *Desmodium rensonii*.

Las barreras vivas serán consideradas como sistemas silvopastoriles [Acetato 11.3] en la medida que el follaje de las leñosas sea utilizado para la alimentación animal en esquemas de "corte y acarreo", o cuando en las áreas intermedias entre las barreras se tengan pastos en lugar de los cultivos de grano. Sin embargo, en caso de que las pendientes sean muy pronunciadas, para evitar daños de los animales sobre las obras de conservación de suelos, es preferible tener entre las barreras sólo forrajeras de corte, y si se tienen forrajeras que pueden ser utilizadas

bajo pastoreo, es deseable que las mismas se manejen bajo corte, al menos en los primeros años de establecida la barrera (Pezo e Ibrahim 1996).

¿Cómo diseñar una barrera viva?

Para conseguir que la barrera viva sea efectiva en el control de la erosión, las leñosas deberán sembrarse muy densamente en una hilera simple [Acetato 11.4], pero mejor si las barreras están constituidas por hileras múltiples poco distanciadas. En tal caso se puede utilizar un mayor distanciamiento entre plantas dentro de una misma hilera, pero alternar la disposición de las plantas en hileras contiguas, usando el arreglo de "pata de gallo" o "tresbolillo" (Benavides et al. 1995). Cualquiera sea el diseño de la barrera, debe tratarse de no dejar espacios dentro de ellas, pues por ahí se puede concentrar el flujo de agua e incrementar su poder erosivo (NFTA 1989).

Los distanciamientos entre plantas dentro de una misma hilera pueden ser de 3 a 5 cm cuando se trabaja con *Leucaena leucocephala* (Pound y Martínez-Cairo 1985) [Acetato 11.5], pero en otras especies (por ej. *Gliricidia sepium*) se han recomendado distanciamientos hasta de 10 a 20 cm entre plantas (Allison y Simons 1996). Otra posibilidad es la siembra de estacas acostadas, pero usando cadenas dobles, con algún grado de superposición entre ellas. Cuando se va a utilizar la morera (*Morus alba*) o la amapola (*Malvaviscus arboreus*) como leñosas presentes en las barreras vivas, en terrenos con pendientes muy pronunciadas, se reco-

mienda plantar las estacas en "X" [Acetato 11.6], con una separación de 10 cm entre ellas, para ayudar a retener el suelo y tender a la formación de terrazas naturales (Benavides *et al.* 1995).

La distancia entre barreras es función de: la magnitud de la pendiente, el potencial de erosión del suelo, la cobertura vegetal en el espacio entre barreras, el sistema de labranza, el arreglo espacial y cronológico de los sistemas de cultivo, la precipitación total y la intensidad de las mismas (Pezo e Ibrahim 1996). A manera de ejemplo, Laquihon y Pagbilao (1994) lograron reducir las pérdidas de suelo de 194.3 a 3.4 t/ha/año, usando barreras con doble hilera de *Leucaena leucocephala* cada 4 - 5 m.

Las barreras vivas pueden incluir sólo leñosas o combinaciones de éstas con pastos u otras herbáceas [Acetato 11.7]. Siebert y Lassoie (1993) en Sumatra, encontraron que el uso de combinaciones de *Gliricidia sepium* y pastos en las barreras vivas eran tan efectivas para el control de la erosión como las terrazas, pero obviamente a mucho menor costo. Por otra parte, en áreas de ladera en Belice, Pulver *et al.* (1996) consiguieron reducciones significativas en las pérdidas de suelo por erosión utilizando combinaciones de *Leucaena leucocephala* y vetiver (*Vetiveria spp.*) en barreras vivas, y con pasto *Brachiaria decumbens* en el espacio intermedio entre barreras.

La inclusión de pastos de hábito rastrero en el espacio entre las barreras, incrementa el potencial para controlar la erosión en terrenos con pendientes pronunciadas. Así, en terrenos con una pendiente del 70%, y con barreras vivas de *Malvaviscus arboreus* + *Erythrina poeppigiana*, distanciadas a 6.0 m, Faustino (1994) obtuvo una cantidad de suelo erosionado mucho menor cuando tuvo entre las barreras pasto *Brachiaria ruziziensis* que cuando tuvo maíz; además, en este

último tratamiento el 85% del material erosionado eran partículas de arcilla y limo [Acetato 11.8].

La efectividad de las barreras vivas para la conservación de suelos puede mejorarse [Acetato 11.9] por mecanismos tales como el colocar -en la porción superior de la barrera- parte de las ramas cosechadas o de los residuos de cultivo (a manera de barrera muerta); la construcción de pequeños canales o acequias, paralelos a la barrera, como "trampas" de suelo para ayudar a disminuir la erosión (NFTA 1989); la siembra de las leñosas en hilera doble con disposición en triángulo ("tresbolillo" o "pata de gallo"), la aplicación de estiércol en los espacios entre barreras para rehabilitar el suelo, incrementando el contenido de materia orgánica y de fertilidad del suelo (Faustino 1994).

CORTINAS ROMPEVIENTOS

Cortinas rompevientos: ¿Una opción silvopastoril?

El uso de leñosas perennes en cortinas rompevientos es un sistema tradicional, el cual se considera una opción silvopastoril cuando las barreras cortaviento rodean áreas de pastoreo o corte [Acetato 11.10]. En estos sistemas las cortinas favorecen al bienestar de los animales por su protección contra el viento frío y la lluvia (Djimde *et al.* 1989; González 1992) [Acetato 11.11], pero también ayudan a contrarrestar el efecto "deseccante" del viento sobre los forrajes en pie (OTS 1992). Este último es particularmente importante en zonas con sequía estacional, pues la presencia de cortinas rompevientos puede prolongar la estación de crecimiento de las forrajeras.

Adicionalmente, en pasturas degradadas con exposición de suelo desnudo, las cortinas contribuyen al control de la erosión eólica

(Nair *et al.* 1995; Pezo e Ibrahim 1996), la cual recoge selectivamente las partículas más finas del suelo, llevándose las arcillas fértiles y el limo (Negus 1991). Aparte de su acción protectora, las cortinas rompevientos pueden funcionar además como cercas vivas, y proveer de productos similares a los derivados de ellas, como son: forraje, leña, madera, frutos, postes, flores para miel, etc. (OTS 1992; Rojas e Infante 1994).

¿Cómo diseñar una cortina rompevientos?

La efectividad de las cortinas rompevientos es función de su altura, forma y permeabilidad [Acetato 11.12]. En las áreas más cercanas a la barrera, la velocidad del viento puede disminuir en 70 a 80%, mientras que a una distancia equivalente a 20 veces su altura, la velocidad del viento puede ser del 20% (Rojas e Infante 1994). En general se acepta que la protección de una cortina rompevientos alcance hasta una distancia 10 a 20 veces superior a su altura (Negus 1991), pero hay reportes de que ésta puede prolongarse tan lejos como 40 veces la altura de los árboles (OTS 1992).

La orientación de las cortinas rompevientos debe ser perpendicular a la dirección de los vientos predominantes (OTS 1992) [Acetato 11.13]. El efecto cortavientos de estas barreras se puede incrementar con la disposición de los árboles en dos o más hileras (Negus 1991) [Acetato 11.14], acortando el distanciamiento entre árboles de una misma hilera o introduciendo especies arbustivas entre los árboles (NFTA 1989), o mejor aún delante de los árboles, en una hilera adicional (Rojas e Infante 1994). Los distanciamientos entre árboles dentro de una misma hilera son muy cortos cuando se usa una fila simple, pero puede distanciarse y alternar cuando se usa más de una fila de árboles (Pound y Martínez-Cairo 1985; Negus 1991).

¿Qué consideraciones tener para el manejo de las cortinas rompevientos?

Las cortinas rompevientos son estructuras idealmente permanentes, pero están constituidas por elementos que tienen una vida útil limitada [Acetato 11.15], además que pueden ser aprovechadas para generar ingresos adicionales (González 1992). Por ello es necesario prever el manejo o mantenimiento de sus componentes. Las cortinas deben ser evaluadas periódicamente, para revisar posibles relaciones de competencia entre las copas de los árboles que las componen, para aplicar en caso necesario podas o raleas.

Con frecuencia se usa una alta "densidad" de árboles en la cortina, para asegurar un cierre temprano de las copas (Negus 1991), pero luego la competencia entre ellos puede llevar a malformaciones o tallos muy débiles. Para las raleas se deben seleccionar los árboles enfermos, con copas malformadas o los de crecimiento vertical bajo (Rojas e Infante 1994). De preferencia las cortinas deben protegerse de los animales mediante cercas, en especial si se incluyen especies palatables, pues una defoliación intensa puede crear "túneles de viento" dentro de la cortina (Negus 1991).

¿Qué especies se usan para cortinas rompevientos?

Prácticamente cualquier leñosa puede ser incluida en el sistema de cortinas rompevientos, siempre y cuando por su morfología y rapidez de crecimiento repondan a las necesidades de protección fijadas para el sistema [Acetato 11.16]. Cuando se establecen filas múltiples de árboles y arbustos en una cortina, se recomienda que en el borde (primera fila) se coloquen arbustos de copa densa, amplia y de crecimiento rápido; mientras que en las filas posteriores se siembren árboles de rápido crecimiento, resistentes al frío,

a los agentes patógenos y plagas, y que presenten copa densa (Rojas e Infante 1994).

Entre las especies de árboles usadas en las cortinas rompevientos se pueden encontrar leguminosas arbóreas como *Erythrina* spp. (Russo *et al.* 1993), *Leucaena* (Pound y Martínez-Cairo 1985), y *Gliricidia sepium* (NFTA 1989); otras fijadoras de nitrógeno como el jaúl (*Alnus acuminata*), pero también árboles

maderables como el ciprés (*Cupressus lusitana*), *casuarina* y *Eucalyptus* spp.. En las zonas altas de América Central, el ciprés (González 1992), *Paneopsis raveolens* (Bazill *et al.* 1994) y jaúl (Russo 1990); son las especies utilizadas preferentemente en las cortinas; en cambio, para las zonas bajas se prefieren *Cassia siamea*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Leucaena leucocephala* y *Tecoma stans* (OTS 1992), entre otras.



BARRERAS VIVAS

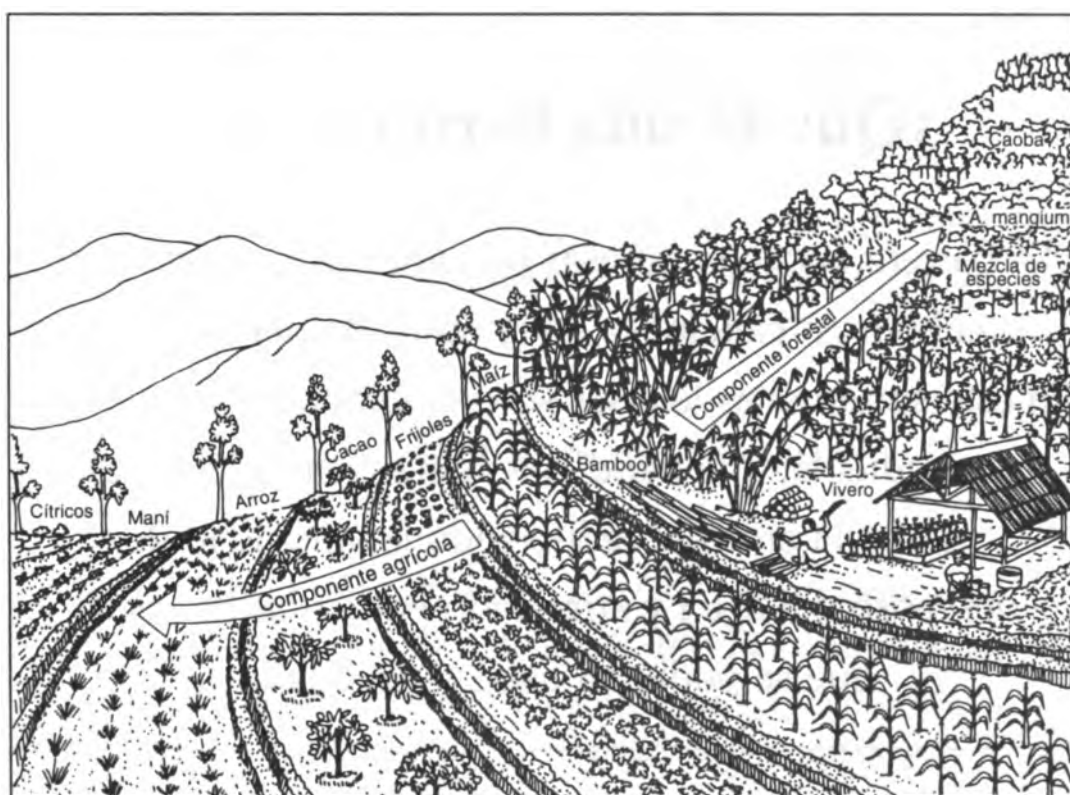


Figura 1. Representación de una opción agroforestal del sistema de barrera viva.

Fuente: Laquihon, W.A. y Pagbilao, M.V. (1994).



¿Qué es una barrera viva?

La barrera viva con leñosas perennes es una forma de **cultivo en callejones** en terrenos de pendiente.

En este sistema, las leñosas son sembradas en contorno, perpendicular a la pendiente, para proteger el suelo contra la erosión, reduciendo la velocidad de descenso del agua y atrapando partículas de suelo que se pudieran haber erosionado.

¿Cuándo una barrera viva es una opción silvopastoril?

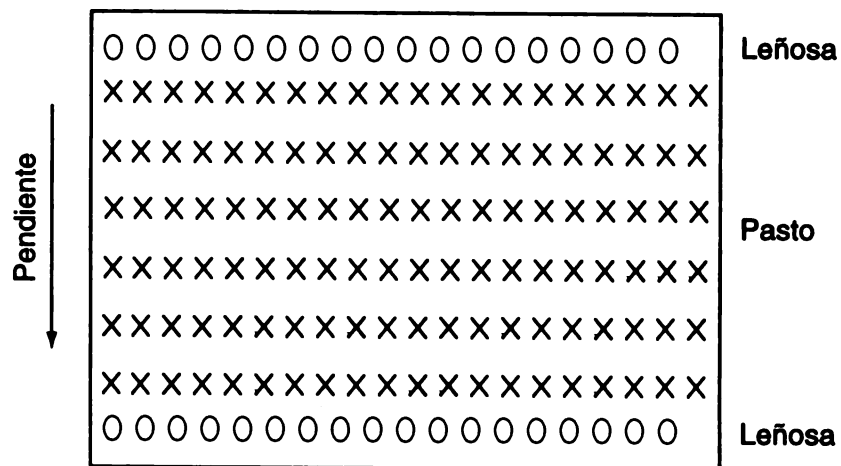
- Cuando el follaje podado de las leñosas presentes en la barrera es utilizado para la alimentación de animales.
- Cuando en el espacio intermedio entre barreras se tienen forrajes de corte o de uso directo al pastoreo.

Nota: En la medida de lo posible, se recomienda evitar el pastoreo directo en terrenos con barreras vivas en pendiente pronunciada, pues el pisoteo de los animales puede provocar daños en las obras de conservación.



¿Cómo diseñar una barrera viva?

Hilera sencilla de leñosa



Hilera doble con las leñosas
en "Pata de gallo" o "Tresbolillo"

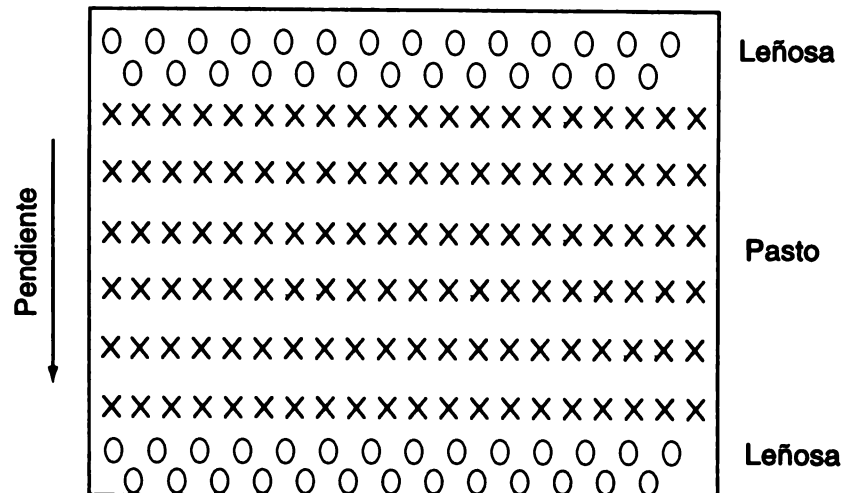


Figura 2. Opciones de arreglo de leñosas en una barrera viva.



¿Cómo diseñar una barrera viva?

- **Distancia entre plantas en la barrera**
 - 3-5 cm en *Leucaena leucocephala*.
 - 10-20 cm en *Gliricidia sepium*.
 - 10 cm con estacas en "X" en *Morus alba* y *Malvaviscus arboreus*.
- **Distancia entre barreras es función de:**
 - Pendiente.
 - Erodabilidad del suelo.
 - Cobertura vegetal entre barreras.
 - Sistema de labranza.
 - Arreglo espacial y cronológico de los cultivos entre barreras.
 - Magnitud e intensidad de la precipitación.



¿Cómo diseñar una barrera viva?

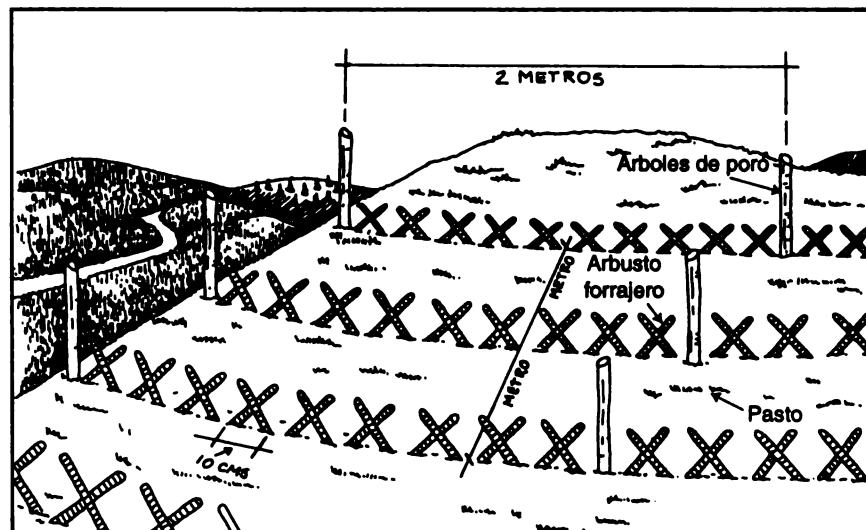


Figura 3. Diseño de una plantación de pasto de corte con arbustos y árboles forrajeros como barreras vivas.

Fuente: Benavides, J.E., Esquivel, J., y Lozano, E. (1995).



¿Cómo diseñar una barrera viva?

- **Componentes de la barrera viva como opción silvopastoril**
 - Sólo leñosas arbustivas (por ej. *Malvaviscus arboreus*).
 - Sólo leñosas arbóreas (por ej. *Leucaena leucocephala*).
 - Combinación de leñosas arbustivas y arbóreas (por ej. *Morus alba* + *Erythrina poeppigiana*).
 - Combinación de leñosas arbustivas y especies herbáceas (por ej. *Gliricidia sepium* + *Vetiveria* spp.).
- Entre las barreras puede haber cultivos anuales o forrajeras (de corte o pastoreo).



¿Cómo diseñar una barrera viva?

Cuadro 1. Niveles de erosión (kg/ha) para diferentes formas de uso de la tierra en áreas de ladera en Puriscal (Costa Rica).

Sistema de uso de la tierra	1990/1991	1991/1992
Sistema tradicional (Maíz sembrado en contorno)	1994 ⁽¹⁾ (344 kg para el período de cultivo)	484 ⁽¹⁾
Maíz sembrado en contorno + <i>Malvaviscus arboreus</i> en barrera viva	Sin datos (parcelas establecidas en el II Semestre de 1991)	817 (para el primer año)
<i>Brachiaria ruziziensis</i> entre barreras vivas de <i>Malvaviscus arboreus</i> + <i>Erythrina poeppigiana</i>	25	7

⁽¹⁾ Las partículas más finas (arcilla y limo) se movilizan en mayor proporción (85%).

Fuente: Faustino, J. (1994).



¿Cómo mejorar la efectividad de una barrera viva?

- Usar parte de las ramas cosechadas de la leñosa y/o residuos de cultivo como “barreras muertas”, en el límite superior de la barrera viva.
- Construcción de pequeños canales o acequias, paralelos a la barrera, como “trampas” de suelo.
- Siembra de las leñosas en hilera doble, con disposición en “pata de gallo” o “tresbolillo”.
- Aplicación de estiércol en el espacio entre barreras, incrementando la materia orgánica del suelo y la fertilidad.
- Si se trabaja con cultivos anuales en el espacio entre barreras, manejarlos con sistemas de labranza mínima.



¿Qué es una cortina rompevientos?

Una opción silvopastoril cuando las barreras cortaviento rodean áreas de pastoreo o de forrajeras de corte.

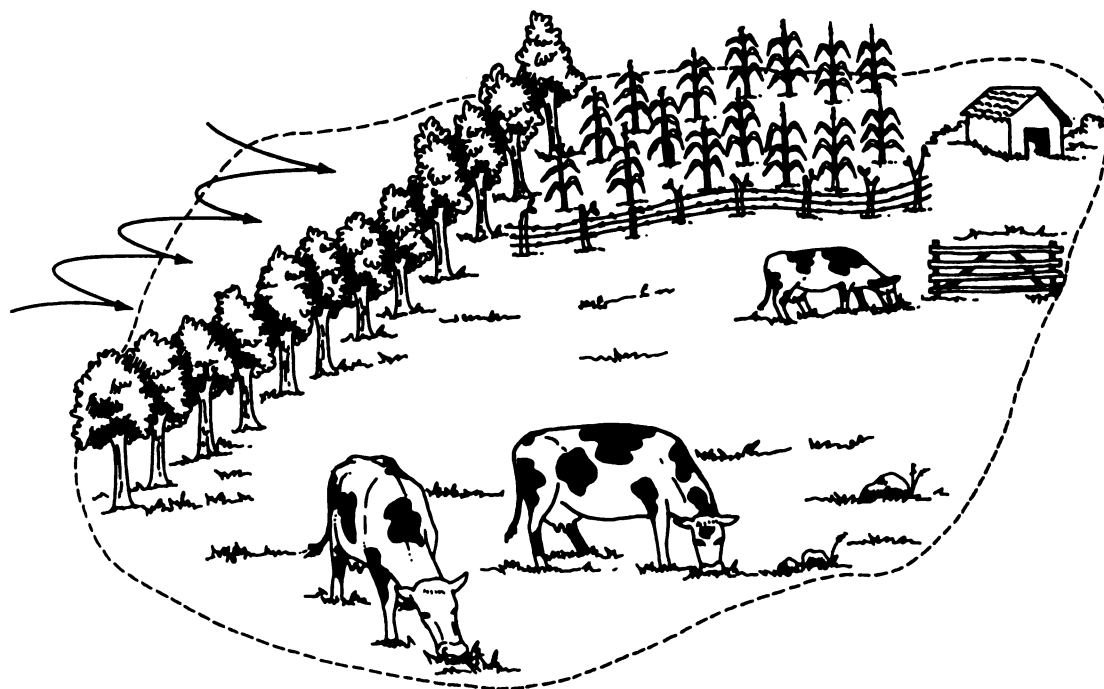


Figura 4. Ilustración de un caso en el que la cortina rompeviento constituye una opción silvopastoril.

Fuente: OTS (1992).



¿Qué propósitos cumplen las cortinas rompevientos en sistemas ganaderos?

- Protegen a los animales contra el viento frío y la lluvia (importante en zonas altas).
- Ayudan a contrarrestar el efecto “deseicante” del viento sobre las pasturas (importante en áreas con sequía estacional).
- Contribuyen a controlar la erosión eólica del suelo, en pasturas con cobertura pobre.
- Pueden proveer otros productos (por ej. forraje, leña, madera, postes) o servicios (por ej. delimitación de áreas de pastoreo).



¿Cómo diseñar una cortina rompevientos?

- La efectividad de la cortina es función de:
 - Altura.
 - Forma.
 - Permeabilidad al paso del viento.
 - Velocidad del viento.
- En áreas contiguas a la “barrera”, la velocidad del viento puede disminuir un 70 a 80%, pero a distancias equivalentes a 20 veces su altura, la velocidad del viento puede ser de apenas el 20%.
- Por lo general se acepta que la acción protectora de una cortina cortavientos alcance hasta una distancia equivalente a 10 - 20 veces su altura, pero algunos autores mencionan que puede prolongarse tan lejos como 40 veces la altura.

cont. ...

¿Cómo diseñar una cortina rompevientos?

... cont.

- Las cortinas deben estar orientadas en forma perpendicular a la dirección de los vientos predominantes.
- Se puede incrementar la efectividad de las cortinas, mediante:
 - Disposición de los árboles en hileras múltiples.
 - Acortando distancias entre árboles.
 - Introduciendo especies arbustivas entre los árboles.
 - Colocando las arbustivas por delante de los árboles.
- Los distanciamientos entre árboles dentro de una misma hilera son relativamente cortos, pero pueden distanciarse y alternar, cuando se usan hileras múltiples.



¿Cómo diseñar una cortina rompevientos?

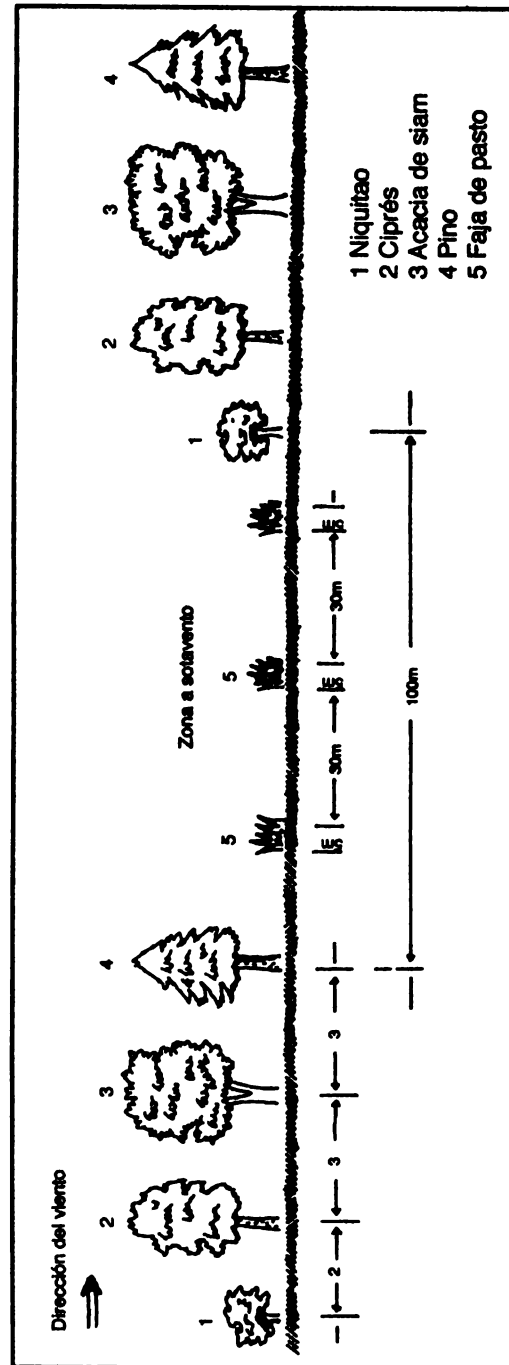


Figura 5. Perfil esquemático de cortinas rompevientos multi-hileras, incluyendo arbustos y árboles.

Fuente: Rojas, G. e Infante, A (1994).

¿Cómo manejar las cortinas rompevientos?

- Las cortinas estructuras “permanentes”, constituidas por elementos potencialmente sujetos a aprovechamiento forestal, por lo que debe preverse su mantenimiento.
- Para asegurar efectividad temprana en la acción protectora de las cortinas cortaviento, se usan densidades altas durante la siembra. En el mediano plazo esto puede incidir en interferencias entre los elementos que la componen, haciendo necesarias las podas o “raleos”.
- Seleccionar para la ralea, los árboles con malformaciones, los enfermos y aquellos de crecimiento menor al esperado.
- Preferible proteger las cortinas contra la defoliación de los animales, especialmente si se incluyen especies palatables. Una defoliación intensa puede llevar a la creación de “túneles de viento”.



¿Qué especies utilizar en las cortinas rompevientos

- Puede incluirse cualquier leñosa, siempre que por su morfología y rapidez de crecimiento respondan a las necesidades de protección establecidas para la cortina.
- Cuando se usan hileras múltiples, en la primera fila se deben colocar arbustos de copa densa, amplia y de rápido crecimiento, mientras que para las filas posteriores se recomienda colocar árboles con las siguientes características:
 - Crecimiento rápido.
 - Resistentes al frío (en zonas altas).
 - Resistentes a las plagas y agentes patógenos.
 - Copa densa.



Sección 3

Ejercicios de comprobación de aprendizaje y prácticas de campo

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el aprendizaje adquirido sobre sistemas silvopastoriles.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el conocimiento adquirido por el estudiante respecto a conceptos básicos de sistemas silvopastoriles.

Evaluar conocimientos y habilidades adquiridas por el estudiante respecto a las aplicaciones prácticas de sistemas silvopastoriles.

Presentar diversas prácticas de campo para reforzar conocimientos, habilidades y destrezas en sistemas silvopastoriles.

MATERIAL Y EQUIPO

- Pizarra
- Copia de los ejercicios y problemas
- Parcelas silvopastoriles
- Cintas
- Balanzas
- Bolsas plásticas y de papel
- Laboratorio
- Herramientas

TIEMPO APROXIMADO

Aula: 4 horas de sesión de aula.

Campo: 4 horas por práctica.



Ejercicios de comprobación de aprendizaje

PREGUNTAS

SECCIÓN 1: CONCEPTOS BÁSICOS

Tema 1: Generalidades

- 1) ¿Cuáles son los factores que se asocian con la degradación de pasturas?

Tema 2: Interacciones leñosa perenne - animal

- 1) ¿Cuáles son los factores que favorecen la eliminación de calor por el animal en el trópico?
- 2) ¿Cuáles son los beneficios de la sombra de los árboles con respecto a la producción animal?
- 3) ¿Por qué los rumiantes tienen mayor capacidad para utilizar nitrógeno no proteico (NPN) que los monogástricos?
- 4) ¿Qué efectos detrimentales provocan los metabolitos secundarios en los rumiantes?
- 5) ¿Cuáles son las características que se considera para la selección de especies leñosas para alimentar animales?
- 6) ¿Qué efectos tienen las podas frecuentes y severas en la persistencia de los leñosas?

Tema 3. Interacciones leñosa perenne - pastura

- 1) ¿Cómo se adaptan las especies herbáceas a la sombra?

- 2) Mencione tres especies forrajeras tolerantes a la sombra, utilizadas en América Latina:

- 3) ¿Qué efecto tiene la sombra en la calidad del forraje?

- 4) ¿Qué factores modifican el efecto de sombra?

- 5) ¿Cómo los árboles afectan el microclima bajo su copa?

- 6) ¿Qué es alelopatía?

Tema 4: Interacciones leñosa perenne - suelo

- 1) ¿Cuáles son los factores que inciden en la cantidad de N fijada por leguminosas leñosas?

- 2) ¿Cuáles son las rutas de reciclaje de nutrientes en sistemas silvopastoriles?

- 3) ¿Cómo afecta la relación de C/N en la tasa de descomposición de la materia orgánica?

- 4) ¿Cómo mejora la sombra la eficiencia de uso de nutrientes?

Tema 5: Interacciones animal - pastura

- 1) ¿Cuáles son los factores que afectan la selectividad animal?

- 2) ¿Qué porcentaje de N ingerido por los animales pasa por las excretas?

3) ¿Cómo se calcula la carga animal (CA)?

SECCIÓN 2: APLICACIONES SILVOPASTORILES

Tema 6 : Cercas vivas

- 1) ¿Por qué en zonas secas se recomienda cortar los estacones al final de la época seca y dejarlos bajo sombra?
- 2) ¿Cómo se pueden enriquecer las cercas vivas para incrementar su valor?
- 3) ¿Cómo las cercas vivas pueden contribuir en mayor biodiversidad en las fincas ganaderas?
- 4) Mencione dos especies leñosas que se utilicen en zonas secas para cercas vivas.
- 5) ¿Cuántos árboles forrajeros se necesita podar en las cercas vivas durante la época seca para suplementar un novillo de 300- 400 kg de peso vivo?

Tema 7 : Bancos forrajeros

- 1) ¿Por qué se considera el banco forrajero como un sistema silvopastoril?
- 2) ¿Por qué la especie *Calliandra calothyrsus* tiene bajo consumo?
- 3) Si se va a establecer un banco forrajero con *Gliricidia sepium* que se utilizará bajo pastoreo directo. ¿ A qué distancia se sembrarían los árboles?
- 4) ¿Cuál sistema es más extractivo en nutrientes: un sistema de corte y acarreo o uno de pastoreo?
- 5) ¿Qué consideraciones hay que hacer para el manejo de la defoliación del banco forrajero?

6) Si se recomienda a manejar el banco forrajero bajo un sistema rotacional de 70 días de descanso (PD) y 10 días de ocupación (PO). ¿Cuántos apartos hay que hacer?.

- 7) ¿Qué consideraciones se deben tener para establecer la carga animal para el pastoreo de un banco forrajero?
- 8) ¿Por qué el uso de las leñosas como un suplemento ha resultado en un incremento de la dieta base como heno o rastrojos, que se caracteriza con baja calidad?.
- 9) En un banco forrajero de morera se cortaron 10 toneladas métricas de MS/ha/año que tuvo la siguiente composición: Proteína cruda (PC) = 15% (en base seca); potasio (K) = 1.2% (en base seca). Calcular la cantidad de N y K extraída del sistema.

- 10) Se recomienda a suplementar una vaca lechera (400 kg peso vivo) con 0.5 kg MS de *Gliricidia sepium*/100 kg peso vivo/día. El follaje de *G. sepium* tiene 20% materia seca.
 - a) ¿Cuántos kg MS de *G. sepium* hay que dar a una vaca por día?
 - b) ¿Cuántos kg frescos (o verdes) de *G. sepium* hay que dar a una vaca por día?

Tema 8: Pasturas en callejones

- 1) ¿Qué consideraciones hay que tomar para el arreglo de pasturas en callejones?
- 2) ¿Cuáles son las ventajas de pasturas en callejones?
- 3) ¿Qué se recomienda para que las pasturas en callejones sean más rentables?
- 4) En una sistema de pastura de callejones con la siembra de *Gliricidia sepium* y en hileras de *Brachiaria brizantha* en los

callejones, ¿a qué distancia se recomienda sembrar los árboles?

- 5) En un sistema de pasturas de callejones (*Brachiaria brizantha* y *Erythrina berteiroana*) se recomienda una carga animal de 2.0 UA/ha (1 UA = 400 kg peso vivo). Si en una área de 30 ha, se va a pastorear con novillas de destete (180 kg peso vivo), con un periodo de descanso de 40 días y 5 días de ocupación.
- ¿Cuántos apartos se necesitan?
 - ¿Cuál es el área del apto?
 - ¿Cuántas novillas de destete puede sostener el área (30 ha)?
- 6) En un sistema de pastura de callejones manejadas bajo sistema de pastoreo, ¿qué características deben tener los leñosas forrajeras?

Tema 9: Árboles y arbustos dispersos en potreros

- En sistemas silvopastoriles de árboles dispersos en potreros: ¿Qué características deben tener los árboles maderables?
- ¿Qué factores afectan la regeneración natural de árboles en potreros?

Tema 10: Pastoreo en plantaciones de maderables o frutales

- ¿Cómo la ganadería puede complementar la actividad forestal?
- ¿Cuáles especies herbáceas se recomiendan para las plantaciones forestales?
- ¿Cómo se puede manejar la plantación con animales?
- Si se recomienda a pastorear una plantación de teca *Tectona grandis* con una asignación de forraje de 40 kg MS/animal/día, durante 5 meses (150 días) y si

la producción de forraje en el segundo, cuarto y sexto año de la plantación es de 12000, 7000 y 3000 kg/ha. ¿Cuántos animales ingresarían en los diferentes periodos?

RESPUESTAS

SECCIÓN 1: CONCEPTOS BÁSICOS

Tema 1: Generalidades

Pregunta No. 1

- Selección de especies forrajeras poca adaptadas a las condiciones ecológicas.
- Sobrepastoreo y compactación de suelo.
- Erosión de suelo.
- Pérdida de nutrientes de suelo.
- Plagas.

Tema 2: Interacciones leñosa perenne - animal

Pregunta No. 1

- Baja en temperatura del aire.
- Viento.
- Ingestión de agua.

Pregunta No. 2

- Mayor tiempo de pastoreo.
- Mayor consumo de alimentos.
- Reducción en el consumo de agua.
- Mayor eficiencia en la conversión de alimentos.
- Mayor producción animal.
- Menor tasa de mortalidad.

Pregunta No. 3

- Porque los microorganismos del rumen pueden utilizar NNP para la síntesis de proteína microbiana.

Pregunta No. 4

- Reducción de la digestibilidad.
- Menor consumo.
- Cambios en el comportamiento animal.

Pregunta No. 5

- Buena palatabilidad y consumo.
- Alta calidad nutricional.
- Libre de compuestos secundarios.
- Adaptación a condiciones ecológicas.
- Alta producción en particular durante la época seca.
- Tolerancia a podas o pastoreo.

Pregunta No. 6

- Reducción de biomasa radicular.
- Agotamiento en reservas orgánicas.
- Reducción en el número de rebrotes.
- Alta mortalidad.

Tema 3: Interacciones leñosa perenne - pastura

Pregunta No. 1

- Mayor elongación de tallos.
- Mayor área foliar.
- Mayor relación biomasa aérea/biomasa radicular.
- Mayor eficiencia en la utilización de luz.

Pregunta No. 2

- *Panicum maximum*.
- *Brachiaria brizantha*.
- *Arachis pintoi*.

Pregunta No. 3

- Mayor contenido de proteína cruda.

Pregunta No. 4

- Densidad de árboles.
- Edad de plantación.
- Arreglo de los árboles.

Pregunta No. 5

- Menor temperatura.
- Mayor humedad relativa.
- Mayor humedad de suelo.
- Protección contra viento.
- Redistribución del agua lluvia.

Pregunta No. 6

Es una forma de interferencia de tipo químico debido a la secreción de compuestos, que puede afectar la germinación, crecimiento y sobrevivencia de otras especies.

Tema 4: Interacciones leñosa perenne - suelo

Pregunta No. 1

- Cepa de rizobium.
- Especies de leguminosas.
- Densidad de árboles.
- Nivel de fertilidad de suelo.
- Condiciones climáticas.
- Manejo de podas.

Pregunta No. 2

- Senescencia de biomasa aérea.
- Muerte de raíces.
- Excretas.

Pregunta No. 3

- Alta C/N (pej. los pastos tropicales) resulta en una baja tasa de descomposición.

Pregunta No. 4

- La temperatura más baja favorece una mayor absorción de N por gramíneas.

Tema 5: Interacciones animal - pastura

Pregunta No. 1

- Propios del animal: edad, estado fisiológica.
- Especies de animal: cabras vs vacas.
- Especies de planta: leguminosas vs no leguminosas.
- Parte de planta: hojas vs tallo.
- Calidad: proteína, digestibilidad.
- Disponibilidad de forraje.

Pregunta No. 2

75 a 85%

Pregunta No. 3

$$CA = \frac{\text{No. UA} * DP}{A * (DP * DD)}$$

UA = Unidad animal.
(UA= 400 kg peso vivo).
A = área de potrero.
DP = días de pastoreo.
DD = días de descanso.

SECCIÓN 2: APLICACIONES SILVOPASTORILES

Tema 6: Cercas vivas

Pregunta No. 1

- Para favorecer la cicatrización.

Pregunta No. 2

- Integración de árboles maderables o frutales.

Pregunta No. 3

Por la conectividad entre bosque y/o charrales, esto permite a los insectos, aves y otros animales hacer dispersión de semillas de especies arbóreas y utilizar estos lugares como su hábitat.

Pregunta No. 4

- *Gliricidia sepium* y *Busera simaruba*.

Pregunta No. 5

- Generalmente 3 a 5 árboles/día.

Tema 7: Bancos forrajeros

Pregunta No. 1

Por las interacciones, por ejemplo: nutrientes cosechados en el banco forrajero son reciclados en la pastura o vice versa; La disponibilidad de pasto afecta la cantidad de forraje consumido en el banco forrajero.

Pregunta No. 2

- Por tener alta concentración de taninos, compuestos secundarios que afectan la palatabilidad y consumo del forraje.

Pregunta No. 3

Se siembran a 2 m entre hileras y 0.4 m entre plantas dentro la hilera, (no se siembra los surcos continuos porque el animal necesita espacio para movilizarse en todo el banco).

Pregunta No. 4

- Un sistema de corte y acarreo porque una alta cantidad de nutrientes son removidos del sistema en la biomasa.

Pregunta No. 5

- Especies.
- Periodo de descanso.
- Intensidad de defoliación (altura o carga animal).
- Época.

Pregunta No. 6

$$\text{No. de apartados} = \frac{PD + PO}{PO} = \frac{70 + 10}{10} = 8$$

Pregunta No. 7

- La disponibilidad de forraje comestible
- Respuesta de la especie forrajera, especies como *Leucaena leucocephala* son más tolerantes a pastoreo que *Gliricidia sepium*.

Pregunta No. 8

El general, el heno y rastrojos se caracterizan por bajo contenido de proteína cruda para satisfacer los requerimientos de los microorganismos en el rumen y ésta resulta en baja actividad ruminal y mayor tiempo de retención en el rumen, factores que tienen efecto negativo en el consumo. Cuando se suplementa con una especie leñosa, que generalmente tiene alto contenido de proteína, se logra aportar más proteína y otras nutrientes para los microorganismos, resultando en mayor actividad microbial y consumo del material fibroso.

Pregunta No. 9

N: conversión de PC a N

$$PC = N * 6.25$$

$$N = PC/6.25 = 15/6.25 = 2.4\%;$$

$$N \text{ extraído} = [\text{rendimiento (kg MS/ha/año)} * \% N \text{ (en base seca)}]/100;$$

$$= [10\ 000 * 2.40]/100 = 240 \text{ kg N/ha/año};$$

$$K = [10\ 000 * 1.2]/100 = 120 \text{ kg K/ha/año}.$$

Pregunta No. 10

a. $= 0.5/100 * 400 = 2 \text{ kg MS/vaca/día};$

b. $= 2 * 100/20 = 10 \text{ kg materia verde/animal por día}.$

Tema 8: Pasturas en callejones

Pregunta No. 1

Uso del sistema: corte vs pastoreo.

Objetivo principal del sistema: forraje vs reciclaje de nutrientes.

Topografía de terreno: pendiente vs plano.

Tolerancia de las especies herbáceas a sombra.

Pregunta No. 2

- Combinaciones de especies de uso múltiple: forraje vs ciclaje de nutrientes.
- Sincronización de la producción de forraje: ej. época seca.
- Mejorar la calidad del forraje seleccionada por los animales.

Pregunta No. 3

- La integración de bajas densidades de árboles en el sistema.

Pregunta No. 4

- Se recomienda a sembrar a una distancia de 4 a 6 m entre hileras y 0.3 a 0.4 m entre plantas. Las hileras se siembran discontinuas para permitir que las vacas se puedan movilizar dentro la pastura.

Pregunta No. 5

a) No. apartos $= 40 + 5/5 = 9$ apartos;

b) Área apto $= 30 \text{ has}/9 = 3.3 \text{ ha};$

c) 1 ha puede sostener 2.0 UA;

$$30 \text{ ha} = 30 * 2 = 60 \text{ UA};$$

$$1 \text{ novillo de } 180 \text{ kg} = 180/400 = 0.45 \text{ UA};$$

$$\text{No. novillos} = 1/0.45 * 60 = 133 \text{ novillos}.$$

Pregunta No. 6

- Ser tolerantes a pastoreo o ramoneo: flexible, protección de puntos de crecimiento.
- Buena recuperación después del pastoreo.
- Palatabilidad moderada. Si la palatabilidad es alta el animal va a ejercer una mayor intensidad de defoliación en la leñosa que en el pasto.
- Libre de compuestos tóxicos.

Tema 9: Árboles y arbustos dispersos en potreros

Pregunta No. 1

- Adaptación a las condiciones ecológicas.
- Protección de puntos apicales.
- Baja palatabilidad.
- Tolerantes a defoliación y pisoteo por animales.
- Tolerantes compactación del suelo.
- Poder competir con el pasto para sobrevivencia.
- Crecimiento rápido.
- Buena forma.
- Alto valor económico.
- Buena regeneración natural en potreros.

Pregunta No. 2

- Condiciones ecológicas: suelo, topografía, precipitación, humedad relativa, luminosidad, viento, temperatura del aire, vegetación asociada (pasto, árboles, malezas).
- Presencia de árboles para la dispersión de las semillas.
- Banco de semillas del suelo.
- Pastoreo y pisoteo.
- Método de diseminación: viento, animal (por ej. estiércol).
- Manejo: carga animal, fuego, uso de herbicidas, rotación con otros usos, etc.
- Desastres naturales.

Tema 10: Pastoreo en plantaciones de maderables o frutales

Pregunta No. 1

- Generando ingresos en el corto plazo.
- En la reducción de riesgos de incendios.
- En la reducción de costos de mantenimiento de las plantaciones.
- Mejorar ganancias al suelo y ciclaje de nutrientes por aporte de estiércol.

Pregunta No. 2

- Especies tolerantes a sombra como *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* y *Arachis pintoi*.
- Especies de alta producción forrajera pero que no afecten el crecimiento de los árboles.

Pregunta No. 3

- El primer año se recomienda manejar la plantación como un sistema Taunya (árboles y cultivos).
- Dependiendo del crecimiento, en el segundo año se puede introducir animales (pero los puntos de crecimiento deben estar fuera el alcance del animal).
- Establecer el carga animal según la disponibilidad de forraje para evitar sobrepastoreo y daños a los árboles.

Pregunta No. 4

- Cantidad de forraje/animal en:
90 días = $40 * 150 = 6000$ kg MS;
- Año 2 = $12000/6000 = 2$ animales/ha;
- Año 4 = $7000/6000 = 1.2$ animales/ha;
- Año 6 = $3000/6000 = 0.5$ animales/ha.



Prácticas de campo

PRÁCTICA DE CAMPO No. 1

Título

Cálculo de la biomasa comestible y proteína aprovechable de una fuente de forraje.

Sistema a evaluar

Banco forrajero para suplementar la alimentación animal.

Materiales necesarios para realizar la práctica

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1- Un banco forrajero establecido | 5- Sacos |
| 2- Machetes | 6- Bolsas de papel |
| 3- Cintas métricas | 7- Balanza de precisión |
| 4- Balanza o pesa de 20 kg | 8- Laboratorio |

Descripción de la práctica

OPCIÓN 1: la distribución de plantas en el campo es uniforme.

1. Establecer una parcela de medición en el banco forrajero.
2. Si la distribución de las plantas es uniforme, medir en la parcela determinada, la distancia entre plantas (DP) y la distancia entre hileras (DH). A partir de ese dato determinar el No. de plantas/ha. Si la distribución de las plantas no es uniforme pasar a la OPCIÓN 2.
3. Contar el No. total de plantas en la parcela (NPP).

$$\text{No. plantas por ha} = \frac{10\ 000}{(DP) (DH)}$$

4. Cortar todo el material del área determinada.
5. Separar el material cortado en material comestible y material leñoso.
6. Pesarse todo el material cortado y determinar: peso total del material comestible (PMCT) y peso del material leñoso. A partir de esos datos obtener:
 - Peso promedio de material comestible por planta

$$\text{PMC / planta} = \frac{\text{PMCT}}{\text{NPP}}$$

- Peso promedio de material comestible por ha

$$\text{PMC / ha} = (\text{PMC/planta}) (\text{No. plantas por ha})$$

- Tomar muestras del material comestible, pesar con la pesa de precisión las muestras y enviarlas a un laboratorio para determinar: proteína cruda (PC), materia seca (MS) y digestibilidad (DIVMS). A partir de esos datos obtenemos:
 - Relación peso materia fresca y contenido de materia seca (RMFMS).
 - Proteína cruda / kg MS.
 - Porcentaje de digestibilidad de la materia seca.
- Con los resultados del laboratorio se puede estimar:
 - Materia seca por ha y planta

Cálculo de Materia seca (MS) por planta y por ha

$$\text{MS/planta} = (\text{RMFMS}) (\text{PMC /planta})$$

$$\text{MS/ha} = (\text{RMFMS}) (\text{PMC/ha})$$

- Proteína cruda por ha y planta

Cálculo de proteína cruda disponible por planta y por ha

$$\text{PC/planta} = (\text{MS/planta}) (\text{Proteína cruda / kg MS}) (\text{DIVMS})$$

$$\text{PC/ha} = (\text{MS/ha}) (\text{Proteína cruda / kg MS}) (\text{DIVMS})$$

- A partir de los datos anteriores es posible estimar entonces la disponibilidad de MS y PC por día. Para lo anterior se debe conocer el manejo y el ciclo de corta que se desea establecer, o sea, el número de días para volver a iniciar el ciclo.

Disponibilidad de MS y PC del banco establecido por día de acuerdo al ciclo de corta.

$$\text{Plantas a cortar por día} = \frac{\text{No. total de plantas del banco forrajero}}{\text{No. de días del ciclo de corta}}$$

$$\text{Disponibilidad MS/día} = (\text{Plantas a cortar por día}) (\text{MS/planta})$$

$$\text{Disponibilidad PC/día} = (\text{Plantas a cortar por día}) (\text{PC/planta})$$

OPCIÓN 2: La distribución de la plantas en el campo no es uniforme.

1. Establecer una parcela de medición en el banco forrajero (m²).
2. Cortar todo el material del área determinada.
3. Separar el material cortado en material comestible y material leñoso.
4. Pesar todo el material cortado y determinar: peso total, peso del material comestible (PMC) y peso del material leñoso. A partir de esos datos obtener:
 - Peso promedio de material comestible por ha

$$\text{PMC / ha} = (\text{PMC/m}^2) 10\ 000$$

5. Tomar muestras del material comestible, pesar con la balanza de precisión las muestras y enviarlas a un laboratorio para determinar: proteína cruda (PC), materia seca (MS) y digestibilidad (DIVMS). A partir de esos datos obtenemos:
 - Relación peso materia fresca y contenido de materia seca (RMFMS).
 - Proteína cruda / kg MS.
 - Porcentaje de digestibilidad de la materia seca.
6. Con los resultados del laboratorio se puede estimar:
 - Materia seca por m² y ha:

Cálculo de Materia seca (MS) por ha

$$\text{MS/m}^2 = (\text{RMFMS}) (\text{PMC/m}^2)$$

$$\text{MS/ha} = (\text{RMFMS}) (\text{PMC/ha})$$

- Proteína cruda por m² y ha.
7. A partir de los datos anteriores es posible estimar entonces la disponibilidad de MS y PC por día. Para lo anterior se debe conocer el manejo y el ciclo de corta que se desea establecer, o sea el número de días para volver a iniciar el ciclo.

Disponibilidad de MS y PC del banco establecido por día de acuerdo al ciclo de corta.

$$\text{Área a cortar por día} = \frac{\text{No. total de m}^2 \text{ del banco forrajero}}{\text{No. de días del ciclo de corta}}$$

$$\text{Disponibilidad MS/día} = (\text{m}^2 \text{ a cortar por día}) (\text{MS/m}^2)$$

$$\text{Disponibilidad PC/día} = (\text{m}^2 \text{ a cortar por día}) (\text{PC/m}^2)$$

Resultado de la práctica

- Se conoce la disponibilidad de biomasa comestible y de proteína cruda aprovechable de un banco forrajero establecido por planta y por hectárea.

- A partir de la información anterior, y si además se cuenta con los requerimientos de proteína cruda de un hato y se establece un porcentaje de cuánto de esa proteína se quiere suplementar con el banco forrajero, es posible determinar si el banco establecido tiene el tamaño adecuado, se puede aumentar el número de unidades animales pues hay sobrante de alimento, o se debe aumentar el tamaño del banco forrajero para cubrir las necesidades de suplementación alimenticia establecidas.

PRÁCTICA DE CAMPO No. 2

Título

Cálculo de la biomasa comestible y proteína aprovechable de una fuente de forraje.

Sistema a evaluar

Cerca viva como fuente de forraje para suplementar la alimentación animal.

Materiales necesarios para realizar la práctica

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1- Un cerca viva establecida | 5- Sacos |
| 2- Machetes | 6- Bolsas de papel |
| 3- Cintas métricas | 7- Balanza de precisión |
| 4- Balanza o pesa de 20 kg | 8- Laboratorio |

Descripción de la práctica

1. Establecer una parcela de medición de la cerca viva.
2. Medir en la parcela determinada la distancia entre plantas (DP). A partir de ese dato determinar el No. de plantas/km.

$$\text{No. plantas por km} = \frac{1\ 000}{DP}$$

3. Contar el No. total de plantas en la cerca de medición (NPP).
4. Cortar todo el material de la parcela de medición.
5. Separar el material cortado en material comestible y material leñoso.
6. Pesar todo el material cortado y determinar: peso total del material comestible (PMCT) y peso del material leñoso. A partir de esos datos obtener:
 - Peso promedio de material comestible por planta

$$PMC / \text{planta} = \frac{PMC}{NPP}$$

- Peso promedio de material comestible por km

$$PMC / \text{km} = (PMC/\text{planta}) (\text{No. plantas por km})$$

7. Tomar muestras del material comestible, pesar con la balanza de precisión las muestras y enviarlas a un laboratorio para determinar: proteína cruda (PC), materia seca (MS) y digestibilidad (DIVMS). A partir de esos datos se obtiene:
 - Relación peso materia fresca y contenido de materia seca (RMFMS).
 - Proteína cruda / kg MS.
 - Porcentaje de digestibilidad de la proteína cruda.
8. Con los resultados del laboratorio se puede estimar:
 - Materia seca por km y planta:

$$\begin{aligned} \text{Cálculo de Materia seca (MS) por planta y por ha} \\ \text{MS/planta} &= (\text{RMFMS}) (\text{PMC} / \text{planta}) \\ \text{MS/km} &= (\text{RMFMS}) (\text{PMC}/\text{km}) \end{aligned}$$

- Proteína cruda por km y planta:

$$\begin{aligned} \text{Cálculo de proteína cruda disponible por planta y por ha} \\ \text{PC/planta} &= (\text{MS/planta}) (\text{Proteína cruda}) / (\text{kg MS}) (\text{DIVMS}) \\ \text{PC/km} &= (\text{MS/km}) (\text{Proteína cruda}) / (\text{kg MS}) (\text{DIVMS}) \end{aligned}$$

9. A partir de los datos anteriores es posible estimar entonces la disponibilidad de MS y PC por día. Para lo anterior se debe conocer el manejo y el ciclo de corta que se desea establecer, o sea el número de días para volver a iniciar el ciclo.

Disponibilidad de MS y PC del banco establecido por día de acuerdo al ciclo de corta.

$$\begin{aligned} \text{Plantas a cortar por día} &= \frac{\text{No. total de plantas del banco forrajero}}{\text{No. de días del ciclo de corta}} \\ \text{Disponibilidad MS/día} &= (\text{Plantas a cortar por día}) (\text{MS/planta}) \\ \text{Disponibilidad PC/día} &= (\text{Plantas a cortar por día}) (\text{PC/planta}) \end{aligned}$$

Resultado de la práctica

- Se conoce la disponibilidad de biomasa comestible y de proteína cruda aprovechable de un banco forrajero establecido por planta y por kilómetro.
- A partir de la información anterior, y si además se cuenta con los requerimientos de proteína cruda de un hato y se establece un porcentaje de cuanto de esa proteína se quiere suplementar con la cerca viva, es posible determinar si la cerca viva establecida tiene el tamaño adecuado o se debe aumentar para cubrir las necesidades de suplementación alimenticia establecidas.

PRÁCTICA DE CAMPO No. 3

Título

Número de animales a suplementar a partir de una de una fuente de forraje establecida.

Sistema a evaluar

Banco forrajero para suplementar el componente proteico en la alimentación animal.

Materiales necesarios para realizar la práctica

- 1- Resultado de la práctica No. 1.
- 2- Estructura real de un hato.
- 3- Requerimientos de proteína cruda por tipo de animal en el hato.
- 4- Porcentaje de la dieta a ser suplementada por la fuente de forraje.

Descripción de la práctica

1. Establecer los requerimientos totales de proteína cruda (PC) del hato.

Tipo de animal	Peso vivo (kg PV/an)	PC necesaria (g/an/día)	No. UA** del hato	PCTH (g/día)
Vaca lactante*	400	947		
Novillas 2-3 años	300	671		
Novillas 1-2 años	200	533		
Vacas secas	400	373		
Toros	500	750		
Total				
<p>*Animales produciendo 7 litros de leche/día con 3.5% de grasa. ** 1 UA = 400 kg PV an: animal; PV= peso vivo; PC = proteína cruda; PCTH = Proteína cruda total del hato.</p>				

Proteína cruda total del hato (PCTH)

Para cada tipo de animal se calcula:

$$\text{No. UA} = [(\text{No. animales}) (\text{peso vivo}) / 400]$$

$$\text{PCTH} = \text{PC necesaria} * \text{No. UA}$$

2. A partir del resultado de la Práctica No. 1, se obtiene la disponibilidad de proteína cruda del banco por día.

Disponibilidad PC/día

3. Del total de proteína cruda requerida por el hato, se determina la cantidad a ser suplementada (PCS) por el banco forrajero, utilizando el porcentaje establecido.

$$PCS = (PCTH) (\% \text{ a suplementar})$$

4. Se hace un balance entre las necesidades diarias de PC a suplementar (PCS) y la PC disponible en el banco forrajero (Disponibilidad de PC/día) y de esta relación se obtiene un factor que indica si el tamaño del banco forrajero es adecuado, si es necesario aumentar su tamaño o si se está produciendo en exceso.

$$\frac{\text{Disponibilidad de PC/Día}}{PCS} = 1$$

El banco produce el suficiente forraje para suplementar la alimentación del hato cada día con un ciclo de rotación de tres meses.

$$\frac{\text{Disponibilidad de PC/Día}}{PCS} < 1$$

El banco no produce suficiente forraje para suplementar la alimentación del hato cada día con un ciclo de rotación de tres meses. El exceso sobre 1 es el porcentaje de alimentación que se deja de suplementar, por lo que se debe aumentar el tamaño del banco forrajero en ese porcentaje.

$$\frac{\text{Disponibilidad de PC/Día}}{PCS} > 1$$

El banco produce un exceso de forraje para suplementar la alimentación del hato por día con un ciclo de rotación de tres meses. La diferencia de este valor con 1 es el porcentaje de exceso, por lo que se puede disminuir el tamaño del banco forrajero en ese porcentaje.

PRÁCTICA DE CAMPO No. 4

Título

Número de animales a suplementar a partir de una de una fuente de forraje establecida.

Sistema a evaluar

Cerca viva para suplementar el componente proteico en la alimentación animal.

Materiales necesarios para realizar la práctica

- 1- Resultado de la práctica No. 2.
- 2- Estructura real de un hato.
- 3- Requerimientos de proteína cruda por tipo de animal en el hato.
- 4- Porcentaje de la dieta a ser suplementada por la fuente de forraje.

Descripción de la práctica

Repetir la Práctica de Campo No. 4, pero con la información resultante de la Práctica No. 2.

PRÁCTICA DE CAMPO No. 5

Título

Determinación de la rentabilidad de la sustitución de concentrado por forraje fresco.

Sistema a evaluar

Banco forrajero para sustituir parte de la proteína cruda suministrada por un concentrado en la alimentación de un hato.

Materiales necesarios para realizar la práctica

- Concentrado:
 - Contenido proteico por unidad de peso (CPUP).
 - Costo del concentrado puesto en la finca por unidad de peso (CCUP).
 - Porcentaje de digestibilidad de la proteína cruda (PDC).
- Banco forrajero
 - Producción por ha de materia fresca (PTMF).
 - Porcentaje de MS por kg de material fresco (PMSMF).
 - Porcentaje proteína cruda por kg de materia seca del forraje (PPCMS).
 - Porcentaje de digestibilidad de la proteína cruda (PDF).
 - Costo de producción por ha del forraje (CP/ha).
 - Costo de corta y acarreo por kg de materia fresca (CCA/kg).

Descripción de la práctica

1. Estimar costo del concentrado por unidad de proteína cruda (CCPC)

$$CCPC = \frac{CCUP}{(CPUP) (PDC/100)}$$

2. Estimar costo de la fuente de forraje por unidad proteica

- a. Costo total por ha del forraje (CTF/ha)

$$CTF/ha = (PTMF) (CCA/kg) + CP/ha$$

- b. Cantidad de proteína cruda producida por ha (PC/ha)

$$PC/ha = (PTMF) (PDF/100) (PMSMF/100) (PPCMS/100)$$

- c. Costo por unidad de proteína cruda del banco forrajero

$$CPCF = CTF/ha / PC/ha$$

3. Comparación de los costos de proteína cruda de la fuente forrajera y el concentrado.

$$\frac{CPCF}{CCPC} = 1$$

Es indiferente: el costo de la proteína cruda es igual para ambas fuentes, por lo que resulta lo mismo comprar el concentrado o producir el forraje en la finca.

$$\frac{CPCF}{CCPC} > 1$$

El costo de producir la proteína cruda a partir de una fuente forrajera es mayor al costo de obtenerla de un concentrado comercial. La decisión económica, sin tomar en cuenta otros aspectos del entorno socioeconómico, es utilizar el concentrado.

$$\frac{CPCF}{CCPC} < 1$$

El costo de producir la proteína cruda a partir de una fuente forrajera es menor al costo de obtenerla de un concentrado comercial. La decisión económica, sin tomar en cuenta otros aspectos del entorno socioeconómico, es producir la proteína en la finca.

LITERATURA CITADA

- Abarca, S. (1988) *Efecto de la suplementación con poró (Erythrina poeppigiana) y melaza sobre la producción de leche en vacas pastoreando estrella africana (Cynodon nlemfuensis)*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 68 p.
- Adams, S.N. (1975) *Sheep and cattle grazing in forest: A review*. Journal of Applied Ecology 12: 143-152.
- Alagón, H.G. (1990) *Comparación del follaje de poró (Erythrina poeppigiana) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (Saccharum officinarum)*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 145 p.
- Alexander, G., Lynch, J.J., Mottershead, B.E. y Dondly, J.B. (1980). *Reduction in lamb mortality by means of grass windbreaks: Results of a five years study*. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 113: 329-332.
- Alfaro, M. y Rojas, I. (1992) *Sistemas agroforestales en la cuenca superior del río Nosara*. En Montagnini, F. (ed). *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales (OTS). Pp 277-330.
- Allison, G.E. y Simons, A.J. (1996) *Propagation and husbandry*. En Stewart, J.L., G.E. Allison y A.J. Simons, (eds). *Gliricidia sepium: genetic resources for farmers*. Oxford Forestry Institute. Tropical Forestry Paper N° 33. Pp 49-72.
- Anderson, G.W., Moore, R.W. y Jenkins, P.J. (1988). *The integration of pasture, livestock and widely-spaced pine in South West Western Australia*. Agroforestry Systems 6: 195-211.
- Argel, P.A., y Maas, B. (1995) *Evaluación y adaptación de leguminosas arbustivas en suelos ácidos infértiles de América Tropical*. En D.O. Evans y L.T. Szott (eds). *Nitrogen fixing trees for acid soils*. Proceedings of a Workshop held in CATIE, Turrialba, July 3-8, 1994. Morrilton, U.S.A. Winrock International y Nitrogen Fixing Trees Association. Pp. 215-227.
- Arosemena, E., Pezo, D., De la Cruz, R., y Argel, P. (1997) *Interferencia por alelopatía y competencia del pasto ratana (Ischaemum indicum (Hout) Merrill) sobre Brachiaria brizantha y Arachis pintoi*. Pasturas Tropicales (Colombia) 18(2): en prensa
- Atta-Krah, A.N. (1993) *Trees and shrubs as secondary components of pasture*. En Proceedings 17th International Grassland Congress. February 8-23, 1993. Palmerston North, New Zealand y Rockhampton, Australia. New Zealand Grassland Association y Tropical Grasslands Society of Australia. Pp. 2045-2052.
- Atta-Krah, A.N., y Sumberg, J.E. (1988) *Studies with Gliricidia sepium for crop/livestock production systems in West Africa*. Agroforestry Systems 6: 97-118.
- Baggio, A.J., y Heuvel, J. (1982) *Implantación, manejo e utilización do sistema agroforestal cercas vivas de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud na Costa Rica*. Boletim de Pesquisa Florestal 5: 19-52.
- Baruch, Z., y Fisher, M.J. (1991) *Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de pasturas*. En Lascano, C.E. y J.M. Spain (eds). *Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoque de investigación*. 6ª Reunión Comité Asesor RIEPT. Veracruz (México), noviembre 1988. Cali, Colombia. CIAT. Pp. 103-142.
- Bazill, J.A.E. (1987) *Evaluation of tropical forage legumes under Pinus caribaea var. hondurensis in Turrialba, Costa Rica*. Agroforestry Systems 5: 97-108.
- Bazill, J.A.E., Méndez, A., Hidalgo, C., Araya, J.L., y MacLennan, A. (1994) *Afforestation on cattle farms: annual report to ODA*. MIRENEM/MAG/ODA Project. Esparza, Costa Rica. 32 p.
- Belsky, A.J., Mwonga, S.M., y Duxbury, J.M. (1993) *Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannahs*. Agroforestry Systems 24: 1-20.
- Benavides, J., Lachaux, M., y Fuentes, M. (1994) *Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de morera (Morus sp.)*. En Benavides, J.E. (ed). *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. Pp. 495-514.

- Benavides, J.E. (1994) *La investigación en árboles forrajeros*. En Benavides J.E. (ed). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico N° 236, vol. 1. Pp. 3-28.
- Benavides, J.E., Ramlal, H. y Pezo, D. (1992) *Feeding resources for goats in Central America and the Caribbean Region*. En Acharya, R.R. (ed.) 5th International Conference on Goats. Invited Papers, vol.2, part 1. New Dehli, India. Indian Council of Agricultural Research. Pp. 134-142.
- Benavides, J.E., Esquivel, J., y Lozano, E. (1995) *Módulos agroforestales con cabras para la producción de leche: Guía técnica para extensionistas*. CATIE, Serie Técnica, Manual Técnico No. 18. 56 p.
- Benavides, J.E., Rodríguez, R.A., y Borel, R. (1994b) *Producción y calidad del forraje de king-grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) y poró (*Erythrina poeppigiana*) en asociación*. En Benavides, J.E. (ed). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. Pp. 441-452.
- Benjamin, A., Shelton, H.M., y Gutteridge, M.C. (1991) *Shade tolerance of some tree legumes*. En Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings N° 32. Pp. 75-76.
- Blair, G., Catchpoole, D., y Horne, P. (1990) *Forage tree legumes, their management and contribution to the nitrogen economy of wet and humid tropical environments*. Advances in Agronomy 44: 27-54.
- Borel, R., y Romero, F. (1991) *On-farm research in a silvopastoral project: a case study*. Agroforestry Systems 15: 245-257.
- Brewbaker, J.L., y Macklin, B. (1990). *Nitrogen fixing trees for fodder in agroforestry systems*. En Moore, E. (ed). Agroforestry land-use systems. Waimanalo. U.S.A. Nitrogen Fixing Trees Association. Pp. 53-61.
- Bronstein, G.E. (1984) *Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada con árboles de *Cordia alliodora*, asociada con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR-CATIE. 110 p.
- Broughton, W.Y. (1977) *Effect of various covers on soil fertility under *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. and on growth of the tree*. Agro-Ecosystems 3: 147-170.
- Brown, J.R. (1994) *State and transition models for rangelands. 2. Ecology as a basis for rangeland management: performance criteria for testing models*. Tropical Grasslands 28: 206-213.
- Budowski, G. (1987) *Living fences: a widespread agroforestry practice in Central America*. En Gholz, H.L. (ed). Agroforestry: realities, possibilities and potentials. Dordrecht, The Netherlands. Nijhoff. Pp.169-178.
- Budowski, G. (1983) *An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica*. En Huxley, P.A. (ed). Plant research and agroforestry. Proceedings of a Consultation Meeting held in Nairobi, April 8-15, 1981. Nairobi, Kenya. ICRAF. Pp. 43-62.
- Budowski, G. (1993) *The scope and potential of agroforestry in Central America*. Agroforestry Systems 23: 121-131.
- Burton, G.W., Jackson, J.E., y Knox, F.E. (1959) *The influence of light reduction upon de production, persistence and chemical composition of coastal bermudagrass (*Cynodon dactylon*)*. Agronomy Journal 51: 537-542.
- Bustamante, J. (1991) *Evaluación del comportamiento de ocho gramíneas forrajeras asociadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) y solas*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 131 p.
- Camero, A., Vásquez, R., Alagón, G., Kass, M., y Romero, F. (1993) *Uso de *Erythrina poeppigiana* como suplemento a forrajes con bajo contenido proteico*. En S.B. Westley y M. H. Powell (eds). *Erythrina* in the New and Old Worlds. Paia, U.S.A. Nitrogen Fixing Trees Association. Pp. 231-236.
- Camero, L.A. (1991) *Evaluación del poró (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplemento proteico para vacas lecheras alimentadas con heno de jaragua (*Hyparrhenia rufa*)*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 91 p.
- Cañas, R., y Aguilar, C. (1992) *Uso de la bioenergética en producción de bovinos*. En M.E. Ruiz (ed). Simulación de sistemas pecuarios. San José, Costa Rica. IICA-RISPAL. Pp. 7-100.
- Carlson, D.H., Sharrow, S.H., Emmingham, W.H., y Lavender, D.P. (1994) *Plant-soil-water*

- relations in forestry and silvopastoral systems in Oregon*. *Agroforestry Systems* 25: 1-12.
- CATIE (1991) *Sistemas Silvopastoriles para el Trópico Húmedo Bajo*. 2° Informe Anual. Fase II Proyecto CATIE/MAG/IDA/CIID 3-P-89-0114. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Chee, Y.K., y Faiz, A. (1991) *Sheep grazing reduces chemical weed control in rubber*. En Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds). *Forages for plantation crops*. ACIAR Proceedings N° 32. Pp. 120-123.
- Chen, C.P. (1991) *Cattle productivity under oil palm in Malaysia*. En Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds). *Forages for plantation crops*. ACIAR Proceedings N° 32. Pp. 97-101.
- Chen, C.P. (1993) *Pastures as the secondary component in tree-pasture systems*. En Proceedings 17th International Grassland Congress. February 8-23, 1993. Palmerston North, New Zealand y Rockhampton, Australia. New Zealand Grassland Association y Tropical Grasslands Society of Australia. Pp. 3027-2043.
- Clason, T.R. (1995) *Economic implications of silvipastures on southern pine plantations*. *Agroforestry Systems* 29: 227-238.
- Concklin, N.L. (1987) *The potential nutritional value to cattle of some tropical browse species from Guanacaste, Costa Rica*. PhD Thesis. Ithaca, U.S.A. Cornell University.
- Cook, B.G., Garthe, R.J., y Grimes, R.F. (1984) *Tropical pastures in eucalypt forest near Gympie*. *Queensland Agricultural Journal* 110: 45-46.
- Corado, L.H. (1991) *Efecto de cuatro niveles de pulidura de arroz sobre la producción de leche en pastoreo, suplementadas con follaje de poró (Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook)*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 95 p.
- Couto, L., Roath, R.L., Betters, D.R., García, R., y Almeida, J.C.C. (1994) *Cattle and sheep in eucalypt plantations: a silvopastoral alternative in Minas Gerais, Brazil*. *Agroforestry Systems* 28: 173-185.
- Cowan, R.T., Moss, R.J., y Kerr, D.V. (1993) *Northern dairy feedbase 2001*. 2. *Summer feeding systems*. *Tropical Grasslands* 27: 150-161.
- Dacarret, M., y Blydenstein, J. (1968) *La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos que crecen bajo ellos*. *Turrialba (Costa Rica)* 18: 405-408.
- Dahlan, I., Yamada, Y., y Mahyuddin, M.D. (1993) *Botanical composition and models of metabolizable energy availability from undergrowth in oil palm plantations for ruminant production*. *Agroforestry Systems* 24: 233-246.
- Daly, J.J. (1984) *Cattle need shade trees*. *Queensland Agricultural Journal* 110: 21-24.
- Dart, P.J. (1994) *Microbial symbioses of tree and shrub legumes*. En Gutteridge, R.C. y H.M. Shelton (eds). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, U.K. CAB International. Pp. 143-157.
- Davison, T.M., Silver, B.A., Lisle, A.P., y Orr, W.N. (1988) *The influence of shade in milk production of Holstein-Friesian cows in a tropical upland environment*. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28: 149-154.
- Deinum, B. y Dirven, J.G.P. (1974) *A model for the description of the effects of environmental factors on the nutritive value of forages*. En 12th Proceedings International Grassland Congress. Part 1. Moscow, Russia. USSR Academy of Sciences. Pp. 338-346.
- Dissanayake, S.N., y Waidyanatha, U.P. de S. (1987) *The performance of some tropical forage grasses interplanted with young Hevea trees and their effect on growth of the trees*. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 64: 119-121.
- Djimde, M., Torres, F., y Migongo-Bake, W. (1989) *Climate, animal and agroforestry*. En Reifsnnyder, W.S. y T.O. Darnhofer (ed.). *Meteorology and agroforestry*. Nairobi, Kenya. ICRAF. Pp. 463-470.
- East, R.M., y Felker, P. (1993) *Forage production and quality of 4 perennial grasses grown under and outside canopies of mature Prosopis glandulosa Torr. var. glandulosa (mesquite)*. *Agroforestry Systems* 22: 91-110.
- Egara, K., y Jones, R.J. (1977) *Effect of shading of seedling growth of the leguminous shrub Leucaena leucocephala*. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 17: 976-981.

- Ella, A., Blair, G.J., y Stür, W.W. (1991) *Effect of age of tree legumes at the first cutting on subsequent production*. *Tropical Grasslands* 25: 275-280.
- Ella, A.; Jacobsen, C., Stür, W.W., y Blair, G.J. (1989) *Effect of plant density and cutting frequency on the reproductivity of four tree legumes*. *Tropical Grasslands* 25: 281-286.
- Escobar, A., Romero, E., y Ojeda, A. (1996) *El mata ración (Gliricidia sepium) un árbol multipropósito*. Caracas, Venezuela. Fundación Polar - Universidad Central de Venezuela.
- Evans, P.T., y Rombold, J.S. (1984) *Paraiso (Melia azederach var. Gigante) woodlots: an agroforestry alternative for the small farmer in Paraguay*. *Agroforestry Systems* 2: 199-214.
- FAO (1994) *FAO Production Yearbook*. Vol. 48. FAO Statistics Series N° 76.
- Fassler, O.M., y Lascano, C.E. (1995) *The effect of mixtures of sun-dried tropical shrub legumes on intake and nitrogen balance by sheep*. *Tropical Grasslands* 29: 92-96.
- Faustino, J. (1994) *Conservación de suelos en parcelas de elevada pendiente con plantación de leñosas forrajeras y pasto*. En Benavides, J.E. (ed). *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. Pp. 583-597.
- Flores-Ruano, O.I. (1994) *Caracterización y evaluación de follajes arbóreos para la alimentación de rumiantes en el Departamento de Chiquimula, Guatemala*. En Benavides, J.E. (ed). *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. Pp. 117-133.
- Foroughbakhch, R., Peñaloza, R., y Stienen, H. (1988) *Increasing the productivity in the Matorral of northeastern Mexico: Domestication of ten multipurpose tree species*. En Proceedings, Symposium, USDA Forest Service-South West Region. "Strategies for classification and management of vegetation for food production in arid zones". Tucson, Arizona. Pp. 90-98.
- Frankie, G.W., Baker, H.G., y Opler, P.A. (1974) *Comparative phenology studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica*. *Journal of Ecology* 62: 881-919.
- Fujisaka, S., Jayson, E., y Dapusala, A. (1994) *Trees, grasses, and weeds: species choices in farmed-developed contour hedgerows*. *Agroforestry Systems* 25: 13-22.
- Galera, F.M. (1996) *Bioecología de especies del género Prosopis con perspectiva de uso en la alimentación de rumiantes: potencial y limitaciones*. En 1er. Ciclo de Conferencias sobre "Utilización de Recursos Alimenticios Alternativos para Rumiantes en el Trópico", 15-23 julio, 1996. San Juan de los Morros, Venezuela. Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos. Pp. 44-73.
- Godier, S., Medina, J.M., Waelput, J.J., y Brunschwig, G. (1994) *Comportamiento alimenticio de un rebaño de cabras en pastoreo en una finca tradicional de la región Sur de Honduras*. En Benavides, J.E. (ed). *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 1. Pp. 217-236.
- González, M. (1992) *Plantaciones forestales combinadas con producción lechera en la finca La Esmeralda (San José de la Montaña, Costa Rica)*. En Montagnini, F. (ed). *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales (OTS). Pp. 329-360.
- Gordon, I.J., y Lascano, C.E. (1993) *The foraging strategies of ruminant livestock on intensively managed grasslands: potential and constraints*. En Proceedings 17th International Grassland Congress. February 8-23, 1993. Palmerston North, New Zealand y Rockhampton, Australia. New Zealand Grassland Association y Tropical Grasslands Society of Australia. Pp. 681-690.
- Gutteridge, R.C. (1994) *Other species of multipurpose forage tree legumes*. En Gutteridge, R.C. y H.M. Shelton, (eds). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, U.K. CAB International. Pp. 97-108.
- Gutteridge, R.C., y Shelton, H.M. (1994) *The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems*. En Gutteridge, R.C. y H.M. Shelton, (eds). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, U.K. CAB International. Pp. 3-14.
- Hauad-Marroquín, L.A. y Foroughbakhch, R. (1991) *Variation in mimosine content among three species of Leucaena in Eastern Nuevo Leon, México*. *Leucaena Research Reports* 12: 63-65.

- Hernández, D., Hernández, Y., Hernández, C.A., Carballo, M., Carnet, R., Mendoza, R., Mendoza, C., y Rodríguez, N. (1992) *Ceba de novillos con Andropogon gayanus CIAT 621 complementado con un banco de proteína de Leucaena leucocephala y Nenonotonia wightii*. Pastos y Forrajes (Cuba) 15: 153-163.
- Hernández, S., y Benavides, J. (1995) *Potencial forrajero de especies de leñosas de los bosques secundarios de El Petén, Guatemala*. Agroforestería de las Américas 2(6): 15-22.
- Herrera, M.E. (1990) *Análisis del comportamiento de 12 especies arbóreas de uso múltiple en Guápiles de Costa Rica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Herrick, J. (1993) *Restoration of tropical pasture ecosystems and the role of cattle dung patches*. PhD Thesis. Ohio, U.S.A. Ohio State University.
- Holmann, F., Romero, F., Montenegro, J., Chana, C., Oviedo, E., y Baños, A. (1992) *Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: primera aproximación*. Turrialba (Costa Rica) 42: 79-89.
- Holmann, F., Estrada, R.D., Romero, F., y Villegas, L. (1995) *Technology adoption and competitiveness in small milk producing farms in Costa Rica: a case study*. En M.E. Ruiz, C. Seré y H. Li Pun (eds) Animal production systems global workshop. Proceedings, September 15-20, 1991. San José, Costa Rica. IICA-RISPAL. Pp. 141-168.
- Horne, P.M., y Blair, G.J. (1991) *Forage tree legumes*. IV. Productivity of leucaena/grass mixtures. Australian Journal of Agricultural Research 42: 1231-1250.
- Humphries, L.R. (1991) *Tropical pasture utilization*. Cambridge, U.K. Cambridge University Press.
- Hutton, E.M. (1974) *Tropical pastures and beef production*. World Animal Review 12: 1-7.
- Hutton, E.M. (1995) *Very acid soil constraints for tree legumes like leucaena and selection and breeding to overcome them*. En D.O. Evans y L.T. Szott (eds). Nitrogen fixing trees for acid soils. Proceedings of a Workshop held in CATIE, Turrialba, July 3-8, 1994. Morrilton, U.S.A. Winrock International y Nitrogen Fixing Trees Association. Pp. 258-264.
- Ibrahim, M.A. (1994) *Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica*. PhD Thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen Agricultural University.
- Iglesias, J.M., Simón, L., Docazal, G., Aguilar, A., y Duquesne, P. (1994) *Asociaciones y/o banco de proteína: alternativas para la cría de hembras en desarrollo en condiciones de bajos insumos*. Pastos y Forrajes (Cuba) 17: 83-88.
- Ivory, D.A. (1990) *Major characteristics, agronomic features and nutritional value of shrubs and tree fodders*. En C. Devendra (ed). Shrubs and tree fodders for farm animals. Proceedings of a Workshop held in Denpasar, Indonesia, July 24-29, 1989. Ottawa, Canada. IDRC. Pp. 22-38.
- Jansen, H.G.P.; Ibrahim, M.A., Nieuwenhuyse, A., Mannetje, L., Joenje, M., y Abarca, S. (1997) *The economics of improved pasture and silvopastoral technologies in the Atlantic Zone of Costa Rica*. Tropical Grasslands 31: (in press)
- Janzen, D.H. (1982) *Differential seed survival and passage rates in cows and horses, surrogate Pleistocene dispersal agents*. Oikos 38: 150-156.
- Jones, R.M. (1994) *The role of Leucaena in improving the productivity of grazing cattle*. En Gutteridge, R.C. y H.M. Shelton, (eds). Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, U.K. CAB International. Pp. 232-244.
- Jones, R.M., y Simao Neto, M. (1987) *Recovery of pasture seed ingested by ruminants*. 3. The effects of the amount of seed in the diet and diet quality on seed recovery from sheep. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 27: 253-256.
- Jong Ho, Ahn, Robertson, B.M., Elliot, R., Gutteridge, R.C., y Ford, C.W. (1989) *Quality assessment of tropical browse legumes: tannin content and protein degradation*. Animal Feed Science and Technology 27: 147-156.
- Kaimowitz, D. (1996) *Livestock and deforestation in Central America in the 1980s and 1990s: a policy perspective*. Yakarta, Indonesia. CIFOR.

- Kang, B.T. (1993) *Alley cropping: past achievements and future directions*. *Agroforestry Systems* 23: 141-155.
- Kang, B.T.; Reynolds, L., y Atta-Krah, A.N. (1990) *Alley farming*. *Advances in Agronomy* 43: 316-359.
- Kass, M., Pezo, D., Romero, F., y Benavides, J. (1993) *Las leguminosas arbóreas como suplemento proteico para rumiantes*. En 1er. Simposium sobre Leguminosas Forrajeras Arbóreas, Maracaibo (Venezuela) 28-29 de abril de 1993. Sociedad Venezolana de Pastizales y Forrajes, Capítulo Zuliano y Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. 16 p.
- Kass, M.; Pérez, A., y Rodríguez, G. (1993a) *Valor nutritivo de la biomasa comestible de diferentes especies y clones del género Erythrina*. En S.B. Westley y M. H. Powell (eds). *Erythrina in the New and Old Worlds*. Paia, U.S.A. Nitrogen Fixing Trees Association. Pp. 217-222.
- Keeney, D. (1985) *Mineralization of nitrogen from legume residues*. En R.F. Barnes, P.R. Ball; R.W. Brougham, G.C. Marten y D.J. Minson (eds). *Forage legumes for energy efficient animal production*. Springfield, U.S.A. USDA/ARS. Pp. 177-182.
- Kephart, K.D., y Buxton, D.R. (1993) *Forage quality responses of C₃ and C₄ perennial grasses under reduced irradiance*. *Crop Science* 33: 831-837.
- Kirmse, R.D., Provenza, F.D., y Malechek, J.C. (1987) *Clear-cutting Brazilian caatinga: assessment of a traditional grazing management practice*. *Agroforestry Systems* 5: 429-441.
- Kirmse, R.D., Pfister, J.A., Vale, L.V., y de Queiros, J.S. (1983) *Woody plants of the northern Ceara caatinga*. Small Ruminant Collaborative Research Support Program. Utah State University. Technical Report Series N° 14.
- Knowles, R.L. (1991) *New Zealand experience with silvopastoral systems: a review*. *Journal of Forest Ecology and Management* 45: 251-267.
- Lagemann, J., y Heuvelop, J. (1992) *Caracterización y evaluación de sistemas agroforestales: El caso de Acosta Puriscal, Costa Rica*. En Montagnini, F. (ed). *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales (OTS). Pp. 361-374.
- Lane, I.R. (1981) *The use of cultivated pastures for intensive animal production in developing countries*. En A.J. Smith y R.G. Gunn (eds). *Intensive animal production in developing countries*. British Society of Animal Production. Occasional Publication N° 4.
- Lascano, C.E., y Pezo, D. (1994) *Agroforestry systems in the humid forest margins of Tropical America from a livestock perspective*. En Copeland, J.W., A. Djajanegara y M. Sabrani, (eds). *Agroforestry and animal husbandry for human welfare*. Proceedings, International Symposium, Bali, Indonesia. July 11-16, 1994. ACIAR Proc. No. 55. Pp. 17-24.
- Lascano, C.E., Maas, B., y Keller-Grein, G. (1995) *Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils*. En D.O. Evans y L.T. Szott (eds). *Nitrogen fixing trees for acid soils*. Proceedings of a Workshop held in CATIE, Turrialba, July 3-8, 1994. Morrilton, U.S.A. Winrock International y Nitrogen Fixing Trees Association. Pp. 228-236.
- Leaver, J.D. (1985) *Milk production from temperate grasslands*. *Journal of Dairy Research* 52: 313-344.
- Leonard, H.J. 1987. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central: un perfil ambiental regional. CATIE. Serie técnica, Informe técnico No. 127. CATIE, Turrialba, C.R. 268p.
- Libreros, H.F., Benavides, J.E., Kass, D., y Pezo, D. (1994a) *Productividad de una plantación asociada de poró (Erythrina poeppigiana) y King grass (Pennisetum purpureum x P. typhoides). I. Efecto de la adición de follaje al suelo sobre la producción y calidad de la biomasa*. En Benavides, J.E. (ed). *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. Pp. 453-474.
- Libreros, H.F.; Benavides, J.E., Kass, D., Pezo, D. (1994b) *Productividad de una plantación asociada de poró (Erythrina poeppigiana) y King grass (Pennisetum purpureum x P. typhoides). II. Movilización de minerales*. En Benavides, J.E. (ed). *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. Pp. 475-494.
- Loker, W.M. (1994) *Where is the beef?: Incorporating cattle into sustainable agroforestry systems in the Amazon Basin*. *Agroforestry Systems* 25: 227-241.

- López, G.Z., Benavides, J., Kass, M., y Faustino, J. (1994) *Efecto de la frecuencia de poda y la aplicación de estiércol sobre la producción de biomasa de amapola (Malva viscosa arborea)*. En Benavides, J.E. (ed). Arboles y arbustos forrajeros en América Central. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. Pp. 531-544.
- Ludlow, M.M. (1980) *Stress physiology of tropical pasture plants*. Tropical Grasslands 14: 136-145.
- Lynch, J.J., y Marshall, J.K. (1969) *Shelter: a factor increasing pasture and sheep production*. Australian Journal of Science 32: 22-23.
- Majid, N.M., Awang, K., y Jusoff, K. (1989) *Impacts of sheep grazing on soil properties and growth of rubber (Hevea brasiliensis)*. En W.S. Reifsnyder y T.O. Darnhofer (eds). Meteorology and agroforestry. Nairobi, Kenya. ICRAF. Pp. 471-482.
- Malik, R.S., y Sharma, S.K. (1990) *Moisture extraction and crop yield as a function of distance from a row of Eucalyptus tereticornis*. Agroforestry Systems 12: 187-195.
- Mannetje, L. 't., y Jones, R.M. (1992) *Plant resources of South-East Asia*. N° 4. Forages. Wageningen, The Netherlands. PUDOC.
- Mascary, M., Randel, P.F., y Riquelme-Villagrán, E. (1992) *Suplementación de vacas lecheras mediante apacentamiento en Leucaena leucocephala por 3 horas diarias durante la sequía y la época lluviosa*. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 76: 83-91.
- Mason, I.L. (1980) *Sheep and goat production in the drought polygon of Northeast Brazil*. World Animal Review 34: 23-28.
- Milera, M., Iglesias, J.M., Remy, V., y Cabrera, M. (1994) *Empleo de bancos de proteína de Leucaena leucocephala cv. Perú para la producción de leche*. Pastos y Forrajes (Cuba) 17: 73-82.
- Mochiutti, S. (1995) *Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. bajo defoliación manual y pastoreo en el trópico húmedo*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 144 p.
- Mureithi, I.G., Tayler, R.S., y Thorpe, W. (1995) *Productivity of alley farming with leucaena (Leucaena leucocephala Lam. de Wit) and Napier grass (Pennisetum purpureum K. Schum) in coastal lowland Kenya*. Agroforestry Systems 31: 59-78.
- Muschler, R.G., Nair, P.K.R., y Melendez, L. (1993) *Crown development and biomass production of pollarded Erythrina berteroana, E. fusca y Gliricidia sepium in the tropical lowlands of Costa Rica*. Agroforestry Systems 24: 123-143.
- Nair, P.K.R. (1993) *An introduction to agroforestry*. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academic.
- Nair, P.K.R., Kang, B.T., y Kass, D.C.L. (1995) *Nutrient cycling and soil-erosion control in agroforestry systems*. En A.S.R. Juo (ed). Agriculture and environment: bridging food production and environmental protection in developing countries. ASA Special Publication N° 60. Pp. 117-138.
- NAS (1979) *Tropical legumes: resources for the future*. Washington, D.C., U.S.A. National Academy of Sciences.
- Negus, T. (1991) *Windbreaks prove their worth*. Journal of Agriculture-Western Australia 32: 94-99.
- NFTA (1989) *Gliricidia Production and Use*. N. Glover (ed). Waimanalo, U.S.A. Nitrogen Fixing Trees Association.
- Ng, K.F. (1991) *Forage species for rubber plantations in Malaysia*. En H.M. Shelton y W.W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings N° 32. Pp. 49-53.
- Norton, B.W. (1994a) *Anti-nutritive and toxic factors in forage tree legumes*. En Gutteridge, R.C. y Shelton, H.M. (eds). Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, U.K. CAB International. Pp. 202-215.
- Norton, B.W. (1994b) *Tree legumes as dietary supplements for ruminants*. En Gutteridge, R.C. y Shelton, H.M. (eds). Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, U.K. CAB International. Pp. 192-201.
- Norton, B.W., Wilson, J.R., Shelton, H.M., y Hill, K.D. (1991) *The effect of shade on forage quality*. En H.M. Shelton y W.W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings N° 32. Pp. 83-88.
- Nygren, P., y Ramírez, C. (1993) *Phenology of N₂-fixing nodules in pruned clones of Erythrina*

- poeppigiana*. En S.B. Westley y M. H. Powell (eds). *Erythrina in the New and Old Worlds*. Paia, U.S.A. Nitrogen Fixing Trees Association. Pp. 297-305.
- Oka Nurjaya, M.G., Mendra, I.K., Gusti, M., Oka, I.N., y Sukarji, W. (1991) *Growth of tree legumes under coconuts in Bali*. En H.M. Shelton y W.W. Stür (eds). *Forages for plantation crops*. ACIAR Proceedings N° 32. Pp. 70-71.
- Oliveira, P.R.P. de y Humphreys, L.R. (1986) *Influence of level and timing of shading in seed production in Panicum maximum cv. Gatton*. Australian Journal of Agricultural Research 37: 412-424.
- Opler, P.A., Frankie, G.W., y Baker, H.G. (1980) *Comparative phenology studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica*. Journal of Ecology 68: 167-188.
- OTS (1992) *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. Montagnini, F. (ed). San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales (OTS).
- Ovalle, C., y Avendaño, J. (1988) *Interactions de la strate ligneuse avec le strate herbacée dans les formations d'Acacia caven (Mol.) Hook et Arn au Chili*. 2. Influence de l'arbre sur quelques elements du milieu: microclimat et sol. Oecologia Plantarum 9: 113-134.
- Oviedo, F., Vallejo, M., y Benavides, J. (1994) *Módulos agroforestales para la producción de leche con cabras*. Agroforestería en las Américas 1(2): 23-27.
- Oviedo, F.J. (1995) *Morera (Morus sp.) en asocio con poró (Erythrina poeppigiana) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 87 p.
- Palm, C.A. (1995) *Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants*. Agroforestry Systems 30: 105-124.
- Paterson, R.T., Samur, C., y Sauma, G. (1982) *Leucaena leucocephala for the complementation of existing pastures*. Tropical Animal Production (República Dominicana) 7: 9-13.
- Payne, L.D. (1993) *Chemical constituents of Erythrina: historical perspective and future prospects*. En S.B. Westley y M. H. Powell (eds). *Erythrina in the New and Old Worlds*. Paia, U.S.A. Nitrogen Fixing Trees Association. Pp. 314-321.
- Payne, W.J.A. (1985) *A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics*. Forest Ecology and Management 12: 1-36.
- Pearson, C.J., y Ison, R.L. (1987) *Agronomy of grassland systems*. Cambridge, U.K. Cambridge University Press.
- Pearson, H.A., Baldwin, V.C., y Barnett, J.P. (1990) *Cattle grazing and pine survival and growth in subterranean clover pastures*. Agroforestry Systems 10: 161-168.
- Pezo, D. (1987) *Nutritional diversity of maritime accessions of the Virgata Section of Panicum*. Ph.D. Thesis. Raleigh, U.S.A. North Carolina State University.
- Pezo, D. (1994). *Interacciones suelo - planta - animal en sistemas de producción animal basados en el uso de pasturas: algunas experiencias en el trópico húmedo*. En 4° Curso Producción e Investigación en Pastos Tropicales. Abril 28-29, 1994. Maracaibo, Venezuela. Universidad del Zulia. Pp. 113-140.
- Pezo, D. (1996) *Potencial de sostenibilidad en sistemas de producción animal basados en la utilización de recursos alimenticios locales*. En 1er. Ciclo de Conferencias sobre "Utilización de Recursos Alimenticios Alternativos para Rumiantes en el Trópico", 15-23 julio, 1996. San Juan de los Morros, Venezuela. Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos. Pp. 119-146.
- Pezo, D., y Ibrahim, M. (1996) *Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos*. En 1er. Foro Internacional sobre "Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales". Veracruz, México, 7-9 noviembre 1996. Morelia, México. FIRA - Banco de México. 39 p.
- Pezo, D., Romero, F., y Ibrahim, M. (1992) *Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne*. En Fernández-Baca, S. (ed). *Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano*. Santiago, Chile. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Pp. 47-98.
- Pezo, D., Romero, F., y Kass, M. (1993) *Manejo agronómico de leguminosas arbóreas para la producción de forrajes de calidad: algunas expe-*

- riencias con *Erythrina* spp. y *Gliricidia sepium*. En 1er. Simposium sobre Leguminosas Forrajeras Arbóreas. 28-29 de abril 1993. Maracaibo, Venezuela. Sociedad Venezolana de Pastizales y Forrajes, Capítulo Zuliano y Universidad del Zulia, 24 p.
- Pezo, D., Kass, D., Benavides, J., Romero, F., y Chaves, C. (1990) *Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America*. En Devendra, C. (ed.). *Shrubs and tree fodders for farm animals*. Proceedings of a Workshop held in Denpasar, Indonesia, July 24-29, 1989. Ottawa, Canada. IDRC. Pp. 163-175.
- Pinzón, A., y Amézquita, E. (1991) *Compactación de suelos por el pisoteo de animales e pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia*. *Pasturas Tropicales (Colombia)* 13(2): 21-26.
- Pound, B., y Martínez-Cairo, L. (1995) *Leucaena: su cultivo y utilización*. London, U.K. ODA.
- Pressland, A.J. (1973) *Rainfall partitioning by an arid woodlands (Acacia aneura F. Muell.) in south western Queensland*. *Australian Journal of Botany* 21: 235-245.
- Pulver, E., Araya, L., Tzul, F., y Clare, D. (1996) *Conservation-effective livestock production*. Belmopan, Belize. NARMAP. 7 p.
- Putnam, A.R. (1988) *Allelopathy: problems and opportunities in weed management*. En Altieri, M. y M. Liebman (eds). *Weed management in agroecosystems: ecological approaches*. Boca Ratón, U.S.A. CRC Press. Pp. 78-86.
- Ramírez, A. (1974) *Efecto del ciclo de uso, la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada en la producción de pasto estrella (Cynodon plecostachyus (K. Schum) Pilger)*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. IICA. 118 p.
- Rao, I.M., Ayarza, M.A., Thomas, R.J., Fisher, M.J., Sanz, J.I., Spain, J.M., y Lascano, C.E. (1992) *Soil-plant factors and processes affecting productivity in ley farming*. En *Pastures for the tropical lowlands: CIATs contribution*. Cali, Colombia. CIAT. Pp. 145-176.
- Renolfi, R.F. (1989) *Producción y manejo de forrajeras nativas e introducidas en el Chaco Semiárido*. En *Forrajeras y cultivos adecuados para la región Chaqueña semiárida*. Curso Taller Internacional. La Rioja 23-27 agosto, 1988. Santiago, Chile. FAO. Pp. 59-70.
- Reyes, E., y Medina, J.M. (1994) *Comportamiento alimenticio de cabras pastoreando y ramoneando en un sitio de matorral de la zona Sur de Honduras*. En Benavides J.E. (ed). *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico N° 236, vol. 1. Pp. 135-146.
- Reynolds, S. G. (1995) *Pasture - cattle - coconut systems*. Bangkok, Thailand. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific.
- Riesco, A. (1992) *La ganadería bovina en el trópico americano: situación actual y perspectivas*. En Fernández-Baca, S. (ed). *Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano*. Santiago, Chile. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Pp. 13-46.
- Riveros, F. (1992) *The genus Prosopis and its potential to improve livestock production in arid and semi-arid regions*. En Speedy, A. y F. Pugliese (eds). *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. FAO Animal Production and Health Paper N° 102. Pp. 257-276.
- Roberts, G. (1984) *Plotting a better future for lambs*. *Queensland Agricultural Journal* 110: 25-26.
- Robinson, P. (1983) *The role of silvopastoralism in small farming systems*. En *Agroforestry systems for small-scale farmers*. Proceedings ICRAF/BAT Workshop, September 1982. Nairobi, Kenya. ICRAF. Pp. 147-169.
- Rojas, G., Infante, A. (1994) *Manual de Agroforestería*. Mérida, Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano.
- Romero, F., Montenegro, J., Chana, C., Pezo, D., y Borel, R. (1993) *Cercas vivas y bancos de proteína de Erythrina berteriana manejados para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica*. En Westley S.B. y M. H. Powell (eds). *Erythrina in the New and Old Worlds*. Paia, U.S.A. Nitrogen Fixing Trees Association. Pp. 205-210.
- Romero, F., Camero, L., Sánchez, L.A., Montenegro, J., y Chana, C. (1991) *Proyecto sistemas silvopastoriles - Costa Rica*. En Ruiz, A. y M.E. Ruiz (eds). *Informe IX Reunión General de la Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica (RISPAL)*, Zacatecas, México, Abril 18-26, 1990. San José, Costa Rica. IICA. Pp. 135-162.

- Romero, F., Abarca, S., Corado, L., Tobón, J., Kass, M., y Pezo, D. (1993) *Producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con poró (Erythrina poeppigiana) en el trópico húmedo de Costa Rica*. En Westley S.B. y M. H. Powell (eds). *Erythrina in the New and Old Worlds*. Paia, U.S.A. NFTA. Pp. 223-239.
- Ruaysoognern, S., Shelton, H.M., y Edwards, D.G. (1989) *The nutrition of Leucaena leucocephala de Wit cv. Cunningham seedlings. I. External requirements and critical concentrations in index leaves of nitrogen, phosphorus, calcium, sulphur and manganese*. Australian Journal of Agricultural Research 40: 1241-1251.
- Ruiz, C. (1992) *Aceptabilidad por ovinos de la biomasa comestible de procedencias, familias e individuos de Gliricidia sepium, en Guápiles, Costa Rica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 99 p.
- Russell, G., y Grace, J. (1978) *The effect of windspeed on the growth of grasses*. Journal of Applied Ecology 16: 507-514.
- Russo, R.O. (1990) *Evaluating Alnus acuminata as a component in agroforestry systems*. Agroforestry Systems 10: 241-252.
- Russo, R.O. (1994) *Los sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible*. Agroforestería en las Américas 1(2): 10-13.
- Russo, R.O., Huke, S., Camacho, Y., Acero, E., Barrera, N., Hedge, N., McClintock, E., Musálem, M.A., y Payne, L. (1993) *Other uses*. En Powell M.H. y S.B. Westley (eds). *Erythrina Production and Use: A Field Manual*. Paia, U.S.A. NFTA. Pp. 26-28.
- Rzedowski, J. (1978) *Vegetación de México*. México D.F., México. Limusa,
- Samarakoon, S.P., Wilson, J.R., y Shelton, H.M. (1990) *Growth, morphology and nutritive quality of shaded Stenotaphrum secundatum, Axonopus compressus and Pennisetum clandestinum*. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 114: 161-169.
- Sanderson, M.A., Stair, D.W., y Hussey, M.A. (1997) *Physiological and morphological responses of perennial forages to stress*. Advances in Agronomy 59: 171-224.
- Saravia-Toledo, C. (1989) *Compatibilización de manejo de pastizales, bosque y fauna en los sistemas agrosilvopastoriles del Chaco Semiárido*. En Forrajas y cultivos adecuados para la región chaqueña semiárida. Santiago, Chile. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Pp. 99-106.
- Serrao, E.A.S., y Toledo, J.M. (1990) *The search for sustainability in Amazonian pastures*. En Anderson, A.B. (ed). *Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon rain-forest*. New York, U.S.A. Columbia University. Pp. 195-214.
- Sharrow, S.H. (1991) *Tree planting pattern effects on forage production in a Douglas-fir agroforestry*. Agroforestry Systems 16: 167-175.
- Sharrow S.H., Carlson D.H., Emmingham W.H., Laverder D.P. (1992) *Direct impact of sheep upon Douglas-fir trees in two agrosilvopastoral systems*. Agroforestry Systems 19: 223-232.
- Shelton, H.M. (1991) *Productivity of cattle under coconuts*. En Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds). *Forages for plantation crops*. ACIAR Proceedings Nº 32. Pp. 92-96.
- Shelton, H.M. (1993) *Chairpersons summary paper. Session 56: Silvopastoral systems*. En Proceedings 17th International Grassland Congress. February 8-23, 1993. Palmerston North (New Zealand), Rockhampton (Australia). New Zealand Grassland Association; Tropical Grasslands Society of Australia. Pp. 2072-2074.
- Shelton, H.M. (1994) *Environmental adaptation of forage tree legumes*. En Gutteridge, R.C. y H.M. Shelton (eds). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, U.K. CAB International. Pp. 120-131.
- Shelton, H.M., Humphreys, L.R., y Batello, C. (1987) *Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospects*. Tropical Grasslands 21: 159-168.
- Siebert, S.F., y Lassoie, J.P. (1991) *Soil erosion, water runoff and their control on steep slopes in Sumatra*. Tropical Agriculture (Trinidad) 68: 321-324.
- Simão Neto, M., y Jones, R.M. (1986) *The effect of storage in cattle dung on viability of tropical pasture seeds*. Tropical Grasslands 20: 180-183.
- Simao Neto, M., Jones, R.M., y Radcliff, D. (1987) *Recovery of pasture seed ingested by ruminants*.

1. *Seed of six tropical pasture species fed to cattle, sheep and goats*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 27: 239-246.
- Smith, H. (1982) *Light quality, photoperception and plant strategy*. Annual Review of Plant Physiology 33: 481-518.
- Smith, M.A. y Whiteman, P.C. (1983). Evaluation of tropical grasses in increasing shade under coconut canopies. Experimental Agriculture 19, 153 - 161.
- Smith, M.A., y Whiteman, P.C. (1985) *Animal production from rotationally-grazed natural and sown pastures under coconuts at three stocking rates in the Solomon Islands*. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 104: 173-180.
- Somarriba, E. (1985) *Arboles de guayaba (Psidium guajaba L.) en pastizales. 2. Consumo de fruta y dispersión de semillas*. Turrialba (Costa Rica). 35: 329-332.
- Somarriba, E. (1985a) *Arboles de guayaba (Psidium guajaba L.) en pastizales. 1. Producción de fruta y potencial de dispersión de semillas*. Turrialba (Costa Rica). 35: 289-295.
- Somarriba, E. (1992) *Revisiting the past: an essay on agroforestry definition*. Agroforestry Systems 19: 233-240.
- Somarriba, E. y Lega, F. (1991) *Cattle grazing under Pinus caribaea. 1. Evaluation of farm historical data on stand age and animal stocking rate*. Agroforestry Systems 13: 177-185.
- Spain, J.M. y Pereira, J.M. (1986) *Sistemas de manejo flexible para evaluar germoplasma bajo pastoreo: una propuesta*. En Lascano, C. y E. Pizarro (eds). Evaluación de Pasturas con Animales: Alternativas Metodológicas. Cali, Colombia. CIAT. Pp. 85-98.
- Stewart, J.L. (1996) *Utilization*. En Stewart, J.L., G.E. Allison y A.J. Simons (eds) *Gliciridia sepium: genetic resources for farmers*. Oxford Forestry Institute. Tropical Forestry Paper No. 33. Pp. 33-48.
- Stienen, H. (1990) *The agroforestry potential of combined production systems in north-eastern Mexico*. Agroforestry Systems 11:45-69.
- Stür, W.W., y Shelton, H.M. (1991) *Compatibility of forages and livestock with plantation crops*. En Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings Nº 32. Pp. 112-116.
- Stür, W.W., y Shelton, H.M. (1991a) *Review of forage resources in plantation crops of Southeast Asia and the Pacific*. En Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings Nº 32. Pp. 25-31.
- Stür, W.W., Shelton, H.M., y Gutteridge, R.C. (1994) *Defoliation management of forage tree legumes*. En Gutteridge, R.C. y H.M. Shelton (eds). Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, U.K. CAB International. Pp. 158-167.
- Suárez, S., Rubio, J., Franco, C., Vera, R., Pizarro, E.A., y Amézquita, M.C. (1987) *Leucaena leucocephala: producción y composición de leche y selección de ecotipos con animales en pastoreo*. Pasturas Tropicales (Colombia) 9(2): 11-17.
- Sugimoto, Y., Hirata, M., y Ueno, M. (1987) *Energy and matter flows in bahiagrass pastures. V. Excreting behaviour of Holstein heifers*. Journal of the Japanese Society of Grassland Science 32: 8-14.
- Sylvester-Bradley, R., y Valdez, M. (1991) *Manejo del ambiente microbiológico del suelo*. En Lascano, C.E. y J.M. Spain (eds). Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, Experiencias y Enfoque de Investigación. 6ª Reunión Comité Asesor RIEPT. Veracruz (México), noviembre 1988. Cali, Colombia. CIAT. Pp. 209-236.
- Szott, L.T., Palm, C.A., y Sanchez, P.A. (1991) *Agroforestry in acid soils in the humid tropics*. Advances in Agronomy 45: 275-301.
- Szott, L.T., Fernandes, E.C.M., y Sánchez, P.A. (1991a) *Soil-plant interactions in agroforestry systems*. Forest Ecology and Management 45: 127-152.
- Tajuddin, I., Ng, K.F., y Chong, D.T. (1991) *The potential and prospects for improving forages under rubber in Malaysia*. En Shelton H.M. y W.W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings Nº 32. Pp. 130-133.
- Terán, J., y Ibrahim, M. (1997) *El rol de los árboles y arbustos de los bosques secos en los sistemas de producción de la región Chaqueña Serrana de Chuquisaca - Bolivia*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 12 p.

- Tieszen, L.L. (1983) *Photosynthetic systems: implications for agroforestry*. En Huxley, P.A. (ed). Plant research and agroforestry. Proceedings of a Consultation Meeting held in Nairobi, April 8-15, 1981. Nairobi, Kenya. ICRAF. Pp. 323-346.
- Tobón, J. (1988) *Efecto de la suplementación con cuatro niveles de follaje de poró (Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 72 p.
- Torres, F. (1987) *Role of woody perennials in animal agroforestry*. En Zulberti, E.(ed.). Professional education in agroforestry. Nairobi, Kenya. ICRAF. Pp. 266-316.
- Umaña, C. (1997) *Mineralización de la materia orgánica del suelo bajo tres ecosistemas del trópico húmedo en Costa Rica*. Tesis Lic. Ing. Agr. Turrialba, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Sede Universitaria Regional del Atlántico.
- Umaña, R.P., y Akobundo, I.O. (1989) *Effects of tropical weeds on yield in white yam (Dioscorea rotundata Poir)*. Weed Research 29: 1-6.
- Valerio, S. (1994) *Contenido de taninos y digestibilidad in vitro de algunos forrajes tropicales*. Agroforestería en las Américas 1(3): 10-13.
- Vallis, I. (1985) *Nitrogen cycling in legume-based forage production systems in Australia*. En Barnes, R.F., P.R. Ball, R.W. Brougham, G.C. Marten y D.J. Minson (eds). Forage legumes for energy efficient animal production. Springfield, U.S.A. USDA/ARS. Pp. 160-170.
- Van Soest, P.J. (1982) *Nutritional ecology of the ruminant*. Corvallis, U.S.A. O&B Books.
- Viquez, E., Romero, F., y Budowski, G. (1993) *Live fenceposts*. En Powell, M.H. y S.B. Westley (eds). Erythrina production and use: a field manual.. Paia, U.S.A. NFTA. Pp. 19-21.
- Waidyanatha, U.P. de S., Wijesinghe, D.S., y Strauss, R. (1984) *Zero-grazed pasture under immature Hevea rubber: productivity of some grasses and grass-legume mixtures and their competition with Hevea*. Tropical Grasslands 18: 21-26.
- Wairiu, M., Mullins, C.E., y Campbell, C.E. (1993) *Soil physical factors affecting the growth of sycamore (Acer pseudoplatanus L.) in a silvopastoral system on a stony upland soil in North-East Scotland*. Agroforestry Systems 24: 295-306.
- Weston, R.H. (1982) *Animal factors affecting intake*. En Hacker, J.B. (ed). Nutritional limits to animal production from pastures. Farmham Royal, UK. CAB. Pp. 183-198.
- Whiteman, P.C. (1980) *Tropical Pasture Science*. Oxford, U.K. Oxford Univ. Press.
- Wilkinson, S.R., y Lowrey, R.W. (1973) *Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems*. En Buttlar, G.W. y R.W. Bailey (eds). Chemistry and biochemistry of herbage. London, U.K. Academic Press. Pp. 247-315.
- Wilson, J.R. (1982) *Environmental and nutritional factors affecting herbage quality*. En Hacker, J.B. (ed). Nutritional limits to animal production from pastures. Farmham Royal, UK. CAB. Pp. 111-131.
- Wilson, J.R., y Wild, D.W.M. (1991) *Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading*. En Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings Nº 32. Pp. 77-82.
- Wilson, J.R., y Ludlow, M.M. (1991) *The environment and potential growth of herbage under plantations*. En Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings Nº 32. Camberra, Australia. ACIAR. Pp. 10-24.
- Wilson, J.R., Hill, K., Cameron, D.M., y Shelton, H.M. (1990) *The growth of Paspalum notatum under the shade of Eucalyptus grandis plantation canopy or in full sun*. Tropical Grasslands 24: 24-28.
- Wong, C.C. (1991) *Shade tolerance of tropical forages: a review*. En Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings Nº 32. Pp. 64-69.
- Wong, C.C., y Wilson, J.R. (1980) *Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies*. Australian Journal of Agricultural Research 31: 269-285.
- Zelada, E.E. (1996) *Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la Zona Atlántica de Costa Rica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 88 p.