

Serie Técnica. Informe Técnico No. 311

INSTITUTO COSTARRICENSE
DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

21 ENL 2000

RECIBIDO

*Oportunidades para el Desarrollo de
Sistemas Silvopastoriles en
América Central*

Danilo A. Pezo
Muhammad Ibrahim
John Beer
Alberto Camero R.

Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica
1999

TABLA DE CONTENIDO ENE 2000

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA

TABLA DE CONTENIDO	i
Resumen ejecutivo	ii
Introducción	1
La Diversidad: Un Atributo Común de los Países de América Central	1
El Deterioro de la Base de Recursos Naturales	2
Tendencias en la Actividad Ganadera	4
Necesidad de Ajustes en los Sistemas Actuales de Producción Animal	10
Los Sistemas Silvopastoriles en América Central	12
¿Cuándo se considera un Sistema Ganadero Silvopastoril?	12
Tipos de Sistemas Silvopastoriles	13
Investigación sobre Sistemas Silvopastoriles en América Central	14
Oportunidades para la intervención Silvopastoril en los Sistemas Ganaderos de América Central	17
Lineamientos para el Desarrollo Sustentable del Sector Agropecuario	17
Opciones Silvopastoriles para los Sistemas Ganaderos	18
El Reto para las Instituciones Internacionales, Regionales y de Investigación y Enseñanza	25
Literatura Citada	28

Resumen ejecutivo

En el presente trabajo se reconoce la magnitud del deterioro ambiental en América Central y su relación con las prácticas de manejo extensivo de los recursos en muchas explotaciones ganaderas tradicionales, especialmente en grandes fincas dedicadas a la producción de carne. Sin embargo, se acepta que las causas primigenias de la deforestación y de sus eventuales consecuencias (pérdida de la biodiversidad, ruptura de ciclos hídricos, degradación de suelos, reducción en la productividad y aumento en la emisión de CO²), están en buena medida asociadas a políticas inadecuadas en lo económico, social y ambiental.

Entre 1975 y 1993, la tasa de deforestación estimada para el América Central fue del 1.6% anual. Aunque la mayoría del área deforestada fue utilizada para pasturas, el área de estas últimas no aumentó en la misma tasa debido al abandono simultáneo de áreas degradadas, que sí reportaron un gran crecimiento.

La incorporación de los herbívoros domésticos (principalmente ruminantes) en los sistemas de producción implantados en la región después de la llegada de los conquistadores españoles ha significado necesariamente cambios en los ecosistemas naturales, pues la vegetación de consumo preferida no es producida en los bosques. Los bovinos, por su número, son los ruminantes domésticos más importantes en la región y su población ha incrementado en una tasa cercana al 1% anual, especialmente las especies destinadas para lechería. Valores ligeramente menores se observan para los caprinos y cerdos, mientras que la población de ovinos ha tendido a declinar. La productividad de los sistemas de producción lechera ha tendido a incrementarse ligeramente, al igual que los niveles de extensividad en los sistemas de producción de carne, los que se ubican prioritariamente en las áreas marginales de la frontera agrícola. En estas zonas, el mismo manejo extensivo está contribuyendo a la degradación de pasturas y al consecuente incremento en el deterioro ambiental.

En el documento se propone que las políticas agrarias - que involucran la globalización de la economía, los esquemas de ajuste estructural y el desarrollo sostenible- conduzcan a cambios fundamentales

en los sistemas de producción animal, los cuales deberán orientarse hacia la intensificación, la diversificación y la disminución de los impactos ambientales negativos. Dentro de este contexto, se postula que las opciones silvopastoriles tomarán mayor importancia en el desarrollo futuro de la actividad ganadera.

Un análisis de las tendencias en investigación agropecuaria y forestal realizada en América Central evidencia que por mucho tiempo hubo dominancia de enfoques reduccionistas. Sin embargo, recién en la década de los setentas se comienza a considerar el enfoque de sistemas de producción y el papel protagónico del productor en el proceso de generación, validación y transferencia de tecnología en el sector rural. Es aún más recién, a fines de los setentas e inicios de los ochentas, cuando los sistemas agroforestales y silvopastoriles ingresan en las agendas de investigación, primeramente del CATIE como organismo regional, y luego en la mayoría de instituciones nacionales de investigación y desarrollo agrícola.

Por otra parte, la investigación sobre sistemas silvopastoriles efectuada en la región evidencia un fuerte sesgo hacia el estudio de aquellas opciones silvopastoriles en las que las leñosas perennes constituyen un recurso alimenticio.

Se sugiere que a partir de ahora es necesario dar prioridad al uso de árboles de uso múltiple y al desarrollo de sistemas sostenibles de producción diversificada; en especial es recomendable considerar las posibilidades de incorporar árboles maderables en sistemas silvopastoriles, un esquema que permite conservar los recursos naturales, contribuye a recuperar sitios degradados y ofrece un producto comercial alternativo.

Prácticamente en todos los sistemas ganaderos hay oportunidades para la intervención silvopastoril; sin embargo, la definición de cuál o cuáles impulsar depende de las características agroecológicas del sitio, del tipo de sistema de producción animal presente y de las condiciones sociales y económicas en las que se desenvuelven. Ahora bien, si las acciones de investigación-desarrollo en sistemas silvopastoriles deben priorizarse por limitaciones en la disponibilidad de recursos, se sugiere dar prioridad a aquellas zonas agroecológicas donde se detecta un mayor conflicto entre los sistemas ganaderos actuales y la capa-

cidad de uso de la base de recursos naturales, que en el caso de América Central corresponde al trópico húmedo bajo y a las laderas sub-húmedas y secas.

Las laderas sub-húmedas y secas constituyen una zona de alta concentración de población rural pobre, con fuerte uso de los remanentes de vegetación leñosa como fuente energética, recursos forrajeros altamente degradados para sostener una proporción importante del ganado de doble propósito y con problemas serios de erosión. Todo esto incide en la emigración de sus pobladores hacia zonas de frontera agrícola y la periferia de las ciudades. Por otro lado, el trópico húmedo constituye la zona de frontera agrícola cuyas reservas de bosque están en peligro ante la expansión o el desplazamiento de actividades agrícolas y pecuarias de baja productividad, donde se siguen modelos de producción eminentemente extractivos.

Para contribuir de manera efectiva al desarrollo sostenible de la región, se requiere de la cooperación interinstitucional y del trabajo interdisciplinario de los profesionales involucrados. Los roles de las instituciones y de los profesionales participantes deben estar claramente definidos. Así por ejemplo, las instituciones nacionales están en capacidad de desarrollar el trabajo aplicado para la selección y opciones de manejo de los árboles y arbustos forrajeros, mientras que las instituciones regionales e internacionales deberían apoyar en los aspectos metodológicos y en la investigación estratégica requerida para optimizar el uso de las leñosas como recursos alimenticios, como por ejemplo, en evaluar la calidad del forraje y la sostenibilidad del sistema, especialmente el recurso suelo.

Por otro lado, se propone que las instituciones regionales e internacionales den mayor atención al trabajo en sitios claves sobre las relaciones ecofisiológicas entre pasturas y leñosas, en aquellos sistemas en que ellas comparten el mismo espacio (p.e. árboles dispersos, pastoreo en plantaciones), así como las interacciones directas de estas con los animales y las mediadas por el suelo. Además, para todos los trabajos se propone identificar leñosas representativas de morfologías y funciones específicas, para que la información generada pueda incorporarse en modelos de simulación que permitan explorar las potencialidades de estos sistemas, en escenarios diferentes.

Por último se insiste en la necesidad de revisar los programas edu-

cativos en ciencias agrícolas con el propósito de incorporar en ellos los elementos de sistemas agroforestales y silvopastoriles y proveer oportunidades de formación de posgrado en sistemas silvopastoriles para los profesionales pecuarios y forestales. Igualmente se sugiere diseñar planes de capacitación o educación continua sobre la temática para que los profesionales y técnicos involucrados en la enseñanza, investigación y transferencia de tecnología, contribuyan a que se pase de la etapa de teorización sobre las relaciones entre el manejo tradicional de la ganadería y el deterioro ambiental, hacia la acción en el manejo sostenible de los recursos naturales en sistemas ganaderos.

Introducción

Este documento fue preparado para ofrecer una sobre-vista ("estado del arte" y guía a literatura especializada) de la situación del sector ganadero en América Central, de los problemas ecológicos asociados con el sector y de las posibilidades de utilizar tecnologías silvopastoriles para mejorar sus características ecológicas y económicas.

Este trabajo está diseñado para un lector no especializado, incluyendo los decisores políticos y comerciales así como profesionales de sectores relacionados (incluyendo de movimientos ecológicos) que deseen informarse de la situación real del sector ganadero y de las opciones tecnológicas con mayores posibilidades de adopción por parte de los ganaderos, las que podrían modernizar al sector en una forma ecológica y económicamente sostenible.

Se espera que este documento contribuya a un cambio en la percepción del sector ganadero en la región y, consecuentemente, a un cambio en la forma de manejar estas fincas para que no sólo contribuyan al bienestar de la población rural sino también a la conservación de los recursos naturales.

La Diversidad: Un Atributo Común de los Países de América Central

La diversidad fisiográfica y ecológica es una característica fundamental de los países de América Central. En ellos se presentan variaciones en precipitación de 400 a 7500 mm por año, elevaciones desde el nivel del mar hasta cerca de 4000 m, se identifican nueve de los 10 órdenes de suelos incluidos en la Clasificación Taxonómica de los Estados Unidos (Kass *et al* 1992) y se reconocen hasta 20 de las 29 zonas de vida de la clasificación propuesta por Holdridge (Vaughan y Mo 1994). Más del 70% de la superficie está en áreas de ladera, con pendientes superiores al 25% (Posner y McPherson 1981) y el 30% restante se encuentra dividido entre las planicies del Pacífico- con un período de sequía de cinco a siete meses de duración- y las de la Vertiente Atlántica caribeña, con una abundante precipitación en la mayoría de los meses del año (Leonard 1987).

Las condiciones ambientales tan disímiles como las descritas, también resultan en una gran riqueza de especies vegetales y animales. De los países de América Central, sólo Costa Rica ha sido adecuadamente inventariado en cuanto a su diversidad biológica. Allí se han encontrado 8 000 especies de plantas vasculares y unas 1 350 especies de orquídeas; más de 10 000 de invertebrados y 1 565 de vertebrados. Estos últimos se dividen en: 376 especies de reptiles y anfibios, 858 de aves y 216 de mamíferos (Vaughan y Mo 1994). Hay evidencias de que el resto de la región es igualmente rica en biodiversidad y se estima que la diversidad biológica por unidad de superficie es 20 veces mayor que la de México, uno de los países con mayor biodiversidad.

La variabilidad geográfica y ecológica que caracteriza a la región va acompañada además de diversidad étnica y política. En América Central conviven las poblaciones indígenas nativas, los descendientes de migraciones europeas, las poblaciones afro-caribeñas angloparlantes de raza negra, algunos grupos de origen asiático y los grupos mestizos producto de la mezcla entre colonos españoles, indígenas y africanos (Leonard 1987).

En lo político, si bien hasta hace pocos años algunos países de América Central tuvieron gobiernos militares, en la actualidad todos han sido electos democráticamente, pero hay diferencias en cuanto al manejo de sus economías. Las orientaciones van desde un claro capitalismo en Guatemala y El Salvador, hasta diferentes grados de control estatal de empresas estratégicas en Costa Rica, Panamá y Nicaragua (Kass *et al* 1992). Sin embargo, en la actualidad se observa una clara tendencia a la reducción de estas diferencias a través de programas de ajuste estructural que han dado origen a nuevas políticas fiscales, financieras, agrícolas e industriales (Davis 1994). También hay diversidad en los sistemas de tenencia de la tierra, desde las micro-parcelas, usadas intensivamente en la actividad agrícola por la población campesina o productores particulares, hasta los sistemas de plantación altamente tecnificados -frecuentemente en manos de empresas transnacionales y las grandes explotaciones manejadas en forma extensiva (Thiesenhusen 1994).

Los elementos de diversidad citados anteriormente resultan en una gama amplia de sistemas de producción ganadera, pero en todos ellos se encuentran oportunidades para incorporar leñosas perennes dentro

de sistemas silvopastoriles. Estos, pueden formar parte de una estrategia para el mejoramiento de la productividad global del sistema, a la vez que contribuyen a reducir el deterioro ambiental, incluso a mejorar la base de recursos naturales, mediante la rehabilitación de áreas degradadas.

El Deterioro de la Base de Recursos Naturales

El cambio ecológico más importante que se ha observado en América Central durante las décadas pasadas ha sido la fuerte reducción de la superficie boscosa (Leonard 1987), con el correspondiente incremento en las áreas dedicadas a pasturas y especialmente a barbechos (Figura 1). Entre 1975 y 1993, la tasa de deforestación estimada para la región fue del 1.6% anual (FAO 1994); sin embargo, en los últimos años se ha observado una ligera disminución en la tasa de pérdida promedio del área boscosa. Este proceso ha ido acompañado de algún incremento en las áreas reforestadas (p.e. Costa Rica), aunque las tendencias negativas en otros países no han cambiado (p.e. Nicaragua: Kaimowitz 1996). Debe anotarse que esta situación es en alguna medida también válida para el resto de los países tropicales de América Latina.

A menudo se ha asociado la deforestación con la demanda por tierra para la actividad agrícola de "tumba y quema" (Solano 1994) practicada por colonos y la actividad ganadera extensiva (De Camino 1994). Incluso se sostiene que éstas han representado una mayor causal de la destrucción de bosques que la demanda comercial y no comercial de la madera (Leonard 1987). En las décadas de los 60 y los 70, este proceso de ampliación de la frontera agrícola se vio favorecido en los países de América Tropical por programas de construcción de infraestructura vial hacia áreas de colonización (Salati 1994), de créditos subsidiados (Hecht 1985), de liberalidad en las concesiones de tierras y de permisividad en la ocupación ilegal de las mismas (León 1994, Thiesenhusen 1994). Además, en el mismo período, el fomento de la producción de carne para exportación hacia los Estados Unidos, contribuyó a un incremento de los hatos ganaderos y a una fuerte ampliación de las áreas de pasturas en Centroamérica y México, a expensas del bosque (Myers 1981).

Los datos de la Figura 1 muestran como un importante porcentaje del área deforestada entre 1987 y 1992 fue convertido en barbecho y el

aumento del área para cultivos anuales y pasturas fue de menos importancia. Esto sugiere que los programas de investigación y desarrollo deben orientarse a recuperar tierras degradadas y abandonadas que tienen algún potencial agrícola o ganadero para liberar tierras inapropiadas para cultivos o pastoreo (p.e. pendientes fuertes y quebradas) para una vocación forestal (producción o conservación de recursos naturales incluyendo agua).

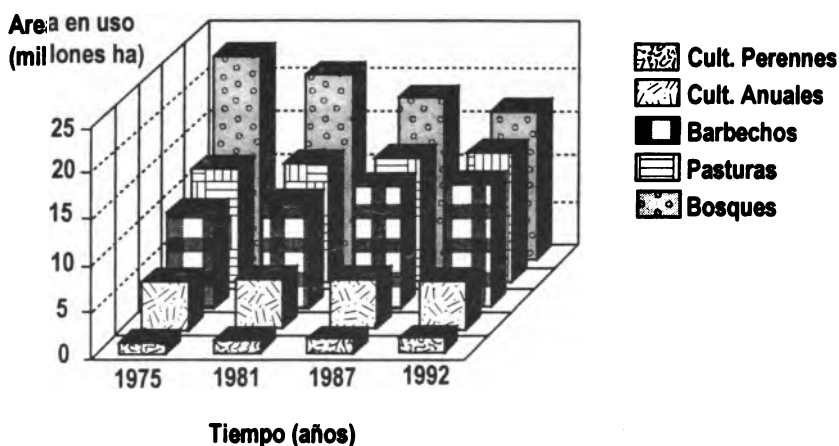


Figura 1. Tendencias en el uso de la tierra en América Central para el período 1975-1992 (FAO).

Las principales causas de la deforestación practicada en América Tropical son muy complejas, diversas e incluso varias de ellas están interrelacionadas (CATIE/UGIAAG 1994). Entre éstas se mencionan: el crecimiento de la población con el consecuente incremento en la demanda de productos- especialmente agropecuarios- para su seguridad alimentaria; el desplazamiento de los grupos socialmente menos favorecidos hacia áreas de frontera agrícola en busca de nuevas oportunidades para la producción de sus propios alimentos y de ingresos adi-

cionales para sus familias; la necesidad de incrementar la exportación de productos agrícolas y forestales para generar divisas adicionales que contribuyan a pagar la agobiante deuda externa; y la disminución de la productividad agropecuaria *per capita*, como consecuencia del uso irracional del recurso suelo (Toledo 1994a).

La reducción de la cobertura boscosa, seguida de la implementación de prácticas agrícolas inconvenientes (p.e. quemas no controladas, prácticas de labranza inapropiadas, ausencia de coberturas vegetales y de otros métodos de conservación de suelos, manejo ineficaz de la fertilidad del suelo, sobrepastoreo) han desencadenado otras manifestaciones del deterioro ambiental y un ciclo vicioso (Figura 2) como son la pérdida de la biodiversidad, la degradación de los suelos, la ruptura del balance hídrico en las cuencas y la mayor emisión de gases que contribuyen al calentamiento global (Pezo e Ibrahim 1996). Un resultado es la conversión de bosques a tierras degradadas sin necesariamente un aumento en el área bajo pastoreo.

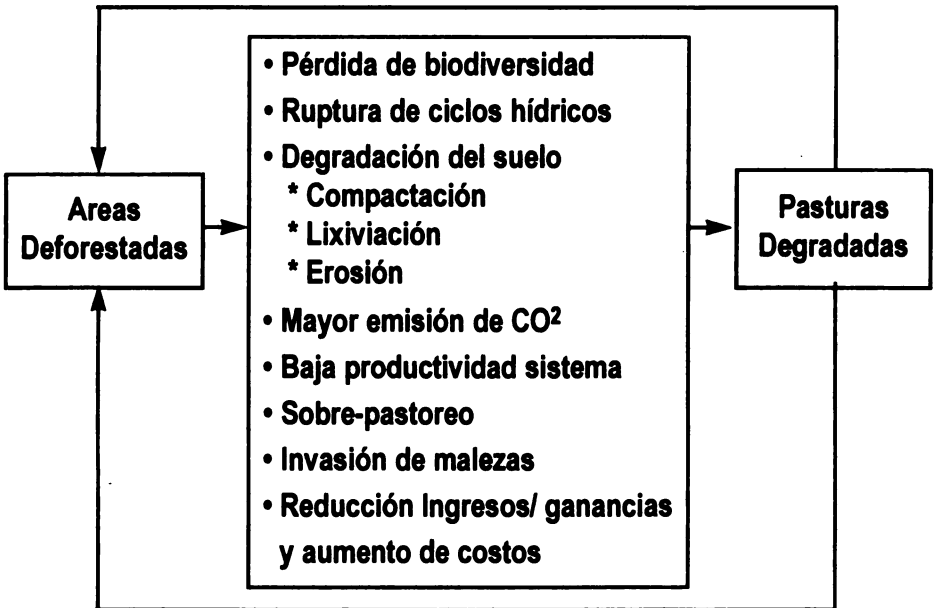


Figura 2. Ciclo vicioso de deforestación, deterioro de los recursos naturales y degradación de pasturas.

Algunas cifras que ilustran la magnitud de este problema son:

- a) un 0.2% de las especies de animales y/o de plantas que se desarrollan en los bosques desaparecen anualmente como consecuencia de la deforestación (CATIE/UGIAAG 1994).
- b) el 17% de los suelos de América Central ya se encuentran seriamente erosionados y degradados (Flores 1994).
- c) sólo en Costa Rica, la depreciación del recurso suelo debida a la pérdida de fertilidad o del suelo mismo por erosión equivale al 7.7% del PBI (Flores 1994);
- d) la pérdida anual de suelos por escorrentía en Guatemala varía entre 20 y 300 t ha⁻¹ en áreas con cobertura vegetal pobre (Leonard 1987).
- e) los niveles de sedimentación resultantes de la erosión de suelos en las partes altas de las cuencas ejercen efectos negativos sobre la vida útil de la mayoría de los proyectos hidroeléctricos de la región y también reducen la capacidad de carga de los lechos fluviales, incrementando el riesgo potencial de inundación en las zonas bajas.

Tendencias en la Actividad Ganadera

Los animales domésticos que se crían en América Central con excepción del pavo o "chompipe" son especies (especialmente rumiantes) introducidas a la región a partir del Siglo XVI durante el proceso de colonización española. En consecuencia, los ecosistemas naturales han sido modificados para establecer gramíneas pues los bosques de la región no presentaban fuentes alimenticias competitivas con los componentes tradicionalmente utilizados en los sistemas de alimentación de los rumiantes.

Entre los herbívoros domésticos, los bovinos constituyen el componente animal que más impacto ha tenido en los sistemas de producción (Lascano y Pezo 1994; Quiroz *et al* 1997); sin embargo, las aves y cerdos son las especies más frecuentes a nivel de finca, pues se encuentran incluso en aquellas consideradas de subsistencia, debido posiblemente a su menor costo.

Los sistemas de producción bovina en América Central son muy diversos; se presentan en grandes fincas de crianza extensiva de ganado de carne en las zonas bajas y de frontera agrícola, en las explotaciones de lechería especializada preferentemente en las áreas de altura

también en los sistemas de doble propósito (carne y leche). Los últimos generalmente son parte de sistemas de finca más complejos y diversificados, propios medianos y pequeños productores, ubicados tanto en las zonas bajas como en las de ladera (CATIE 1983, CATIE/UGIAAG 1994, Quiroz *et al* 1997). Los sistemas de producción bovina de doble propósito no sólo son practicados por la mayoría de productores en la región, sino que a nivel de América Tropical contribuyen con casi el 75% de la leche producida (Wadsworth 1995).

Las poblaciones de las especies animales domésticos en América Central y México, con excepción de los ovinos, han tendido a aumentar en las últimas décadas (Cuadro 1). Los bovinos se incrementaron a una tasa cercana al 1% anual, pero entre éstos, las vacas lecheras lo hicieron a una mayor tasa (2.0 % año⁻¹). Los valores correspondientes para caprinos y cerdos fueron de 0.94 y 0.81 % año⁻¹, respectivamente. Si bien todavía se observa una preferencia marcada por la carne de res, la población de las aves también ha aumentado de manera importante su presencia debido a su participación en la dieta de los pobladores de la región (Jarvis 1986).

Cuadro 1. Dinámica de la población ganadera en América Central y México durante el periodo 1970 - 1992¹.

Especie	1970	1981	1992	Tasa de cambio período 1970-1992 (% año⁻¹)
Bovinos	33 892²	38 387	41 134	+ 0.97
Vacas lecheras	5 720	7 146	8 236	+ 2.00
Ovinos	9 265	7 116	5 754	- 1.72
Caprinos	9 235	9 774	11 143	+ 0.94
Cerdos	17 056	19 574	19 371	+ 0.81

¹ Fuentes: FAO (1982); FAO (1994)

² En miles de cabezas

Cuando se analiza la información a nivel de país, se detectan patrones diferentes para diferentes zonas la región. En términos generales, entre las décadas de los 60 y 80, hubo un incremento importante en la población de bovinos en México y los países de América Central (Myers 1981, León 1994), principalmente por la exportación de carne hacia el mercado de los Estados Unidos. Sin embargo, después de ese período, el tamaño de los hatos nacionales de El Salvador, Nicaragua y Costa Rica ha tendido a disminuir. En los dos primeros países esa disminución se atribuye a la inestabilidad interna provocada por la guerra civil que sufrieron ambos países y en Costa Rica, a una tasa de extracción (matanza) -especialmente para exportación- por encima de la capacidad de reposición de los hatos (French 1994).

En cuanto a los cambios en la población de vacas lecheras, sólo en Guatemala, Honduras y Nicaragua se detectó una ligera disminución, atribuible en parte a los precios internos desfavorables para la leche, así como a problemas de la infraestructura de comercialización y servicios (Riesco 1992). En cambio, en el resto de países se han mostrado incrementos importantes en el número de vacas en ordeño, lo cual no sólo es resultado del aumento de los hatos lecheros especializados, sino también de la evolución -en varios hatos- de la producción de carne hacia el doble propósito, aprovechando la mejor relación de precios leche/carne.

Los incrementos relativos en la producción de leche y carne durante las últimas tres décadas han sido más marcados en los países tropicales que en los de la zona templada (Cuadro 2). En América Tropical, el aumento en la producción lechera no ha sido consecuencia sólo del incremento en el número de vacas en ordeño (cambio de inventario), sino también de una mejora en la eficiencia productiva, que se manifiesta en una mayor productividad por animal (kg leche/vaca/año). Pese a lo anterior, el incremento en producción de leche no ha sido paralelo al crecimiento de la demanda, por lo que el nivel de autosuficiencia de leche en los países de América Tropical ha tendido a disminuir en las dos últimas décadas (Riesco 1992).

Cuadro 2. Crecimiento de la producción, inventario y productividad (kg animal⁻¹ año⁻¹) de leche y carne en América Latina durante el período 1966-1988¹

Zona	Cambio en producción (% año ⁻¹)	Cambio en inventario (% año ⁻¹)	Cambio en productividad (% año ⁻¹)
		<u>Leche</u>	
Tropical	3.2	2.3	+ 0.9
Templada	1.4	0.9	0.5
		<u>Carne</u>	
Tropical	2.2	2.7	- 0.5
Templada	0.7	0.4	+ 0.3

¹ Adaptado de: Riesco (1992)

En contraste, el incremento en la producción de carne observado en América Tropical ha estado fuertemente asociado al aumento en el inventario animal (Cuadro 2) y en la superficie dedicada a pasturas (Figura 1) pues las producciones por animal y por hectárea más bien han tendido a declinar con el tiempo, al igual que la intensidad en el uso del recurso pastura. En este sentido, en el período comprendido entre 1975 y 1993, la carga animal mantenida por las pasturas en América Central disminuyó de 0.82 a 0.78 vacas ha⁻¹. Esta reducción puede ser más significativa en sitios donde la ganadería esta manejada en zonas inapropiadas para pastoreo (laderas y quebradas). Esta tendencia no es exclusiva de la región centroamericana, sino que algo similar se ha registrado en los otros países de América Tropical (p.e. aquellos de la Cuenca Amazónica) (Serrão y Toledo 1990, Fernandes *et al* 1997).

Muchos son los factores que explican por qué durante las últimas tres décadas ha disminuido la productividad de los hatos de

carne en América Tropical, en lugar de mejorar. Un número importante de los hatos de carne tradicionales se han desplazado hacia las áreas de frontera agrícola e incluso los nuevos se han establecido en dichas áreas. En todos ellos han predominado formas extensivas de manejo, con el consiguiente impacto negativo sobre la productividad. La calidad de los suelos en estas zonas nuevas es generalmente inferior a las utilizadas anteriormente.

Varios autores (Riesco 1992, Hecht 1993, Loker 1994, Thiesenhusen 1994, Kaimowitz 1996) han analizado desde el punto de vista económico y social las razones de aplicación de formas más extensivas de uso del recurso forrajero en los sistemas de producción bovina establecidos en las áreas de frontera agrícola y han identificado los elementos siguientes:

- a) El valor de uso de la tierra es bajo.
- b) La infraestructura vial que facilita el acceso de los productores al mercado y a los insumos externos es pobre o inexistente.
- c) Los servicios estatales son escasos o están ausentes.
- d) La actividad ganadera constituye una forma de reafirmar propiedad sobre la tierra, antes que una actividad productiva per se.
- e) El ganado constituye un bien de alto valor, que requiere de poca mano de obra y que es fácilmente comercializable, por lo menos en la zona, cuando se requiere de efectivo para necesidades de la familia.

Por otro lado, desde el punto de vista físico-biológico, frecuentemente las pasturas establecidas en las áreas de frontera agrícola poseen un potencial productivo bajo, dado que constituyen prácticamente la etapa final en un ciclo de uso de tierras deforestadas. En ellas, la adición de materia orgánica y cenizas- como producto del desmonte y quemado- resulta en un incremento "temporal" de la fertilidad del suelo (Figura 3), el cual es aprovechado para la producción de cultivos anuales (p.e. maíz, arroz, yuca). Sin embargo, en ausencia de fertilización, al cabo de uno a dos años de cultivo continuo disminuye de tal manera la fertilidad de esos suelos, que la producción de los cultivos ya no responde a las expectativas del "colono" (Toledo 1994b).

Bajo estas circunstancias se han establecido la mayoría de pasturas en las zonas de frontera agrícola de América Tropical. De ellas, más del 50% se encuentran en franco proceso de degradación (Serrão y Dias Filho 1991, Pezo *et al* 1992, Toledo 1994b, Quiroz *et al* 1997), por lo que

más del 50% se encuentran en franco proceso de degradación (Serrão y Dias Filho 1991, Pezo *et al* 1992, Toledo 1994b, Quiroz *et al* 1997), por lo que algunos postulado que la actividad ganadera per se es una forma no sostenible de uso de la tierra en el trópico. Sin embargo, para muchos está claro que la degradación de pasturas es parte del proceso la interacción de diversos factores ecológicos, tecnológicos, sociales y económicos (Kaimowitz 1996) y con manejo adecuado puede ser sostenible en sitios apropiados.

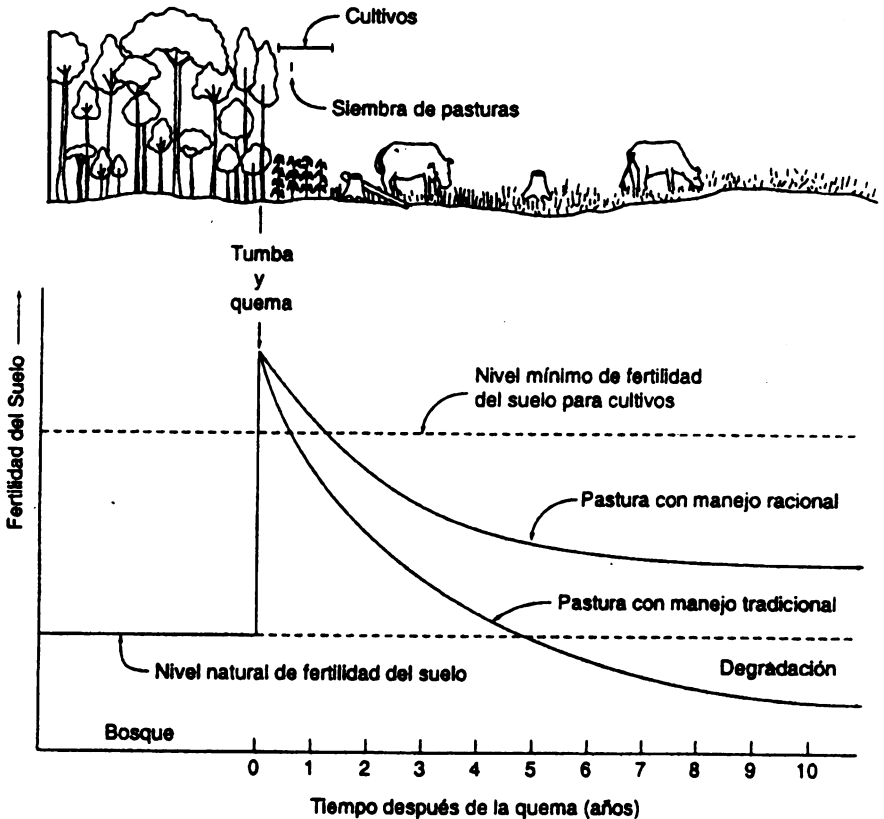


Figura 3. Modelo de los cambios en la fertilidad natural del suelo en sistemas ganaderos establecidos a partir del bosque tropical. (Adaptado de Serrão y Toledo, 1982)

A continuación se señalan los factores ecológicos, tecnológicos y socio-económicos identificados por Serrão y Dias Filho (1991) como determinantes de la degradación de las pasturas, cuando éstas han sido establecidas en áreas deforestadas (figura 4):

a) Factores Ecológicos

- Disminución de la fertilidad del suelo
- Alta presión de patógenos
- Estrés de humedad (exceso o déficit)
- Agresividad de plantas invasoras
- Situaciones fortuitas (inundaciones, quemas accidentales, etc.)

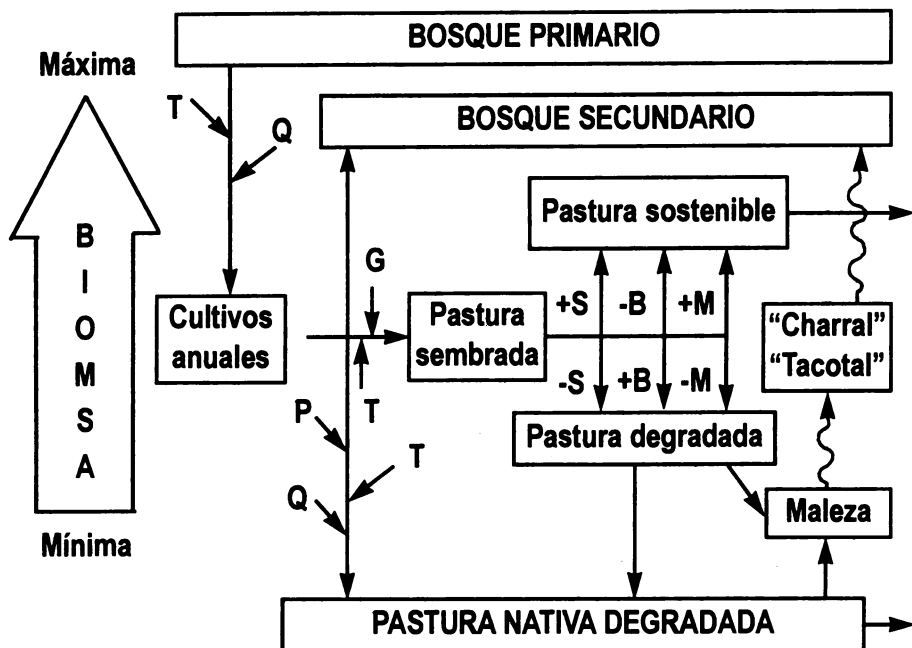
b) Factores Tecnológicos

- Selección inadecuada de especies a ser sembradas
- Fallas en el proceso de establecimiento
- Manejo inadecuado del pastoreo
- Uso inadecuado de fertilizantes (nulo o muy escaso)
- Ausencia de leguminosas o de factores de manejo que las promuevan

c) Factores Socioeconómicos

- Políticas inadecuadas para el desarrollo ganadero
- Uso inadecuado de créditos subsidiados
- Especulación de tierras
- Relaciones desfavorables en los precios de insumos y productos
- Apoyo reducido a la generación y transferencia de tecnología pecuaria
- Falta de infraestructura en zonas ganaderas

La identificación de los factores ecológicos y tecnológicos que intervienen en el proceso de degradación de pasturas, cuando éstas son establecidas a partir del bosque tropical primario - y las consecuentes decisiones de manejo- contribuyen a la obtención de pasturas estables. (Figura 4).



B = plagas y enfermedades; G = germoplasma forrajero; M = manejo; P = pastoreo; Q = quema; S = condición de suelo; T = tala o control de malezas; += favorable; -= desfavorable

Figura 4. Modelo de la dinámica del proceso de degradación de pasturas en praderas establecidas en áreas deforestadas (Toledo 1994b).

Necesidad de Ajustes en los Sistemas Actuales de Producción Animal

La liberalización de los mercados, la reducción de los subsidios y el desarrollo sostenible han surgido como elementos fundamentales de política agraria en la presente década en todos los países de la región centroamericana (Riesco 1992). Esto crea un nuevo marco para los sistemas de producción animal en el trópico, los cuales deberán orientarse a:

- a) Incrementar su productividad para responder a las demandas de seguridad alimentaria de una población creciente
- b) Elevar su eficiencia en términos reales, para hacerlos más competi-

tivos bajo las condiciones de apertura de mercados, y así contribuir al mejoramiento del nivel de vida de las familias rurales

- c) Hacerlos cada vez más compatibles con el uso racional de los recursos naturales, contribuyendo de esta manera al uso sostenible de la tierra (Pezo 1996).

Para el logro de los objetivos anteriormente enunciados, los sistemas actuales de producción animal tendrán que sufrir ajustes o cambios orientados hacia:

- a) La intensificación del uso de la tierra en las áreas con vocación ganadera, lo cual supone un aumento de la producción por unidad de superficie, pero reduciendo el costo por unidad de producto y la dependencia de insumos externos
- b) La diversificación de las empresas pecuarias, maximizando las interacciones de los diferentes sub-sistemas (pecuario, agrícola, forestal) que constituyen el sistema finca
- c) La disminución de los impactos ambientales negativos, como son la contaminación atmosférica y de las fuentes de agua, la degradación de los suelos y la pérdida de biodiversidad, lo cual en buena medida supone previamente la rehabilitación de pasturas degradadas.

Los escenarios resultantes de la aplicación de las nuevas políticas deben resultar en cambios importantes en el sector ganadero. Así por ejemplo, es probable que la desregularización de los mercados de productos animales provoque temporalmente un alza en sus precios nacionales, especialmente en el caso de la leche, pues en la mayoría de países de América Tropical éstos han estado controlados por el Estado en alguna medida (Riesco 1992).

Si se mantienen los mismos escenarios, en el mediano y largo plazo hay posibilidades para que la actividad lechera tome aún más relevancia para los ganaderos en los países de la región, ya que todos ellos -con la excepción de Costa Rica- son importadores netos de productos lácteos. Sin embargo, para que éstos compitan ventajosamente, tendrán que buscar mecanismos para incrementar su eficiencia productiva y, sobre todo, reducir los costos de producción de leche.

Justamente, una forma de hacer más competitivos los sistemas lecheros de los países tropicales es a través de un uso mayor y más eficiente de forrajes (p.e. pastos, follajes de árboles, residuos de cultivo)

y de otros recursos alimenticios no tradicionales (p.e. frutos, raíces), que se pueden producir a nivel local, idealmente en la misma finca lechera. Esto permitiría reducir la dependencia de los concentrados comerciales, muchos de cuyos ingredientes son importados de la zona templada (p.e. fuentes proteicas y granos) y podrían tener fuertes cambios en sus precios a nivel del mercado internacional (Donnelly 1996).

La producción de alimentos en fincas ganaderas requiere una buena planificación del uso de la tierra para evitar los daños ecológicos y ambientales. En muchas áreas la ganadería se practica en zonas de pendientes fuertes y resulta en una alta erosión de suelo y pérdida de nutrientes (Flores 1994). Para estas zonas de ladera resulta más adecuada la siembra de sistemas multi-estratos con bancos forrajeros manejados bajo un esquema de corte y con bajas densidades de árboles maderables.

En las mismas condiciones de apertura de mercados, las perspectivas de América Tropical para la producción de carne de res -y en menor grado para la de aves- son aún más favorables, especialmente por el incremento potencial en la demanda *per capita* de carne que se espera ocurra internamente a nivel de la región, pero también por una expansión de la demanda global (Rosegrant *et al* 1995). De hecho, algunos de los factores que recientemente han incidido para que algunos sectores de consumidores reduzcan su consumo de carne bovina (p.e. preocupación por el colesterol y encefalopatía espongiiforme bovina¹), tenderían a favorecer la exportación de carne de la región, pues ésta se caracteriza por su bajo contenido de grasa², y la enfermedad antes citada no ha sido reportada en América Tropical.

Esto crearía oportunidades para la intensificación de los sistemas de producción de carne, pero también la necesidad de incorporar prácticas y componentes que contribuyan a mejorar su imagen, ante los decisores y consumidores sensibles a la problemática ambiental. Precisamente, la incorporación de leñosas perennes y la rehabilitación de pasturas degradadas constituyen opciones que apuntan en esa dirección.

¹ También conocida como "enfermedad de la vaca loca" en la literatura popular, y como "Bovine Spongyform Encephalopathy" en la literatura en inglés.

² Conocida como "carne magra" en español

Los Sistemas Silvopastoriles en América Central

¿Cuándo se considera un Sistema Ganadero Silvopastoril?

Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles o arbustos), interactuando ecológicamente, es decir, en el mismo sitio y tiempo, con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) en un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim 1996). Si bien a menudo se hace mención a sistemas silvopastoriles en los cuales las leñosas perennes constituyen un recurso alimenticio (p.e. bancos de forrajes o de proteína), no debe interpretarse que un sistema ganadero es silvopastoril sólo cuando los árboles o arbustos presentes cumplan un propósito forrajero. Por el contrario, son múltiples y muy diversas las razones para incorporar leñosas perennes en los sistemas ganaderos. En algunos casos éstas se introducen para incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema en el largo plazo; en otros, el propósito puede ser reducir el riesgo económico mediante la diversificación de las salidas del sistema (p.e. madera) y atenuar los efectos detrimentales del estrés climático sobre las plantas y los animales (Russo 1994, Reynolds 1995).

En muchos de los sistemas tradicionales en América Central los ganaderos manejan la regeneración natural de árboles en potreros para proveer sombra y alimentos a los animales y para la producción de madera. En los últimos años el área de plantaciones forestales en fincas ganaderas ha incrementado significativamente y en muchas de estas fincas las plantaciones están manejadas como un sistema silvopastoril para generar ingresos en el corto plazo, controlar malezas y reducir riesgos de incendios (Pezo e Ibrahim 1997). Esta diversidad de objetivos señalada anteriormente se sustenta en la naturaleza multipropósito de las leñosas perennes (Szott *et al* 1991, Preston y Murgueitio 1992, Pezo e Ibrahim 1996).

Entre los posibles beneficios que se le reconocen a los árboles y arbustos en estos sistemas ganaderos se citan los siguientes:

- Producen frutos y madera
- Proveen de follajes ricos en proteína, minerales y vitaminas que pueden sustituir al menos parcialmente otros suplementos exógenos a la finca
- Proporcionan sombra, creando un microclima más favorable para los animales bajo su copa
- Muchos son capaces de fijar nitrógeno (N^2) atmosférico
- Varias poseen sistemas radicales profundos que les permiten absorber nutrientes de sectores del perfil del suelo generalmente no explorados por las especies herbáceas, esto les da una mayor habilidad para tolerar la sequía y por lo tanto producir forraje en el verano en tiempos de penuria alimenticia para los animales en muchas zonas
- Muchas se pueden utilizar como cercas y cortinas rompevientos
- Captan CO_2 y constituyen una fuente renovable de energía
- Estimulan el reciclaje de nutrientes
- Protegen el suelo contra la erosión
- Aumentan la biodiversidad del sistema
- Proveen sitios de anidación y descanso para animales

Tipos de Sistemas Silvopastoriles

Las combinaciones de leñosas perennes con pasturas y animales son muchas y muy diversas, varias de ellas forman parte de la "cultura productiva" de toda América Tropical (Kass D et al 1992). Entre los sistemas silvopastoriles y agrosilvo-pastoriles existentes en América Central se citan los siguientes:

- Cercas vivas de potreros
- Árboles y arbustos de regeneración natural dispersos en potreros
- Pastoreo en charrales, tacotales, matorrales o sistemas silvo-agrícolas después de la cosecha de los cultivos.
- Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales, con pastura natural o forrajeras herbáceas como cobertura.
- Cortinas rompevientos en fincas ganaderas
- Bancos forrajeros de leñosas perennes. Los bancos forrajeros son clasificados como sistemas silvopastoriles porque existen muchas interacciones entre los componentes arbóreos y herbáceos. Por ejemplo: 1) una alta cantidad de nutrientes consumidos por los animales en el banco forrajero son movilizadas hacia los potreros; 2) la cantidad de forraje cosechado por los animales en el banco depende en parte

en la producción y calidad de la pastura asociada y 3) muchos estiércol se queda dentro de los bancos forrajeros.

- Leñosas perennes en callejones ("*alley farming*") con forrajeras herbáceas intercaladas entre hileras de arbóreas o arbustivas las cuales pueden ser forrajeras o tener otro propósito.
- Leñosas perennes sembradas como barreras vivas para control de erosión, cuyo follaje es utilizado como parte de un sistema de "corte y acarreo" para la suplementación de ganado estabulado

De las opciones silvopastoriles listadas, las cinco primeras se consideran tradicionales en América Central; mientras que las tres últimas recién se están difundiendo en la región pues han sido materia de investigación durante los últimos 15 años.

Investigación sobre Sistemas Silvopastoriles en América Central

Tanto las instituciones internacionales (p.e. CIAT), regionales (p.e. CATIE) como las instituciones nacionales de investigación-desarrollo en ciencias agrícolas de los países de la región (ICTA en Guatemala, CENTA en El Salvador, SRN en Honduras, INTA en Nicaragua, MAG en Costa Rica e IDIAP en Panamá), así como algunas de las universidades de la región, han reflejado en alguna medida -unas más que otras- la misma evolución en cuanto al desarrollo de los enfoques y modalidades de investigación aplicados en los campos agrícola, pecuario y forestal.

Hasta mediados de la década de los setenta, en todas las instituciones de investigación dominó el enfoque reduccionista de investigación disciplinaria en componentes (por rubro y por disciplina), desarrollado casi exclusivamente a nivel de las estaciones experimentales. Posteriormente, se adopta el enfoque de sistemas en los programas de investigación, el mismo que involucró una apertura hacia la población meta (agricultores, productores ganaderos) para identificar los problemas relevantes de investigación. Las investigaciones que requieren "mayor control" se desarrollan en las estaciones experimentales, pero una buena parte de la generación y validación de tecnología se efectúa en las fincas de los productores y con la participación activa de ellos.

Inicialmente, el trabajo de investigación en sistemas consideró los sub-sistemas cultivos (Navarro y Moreno 1976), producción animal

(Borel *et al* 1982) y forestal (Musalem y Martínez 1989) en forma independiente, pero luego se reconoció que en muchas fincas se daban interacciones importantes entre estos sub-sistemas y sus componentes, por lo que a fines de la década de los setenta e inicios de los ochenta, comienzan a tomar relevancia los sistemas agropastoriles (Ruiz 1983) y agroforestales, los cuales incluyen los sistemas silvopastoriles (Beer *et al* 1987, Borel y Romero 1991) como temas de investigación.

En esta sección no se tomaron algunos ejemplos para ilustrar las tendencias en el proceso de investigación en la región, identificando las áreas a las que se ha dado énfasis y aquellas que requieren en el futuro mayor atención de los investigadores. Igualmente se hace una breve referencia a las tendencias en la investigación efectuada con los componentes pasturas y leñosas de manera independiente, destacando aquellos elementos que pueden ser relevantes en el diseño de nuevas opciones silvopastoriles.

En relación con el componente pastura per se, los trabajos de investigación desarrollados en América Central por el CIAT, el CATIE y las instituciones nacionales participantes de la Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales (RIEPT), han permitido identificar diversas gramíneas (p.e. *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha*, *B. dictyoneura*) y leguminosas herbáceas (p.e. *Arachis pintoi*, *Stylosanthes guianensis*) adaptadas a las restricciones bióticas y abióticas prevalentes en los principales ecosistemas representados en la región (Roig 1989, Vallejos *et al* 1989a,b; Miles y Lapointe 1992). Así mismo, se conoce el papel de varias de estas como parte de estrategias para la rehabilitación de áreas degradadas (Hurtado *et al* 1988, Pérez *et al* 1993, Duarte *et al* 1994), la contribución de las mismas para incrementar la productividad animal (Hernández *et al* 1995, González *et al* 1996) y a la vez, preservar y mejorar las características biológicas, físicas y de fertilidad del suelo (Ibrahim 1994, Torres 1995). La mayoría de los estudios realizados por el CIAT en la selección de germoplasmas herbáceas fueron bajo condiciones de manejo en pleno sol.

En los últimos años, el CATIE ha realizado varios estudios para seleccionar especies herbáceas para su integración en sistemas silvopastoriles, tomando en cuenta sus tolerancias a sombra (p.e. Bazill 1987). Las gramíneas *Panicum maximum* y *B. brizantha* y la leguminosa *A. pintoi* fueron las especies que sostuvieron relativamente altos niveles de pro-

ducción en asocio con árboles y bajo condiciones de sombra artificial (Bustamante 1991, Zelada y Ibrahim 1997).

En cuanto al componente arbóreo, el CATIE (principalmente a través del Proyecto MADELEÑA) en colaboración con instituciones de investigación forestal en sus países miembros ha caracterizado el patrón de crecimiento y el potencial de producción de madera, leña y follaje de varios árboles de uso múltiple, especialmente en plantaciones forestales (Musalem y Martínez 1989, CATIE 1995a; 1995b). Entre las especies arbóreas identificadas por el CATIE como promisorias por su crecimiento rápido en la región centroamericana se citan: *Acacia mangium*, *Bombacopsis quinata*, *Cordia alliodora*, *Eucalyptus deglupta*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Calliandra calothyrsus*. A las cuatro últimas se les reconoce además su potencial como buenas forrajeras.

La investigación sobre sistemas silvopastoriles en el CATIE y las instituciones nacionales ha mostrado un fuerte énfasis en el rol de las leñosas perennes como fuentes de follaje para la alimentación animal (Pezo *et al* 1990, Kass M *et al* 1992, Lascano y Pezo 1994). En este contexto, se ha trabajado en especial con los sistemas de cercas vivas, cultivo en callejones ("alley farming") y bancos forrajeros. En estos, el énfasis ha estado en el uso del follaje en sistemas de "corte y acarreo" (Libreros *et al* 1994, López *et al* 1994, Oviedo 1995), mientras que los esfuerzos en el manejo bajo defoliación directa por animales han sido muy escasos (Mochiutti 1995, Ibrahim *et al* 1996).

Además, la mayor parte de las investigaciones se ha concentrado en pocas leñosas perennes, la mayoría de ellas leguminosas (p.e. especies del género *Erythrina*, *G. sepium*, *L. leucocephala*), pero también algunas no leguminosas (*Morus alba*, *G. ulmifolia*, *Malvaviscus arboreus*), en las cuales se ha evaluado principalmente el efecto de la poda sobre la capacidad de rebrote y el rendimiento de biomasa comestible y leñosa bajo diferentes arreglos de plantación (Pezo *et al* 1990, Romero *et al* 1993, Benavides 1994, Rodríguez *et al* 1994). Las especies que rebrotaron mejor fueron *G. sepium*, *Erythrina berteroana* y el *M. alba* (Romero *et al* 1993, Mochiutti 1995). El arreglo especial de la siembra de bancos forrajeros depende de la especie y el manejo pero en general, bajo un sistema de corte y acarreo, el banco se planta a 1 x 0.3 m con el manejo de poda cada 90 días (Ibrahim *et al* 1998).

En el follaje se han determinado atributos nutricionales tales como su composición química- con énfasis en la fracción nitrogenada y la presencia de metabolitos secundarios-, digestibilidad, tasa de degradación a nivel ruminal y consumo (Kass *et al* 1993, Payne 1993). Los estudios nutricionales con árboles forrajeros en CATIE han detectado limitaciones por la presencia de sustancias anti-cualitativas especialmente en *G. sepium* y *C. calothyrsus*, pero estas sustancias no presentaron problemas serios en la utilización de estas especies para alimentar los rumiantes (Pezo 1996, Flores *et al* 1999). Cabe mencionar que se han identificado procedencias de *G. sepium* que tienen bajas concentraciones de cummarina, una sustancia anti-cualitativa de relativamente de altos niveles de consumo (López 1995).

También se ha estudiado el impacto de estos follajes sobre la producción de leche y la ganancia de peso, cuando se utilizan como suplementos para bovinos en crecimiento, vacas lecheras y caprinos que reciben forrajes cortados o que son manejados bajo pastoreo (Kass M *et al* 1992, Camero *et al* 1993, Romero *et al* 1993, Benavides 1994, Romero *et al* 1994). Los resultados muestran que el uso de *G. sepium* y *E. berteroa* como suplemento para vacas lecheras puede contribuir en un incremento en la producción diaria por vaca de 10 a 20% (Kass M *et al* 1992, Camero 1999). Por otro lado el uso de *M. alba*, una especie arbustiva con alto valor nutritivo como un suplemento resulta en niveles de producción de leche ligeramente inferior o similar a lo obtenido con el uso de concentrado comercial. El análisis económico muestra mayores beneficios a favor del uso de *M. alba* (Oviedo 1995).

A pesar de la riqueza en la información generada en la región con respecto a los componentes de los sistemas silvopastoriles, en pocos trabajos (Bronstein 1984, Bazill 1987, Somarriba y Lega 1991, Bustamante *et al* 1998) se han estudiado las interacciones entre árboles y pasturas (Figura 5). Además, en un número limitado de trabajos se han monitoreado las opciones silvopastoriles por un período suficientemente prolongado como para generar información cuantitativa que contribuya a probar algunas de las hipótesis propuestas con respecto a sus bondades (Borel y Romero 1991, Szott *et al* 1991, Sánchez 1995).



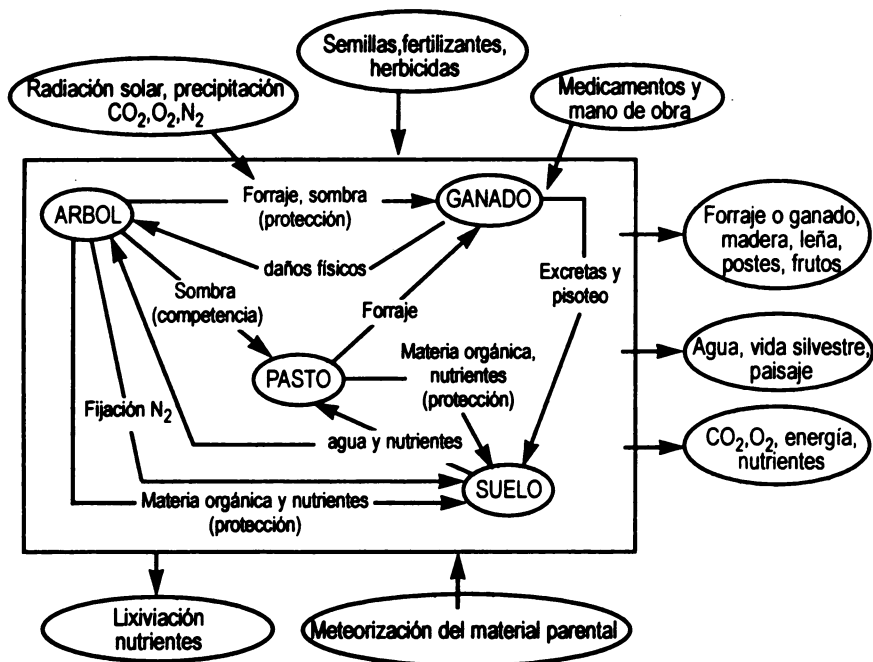


Figura 5. Diagrama simplificado de un sistema silvo-pastoril (adaptado de Bronstein, 1984)

La investigación con árboles maderables en potreros ha sido prioritaria en CATIE en los últimos dos años. Resultados preliminares muestran que el uso de estiércol de ganado como un repelente representaría una herramienta práctica para establecer árboles maderables en fincas ganaderas (Barrios *et al* 1999). En este sentido, la disponibilidad de forraje es un factor importante que puede ser manejado y que afecta la sobrevivencia de árboles comerciales en potreros (Simón *et al* 1998).

Oportunidades para la intervención Silvopastoril en los Sistemas Ganaderos de América Central

Lineamientos para el Desarrollo Sustentable del Sector Agropecuario

La Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro (Brasil) en 1992, hizo un llamado a la reconciliación de la humanidad con su entorno natural y por ende con la sustentabilidad ambiental del desarrollo. A partir de este evento, la región ha mostrado un avance importante en la toma de conciencia sobre la problemática del deterioro ambiental; sin embargo, la aplicación de políticas para contrarrestar sus efectos negativos se ha visto en cierta forma limitada porque los países han tenido que dar prioridad a la paz, a la reconciliación nacional y a retomar la senda del crecimiento económico y del comercio mundial, al tiempo que se trata de superar la pobreza extrema y alcanzar una mayor equidad e integración social (León y Nelson 1994).

La multi-dimensionalidad del problema regional sugiere que su solución no puede ser exclusivamente conservacionista, ni desarrollista; por el contrario, se postula la adopción de políticas y estrategias de crecimiento destinadas a aumentar los ingresos provenientes de la "explotación racional" de los recursos naturales (Davis 1994). En otras palabras, se propugnan políticas que contribuyan a elevar al máximo el crecimiento económico, pero evitando el deterioro ambiental o incluso favoreciendo la rehabilitación de áreas degradadas (CATIE/UGIAAG 1994).

Davis (1994) propone que en la formulación de una estrategia de desarrollo agrícola sustentable se preste atención a los siguientes componentes tecnológicos:

- a) El inventario y caracterización de los recursos genéticos locales.
- b) La evaluación del potencial de uso de los recursos autóctonos como sucedáneos de insumos importados.
- c) La integración de los diversos rubros agropecuarios entre sí (cultivos, pasturas, ganado, leñosas perennes).
- d) El acondicionamiento y la conservación de suelos

- e) El uso de fertilizantes orgánicos
- f) El control integrado de plagas
- g) El reciclaje de los desechos.

En buena medida, los sistemas silvopastoriles son congruentes con estos lineamientos, pues en muchos de ellos se busca: a) potenciar el uso del germoplasma local (especialmente en lo referente a leguminosas herbáceas y leñosas perennes); b) promover la utilización del follajes y frutos de las arbóreas y arbustivas como fuentes alternativas de alimentación que puedan sustituir a alimentos importados y c) manejar más de un componente (animales, pasturas y leñosas perennes) en el mismo terreno, para así aprovechar las interacciones favorables entre ellos. Igualmente, se insiste en el papel de las pasturas y las leñosas como protectoras del recurso suelo, para la producción de biomasa y el potencial de éstas y de los animales en el reciclaje de nutrimentos. En otras palabras, se ve a los sistemas silvopastoriles como una opción para mejorar la productividad de los sistemas de producción, de una manera tal que "ayuden a conservar la base de recursos naturales y a reducir las presiones sociales y de mercado sobre los ecosistemas naturales de América Tropical" (CATIE 1995b).

Opciones Silvopastoriles para los Sistemas Ganaderos

Los sistemas de producción ganadera en América Central son muchos y muy diversos; responden en alguna medida a las condiciones que se presentan en un ecosistema dado: por ejemplo, responden al potencial de adaptación de cultivos y animales a las condiciones abióticas (climáticas, fisiográficas, suelo) y bióticas (p.e. plagas y enfermedades), pero también son muy influidas por factores culturales, sociales y económicos. Entre éstos últimos se incluyen el origen y las características étnicas de los productores, las percepciones y gustos de los productores como individuos, el sistema de tenencia de tierra, las políticas de subsidios y crédito, el acceso al mercado e insumos y la asistencia técnica estatal o de los organismos no gubernamentales.

Aunque cualquier generalización es riesgosa, especialmente ante tanta diversidad, a continuación se hace un intento por agrupar y caracterizar los sistemas de producción ganadera dominantes en el América Central, considerando como clases principales tamaño de la explotación y características ecológicas de sitio.

En las fincas grandes hay cierta tendencia hacia la especialización. Aún cuando algunas de ellas pueden presentar componentes de cultivos, animales y árboles dentro de la misma explotación, con frecuencia son manejadas como empresas independientes, con poca o ninguna interacción entre ellas. En esta clase de fincas, la actividad ganadera casi exclusiva es la producción bovina de carne, la cual es manejada casi en forma extensiva y es la principal proveedora de la carne para exportación. En ellas, los sistemas silvopastoriles tradicionalmente presentes son las cercas vivas y los árboles dispersos en potreros, pero prácticamente no hay un planeamiento del manejo orientado a optimizar las interacciones entre pasto, ganado y los árboles. En estas explotaciones son bastante limitadas las oportunidades para el uso intensivo de árboles forrajeros en sistemas de "corte y acarreo" o cualquier otro que suponga el uso intenso de la mano de obra, pues tanto la extensividad del manejo como la baja disponibilidad de mano de obra lo impiden.

Por otro lado, como el problema de degradación de pasturas es frecuente en estas fincas, es posible encontrar muchas áreas de pastoreo "abandonadas" y con procesos de regeneración natural del bosque secundario (Figura 4). Estas áreas pueden ser utilizadas bajo pastoreo, quizás en los primeros años del ciclo de regeneración, coincidiendo generalmente con los períodos de escasez de forraje ("pastoreo de charrales o tacotales"). Además, la disponibilidad de incentivos forestales y la imagen negativa de la actividad ganadera extensiva, han favorecido en algunos de los países de la región el establecimiento de especies forestales de rápido crecimiento en fincas ganaderas, especialmente en áreas que estuvieron cubiertas por praderas degradadas (p.e. Guanacaste de Costa Rica). Bajo esas condiciones, las leñosas son establecidas en sistemas de plantación y esas áreas son generalmente excluidas del pastoreo, para evitar daños potenciales del ganado sobre los árboles.

Esto abre posibilidades importantes para el trabajo silvopastoril que debe desarrollarse en la próxima década, pues en América Central no se han explorado adecuadamente las posibilidades de rehabilitación de praderas degradadas mediante la introducción de pasturas mejoradas, que en conjunto con la siembra de especies forestales de rápido crecimiento -con bajas densidades por hectárea- podrían ser utilizadas para el manejo bajo pastoreo.

Tampoco se ha documentado la alternativa de incorporar pasturas (gramíneas, leguminosas o asociaciones) como coberturas útiles en sistemas de plantación (p.e. palma aceitera, cocoteros y cítricos) y utilizarlas bajo pastoreo, tal como se practica en varios países asiáticos (Reynolds 1995).

En América Central también son escasos los esfuerzos para monitorear el funcionamiento del sistema de árboles dispersos en potreros así como de pastoreo en charrales y tacotales, los cuales son tradicionales en la región. Las pocas acciones en esta línea han sido puntuales, sin un seguimiento de los impactos del pastoreo en el largo plazo; como por ejemplo en la vegetación y los suelos.

En las fincas medianas y pequeñas, es mayor el nivel de complejidad de los sistemas de producción, tanto en términos de sus componentes como de los productos generados. En la mayoría de éstas, los animales son parte integral del sistema e interactúan fuertemente con los otros componentes (Quiroz *et al* 1997). Aún cuando cualquier generalización resulta insuficiente para agrupar la diversidad de sistemas mixtos (cultivos/animales) presentes en la región, en el Cuadro 3 se intenta hacer una clasificación, identificando atributos tales como su estructura (componentes más importantes), los principales productos pecuarios y los elementos que participan en los sub-sistemas de alimentación. De esta forma, y con base en las características, se identifican las opciones silvopastoriles sobre las cuales vale la pena hacer esfuerzos de generación, validación y transferencia de tecnología.

En el trópico de altura, la lechería especializada es el sistema de producción bovina más relevante (CATIE 1983). En Costa Rica, la lechería especializada de zonas altas se combina con la producción de papas, hortalizas, frutales de altura y más recientemente han tomado relevancia algunos cultivos de exportación como flores y fresas. En muchas áreas de pasturas se encuentran especies como el jaúl (*Alnus acuminata*) y el ciprés (*Cupressus lusitanica*) dispersos en potreros o incluso en cercas vivas y cortinas rompevientos (González 1992). Aún cuando hay algunos estudios respecto al jaúl en sistemas lecheros de altura (Russo 1990) todavía falta cuantificar de manera más precisa su capacidad fijadora de nitrógeno y sus efectos sobre el crecimiento de pasturas acompañantes.

Cuadro 3. Sistemas agropecuarios predominantes en las fincas medianas y pequeñas, localizadas en las diferentes zonas agroecológicas presentes en América Central¹

Zona Agroecológica	Sistemas de producción predominantes	Principales productos pecuarios	Componentes del sub-sistema de alimentación	Opciones silvopastoriles relevantes	Prioridad
Tropico de altura (>1200 m.s.n.m.)	Ganado lechero/hortalizas/frutales/papas/ flores	leche/queso otros productos	Pastoreo, forrajes de corte, forrajes conservados, concentrados comerciales, melaza, banano	Cortinas rompevientos (CR), Cercas vivas (CV), Barreras vivas de leñosas en áreas de pasto de corte (BV), Arboles dispersos (AD), Asocio de pasturas con frutales (PP)	+2 (BV, CR, AD) ³
Laderas húmedas (600 – 1200 m.s.n.m.)	Ganado de doble propósito y/o cabras lecheras, café y/o caña de azúcar Ganado de doble propósito/maíz y sorgo con leguminosas como cobertura/frijoles/yuca	Leche/queso/ animales destetados Leche/queso/ animales destetados y adultos	Pastoreo restringido, pastos de corte, residuos de árboles de sombra (p.e. pseudo-tallo de plátano, follaje de poró), punta de caña, melaza, concentrados. Pastoreo, rastrojos de maíz, sorgo y leguminosas, ramoneo del follaje de leñosas perennes	Barreras vivas de leñosas en áreas de pasto de corte (BV), Bancos forrajeros (BF), Cercas vivas (CV) Arboles dispersos en potreros (AD), Barreras vivas (BV), Bancos forrajeros (BF), Cercas vivas (CV)	+++ (BV, CV, BF) +++ (BV, AD, BF)

¹ Independientemente de zonas agroecológicas, en la mayoría de las fincas se crían aves y cerdos y se mantienen algunos cultivos como actividades de autoconsumo en el "huerto familiar".

² + = Mínima prioridad ... +++ = Máxima prioridad para investigación y transferencia

³ En orden de prioridad, las tres opciones más relevantes para cada zona agroecológica.

(continúa)

Cuadro 3. Sistemas agropecuarios predominantes en las fincas medianas y pequeñas, localizadas en las diferentes zonas agroecológicas presentes en América Central¹

Zona Agroecológica	Sistemas de producción predominantes	Principales productos pecuarios	Componentes del sub-sistema de alimentación	Opciones silvopastoriles relevantes	Prioridad
Laderas sub-húmedas y/o secas (600- 1200 m.s.n.m.)	Ganado de doble propósito y/o caprinos/maíz, sorgo, o arroz de secano/fríjoles/yuca	Queso/leche (mayormente en período de lluvias)/ animales destetados y adultos	Pastoreo todo el año; rastrojos de cultivos y otros forrajes conservados durante el período seco, melaza, ramoneo del follaje y consumo de frutos de leñosas perennes	Cortinas rompevientos (CR), Barreras vivas (BV), Cercas vivas (CV), Bancos forrajeros (BF), Arboles dispersos en potreros (AD), Pastoreo de charrales o tucotales (PCh)	++++ ² (BF, BV, PCh) ³
Trópico húmedo bajo (< 600 m.s.n.m.)	Ganado de doble propósito o de carne/maíz/arroz inundado/yuca/aráceas/ frutales	Leche/queso/ animales destetados o adultos	Pastoreo, melaza, frutos de banano, concentrados comerciales, follajes de leñosas perennes	Arboles dispersos en potreros (AD), Pastoreo en plantaciones (PP), Cercas vivas (CV)	++++ (AD, PP, CV)
Trópico bajo sub-húmedo y/o seco (< 600 m.s.n.m.)	Ganado de doble propósito o de carne/maíz/arroz inundado/yuca/caup// caña de azúcar/citrícos	Leche/queso (mayormente en período de lluvias)/ animales destetados y adultos	Pastoreo todo el año; rastrojos de cultivos, "guatera" y otros forrajes conservados durante el período seco, melaza, ramoneo del follaje y consumo de frutos de leñosas perennes	Arboles dispersos en potreros (AD), Pastoreo en plantaciones (PP), Bancos forrajeros (BF), Cercas vivas (CV)	++ (AD, BF, PP)

¹ Independientemente de zonas agroecológicas, en la mayoría de las fincas se crían aves y cerdos y se mantienen algunos cultivos como actividades de autoconsumo en el "huerto familiar".

² + = Mínima prioridad para investigación y transferencia

³ En orden de prioridad, las tres opciones más relevantes para cada zona agroecológica.

... como actividades de autoconsumo.

Los sistemas de cortinas rompevientos en áreas de pasturas y de barreras vivas en las áreas dedicadas a la producción de pastos de corte son otras opciones silvopastoriles relevantes para el trópico de altura y en las cuales falta información cuantitativa respecto a las interacciones árboles-pastos-animales. Igualmente en esta zona hay iniciativas de en la evaluación de nuevo germoplasma de gramíneas y leguminosas herbáceas así como de reforestación con maderables (principalmente pinos) y frutales (p.e. manzanas) en áreas cubiertas anteriormente por pasturas. En aquellas áreas que no tienen pendientes muy pronunciadas es recomendable explorar las posibilidades de opciones silvopastoriles con dichos componentes.

Las zonas de ladera constituyen las áreas de mayor urgencia en cuanto a la búsqueda de opciones silvopastoriles que permitan detener el deterioro ambiental o incluso rehabilitar áreas degradadas, pues en ellas se presentan las mayores concentraciones de pequeños y medianos productores, así como la mayor población de ganado bovino de doble propósito y de caprinos. Entre las áreas de ladera - en las zonas sub-húmedas y secas de la Vertiente del Pacífico- es donde se presentan actualmente los problemas más serios de erosión, no sólo porque la mayoría de los suelos presentes son naturalmente más erodables, sino porque las pendientes son más abruptas, los patrones de precipitación son más intensos y concentrados en pocos meses del año; además hay una mayor ausencia de cobertura vegetal, lo cual se complica aún más por las frecuentes quemas estacionales (Leonard 1987).

En la búsqueda de opciones silvopastoriles para las áreas de ladera deberá comenzarse por la identificación de aquellas áreas a nivel regional y de la finca que pueden soportar mejor el uso ganadero, para en ellas aplicar estrategias de renovación o rehabilitación de pasturas degradadas. El incremento en la capacidad de soporte de las pasturas, resultante de la renovación o rehabilitación de las praderas degradadas, debe dar oportunidad a la liberación de otras áreas que no tienen vocación ganadera a fin de que simultáneamente sean incorporadas en esquemas de reforestación. Eso implica la necesidad de incentivar las dos actividades juntas sobre la base de una planificación de uso de la tierra.

Las estrategias de rehabilitación o renovación de pasturas degradadas a ser aplicadas en las zonas de ladera (con poca pendiente) deben

considerar no sólo la utilización del germoplasma herbácea de gramíneas y leguminosas forrajeras identificados como promisorios por su adaptación y persistencia bajo pastoreo, sino que se deben prestar atención particular a aquellos genotipos con hábito de crecimiento rastrojero, así como a la aplicación de sistemas de labranza o siembra que aseguren una buena cobertura del suelo en estadios tempranos de la fase de establecimiento. Algunos de estos aspectos necesitan ser validados a nivel de finca. Por otro lado, en las pasturas así establecidas, deben proponerse estrategias para incorporar las leñosas perennes como sistemas de árboles dispersos en potreros o en linderos.

Otras opciones silvopastoriles que ameritan atención en las zonas de ladera con pendientes medias son las cortinas rompeviento y las barreras vivas; pero la última opción es particularmente más importante para aquellos productores que tienen esquemas intensivos de producción de bovinos de doble propósito o de caprinos, en los cuales las leñosas perennes se incorporarían en las áreas dedicadas a la producción de forrajeras de corte. En el caso particular de las laderas sub-húmedas o secas, pero con pendiente moderada, toma también relevancia particular el estudio de los "bancos forrajeros" manejados bajo pastoreo o ramoneo. El énfasis debe estar en su papel como proveedores de nutrientes en los periodos críticos, cuando los animales pastorean henos en pie de baja calidad, consumen "guatera" o residuos de cultivo. Por razones económicas y por su alto consumo de mano de obra, el uso de árboles forrajeros no es competitivo con los pastos durante los periodos de mayor precipitación aunque la calidad del forraje de los árboles y arbustos casi siempre es más alto que los pastos.

Para las fincas medianas del trópico bajo aplican muchas de las propuestas hechas para las fincas grandes (p.e. pastoreo en plantaciones, pastoreo en "charrales o tacotales"), así como de árboles dispersos en potreros degradados que han sido previamente recuperados. Igualmente, para las zonas bajas con un período de sequía prolongado amerita el evaluación del sistema de bancos forrajeros manejado bajo pastoreo. En contraste, en las fincas pequeñas donde la mayor limitante es el recurso tierra, conviene prestar mas atención a las estrategias para incorporar y proteger árboles maderables o frutales, ya sea en cercas vivas o como árboles en lindero, y a bancos forrajeros manejados con "corte y acarreo".

Los esfuerzos de investigación silvopastoril en América Central deberían concentrarse en las áreas de ladera, mayormente aquellas del trópico sub-húmedo o estacional, y en las regiones del trópico húmedo bajo (Cuadro 3). Las primeras presentan actualmente el mayor conflicto "presión poblacional - pobreza - deterioro ambiental y constituyen las zonas de emigración o expulsión de los campesinos de menores recursos hacia las áreas de frontera agrícola o a los cordones de miseria de las grandes ciudades (León 1994). Por otro lado, el trópico húmedo bajo es actualmente la mayor zona de recepción (Thiesenhusen 1994) de los emigrantes agrícolas (área de frontera agrícola), aunque también hay actividad de este tipo en las zonas de ladera húmeda. Para prevenir un mayor deterioro en estas zonas, es necesario disponer de opciones tecnológicas que permitan mantener en el largo plazo niveles aceptables de productividad y proveer las condiciones para hacer atractiva y necesaria la intensificación en el uso de la tierra.

El Reto para las Instituciones Internacionales, Regionales y de Investigación y Enseñanza

La última década del siglo XX presentó un nuevo escenario institucional y de apoyo financiero para el desarrollo tecnológico y la educación agrícola en América Central. En general, las instituciones nacionales de investigación y desarrollo agrícola, las instituciones regionales y los centros internacionales del CGIAR han estado sometidos a un proceso de ajuste en sus programas, con una reducción en sus recursos financieros y humanos dedicados a la investigación. Esto ocurre justamente cuando es más compleja la naturaleza y dimensión de los problemas a ser encarados, pues ahora no es sólo la preocupación por incrementar la productividad que empujó la denominada "Revolución Verde" sino que cualquier intervención para mejorar el potencial productivo de los sistemas debe hacerse evitando provocar impactos negativos sobre el ambiente y respondiendo a los principios de equidad que deben regir a la sociedad (CATIE/UGIAAG 1994, Li Pun *et al* 1995).

Para responder a este reto se requiere un mayor acercamiento entre los grupos de investigación y desarrollo dedicados a la producción agropecuaria con aquellos orientados a la producción forestal y a la conservación de la base de recursos naturales, una mayor participación del sector privado en acciones tradicionalmente desarrolladas por

los organismos oficiales (Turk 1995) y la consolidación de los mecanismos de cooperación interinstitucional (León y Nelson 1994) e internacional, tanto entre los organismos oficiales, como entre éstos y los no gubernamentales (ONG's).

Las instituciones nacionales tienen la infraestructura para llevar a cabo la validación de tecnologías, monitoreo e implementación a nivel de finca, región o cuencas. Con relación a la investigación en sistemas silvopastoriles, corresponde a las instituciones regionales e internacionales (p.e. CATIE y CIAT) desarrollar la investigación estratégica orientada a monitorear las interacciones que ocurren entre los componentes de los sistemas silvopastoriles (Figura 5), así como los mecanismos que contribuyen al uso sostenible del recurso suelo en dichos sistemas.

Como se ha indicado anteriormente, un alto porcentaje de las pasturas en América Central son degradadas y este debe ser un tema de alta prioridad para la investigación en sistemas silvopastoriles. A pesar de que muchas personas reconocen la importancia de la problemática de pasturas degradadas, existe poca información sobre el área exacta y el grado de degradación que afecta a la región. En este sentido, resulta necesario desarrollar metodologías utilizando herramientas como el sistema de información geográfica (SIG) para cuantificar el área de pasturas degradadas y para recomendar alternativas de sistemas silvopastoriles, considerando las condiciones biofísicas (suelo, topografía, clima etc.) y socioeconómicas de cada zona.

Dada la diversidad de ecosistemas en la región y las múltiples opciones de sistemas silvopastoriles y de matices dentro de estos- que se existen actualmente o que podrían diseñarse- se sugiere trabajar prioritariamente con aquellos considerados en la sección anterior como más relevantes; pero dentro de estos, deben seleccionarse algunos que pueden funcionar como representativos de un grupo más amplio de sistemas. Por ejemplo, cuando se trabaje con opciones tales como "árboles dispersos en potreros" o "pastoreo en plantaciones", la selección de los sistemas a ser estudiados puede basarse, entre otros factores, en las características morfológicas y/o funcionales de las leñosas perennes que la conforman (p.e. forma de copa, capacidad de fijar nitrógeno, maderables o forrajeras, caducidad de hojas, etc.), así como el arreglo espacial de los componentes para facilitar la transferencia y validación de la tecnología en otras zonas.

Por otro lado, la complejidad de estos sistemas, el carácter de largo plazo de estas evaluaciones, los costos asociados con la implementación de los mismos y la representatividad de las condiciones biofísicas y socio-económicas propias de las estaciones experimentales sugieren que las investigaciones de este tipo de sistemas deben sustentarse en la aplicación de enfoques inter- y multi-disciplinarios (Lascano y Pezo 1994), en la cooperación inter-institucional y bajo la modalidad de investigación participativa en fincas privadas. Se deben aprovechar las iniciativas de reforestación del sector privado que ya estén en marcha, pues resulta prácticamente imposible el establecer varias de estas opciones en terrenos propios y con recursos de una institución o un proyecto. Además, el trabajo efectuado en esas condiciones puede facilitar eventuales acciones de difusión.

En los sistemas que involucran pastos, animales y árboles maderables o frutales, debe tenerse claro el objetivo de los diferentes componentes. Por ejemplo, la introducción de animales en un sistema de plantaciones puede tener diversos propósitos, como son: reducción del riesgo de incendios, permitiendo que los animales cosechen una biomasa potencialmente combustible; disminuir los costos de control de las malezas; y/o producir ingresos adicionales por la venta de animales, especialmente en etapas en las que todavía no hay entradas económicas por cosecha de madera o frutos (Couto *et al* 1994).

Como los grupos nacionales de investigación en producción animal han mostrado una participación cada vez más activa en la evaluación de las leñosas perennes como fuentes de forraje, las instituciones regionales e internacionales deberían reducir el énfasis de su trabajo en esa área temática, pero apoyar las iniciativas nacionales en los aspectos metodológicos y encarar por sí mismas o en cooperación con instituciones de países desarrollados, los problemas de investigación estratégica o más básica, como pueden ser:

- a) Monitorear el potencial de persistencia de las leñosas perennes en bancos forrajeros, especialmente cuando son manejadas bajo pastoreo.
- b) Evaluar las variaciones en los atributos físicos, biológicos y de fertilidad en los suelos donde se mantienen sistemas silvopastoriles, que podrían ser indicativos del potencial de sostenibilidad de ese sistema.
- c) Identificar metabolitos secundarios o mecanismos que interfieren o

favorecen la utilización (consumo y digestibilidad) del follaje de leñosas perennes o de otros recursos alimenticios locales;

- d) Determinar el rol sinérgico del nitrógeno cuando se utiliza el follaje de árboles forrajeros como suplemento a dietas basadas en forrajes de baja calidad.

Otra área de investigación en sistemas silvopastoriles que merece atención es el desarrollo de estudios ecofisiológicos, orientados a determinar las relaciones de interferencia y su manejo (p.e. competencia por luz, agua y nutrimentos, alelopatía) y de complementariedad entre leñosas perennes y pasturas, cuando ellas comparten el mismo espacio (Figura 5), como sucede en los sistemas de "árboles dispersos en pasturas" y el de "pastoreo en plantaciones". En estos sistemas también es importante evaluar las interacciones directas entre los animales y las leñosas (p.e. daños físicos, sombreadamiento) y las indirectas que son mediadas por el suelo (p.e. reciclaje de nutrimentos a través de las excretas, compactación).

Durante los últimos años los ganaderos han sido más conscientes de la importancia de los árboles maderables en potreros, un cambio que sin duda está relacionado con los altos precios de la madera comercial. Sin embargo, debido a los buenos precios de madera hay evidencias de sobre-explotación de árboles comerciales en las fincas ganaderas (Barrios 1998). Para solucionar este problema hay que desarrollar herramientas prácticas para el establecimiento y manejo de árboles maderables en potreros, considerando que la inclusión de la actividad forestal permite a las fincas ganaderas ser más rentables y con beneficios ambientales.

La información físico-biológica obtenida en estos estudios básicos debe ser incorporada en modelos de simulación, que a su vez puedan ser integrados con información socio-económica, de manera que a través de ellos se puedan explorar y hasta predecir las potencialidades de estos sistemas silvopastoriles en escenarios diferentes a aquellos en los que generó la información de base. En otras palabras, el propósito de estos estudios básicos es poder desarrollar mecanismos, como sistemas de experto, que permiten la generalización de los estudios específicos en sitios dados y el uso de todo el conocimiento tanto básico como aplicado en la toma de decisiones de manejo en aspectos como la selección de especies apropiadas y las intervenciones de manejo (p.e.

frecuencia de poda), lo cual permite acortar el proceso de validación de sistemas silvopastoriles en sitios nuevos.

Para lograr este objetivo aplicado, la investigación en sistemas silvopastoriles debe orientarse a diferentes escalas: finca, región, cuencas o paisaje. A nivel de cuenca o paisaje hay que evaluar los servicios ambientales de los sistemas silvopastoriles en indicadores como biodiversidad, conservación de agua y captura de CO₂.

Para que la región pueda aprovechar eficazmente los avances de la investigación sobre sistemas silvopastoriles, es necesario además revisar los programas de educación y capacitación, tratando de balancear los elementos conducentes al incremento de la productividad, con aquellos orientados a crear conciencia sobre la problemática ambiental y social de sus países. Sólo así será posible pasar de la etapa de teorización sobre las relaciones entre el manejo tradicional de la ganadería y el deterioro ambiental (Toledo 1994a), hacia la acción en el manejo sostenible de los recursos naturales en sistemas ganaderos.

En la mayoría de los planes de estudio de agronomía, zootecnia y forestales se detecta un sesgo hacia los enfoques disciplinarios y por rubro, lo cual alimenta una visión segmentada de los procesos productivos en el sector rural. Para que los nuevos profesionales estén capacitados adecuadamente para enfrentar el reto del desarrollo sostenible se hace necesario incorporar enfoques holísticos en la educación en ciencias agrícolas, los cuales suponen integrar los elementos de sistemas agroforestales y silvopastoriles en los planes de estudio.

Por otro lado, en el caso de los profesionales que ya están trabajando en el campo, es fundamental promover actividades de educación continuada o capacitación en el diseño y manejo de opciones silvopastoriles, dirigidas a profesionales de los sectores pecuario y forestal. Para los investigadores pecuarios y forestales que tengan interés en la temática de los sistemas silvopastoriles, es también fundamental que la región cuente con opciones de maestría y doctorado en este campo, pues con frecuencia los programas de posgrado más bien tienden a una mayor especialización en áreas temáticas disciplinarias.

Literatura Citada

- Barrios, C. 1998. Pastoreo regulada y bostas del ganado como herramientas forestales para protección de arbolitos en potreros. Tesis Mag. Sc.. Turrialba, C. R. 93 p.
- Barrios, C.; Beer, J.; Ibrahim, M. 1999. Pastoreo regulado y bostas del ganado para la protección de plántulas de *Pithecolobium saman* en potreros. Agroforestería en las Américas: (In press).
- Bazill, J.A.E. 1987. Evaluation of tropical forage legumes under *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* in Turrialba, Costa Rica. Agroforestry Systems 5: 97-108.
- Beer, J.; Fassbender, H.W. y Heuveldop, J. (eds.). 1987. Advances in Agroforestry Research. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico N° 117. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 116-172.
- Benavides, J.E. 1994. Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico No. 236. 721 p.
- Borel, R. y Romero, F. 1991. On-farm research in a silvopastoral project: a case study. Agroforestry Systems 15: 245-257.
- Borel, R., y Romero, F. (1991). On-farm research in a silvopastoral project: a case study. Agroforestry Systems 15: 245-247.
- Borel, R.; Ruiz, M.; Pezo, D.; Ruiz, A. 1982. Un enfoque metodológico para el desarrollo y evaluación de alternativas de producción pecuaria para el pequeño productor. In: Taller de Trabajo sobre Sistemas de Producción Animal Tropical H.H. Li Pun y H. Zandstra (eds.), IDRC, Bogotá, Colombia. pp. 41-82. (IDRC Manuscript Reports No. 62-s).
- 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, C. R. UCR-CATIE. 110 p.

- Bustamante, J. 1991. Evaluación del comportamiento de ocho gramíneas forrajeras asociadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) y solas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R. CATIE 131 p.
- Bustamante, J. Ibrahim, M y Beer, J. 1998. Evaluación agronómica de ocho gramíneas mejoradas en un sistema silvopastoril con poró (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Turrialba. Agroforestería en la Américas 5 (19): 11-16.
- Camero, A.; Vásquez, R.; Alagón, G.; Kass, M. y Romero, F. 1993. Uso de *Erythrina poeppigiana* como suplemento a forrajes con bajo contenido proteico. In: S.B. Westley y M. H. Powell (eds.). *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA, Paia, Hawaii, U.S.A. pp. 231-236.
- Camero, A; Ibrahim, M. and Kass, M. 1999. Improving rumen fermentation with tree legumes and milk production in the tropics. Agroforestry Systems (submitted).
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1995a. Annual Report 1994. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Institutional Series. Annual Report No. 14. 256 p.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1995b. Annual Report 1995. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Institutional Series. Annual Report No. 15. 205 p.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1983. Investigación aplicada en sistemas de producción de leche. Informe Técnico Final 1979-1983 del Proyecto CATIE-BID. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 155 p.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza/UGIAAG. 1994. Estrategias para la sostenibilidad: Recursos naturales y producción animal en América Central. In: E. J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. CATIE/UGIAAG, Turrialba, Costa Rica. 333 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.

- Davis, L.H. 1994. Sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola en América Latina y el Caribe. *In*: F. León (ed.) Conocimiento y Sustentabilidad Ambiental del Desarrollo en América Latina y el Caribe. Dolmen, Santiago, Chile. pp. 57-84.
- De Camino, R. 1994. Agroforestería y desarrollo sostenible. *Agroforestería en las Américas* 1(2): 4.
- Donnelly, P. 1996 Pastures for prosperity. 2. The global environment of pasture-based industries - dairying. *Tropical Grasslands* 30: 23-30.
- Duarte, J.M.; Pezo, D.A.; Arze, J. 1994. Crecimiento de tres gramíneas forrajeras establecidas en cultivo intercalado con maíz, (*Zea mays* L.) o vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Pasturas Tropicales* (Colombia) 16: 8-14.
- FAO. 1982. FAO Production Yearbook. Vol. 36. FAO Statistics Series N° 49. Rome, Italy.
- FAO. 1994. FAO Production Yearbook. Vol. 48. FAO Statistics Series N° 76. Rome, Italy.
- Fernandes, E.C.; Biot Y.; Castilla, C.; Canto A.C.; Matos J.C.; Garcia S.; Perin R. y Wandelli E. 1997. The impact of selective logging and forest conversion for subsistence agriculture and pastures terrestrial nutrient dynamics in the Amazon. *Ciencia e Cultura* 49 (1): 34-37.
- Flores, J. 1994. El estado actual y las tendencias en la utilización de los recursos naturales en América Central. *In*: E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. CATIE/UGIAAG, Turrialba, Costa Rica. pp. 21-38.
- Flores, J; Ibrahim, M; Kass, D; y Andrade, H. (1999). Contribución ecológica de los taninos de especies leñosas sobre la utilización de nitrógeno por bovinos. *Actas de la IV Semana Científica, CATIE, 1999.* pp 255-258.
- French, J. B. 1994. Estado actual y tendencias de la producción agropecuaria en América Central. *In*: E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. E. J. Homan (ed.). CATIE/UGIAAG, Turrialba, Costa Rica. pp. 7-20.

- González, M. 1992. Plantaciones forestales combinadas con producción lechera en la finca La Esmeralda (San José de la Montaña, Costa Rica). In: Montagnini, F. (ed.). *Sistemas Agroforestales: Principios y Aplicaciones en los Trópicos*. OTS, San José, Costa Rica. pp. 329-360.
- González, M. S.; Van Heurck, L. M.; Romero, F.; Pezo, D.A.; Argel, P. 1996. Producción de leche en pasturas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) sola y asociada con *Arachis pintoi* o *Desmodium ovalifolium*. *Pasturas Tropicales* 18(1) 2-12.
- Hecht, S.B. 1985. Environment, development and politics: Capital accumulations and the livestock sector in Eastern Amazonia. *World Development* 13: 663-684.
- Hecht, S.B. 1993. The logic of livestock and deforestation in Amazonia. *Bio Science* 43: 687-695.
- Hernández, M.; Argel, P.J.; Ibrahim, M.A.; t' Mannetje, L. 1995. Pasture production, diet selection and liveweight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoi* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Tropical Grasslands* 29: 134-141.
- Hurtado, J.; Pezo, D.; Chaves, C.; Romero, F. 1988. Caracterización de una pradera degradada de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) bajo el efecto del pastoreo y la introducción de leguminosas en el trópico húmedo. In: E.A. Pizarro (ed.), *Memorias I Reunión de la RIEPT-CAC, Veracruz, México*. Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales, CIAT, Cali, Colombia. pp. 341-347.
- Ibrahim M, Canto G y Camero A. 1998. Establishment and management of fodder banks for livestock feeding in Cayo. In: M. Ibrahim y J. Beer (eds) *Agroforestry Prototypes for Belize*, CATIE/GTZ, Costa Rica. pp 15 -39.
- Ibrahim, M.A. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Ph.D. Dissertation Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands*. 129 p.

- Ibrahim, M.A.; Holmann, F.; Hernández, M.; Camero, A.; Chana, C. 1996. Forage yield and liveweight gains of steers browsing *Erythrina* protein banks and/or supplemented with green bananas in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems: (submitted)*.
- Jarvis, L.S. 1986. Livestock development in Latin America. The World Bank, Washington, D.C., U.S.A. 214 p.
- Kaimowitz, D. 1996. Livestock and deforestation. Central America in the 1980s and 1990s: A Policy Perspective. CIFOR, Jakarta, Indonesia. 88 p.
- Kass, D.; Burgos, C. y Vargas, A. 1992. Sustainable land use systems research in Central America. *In: International Workshop on Sustainable Land Use Systems Research. Proceedings, Oxford and IBH, New Delhi, India.* pp. 183-199.
- Kass, M.; Benavides, J.; Romero, F. y Pezo, D. 1992. Lessons from main feeding experiments conducted at CATIE using fodder trees as part of the N-ration. *In: A. Speedy y P. Pugliese (eds.). Legume Tree and other Fodder Trees as Protein Sources for Livestock. FAO, Animal Production and Health Paper No. 102. FAO, Rome, Italy.* pp. 161-175.
- Kass, M.; Pérez, A. y Rodríguez, G. 1993. Valor nutritivo de la biomasa comestible de diferentes especies y clones del género *Erythrina*. *In: S.B. Westley y M. H. Powell (eds.). Erythrina in the New and Old Worlds. NFTA, Paia, Hawaii, U.S.A.* pp. 217-222.
- Lascano, C.E. y Pezo, D.A. 1994. Agroforestry systems in the humid forest margins of Tropical America from a livestock perspective. *In: Copland, J.; Djajanegra, A. y Sabrani, M. (eds.). Agroforestry and Animal Husbandry for Human Welfare. ACIAR Proceedings N° 55. ACIAR, Camberra, Australia.* pp. 17-24.
- León, F. 1994. Gente, ganado y recursos naturales en los escenarios del Istmo. *In: E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. CATIE/UGIAAG, Turrialba, Costa Rica.* pp. 39-64.

- León, F. y Nelson, M. 1994. Desarrollo sustentable, economía e institucionalidad: Necesidades de investigación en América Latina y el Caribe. *In*: F. León (ed.) Conocimiento y Sustentabilidad Ambiental del Desarrollo en América Latina y el Caribe. Dolmen, Santiago, Chile. pp. 297-325.
- 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, Costa Rica. 268 p.
- Li Pun, H.H.; Seré, C. y Devendra, C. 1995. IDRC experiences in the support of animal production systems research in developing countries. *In*: M.E. Ruiz; C. Seré y H.H. Li Pun (eds.). Animal Production Systems Global Workshop. IICA, San José. pp. 279-298.
- Libreros, H.F.; Benavides, J.E.; Kass, D. y Pezo, D. 1994. Productividad de una plantación asociada de poró (*Erythrina poeppigiana*) y King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*). II. Movilización de minerales. *In*: J.E. Benavides (ed.). Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 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, S. 1995. Evaluación de compuestos secundarios y consumo voluntario de cinco procedencias de *Gliricidia sepium* (Jacq.). Walp, en dos épocas del año, en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R. CATIE. 78 p.
- López, Z.; Benavides, J.E.; Kass, M. y Faustino, J. 1994. Efecto de la frecuencia de poda y la aplicación de estiércol sobre la producción de biomasa de amapola (*Malvaviscus arboreus*). *In*: J.E. Benavides (ed.). Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 531-544.
- Miles, J.W. y Lapointe, S.L. 1992. Regional germplasm evaluation: A portfolio of germplasm options for the major ecosystems of tropical America. *In*: Pastures for the Tropical Lowlands: CIAT's Contribution. CIAT, Cali, Colombia. pp. 9-28.

- 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, C.R. CATIE 144 p.
- Musalem, M.; Martínez, H. 1989. Avances en la investigación silvicultural de árboles con uso múltiple en América Central y Panamá. In: R. Salazar (ed.). Manejo y Aprovechamiento de Plantaciones Forestales en Especies de Uso Múltiple. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 27-66.
- Myers, N. 1981. How Central America's forest became North America's hamburgers. *Ambio* 10: 3-8.
- Navarro, L.A. y Moreno, R.A. 1976. El enfoque multidisciplinario en la investigación agrícola con pequeños productores. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 32 p.
- 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, C.R. CATIE. 87 p.
- Payne, L. D. Chemical constituents of *Erythrina*: historical perspective and future prospects. 1993. In: S.B. Westley y M. H. Powell (eds.). *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA, Paia, Hawaii, U.S.A. pp. 314-321.
- Pérez, H.E.; Pezo, D.; Arze, J. 1993. Asocio de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf y *B. dictyoneura* con soya (*Glycine max* L.) durante la fase de establecimiento. 1. Producción de fitomasa de gramínea. *Pasturas Tropicales* (Colombia) 15: 2-9.
- Pezo, D e Ibrahim, M. 1996. Sistemas Silvopastoriles: Una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. In: 1er. Foro Internacional sobre "Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales". Veracruz, México, 7-9 noviembre 1996. FIRA, Banco de México, Morelia, México. 39 p.
- Pezo, D. 1996. Potencial de sostenibilidad en sistemas de producción animal basados en la utilización de recursos alimenticios locales. In: 1er. Ciclo de Conferencias sobre "Utilización de Recursos Alimenticios Alternativos para Rumiantes en el Trópico", San Juan de los Morros, Venezuela, 15-23 julio, 1996. Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos. San Juan de los Morros, Venezuela. pp. 119-146.

- Pezo, D.; Ibrahim, M. 1998. *Sistemas Silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No 2.* CATIE. 260 pp.
- Pezo, D.; Kass, M.; Benavides, J.; Romero, F. y Chaves, C. 1990. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. *In: C. Devendra (ed.). Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals.* IDRC, Ottawa, Canadá. pp. 163-175.
- Pezo, D.A.; Romero, F. e Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. *In: S. Fernández Baca (ed.). Avances en la Producción de Leche y Carne en el Trópico Americano.* FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. pp. 47-98.
- Posner, J. y McPherson, M. 1981. Las áreas de ladera de México, Centroamérica, el Caribe y los países andinos: situación actual y perspectivas para el año 2000. *In: A. Novoa y J. Posner (eds.). Memorias del Seminario Internacional "Producción Agropecuaria y Forestal en Zonas de Ladera de América Tropical".* CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico N° 11. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 91-106.
- Preston, T.R. y Murgueitio, E. 1992. *Strategy for Sustainable Livestock Production in the Tropics.* Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) y Swedish Agency for Research Cooperation (SAREC). CONDRIT, Cali, Colombia. 89 p.
- Quiroz, R.A.; Pezo, D.A.; Rearte, D.H. y San Martín, F. 1997. Dynamics of feed resources in mixed farming systems of Latin America. *In: C. Renard (ed.) Crop Residues in Sustainable Mixed Crops/Livestock Farming Systems.* ICRISAT, ILRI. CAB International, Wallingford, U.K: pp. 149-180.
- Reynolds, S.G. 1995. *Pasture-Cattle-Coconuts Systems.* FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. 668 p.
- Riesco, A. 1992. La ganadería bovina en el Trópico Americano: Situación actual y perspectivas. *In: S. Fernández-Baca (ed.). Avances en la Producción de Leche y Carne en el Trópico Americano.* FAO, Santiago, Chile. pp. 13-46.

- Rodríguez, C.; Arias, R. y Quiñones, J. 1994. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento y la calidad de la biomasa de morera (*Morus spp.*) en el trópico seco de Guatemala. *In*: J.E. Benavides (ed.). Arboles y Arbustos Forrajeros en América Central. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 2. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 515-530.
- Roig, C.A. 1989. Evaluación preliminar de 200 accesiones de leguminosas forrajeras tropicales en el ecosistema de bosque tropical lluvioso en Costa Rica (Guápiles, Costa Rica). Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R. CATIE. 179 p.
- Romero, F.; Benavides, J.; Kass, M. y Pezo, D. 1994. Utilización de árboles y arbustos en sistemas de producción de rumiantes. *In*: E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. CATIE/UGIAAG, Turrialba, Costa Rica. pp. 207-220.
- Romero, F.; Montenegro, J.; Chana, C.; Pezo, D. y Borel, R. 1993. Cercas vivas y bancos de proteína de *Erythrina berteroana* manejados para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica. *In*: S.B. Westley y M. H. Powell (eds.). *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA, Paia, Hawaii, U.S.A. pp. 205-210.
- Rosegrant, M.W.; Agacoili-Sobilla, M. y Pérez, N.D. 1995. Global food projections to 2020: Implications for investment. Food, Agriculture and the Environment Draft Discussion Paper. IFPRI, Washington, D.C., U.S.A. 66 p.
- Ruiz, M.E. 1983. Investigación sobre sistemas de producción cultivos-animales en el CATIE. *In*: Fitzhugh, H.A.; Hart, R.D.; Moreno, R.A.; Osuji, P.O.; Ruiz, M.E. y Singh, L. (eds.). Memorias de un Seminario sobre Sistemas de Producción Cultivo-Animal. CATIE/CARDI/Winrock. Turrialba, Costa Rica. pp. 31-38.
- 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.

- Salati, E. 1994. La Región Amazónica y los cambios mundiales: Necesidad de un plan de investigaciones. *In*: F. León (ed.) Conocimiento y Sustentabilidad Turk, J.M. 1995. Livestock production systems research: A donor's perspective. *In*: M.E. Ruiz; C. Seré y H.H. Li Pun (eds.). Animal Production Systems Global Workshop. IICA, San José. pp. 269-278.
- Sánchez, P.A. 1995. ¿Hacia dónde va a la agroforestería?. *Agroforestería en las Américas* 2(5): 4-5.
- Serrão, E.A.S. y Dias Filho, M.B. 1991. Establecimiento y recuperación de pasturas entre los productores del trópico húmedo brasileño. *In*: Lascano, C.E. y J.M. Spain (eds.). Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, Experiencias y Enfoque de Investigación. CIAT, Cali, Colombia. pp. 347-384.
- Serrão, E.A.S. y Toledo J.M. 1990. The search for sustainability in Amazonian pastures. Anderson A.B (ed.). New York, Columbia University Press, pp. 195 -214.
- Simón, M; Ibrahim, M; Finegan, B; y Pezo, D. 1998. Efecto del pastoreo bovino sobre la regeneración de tres especies arbóreas comerciales del Chaco Argentino: un método de protección. *Agroforestería en las Américas* 5 (17-18): 84-87.
- Solano, R, 1994. La ganadería: ¿Actividad destructora del medio ambiente?. *Agroforestería en las Américas* 1(3): 4-5.
- 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.
- Somarriba, E. 1992. Revisiting the past: an essay on the agroforestry definition. *Agroforestry Systems* 19: 233-240.
- Stür, W.W. y H.M. Shelton. 1991. Compatibility of forages and livestock with plantation crops. *In*: Shelton, H.M. y W.W. Stür (eds.). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings N° 32. Canberra, Australia. ACIAR. pp. 112-116.
- Szott, L.T.; Fernández, E.C.M. y Sánchez, P.A. 1991. Soil-plant interactions in agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 45: 127-152.

- Thiesenhusen, W.C. 1994. Tenencia de la tierra y la deforestación en América Latina. In: E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. CATIE/UGIAAG, Turrialba, Costa Rica. pp. 245-258.
- Toledo, J.M. 1994a. El desarrollo sostenible amazónico en una economía de mercado: Un análisis crítico. In: J.M. Toledo (ed.). Biodiversidad y Desarrollo Sostenible de la Amazonía en una Economía de Mercado. IVITA/FUNDEAGRO/CIID, Lima, Perú. pp. 1-41.
- Toledo, J.M. 1994b. Ganadería bajo pastoreo: Posibilidades y parámetros de sostenibilidad. In: E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. CATIE/UGIAAG, Turrialba, Costa Rica. pp. 141-162.
- Torres, M.I. 1995. Características físicas, químicas y biológicas en suelos bajo pasturas de *Brachiaria brizantha* sola y en asocio con *Arachis pintoi* después de cuatro años de pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R. CATIE. 98 p.
- Turk, J.M. 1995. Livestock production systems research: A donor's perspective. In: M.E. Ruiz; C. Seré y H.H. Li Pun (eds.). Animal Production Systems Global Workshop. IICA, San José. pp. 269-278.
- Vallejos, A.; Pizarro, E.A.; Chaves, C.; Pezo, D.; Ferreira, P. 1989a. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1. Ecotipos de *Brachiaria*. Pasturas Tropicales (Colombia) 11: 2-9.
- Vallejos, A.; Pizarro, E.A.; Chaves, C.; Pezo, D.; Ferreira, P. 1989b. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1. Ecotipos de *Panicum*. Pasturas Tropicales (Colombia) 11: 10-15.
- Vaughan, C. y Mo, C. 1994. Conservando la biodiversidad: Interfases con la producción animal. In: E.J. Homan (ed.). Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. CATIE/UGIAAG, Turrialba, Costa Rica. pp. 175-194.
- Wadsworth, J. 1995. Dual purpose cattle production: a system overview. In: S. Anderson y J. Wadsworth (eds.). Dual Purpose Cattle Research. IFS/FMVZ-UADY. Mérida, México. pp. 2-27.
- Zelada, E. y Ibrahim, M. 1997. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en el trópico húmedo de Costa Rica. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal (ALPA). 5: 42-44.