

Análisis y Comentario

GANADERIA DE CARNE AMIGA DEL AMBIENTE Y LOS BOSQUES: UNA ALTERNATIVA DE PRODUCCION SOSTENIBLE/¹*

*Sergio Abarca***

RESUMEN

En Costa Rica la ganadería ha sido una actividad colonizadora, y en ocasiones la selva fue tumbada para dar lugar a pasturas. Sin embargo, la actividad ganadera extensiva ha sido más consecuencia que causa de la deforestación. Hoy día los problemas ambientales agobian, la frontera agrícola se agota, el mundo obliga a adoptar un modelo de libre comercio, la población y las deudas crecen aceleradamente en países en desarrollo; es difícil pensar en medidas de corte ecologista, como la restricción o desaparición de actividades productivas, sin ofrecer otras alternativas de producción de igual o superior remuneración a los productores afectados. Dos problemas ambientales donde la ganadería tendrá un papel importante son la emisión de gases a la atmósfera y las tierras de forestadas: en conjunto, el desafío ecológico de evitar el calentamiento de la tierra y conservar la diversidad biológica. Las actividades agropecuarias y forestales, dependiendo del manejo que se les dé, pueden ser emisoras o almacenadoras de CO₂ y CH₄, los dos principales gases del efecto invernadero y destrucción de la capa de ozono. En la búsqueda de soluciones tecnológicas a la problemática producción-conservación, el primer paso es hacer sostenibles los mecanismos de investigación y transferencia, procesos de largo plazo que deben ser generados bajo las condiciones donde van a ser aplicados. Debe considerarse el empleo de sistemas agroforestales y silvopastoriles, manejo de animales y cultivos con baja emisión de gases, prácticas que incrementen la materia orgánica del suelo, mecanismos

ABSTRACT

Environmentally-friendly beef cattle husbandry and forests: a sustainable production alternative. Beef cattle activity has been a colonizer in Costa Rica, at times felling forests to leave room for pastures. Yet, extensive cattle raising has been more a consequence than a cause of deforestation. Today environmental problems overwhelm mankind, the agricultural frontier is running out, the world imposes a free trade model, population and debt grow fast in developing countries; thus measures of an ecologicistic fashion, such as restriction or disappearance of productive activities, can hardly be implemented without offering affected producers equally or more profitable activities. Gas emissions into the atmosphere and land deforestation are environmental problems where cattle raising can play an important role, related to the challenge of avoiding global heating and preserving biodiversity. Depending on how they are handled, agricultural and forest activities can become emitters or storers of CO₂ and CH₄, the two main greenhouse effect and ozone-destruction gasses. In searching for technological solutions to the production-conservation problem, the first step is to make research and transfer mechanisms sustainable, as both long-range processes must be generated under the conditions where they will be applied. Then due consideration must be given to the use of agroforestry and forest-pasture systems, low gas-emission handling of crops and cattle, soil

^{1/} Recibido para publicación en julio de 1996.
* Trabajo presentado en el X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Julio de 1996, San José, Costa Rica.

** Programa de Investigación para la Agricultura Sostenible (REPOSA) MAG/UAW/CATIE. Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica.

financieros para el pago de servicios ambientales y estímulos económicos para la producción con baja contaminación, entre otros. Costa Rica no sólo ha detenido la tala de bosques para la producción de carne, sino que el 18% del territorio está en vías de regeneración natural, cuya protección y mantenimiento deben garantizarse mediante métodos estimulativos, respetando las necesidades reales de los dueños de esas tierras.

INTRODUCCION

Desde hace varios años algunos grupos de opinión han manifestado que la ganadería es la principal causa de deforestación en los trópicos centroamericanos.

En realidad la ganadería ha sido una actividad colonizadora, que nació a la par de grandes hombres, generalmente anónimos, que hicieron surgir pueblos y ciudades dentro de la selva, venciendo dificultades y desafíos. En este contexto, se puede indicar que la actividad ganadera extensiva es una consecuencia, y no la causa de la deforestación.

Las causas son varias. Dos de las principales son: la extracción de maderas, tanto para la demanda interna de un pueblo en desarrollo como para la fabricación de artículos para exportación; y la financiación y el modelo de proyectos económicos y de desarrollo equivocados, en áreas de poca vocación agrícola, con un medio ambiente sumamente frágil y poco estudiado. Las áreas descubiertas por uno u otro motivo se poblaron rápidamente de gramíneas nativas e introducidas, que soportaron mayor tiempo que los cultivos la pérdida de fertilidad de los suelos (Pezo 1994), y se convirtieron en un buen alimento para los rumiantes en sistemas de pastoreo extensivo; además bajo esta actividad se garantizó la tenencia de la tierra en esos sitios (Riesco 1992).

Hoy día, cuando los problemas ambientales nos agobian y la frontera agrícola se agota, en un mundo que adquiere y obliga a un modelo de libre comercio, con un acelerado crecimiento de la población y una asfixiante deuda externa, se hace difícil pensar en medidas eco-

organic matter enhancing practices, financial mechanisms to pay for environmental services and economic incentives for low-contamination production, among others. Costa Rica not only stopped cutting forests to produce beef: now 18% of its territory is under natural regeneration; the protection and maintenance of these lands must be guaranteed by stimulative mechanisms, with due respect for the real needs of their owners.

lógicas de corte ortodoxo (ecológicas). Sin embargo, todos debemos contribuir, en la medida de nuestras posibilidades, a aminorar o detener los efectos detrimentales para el medio ambiente, sin disminuir la producción y sin perder la competitividad de nuestros productos en el mercado.

Este documento se ocupa de los dos principales problemas que aquejan al medio ambiente, donde tal vez la ganadería en el futuro tenga un papel importante: la emisión de gases a la atmósfera, y las tierras deforestadas, que en conjunto son el desafío ecológico más grande que tiene el hombre para evitar el calentamiento de la tierra y conservar la diversidad biológica en el planeta.

EMISION DE GASES

Entre los principales gases causantes del efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono, en orden de importancia están: CO₂, CH₄, cloro-fluoro-carbonados (CFC's) y óxidos nitrosos (Cuadro 1); las actividades agropecuarias y forestales, dependiendo del manejo que se les dé, pueden ser emisores o almacenadoras de estos gases.

Cuadro 1. Contribución relativa del efecto invernadero al calentamiento de la atmósfera.

Fuente de calentamiento	Contribución (%)
Bióxido de carbono	49
Metano	18
CFC's	14
Oxidos nitrosos	6
Otros	13

Fuente: Preston y Leng, 1989.

El bioxido de carbono (CO₂)

El efecto invernadero ciertamente es un problema generado en su mayor parte en los países desarrollados del hemisferio norte. El 50% del incremento de la retención de energía en la atmósfera es debido a la acumulación de dióxido de carbono (CO₂) como resultado de la utilización de combustibles fósiles (Preston y Leng 1989). Sin embargo, aproximadamente el 30% de los gases del efecto invernadero se deben al cambio de uso de los suelos (Brown 1994). Cifras semejantes son reportadas por el Intergovernmental Panel on Climate Change, el cual estima que la emisión de C por la deforestación es de 1.6 billones de tC (1 tC=3.67 t CO₂) mientras la combustión de energía fósil alcanza 5.4 billones de tC. Asimismo, las tasas de deforestación en los trópicos actualmente son posiblemente las más altas de la historia; la tala del bosque no solamente tiene importancia en el medio ambiente cercano a la localidad deforestada, sino que tiene una importancia global, como aporte del CO₂ y óxido nitroso (N₂O) a la atmósfera a causa de las fuertes emisiones de estos gases. Se estima que la deforestación de los trópicos contribuye con 42 a 160 millones de toneladas de carbono por año a la atmósfera, de los cuales de 10 a 30 millones de toneladas se atribuyen al decrecimiento de la materia orgánica en los suelos deforestados (Detwiler 1988). América Latina, de 1850 a 1985, solamente por cambios en el uso de la tierra ha aportado 3000 millones de toneladas de carbono, con un flujo de carbono biótico a la atmósfera de 67 millones de toneladas por año (el mayor flujo biótico del mundo), y en este flujo los suelos con pasturas juegan un rol muy importante por la gran extensión que cubren (Houghton et al. 1985, 1991). Sin embargo, las pérdidas de CO₂ son menores en pasturas que en cultivos (Detwiler 1986).

Las acciones más importantes a nivel macro, para disminuir las concentraciones de CO₂ (independientemente de su viabilidad) serían, en orden de impacto: reducción de las emisiones por combustión de energía fósil; prevenir la deforestación; una masiva reforestación y/o regeneración natural; y una actividad agropecuaria más sostenible. Según Bekkering (1992), con solamente prevenir la deforestación se evita un crecimiento del 12% en las emisiones de CO₂ y con la reforestación de 865 millones de

ha, se tomaría de la atmósfera cerca del 11% del carbono; esto podría hacer que el año 2000 haya un 23% menos de C en la atmósfera (Cuadro 2).

Cuadro 2. Almacenamiento promedio de C en varios ecosistemas.

Ecosistema	Carbono almacenado (t C/ha)
Bosques tropicales	220
Bosques templados	150
Bosques boreales	90
Pasturas y sabanas	15
Agricultura	5

Fuente: Waring and Schlesinger (1985).

Está claro que los bosques, y más específicamente las especies leñosas de la composición florística de determinado ecosistema, son los mejores almacenadores de CO₂, mediante la conversión de CO₂ a celulosa y la deposición de materia orgánica al suelo producto de la hojarasca. No obstante, recientemente se ha conocido el papel de las pasturas en el ciclo del C; según Minami et al. (1993), las pasturas contienen aproximadamente el 20% del aporte global del C orgánico del suelo; de esta forma las áreas de pastos están contribuyendo al secuestro de C de la atmósfera y reduciendo la tasa de incremento de CO₂ atmosférico. Asimismo, Fisher et al. (1994) indican que del llamado C perdido (un déficit de 0.4-4.3 Gt) resultante después de hacer el balance total de CO₂, del cual se sugiere que mucho puede estar en la biosfera terrestre, una buena parte podría estar almacenado en las pasturas; estos autores indican que, por la introducción de pasturas seleccionadas, las sabanas de América del Sur estarían secuestrando de 100 a 507 Mt de carbono por año del llamado carbono perdido. En este sentido, las gramíneas con altos rendimientos de biomasa y bien adaptadas, pueden jugar un papel importante en la retención de CO₂, tanto por la productividad de biomasa aérea como de raíces, la longevidad de estas últimas y la deposición de materia orgánica al suelo. De esta manera, las especies de forrajes mejorados y adaptados al trópico reducen la emisión de carbono a la atmósfera (Veldkamp 1993), cuando son establecidas en suelos de vocación agropecuaria, y en sistemas de producción adecuados.

El metano (CH₄)

El CH₄ es uno de los llamados gases traza, con 25 veces más capacidad de absorción infrarroja por molécula que el CO₂. También el CH₄ así como el N₂O y los CFC's se mueven de la troposfera a la estratosfera (Sass 1992).

Después de los pantanos y los campos de cultivo de arroz anegado, los animales salvajes y domésticos (incluido el hombre) son la tercera causa de emisión de metano a la atmósfera, contribuyendo de un 15 a 25% del total de las emisiones (Shibata 1992). Dentro de los animales los rumiantes producen las mayores emisiones de CH₄. Últimamente este hecho se ha convertido en otro frente de ataque de los ecologistas ortodoxos.

Sin embargo, para conservar los bosques y la biodiversidad que aún quedan, es necesario dar alternativas cultural y económicamente viables a 1.2 billones de personas que viven en absoluta pobreza en el sector rural de la faja tropical (Brown 1990). Asimismo, en el mundo tropical la cría de animales es uno de los pilares de la socio-economía campesina, y una de las fuentes de proteína y tracción más accesibles en este ambiente (FAO 1992). De esta forma, el 66% de los bovinos, el 100% de los búfalos, el 50% de las ovejas y el 94% de las cabras están en el trópico (FAO 1991), y contribuyen a dar alimento, abrigo y riqueza a los países del tercer mundo.

Durante la fermentación ruminal las bacterias metanogénicas producen CH₄. En este proceso fermentativo, el principal mecanismo de producción de CH₄ es la conversión de hidrógeno o formaldehído a CO₂ (Baldwin y Allison 1983); sin embargo, las cantidades de metano producidas están fuertemente influenciadas por la dieta (Shibata 1992). En el trópico los animales son alimentados a base de forrajes, los cuales producen una fermentación acética, y de acuerdo con Baldwin y Allison (1983), aunque las bacterias metanogénicas pueden convertir el acetato a metano, las tasas de conversión son bajas.

TECNOLOGIA PARA UNA GANADERIA AMIGA DEL MEDIO AMBIENTE

Para la aplicación de tecnologías sostenibles a nivel de campo, el primer paso, es hacer sostenibles los mecanismos de investigación y transferencia, partiendo del hecho de que estos

procesos son de largo plazo y deben ser generados bajo las condiciones donde van a ser empleados, para no cometer los errores del pasado.

Sistemas silvopastoriles y asociaciones gramínea-leguminosa

Después de la regeneración natural y la plantación forestal en bloque, en las áreas exclusivamente de vocación forestal o de protección, los sistemas agroforestales son una buena opción, en suelos de aptitud intermedia.

Dentro de la agroforestería se encuentran los sistemas silvopastoriles, que son arreglos espaciales y/o temporales de combinaciones de pasturas con árboles. Están bien documentados los beneficios ambientales y productivos que estos sistemas traen (Budowski 1981, 1993, Fassbender et al. 1989).

Es claro que la meta prioritaria a nivel ambiental es eliminar CO₂ de la atmósfera. Por lo tanto, los sistemas de producción agropecuaria que trasladen CO₂ ocioso de la atmósfera a un ciclo biótico, en que el balance entre las emisiones y fijaciones sea cero o incluso positivo, y lo retengan por más tiempo dentro del agroecosistema (tasa de recambio atmósfera-biomasa), serán más sostenibles y convenientes. Los bosques y los pastos son los más importantes almacenadores de C (Goudriaan 1990, Minani et al. 1993), y es de suponer que combinaciones de plantas C₃ y C₄ tendrán mayor capacidad de incorporación de CO₂ que cualquier otro sistema agroforestal, e incluso que los sistemas forestales artificiales. En este sentido, estudios realizados en el trópico húmedo muestran la gran capacidad de almacenamiento de carbono de los nuevos tipos de pastos. Según Veldkamp (1993) una pastura de *Brachiaria dictyoneura* retiene un 60% más de C que una pradera de pasto natural (*Axonopus compressus*), debido a una mayor biomasa y longevidad radicular, así como un incremento en la acumulación de C en el suelo por el aporte de materia orgánica. En los llanos colombianos, Fisher et al. (1994), en una pastura asociada de *A. gayanus-S. capitata*, midieron 234 t C/ha almacenado en un período de 6 años, comparado con 186 t/ha de la pastura no mejorada de la sabana. En el trópico húmedo de Costa Rica, estudios sobre el contenido de carbon total en suelo (CT) muestran valores entre 47.9 y 52 t/ha en pasturas asociadas *B. brizantha-A. pin-*

toi con 3 a 5 años de establecidas y bajo pastoreo con carga animal entre 1.75 y 4 UA/ha, contra 53.3 t C/ha del bosque primario en las mismas condiciones edáficas y climáticas (Ibrahim 1994, Torres 1995, Abarca 1996).

Por otro lado, algunas experiencias con especies arbustivas del género *Erythrina* (poró) muestran la alta capacidad de rebrote y producción de materia seca que tienen ciertas especies de leguminosas leñosas cuando son podadas (Romero et al. 1993, Borel et al. 1993). Asimismo, los contenidos de CT en suelos bajo sistemas agroforestales con árboles de *Erythrina* y *Gliricidia* (madero negro) después de 9 años han alcanzado valores de 45 y 44.7 g C/kg respectivamente (Mazzarino et al. 1993). Más recientemente, se conoce que *Erythrina poeppigiana* tiene una de las más altas tasas de asimilación de CO₂, llegando a niveles de 7 moles/día después de 24 semanas de la poda, y fijando hasta 1462 g C/árbol (Nygren 1995). También es importante mencionar que en los sistemas silvopastoriles se ha notado un efecto positivo en la dinámica de reciclaje de nutrientes (Umaña 1996), disminución de la erosión (Apolo 1980) y mantenimiento de una mayor diversidad biológica (Fraile 1989, Torres 1995).

Uno de los aspectos más importantes sobre la sostenibilidad de las pasturas está relacionado con la degradación de los pastos después de varios años de uso (Pezo 1993). Por lo general, cada década es necesario liberar nuevas gramíneas, con alta producción de biomasa y más tolerantes a suelos pobres, lo que implica que son especies altamente extractoras de nutrientes. La disponibilidad de N, parece ser uno de los puntos claves dentro de la sostenibilidad de los pastos. En este sentido, tal vez hemos equivocado un poco el camino, en busca de pastos exclusivamente, pues posiblemente las leguminosas herbáceas y/o arbóreas son la clave para el mantenimiento de las futuras pasturas, con los beneficios ambientales anteriormente mencionados. El solo hecho de asociar las especies de pastos existentes con leguminosas como *A. pintoii* y *Erythrina* spp. puede producir una mejora significativa, en la dieta de los animales (Hurtado 1988, Van Heurck 1990, Mannetje 1996). De esta forma se iniciaría la intensificación sostenible de los suelos aptos, y la liberación de suelos agotados o frágiles de degradación para recuperar la vegetación de bosque natural o plantación según sea el caso.

Las leguminosas no sólo aportan N al suelo, e incrementan la producción de materia seca de los pastos, sino que mejoran la dieta total del animal, especialmente por el aporte de proteína cruda (Romero et al. 1993, Mannetje 1992, Abarca 1989). Hernández et al. (1995) en la Zona Atlántica, trabajando en una asociación *B. brizantha*-*A. pintoii* obtuvo ganancias de peso de 452 a 551 g/d con 3 cab/ha y hasta 973 kg PV/ha/año con 6 cab/ha, contra 291 a 377 g/d y 178 kg PV/ha en pasturas puras de *B. brizantha*. Ultimamente las asociaciones de *B. decumbens* y *B. dictyoneura* con *A. pintoii* en los campos de producción bovina de la Escuela Centroamericana de Ganadería en Atenas sugieren que también son combinaciones adecuadas para la zona subhúmeda.

No obstante, es necesario continuar con los procesos de investigación y experiencias de campo, sobre la incorporación de nuevas asociaciones de especies de pastos con leguminosas herbáceas y arbustivas y/u otras especies arbóreas.

Utilización de productos y sub-productos para la intensificación

Costa Rica es un importador neto de granos para la alimentación animal, por lo tanto está sometido a las variaciones de precios y existencias del mercado internacional. De la misma manera, la alimentación con granos en el futuro quedará relegada a especies zootécnicas que tengan mayor eficiencia de conversión que los rumiantes. Sin embargo, la ventaja comparativa que ofrecen los rumiantes, es que permiten utilizar alimentos altos en fibra y de bajo potencial alimenticio en especies monogástricas, lo que hace factible la intensificación de las explotaciones para la producción de carne bovina con este tipo de alimentos.

No es el objetivo hacer una revisión exhaustiva de los principios nutricionales y técnicas de alimentación con subproductos y residuos, pues existe un buen inventario tecnológico sobre el tema (FAO 1987, Hernández 1995a), sólo haremos referencia en lo relativo a la ganadería sostenible y mejoradora del medio ambiente.

Actualmente se cuenta con tecnología y técnicos capacitados sobre la utilización de excretas de aves y cerdos para la alimentación de rumian-

tes (Campabadal 1993, Hernández 1995b). También, existe suficiente conocimiento acerca de la utilización de subproductos de la caña de azúcar y N no proteico (Vargas y Hernández 1994). Asimismo, desde hace varios años en el país se hace una buena utilización de subproductos de la industrialización de granos y oleaginosas para consumo humano. Por lo tanto, además de producir carne y leche a partir de desechos orgánicos, la ganadería de carne paulatinamente pasará de un sistema de producción extensivo a un sistema intensivo a un sistema intensivo, y reciclador.

Como anteriormente fue discutido, la emisión de CH_4 por los bovinos está relacionada con la dieta que consumen. Aunque las cantidades de CH_4 emitidas por los rumiantes son menores que las de otras actividades y ambientes (National Institute of Agro-Environmental Sciences 1992, Van Soest 1994), es necesario relacionarlo con el perfil de ganadería sostenible que estamos tratando de delinear.

Sobre las emisiones de CH_4 con dietas a base de forrajes y alimentos tropicales, hay poca información, por lo que es un campo para investigación. Según Preston y Leng (1989) una vaca pierde 9.7% de la energía digestible por la emisión de CH_4 . En el trópico, mientras un animal sin suplementar y con poco grano emite 2 kg de CH_4 /kg de carne, un animal suplementado con melaza, urea, minerales y proteína, produce 0.36 kg de CH_4 /kg de carne. Shibata (1992), observó en vacas alimentadas con heno y concentrado, que la producción de CH_4 /unidad de materia seca (MS) consumida, fue mayor en vacas con bajos niveles de consumo de MS, en comparación con aquellas con altos niveles de consumo de MS, y encontró una fuerte reducción de metano cuando los animales consumieron alimentos altamente digestibles.

La emisión de metano de los bovinos también está relacionada con el tipo de animal y el estado fisiológico (Shibata 1992, Huyler et al. 1995). Las razas lecheras tienden a producir más metano total que las vacas de carne, sin embargo las vacas lecheras en lactancia muestran una menor producción de CH_4 /unidad de MS consumida.

Entre los aditivos para mejorar la eficiencia alimenticia de los animales están los ionóforos, que son compuestos orgánicos que se unen a metales catiónicos en el rumen y mejoran la eficiencia de utilización de la energía consumida, incrementando las ganancias de peso en los

animales alimentados con forrajes (Abarcá 1994). Hay evidencia de que la utilización de ionóforos para incrementar la producción de carne y leche, reduce la producción de metano a nivel ruminal (Thornton y Owens 1981, Rumpler et al. 1986). Asimismo, dentro de los microorganismos del rumen los protozoarios están relacionados con la producción de metano, por lo que las técnicas de defaunado pueden reducir también la emisión de CH_4 (Shibata 1992).

Entre las alternativas para la alimentación de animales de alta producción con sustitutos de granos, están los aceites vegetales de cadenas largas semi/saturados, que pueden tener potencial para la producción animal intensiva con poca producción de metano.

SITUACION ACTUAL DE LAS TIERRAS BAJO PASTURAS EN COSTA RICA

En Costa Rica, cerca de un 60% de los suelos son generalmente de buena calidad para pasturas, cultivos anuales o perennes (incluido plantaciones forestales), sin embargo, las pasturas han ocupado la mayor cantidad de área. Según SEPSA-CNP (1990) en 1988 el 48% del territorio estaba cubierto de gramíneas (2.4 millones de ha). Aunque en los últimos años la tala de bosques para ganadería ha disminuido considerablemente (Pauker 1992), al comparar el Censo agropecuario de 1984 (Dirección Nacional de Estadística y Censos, 1984), y la Encuesta Ganadera Nacional de 1988 (SEPSA-CNP 1990), entre 1984 y 1988 el área ganadera se incrementó en aproximadamente 200000 ha mientras las áreas de charrales y tacotales (en proceso sucesional) alcanzaron las 307000 ha. La reducción ha sido una consecuencia de la contracción que ha venido experimentando la actividad bovina de carne después de la segunda mitad de la década de los 80's. De esta forma, no sólo se detuvo la tala de bosques para la producción bovina de carne, sino que se han liberado tierras, las cuales hoy están en vías de regeneración natural y deben recibir atención, para asegurar su protección y garantizar su rehabilitación, pero no bajo mecanismos coercitivos y represivos, que de acuerdo a las experiencias no son sostenibles, sino bajo métodos estimulativos y respetando las necesidades reales de las personas dueñas de esas tierras.

De acuerdo a la distribución de las actividades agrícolas realizada por Fournier (1986), en esa época, la actividad ganadera debía devolver a bosques cerca de 1.4 millones de ha (Cuadro 3), y en 1988, las tierras por incorporar a la actividad silvopastoril o de bosque, eran alrededor de 1.1 millones de ha.

Hoy día es evidente la reducción de las tierras dedicadas a pastos, y las tierras abandonadas o subpastoreadas son un área considerable, de alrededor del 18% del territorio nacional (pasto con árboles más proceso sucesional), en su mayoría propiedad de los ganaderos (919800 ha), con potencial de pasar a manejos silvopastoriles, plantaciones forestales o regeneración natural, siempre y cuando se garantice el derecho de propiedad, se respeten los patrones culturales y sociológicos de los habitantes de esas tierras, así como la remuneración económica adecuada por la generación de beneficios ambientales (almacenamiento de CO₂, retención de agua, mantenimiento de la biodiversidad, conservación y recuperación del suelo, entre otros).

La cantidad de tierras en manos de los productores de ganado bovino de carne, es semejante al área con cobertura forestal realmente protegida por el estado (20%), ya que aunque las reservas indígenas están en zonas de bosque y con ecosistemas frágiles y suelos de poca vocación agrícola (6.3% del territorio nacional o 23% de las áreas protegidas), todo prevee presión por estas tierras en el futuro (independientemente del régimen posesorio en que se encuentren), debido

a la explosión demográfica de este grupo étnico (60% de la población <15 años), el cual con toda justicia, está mejorando sus índices de salud, y aumentando las necesidades básicas de alimentación y abrigo, las que no están siendo cubiertas totalmente por los sistemas tradicionales de producción de subsistencia que tenían en el pasado.

El momento histórico para el ordenamiento es hoy, cuando se presentan elementos circunstanciales, que posiblemente en el corto plazo desaparecerán, como son: bajos precios de la carne, hato bovino reducido, población nacional adecuada y concentrada en pocos polos de desarrollo, existencias y precios de alimentos básicos importados aún accesibles para el país. En contraposición, a mediano plazo, se prevee: un incremento de los precios de la carne, una reducción sensible de las existencias y aumento de precios de granos a nivel mundial, aumento de la población del país con disminución de las posibilidades de empleo y los ingresos per cápita.

Por lo tanto, es necesario asegurar la "sostenibilidad" de esas áreas en el menor tiempo posible, antes de que la presión social y el valor de oportunidad de otras actividades sea mayor al que hoy tienen los procesos sucesionales que se están dando en estas tierras. Un ejemplo de este fenómeno puede ser nuevamente la siembra de granos básicos en las áreas de barbecho o de bosque secundario, aprovechando la fertilidad del suelo y el almacén de nutrientes de la biomasa existente, para producir algunas cosechas, volviendo a los esquemas del pasado de tumba y quema o agricul-

Cuadro 3. Uso potencial y uso actual de la tierra en Costa Rica.

Actividad	Uso potencial		Uso actual			
	ha*	%	1988		1992	
			ha*	%	ha*	%
Agricultura	765	15	770	15	501	9.8
Pastos	1020	20	2420	48	1666	32.6
Pastos con árboles	0	0	0	0	696	13.6
Bosques de producción**	2193	43	?	?	358	7.6
Bosques de protección	1122	22	1346	27	1379	27.0
Proceso sucesional	—	—	307	6	230	4.5
Otras ocupaciones***	—	—	218	4	220	4.3

* (ha x 1000)

** Incluye 139000 ha reforestadas.

*** Zonas urbanas, lagos, pantanos, manglares y otros.

Fuente: SEPSA-CNP 1990.

tura migratoria. Este proceso se podría dar al menos durante el período de transición o acomodo del mercado mundial de granos, donde la producción de estos tendrá un valor de oportunidad mayor al lucro cesante (en este caso el lucro cesante es equivalente a la cantidad de dinero que se deja de percibir por el cambio de uso de ganadería a charral o tacotal), que los estados sucesionales sin remuneración por los servicios ambientales, pero netamente agrícolas. Por lo tanto estas tierras serán sembradas con granos básicos si hay escasez de estos y recursos económicos.

LOS ARBOLES A NIVEL DE FINCA GANADERA

La reducción paulatina y ordenada de las tierras dedicadas a la ganadería es factible, mediante tecnología amiga del medio ambiente que permita intensificar las tierras de mayor vocación pecuaria y liberar otras para plantación de árboles o regeneración natural. Entre las técnicas para la intensificación de la producción animal amiga del ambiente ("ganarmonía", término que empleó el Dr. Mario Burgos para referirse a la ganadería amiga del medio ambiente) están: los sistemas silvopastoriles, el establecimiento de mezclas gramínea-leguminosa, y la utilización de subproductos agroindustriales con potencial de contaminación.

La producción bovina es una de las pocas actividades que hoy día está preparada para dar el paso, del "discurso" de la producción agrícola sostenible, ecológicamente compatible, socialmente aceptable, económicamente rentable

y altamente competitiva, a la práctica. Desde los tiempos en que se produjo el explosivo cambio de bosque a potrero, los finqueros tomaron la previsión de dejar bosquetes, "sitios", árboles en potreros y utilizar cercas vivas. A estas áreas no se les dio importancia e incluso hasta hace poco tiempo no se les tomó en cuenta en las estadísticas de uso y cobertura del suelo, sin embargo sumadas pueden ser un área importante no concentrada, posiblemente superior a varios parques nacionales. Esta tendencia es observada en estudios recientes, específicos o a nivel de localidad. Según MAG-PROGASA (1993) en promedio el 13% del área de las fincas ganaderas medianas y pequeñas bajo el proyecto está en pequeños bosques, que en conjunto suman un área de 5630 ha (Cuadro 4); equivalente al área del Refugio Nacional de Fauna Silvestre Tapantí (5090 ha), o Parque Nacional Palo Verde (5704 ha).

Otros estudios en localidades específicas muestran comportamientos semejantes; por ejemplo, en el Área de Conservación Arenal (1993) el 41% del área está cubierta de pastos, pero el 29% del área total (70% de las tierras con pastos), es de pastizales con bosque ribereño. En la parte norte de la Zona Atlántica (Cuadro 5), Belder (1994) observó que el 80% de las pasturas tenían árboles y que la densidad de árboles en potreros puede estar relacionada con la densidad de caminos en la zona; asimismo, el 23% del área de pasturas son tierras no reconocidas y/o en conflicto.

De esta forma la actividad ganadera, en forma silenciosa pero efectiva, ha estado devolviendo terreno o combinando la actividad con los

Cuadro 4. Áreas promedio y uso del suelo en fincas ganaderas de carne según región.

Región	n	Cultivos				Finca
		Cultivos	Pasto	Bosque	Finca	
		ha				
Valle Central Occidental	45	1.7	24.1	4.3	36.7	
Vale Central Oriental	48	0.6	9.4	0.7	11.2	
Puriscal-Parrita-Quepos	30	8.5	113.0	22.1	146.2	
Pacífico Seco	74	3.9	77.2	22.4	113.1	
Pacífico Central	63	26.4	134.0	21.5	187.7	
Pacífico Sur	33	7.2	93.4	17.3	122.5	
Huetar Atlántico	60	0.8	80.5	5.9	95.4	
Huetar Norte	45	4.3	89.0	17.8	115.2	
Área total en estudio	398	2798	31181	5630	41724	
En porcentaje		6.7	74.7	13.5	100	

Fuente: MAG-PROGASA, 1993.

Cuadro 5. Presencia de árboles en potreros en la parte norte de la Zona Atlántica de Costa Rica.

	Tamaño	Densidad	Area (ha)	%
Parcelas	<15 ha	con muchos árboles	14.875	14.5
Parcelas	>15 ha	con muchos árboles	9.557	9.3
Parcelas	<15 ha	con algunos árboles	19.818	19.3
Parcelas	>15 ha	con algunos árboles	34.632	33.9
Parcelas no reconocidas			23.543	23.0

Fuente: Balder 1994.

bosques, aunque es necesario ordenar y reconocer estas áreas para su conservación, manejo y mantenimiento, así como cuantificar, valorar y pagar los beneficios ambientales que están produciendo.

APOYO INSTITUCIONAL PARA UNA GANADERIA SOSTENIBLE

Como hemos visto hasta este momento, el problema ambiental es grande, las ideas filosóficas están dadas y el grado de concientización y motivación de los productores es bueno, aunque se detecta un vacío tecnológico efectivo y eficiente para pasar del planeamiento a la ejecución. El apoyo institucional de parte del Estado y de ONG's debe ser orientado en dos vías: generación y transferencia de tecnologías apropiadas, e incentivos económicos, para sufragar los costos del cambio, mantener y manejar las áreas recuperadas, remunerando la producción de beneficios ambientales, establecidos en la nueva ley forestal (N° 7575 del 16 de abril de 1996). Por lo tanto, es necesario acelerar la investigación adaptativa en las diferentes zonas agroecológicas, e incrementar los procesos de capacitación, sobre tecnologías que conduzcan a orde-

nar, mejorar y cuantificar el beneficio (o deterioro) ambiental de las explotaciones para la producción de carne bovina, las cuales deben ser vistas como agroecosistemas y no sectoria y miopemente, como hasta ahora se ha enfocado la problemática de parte de los organismos e instituciones encargadas, donde los esfuerzos aislados y descoordinados han sido la característica. En esta tarea es necesario contar con equipos interdisciplinarios e interinstitucionales, altamente capacitados y con los recursos necesarios, que evalúen el conjunto de actividades y medidas del sistema finca en todas sus dimensiones y posibilidades.

Tal vez una de las medidas que causen mayor impacto en la conservación de los recursos naturales y la mejora ambiental, con un menor costo económico y desgaste social, es el reordenamiento de la actividad ganadera; sin embargo, es necesario un decidido apoyo. Algunos indicadores como los obtenidos en el Proyecto de Reforestación de Fincas Ganaderas en el Pacífico Central (MAG-MINAE-ODA) sugieren que los ganaderos están dispuestos a compartir los costos que implica la toma de medidas para la mejora ambiental, lo que constituye un buen ejemplo del trabajo interdisciplinario (Cuadro 6).

Cuadro 6. Distribución de los costos de establecimiento de árboles y forrajes en fincas ganaderas, con diferentes técnicas.

Técnica	Costo en ¢		Aporte en %	
	Técnica	Arbol	Proyecto	Productor
Arboles en lindero (100 m)	26660	404	29.1	70.9
Rompevientos (100 m)	28696	287	32.4	67.6
Plantaciones en bloque (1 ha)	154188	247	29.6	70.4
Regeneración natural enriquecida 400 m cerca	120808	448	25.0	75.0
Regeneración natural enriquecida 600 m cerca	162968	604	24.2	75.7
Arboles en potrero (10 x 10 m 1ha)	76498	677	34.4	65.6
Establecimiento de pasturas mejoradas	101750	---	47.3	52.7

*Actualizado a diciembre, 1995.

Fuente: MAG-MINAE 1995.

DISCUSION SOBRE LA VALORACION DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES

Aunque los esfuerzos para acelerar la reforestación deben continuar, es prácticamente imposible biofísica y económicamente la reforestación por plantación "químicamente pura" en la totalidad de los terrenos que los ganaderos potencialmente pueden pasar a bosque (en 16 años se reforestaron 139000 ha), antes de que la presión por esas tierras se incremente. Más utópico sería pensar, que solamente con los mecanismos restrictivos de la nueva ley forestal se conservarán las áreas privadas, sin uso (valor de oportunidad de la producción de carne en esos terrenos) y con un lucro cesante incremental que pesará sobre las otras actividades del sistema finca (convirtiéndose en una carga financiera), golpeando aún más a la actividad ganadera; y para lo cual la burocracia estatal en los organismos encargados tendría que crecer desproporcionalmente, para reprimir la presión por tierra, cambio de uso, o uso de productos del bosque, de grupos sociales (en aumento) con diferentes intereses, en forma simultánea en varios puntos del país.

Aunque la problemática es compleja y debe ser atacada desde diferentes sectores, es urgente la valoración y monetización de los servicios ambientales, para que las empresas prestadoras de éstos puedan acceder a los sistemas financieros y de mercado, mediante la creación de un inventario de estímulos para los poseedores de los mecanismos de mitigación y los que necesitan estos productos o servicios para mitigar el efecto ambiental que provoca la producción de bienes y servicios.

Existen varias propuestas de mecanismos de valoración de beneficios, sin embargo el punto es: ¿Qué estructura financiera y atractivo económico debe tener el sistema de venta de los servicios ambientales, para que el flujo de capital se dé entre los emisores y los mitigadores? ¿Los estímulos serán solamente para fomentar las plantaciones de árboles en bloque con fines maderables o también para servicios ambientales (como captura de CO₂, mantenimiento de biodiversidad, entre otros) mediante sistemas no exclusivamente maderables?

¿En la formulación y ejecución de los mecanismos para el pago y estímulos, habrá espacio para los diferentes grupos profesionales, y participarán los organismos involucrados en la producción agropecuaria, forestal y de conservación?

CONCLUSIONES

Hay una reducción de la tierra en uso agropecuario, donde alrededor del 18% del territorio nacional está en algún estado sucesional o bosque secundario. Es necesario definir los mecanismos de cuantificación y monetización de los beneficios ambientales, y crear una estructura viable y sostenible de estímulos económicos.

La problemática actual ecológica, de las tierras en manos de ganaderos, no es la deforestación, sino el mantenimiento de las tierras devueltas a bosque mediante regeneración natural. Los suelos en bosques o procesos de regeneración natural, en propiedad de los ganaderos, se protegerán siempre y cuando sucedan simultáneamente 2 eventos: a) se incremente la tecnología de producción y productividad de carne bovina en las áreas aún de pasturas, y b) se paguen los beneficios ambientales que están brindando los bosques y procesos sucesionales.

Las pasturas mejoradas con leguminosas, principalmente en sistemas silvopastoriles, deben fomentarse y estimularse para incrementar la productividad mejorando el medio ambiente. La mayoría de las fincas ganaderas de carne en Costa Rica, actualmente encajan dentro de la definición de sistema agroforestal.

LITERATURA CONSULTADA

- ABARCA, M.S. 1992. Utilidad del sistema de información de suelos para el área piloto. In Generación y aplicación de la información de suelos de la Zona Atlántica de Costa Rica. Actas del taller información de suelos Guápiles, Costa Rica. Ed. por W. Wielemaker y S. Kroonenberg. The Atlantic Zone Programme (MAG-UAW-CATIE), Turrialba, Costa Rica. p. 79.
- ABARCA, S. 1994. Curso de alimentación animal: Ionóforos y probióticos en la alimentación animal. Escuela Centroamericana de Ganadería, Atenas, Costa Rica. (mimeografiado).
- ABARCA, S. 1996. Carbono y nitrógeno total en pasturas mejoradas para el trópico húmedo de Costa Rica. In Experiencias sobre sistemas sostenibles de producción agropecuaria y forestal en el trópico. MAG/Red. Inf. América Tropical y el Caribe sobre la utilización de la caña de azúcar y otros recursos disponibles para la alimentación animal. San Carlos, Costa Rica.
- ABARCA, S.; ARAGON, C.; VARGAS, Z.J. 1994. Proyecto sistemas silvopastoriles con leguminosas. Primer informe técnico 1993-1994. Guápiles, Costa Rica. MAG/UAW/CATIE.

- ANDERSON, T.; DOMSCH, K. 1989. Ratios of microbial biomass, carbon total, organic carbon in arable soils. *Soil biology and biochemistry* (GB) 21(4):472-479.
- BALDWIN, R.L.; ALLISON, M.J. 1983. Rumen metabolism. *Journal Animal Science*. 57:461-477.
- BEKKERING, T.D. 1992. Using tropical forest to fix atmospheric carbon: the potential in theory and practice. *AMBIO* 21(6):414-419.
- BELDER, M. 1994. Land use and land use dynamics in the Atlantic Zone Programme. MAG-UAW-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 47 p.
- BOREL, R.; BENAVIDES, J. 1993. Biomass production by *Erythrina poppigiana* (Walpers) O.F. Cook in a high-density plantation. In *Erythrina in the new and old worlds*. Ed. by C.B. Westley; M.H. Powell. Nitrogen fixing tree research worlds. Reports, special issue 1993. p. 211-216.
- BROWN, L.R. (ed.) 1990. State of the world 1990. W.W. Norton and company, New York.
- BROWN, K.; NEIL-ADGER, W. 1994. Economic and political feasibility of international carbon offsets. *Forest Ecology Management* 68:217-229.
- BUDOWSKI, G. 1981. The place of agroforestry in managing tropical forest. Ed by Merge. *Tropical forest: utilization and conservation*. New Haven, CT. EEUU. Yale University School of Forestry and Environmental Studies. p. 181-194.
- BUDOWSKI, G. 1993. Aspectos ecológicos del uso sostenible de la tierra. In *Seminario Agroecología y producción sostenible*. MAG/PROGASA/EARTH, San José, Costa Rica.
- CAMPABADAL, C. 1993. La cerdaza, una alternativa de alimentación para el ganado de carne. In *Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales: Vol.1. Sesiones de Actualización y perspectivas*. San José, Costa Rica.
- CIAT. 1990. Informe anual 1989. Programa de pastos tropicales. Cali, Colombia. P. 10-13.
- DETWILER, R.P. 1986. Land use change and the global carbon cycle on the role of tropical soils. *Biogeochemistry*. 2:67-93.
- DIRECCIONES GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS. 1984. Censos Nacionales de 1984-Agropecuario. San José, Costa Rica.
- FAO. 1987. Proceeding of the FAO expert consultation on the substitution of imported concentrate feeds in animal production systems in developing countries. FAO Animal production and health paper N° 63. Ed by R. Sansoucy; R. Preston, FAO, Rome. 242 p.
- FAO. 1991. Agricultural production yearbook. Food and agricultural organization of the United Nations. Rome.
- FAO-COMITÉ DE SEGURIDAD ALIMENTARIA MUNDIAL. 1992. Función de los rumiantes en la seguridad alimentaria de los países en desarrollo. Tema IV del Programa Provicional. Roma, FAO. 34 p.
- FASSBENDER, H.; ALPIZAR, L. 1989. Criterios para la evaluación de materia orgánica en sistemas agroforestales. In *Avances en la investigación agroforestal*. Ed. by J. Beer, H. Fassbender y J. Heuvelodp. CATIE. Serie técnica. 441 p.
- FISHER, M.; RAO, I.; AYARZA, M.; LASCANO, C.; SANZ, J.; THOMAS, R.; VERA, R. 1994. Carbon storage by introduced deeprooted grasses in the South American savannas. *Nature*. London. 371(6494):236-238.
- FOURNIER, L. 1986. Uso potencial y actual del suelo en Costa Rica. In *Setiembre científico, suelos y agricultura*. Ciclo de Conferencias. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p. 23-33.
- FRAILE, M.J. 1989. Poblaciones de lombrices de tierra (Oligochaeta: annelidae) en una pastura de *Cynodon plecostachyus* (pasto estrella) asociada con árboles de *Erythrina poeppigiana* (poró), una pastura asociada con árboles de *Cordia alliodora* (laurel), una pastura sin árboles y vegetación a libre crecimiento en el CATIE, Turrialba. 230 p.
- GOURDRIAN, J. 1990. Atmospheric CO₂, global carbon fluxes and the biosphere. In *Theoretical production ecology: reflections and prospects*. Ed. by Rabbinge, R.; Goudriaan, J.; Van Keulen, H.; Penning de Vries, F.W.T. and Van Laar H.H. *Simulation Monographs*, 34, 17-40 PUDOC: Wageningen.
- HERNANDEZ, J. 1995a. Consumo voluntario de ingredientes de uso no convencional en el trópico. In *Memorias del Curso Taller Internacional de actualización de consumo voluntario de alimentos*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro. Ed. por J. García, R. García. Saltillo, Coahuila, México. p. 50-57.
- HERNANDEZ, J. 1995b. Consumo voluntario de caña de azúcar y pollinaza con subproductos agroindustriales por bovinos de carne y leche en el trópico. In *Curso en sistema de producción de carne y leche en el trópico húmedo*. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. (mimeo)
- HERNANDEZ, M.; ARGEL, P.; IBRAHIM, M.; T MAN-NETJE. 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 Grassland* 29:134-141.

- HOUGHTON, R.A.; BOONE, R.D.; MELILLO, J.M.; PALM, C.A.; WOODWELL, G.M.; MYERS, N.; MOORE, B.; SKOLE, D.L. 1985. Net flux of carbon dioxide from Tropical Forest in 1980. *Nature* 316:617-620.
- HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L.; LEFROWITZ, D.S. 1991. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. II net release of CO₂ to the atmosphere. *Forest ecology and management* 38:173-199.
- HURTADO, M.J. 1988. Introducción de leguminosas y manejo del pastoreo en praderas degradadas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en el trópico húmedo. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba. 106 p.
- HUYLER, M.; JOHNSON, K.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; COSSALMAN, M. 1995. A survey of methane emission from beef and dairy cattle fed various diets using an SF₆ tracer technique. *Journal of Animal Science* 73:276 (Suppl 1).
- IBRAHIM, M. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the atlantic zone of Costa Rica. Ph.D. Thesis. The Netherlands. Wageningen Agricultural University, 129 p.
- LA GACETA. 1996. Ley forestal N°7575. 16 de abril. CXVIII (72):1-B.
- LUGO, A.E.; SANCHEZ, M.J.; BROWN, S. 1986. Land use and organic carbon content of some subtropical soils. *Plant and soils* 96:185-196.
- MAG-MINAE. 1995. Proyecto agroforestal en fincas ganaderas del Pacífico Central y Chorotega. MAG-MINAE, Esparza, Costa Rica. 26 p.
- MAG-PROGASA. 1993. Seguimiento y evaluación de fincas: diagnóstico inicial de fincas. Ed. J. Gallardo, J. Vargas y C. León. MAG. San José, Costa Rica. 60 p.
- MAG-ING. 1996. Mapa de cobertura de la tierra 1992. MAG, Dirección de Investigación Agropecuarias, Departamento de Suelos y Evaluación de Tierras. 7 p. (mimeo)
- MANNETJE, L. 't. 1996. Potential and prospects of legume-based pastures in the tropics. Wageningen Agricultural University, Department of Agronomy, Netherlands. 24 p. (sin publicar)
- MAZZARINO, J.; SZOTT, L.; JIMENEZ, M. 1993. Dynamics of soil total C and N, microbial biomass, and water-soluble C in tropical agroecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*. 25(2):205-214.
- MINAMI, K.; GOUDRIAAN, J.; LANTINGA, E.; KIMURA, T.; BAKER, M. 1993. Significance of grasslands in emission and absorption of greenhouse gases. Grasslands for our World. (New Zealand). 444-450, 60 ref.
- NATIONAL INSTITUTE OF AGRO-ENVIRONMENTAL SCIENCES. 1992. CH₄ and N₂O. Global emissions and controls from rice fields and other agricultural and industrial sources. Ed. R. Manami, A. Mosier, R. Sass. NIAES, Tokio, Japan. 234 p.
- NYGREN, P. 1995. Carbon and nitrogen dynamics in *Erythrina poeppigiana* (Leguminosae: Phaseoleae) Trees managed by periodic prunings. Thesis Ph.D. University of Helsinki, Department of Forest Ecology, Finland.
- PEUKER, A. 1992. Public policies and deforestation: a case study of Costa Rica. Latin american and caribbean technical. Department Regional Studies Program. Washington, (EUA). 34 p.
- PEZO, D.A. 1993. Potencial de sostenibilidad en sistemas de producción animal basados en el uso de pasturas. In Seminario Agroecología y producción sostenible. MAG/PROGASA/EARTH, San José, Costa Rica.
- PEZO, D. 1994. Interacciones suelo-planta-animal en sistemas de producción animal basados en el uso de pasturas: algunas experiencias en el trópico húmedo. Curso de protección e investigación en pastos tropicales, Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia. Maracaibo, Venezuela. 28-29 (mimeo).
- POST, W.; PASTOR, J.; ZINKE, P.; STANGENBERGER, A. 1982. Soil carbon pools and word life zones. *Nature* 298:156-159.
- PRESTON, T.; LENG, R. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre nutrición de rumiantes en el trópico. Consultorías para el desarrollo rural integrado en el trópico. Cali, Colombia. 313 p. (mimeo)
- REID, D. 1993. A review of literature of nature conservation, sustainable development and sustainability. 1966-93. Center for human ecology. University of Edimburgh. G.B. 101 p.
- RIESGO, A. 1992. La ganadería bovina en el trópico americano: situación actual y perspectivas. In Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano. Ed. por S. Fernández Baca. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago. p. 13-46.
- ROMERO, F.; ABARCA, S.; CORADO, L.; TABON, J.; KASS, M.; PEZO, D. 1993. Producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con poró (*Erythrina poppigiana*) en el trópico húmedo de Costa Rica. In *Erythrina in the new and old worlds*. Ed. por C.B. Westley, M.H. Powell. Nitrogen fixing tree research worlds. Reports. Special Issue. p. 205-210.
- ROOS, D.; SPEIR, T.; KETTLES, H.; TATE, K.; MACKAY, A. 1995. Soil microbial biomass, C and N mineralization and enzyme activities in hill pasture: influence of grazing management. *Australian J. Research*. 33:943-59.

- RUMPLER, W.; JOHNSON, D.; BATES, D. 1986. The effect of high dietary cation concentration on methanogenesis by steers fed diets with and without ionophores. *Journal of Animal Science*. 62:1737-1741.
- SALAZAR, U.C. 1996. Mineralización de la materia orgánica del suelo bajo tres tipos de cobertura en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Turrialba, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 76 p. (sin publicar)
- SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del trópico, características y manejo. San José, Costa Rica. IICA. Serie de libros y textos. 634 p.
- SAAS, R.L. 1992. Short summary chapter for methane. In CH_4 and CO_2 global emissions and controls from rice fields and other agricultural and industrial sources. Ed. by Minami R.; Mosier A.; Sass R. Proceedings of an international workshop: methane and nitrous oxide emission from natural and antropogenic sources and their reduction research plan. Tsukaba, Japan. Institute of Agro-Environmental Science. Tokio. p. 1-7.
- SEPSA-CNP. 1990. Encuesta Ganadera Nacional 1988. Secretaría de Planificación Agropecuaria, San José, Costa Rica. 60 p.
- SHIBATA, M. 1992. Methane production in ruminants. In CH_4 and N_2O , global emissions and controls from rice fields and other agricultural and industrial sources. Ed. by Manami R.; Mosier, A.; Sass, R. NIAES, Tokio. p. 105-115.
- SOTO, P.; SCOTT, L.; KASS, D. 1993. Dynamics of efficiency of nutrient use in crops amended with Erythrina. In Erythrina in the new and old worlds. Ed. by C.B. Westley; M.H. Powell. Nitrogen fixing tree research worlds. Reports, special issue. p. 138-148.
- THORNTON, J.; OWENS, F. 1981. Monensin supplementation and in vitro methane production by steers. *Journal of Animal Science*. 52(3):628-635.
- TORRES, M. 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 M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE, 98 p.
- VAN HEURCK, L. 1990. Evaluación del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 en la producción de leche y sus componentes. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE, 111 p.
- VARGAS, E.; HERNANDEZ, J. 1994. Suplementación de novillos de carne con concentrado líquido (Nutrophos) y pollinaza. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. (sin publicar).
- VELDKAMP, E. 1993. Soil organic carbon dynamic in pastures established after deforestation in the humid tropic of Costa Rica. Ph.D. Thesis, The Netherlands. Wageningen Agricultural University. 117 p.
- VILLEGAS, Z.L. 1992. Transferencia de tecnología. In Avances de la producción de leche y carne en el trópico americano. Ed. por S. Fernández-Baca. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago. p. 646-482.
- VAN SOEST, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. Ed. Comstock Cornell University Press, Ithaca, N.Y.
- VON PLATEN, H. 1985. Appropriate land use systems of smallholder farms on steep slopes in Costa Rica: a study on situation and development possibilities. Thesis Ph.D., Germany. Wissenschaftsverlag Vau R Kiel. 187 p.
- WARING, R.H.; SCHLESINGER, W.H. 1985. Forest ecosystems: concepts and management. Academic Press, New York.