



Corpoica. Ciencia y Tecnología  
Agropecuaria

ISSN: 0122-8706

revista\_corpoica@corpoica.org.co

Corporación Colombiana de Investigación  
Agropecuaria  
Colombia

Duarte Torres, Óscar; Pulido Herrera, José; Silva Zalzu, Jorge; Holmann, Federico  
Modelo de optimización para los sistemas de producción agropecuarios de la  
microrregión Valle del Cesar, Colombia  
Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, vol. 4, núm. 1, septiembre, 2003, pp. 6-14  
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria  
Cundinamarca, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449953024002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## ARTÍCULO TÉCNICO

Óscar Duarte Torres<sup>1</sup>;  
José Pulido Herrera<sup>1</sup>;  
Jorge Silva Zaluzuk<sup>2</sup>;  
Federico Holmann<sup>3</sup>

## ABSTRACT

**Title: Model to improve the livestock and crop production systems in Valle del Cesar, Colombia**

Colombia is going through a dynamic research and technology transfer effort in order to improve its livestock enterprise. Animal production systems of twenty-two ecoregions in the lowland tropics are being characterized for ex-ante analysis to define technological alternatives. The Valley of Cesar in northern Colombia is a micro-region where agriculture has been its traditional production system, but now, 80% of the land has pastures. This valley was taken as a case study and we use an optimization model to evaluate its major agricultural crops: rice, cotton, sorghum, and also, livestock productions systems: dual-purpose and beef. Additionally, was evaluated the feasibility of applying new and improved technologies. The evaluation of the dual-purpose system included the introduction of *Leucaena leucocephala* as a protein bank of Angleton pastures and of mixed pastures like Angleton with *Clitoria ternatea*. Changes in calving and mortality rates were also evaluated by the model. By the other hand, the analysis of crop sensitivity included reduction of production costs and increments in productivity, in order to establish the competitiveness level of these systems, faced to dual purpose cattle productions.

The results indicate that this is the most profitable system of the major agricultural products for the Valley of Cesar under current productivity levels, input costs, and sale prices. Improvement of Angleton pastures through establishment of *Clitoria ternatea* associations for dual purpose systems would result in an increment of 194% in annual net income. On the other hand, the annual net income of the system can be increased. The optimization model is a management tool that contributes to identify the activities showing the best potential to get higher economic profit, as well as to determine new technologies that offer better possibilities for production and adoption.

**Key words:** Colombia, Valley of Cesar, optimization model, dual purpose, dairy, beef, rice, cotton, sorghum.

1. Programa Nacional de Agroecosistemas, CORPOICA, Centro Nacional de Investigación Tibaitatá, Corpoica, A.A. 240142, Las Palmas, Bogotá, Colombia. e-mail: jpulido@corpoica.org.co;  
2. Programa Regional Pecuário, CORPOICA. Calle 22 # 14-30, Valledupar, Colombia; 3. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombia.

## Modelo de optimización para los sistemas de producción agropecuarios de la microrregión Valle del Cesar, Colombia

## RESUMEN

Con el fin de dinamizar la ganadería bovina colombiana, y en un esfuerzo conjunto de los sectores oficial y privado, se están adelantando procesos de investigación y transferencia de tecnología en el nivel de empresas agropecuarias. Parte de ese proceso ha sido la caracterización de los principales sistemas productivos ganaderos en 22 microrregiones del trópico bajo. La información obtenida se ha aplicado a evaluaciones ex-ante de las alternativas tecnológicas generadas. El Valle del Cesar, localizado al norte de Colombia, ha sido tradicionalmente una microrregión de tradición agrícola que cambió el uso del suelo, dedicándolo en gran parte a la ganadería bovina debido a la fluctuación de los precios del mercado y a aspectos de tipo social.

Este estudio, que incluye el análisis de factibilidad de algunas alternativas tecnológicas, presenta los principales resultados del análisis ex-ante realizado, usando un modelo de optimización lineal alimentado con la información técnico-económica correspondiente a los tres cultivos principales de la zona: arroz, algodón y sorgo, y de acuerdo con los parámetros de forraje y manejo animal de los dos sistemas de producción bovina predominantes en la zona: doble propósito y ceba. Por su parte, en el sistema de doble propósito se evaluó el efecto de la introducción de leguminosas arbóreas como la acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*) y herbáceas como la 'campanita' (*Clitoria ternatea*) en praderas de pasto Angleton (*Dichantium aristatum*), así como el efecto en el sistema si se modifican los parámetros de natalidad y mortalidad de terneros.

En los sistemas agrícolas, con el fin de hacerlos más competitivos frente al sistema de doble propósito, se evaluaron escenarios de reducción de costos de producción y aumento de productividad. Los resultados indican que, en la actualidad, este sistema ganadero presenta las mejores rentabilidades debido a una demanda de mano de obra menor y a la flexibilidad para la producción de carne y leche, si bien depende de los cambios en los precios de los productos. Se encontró que el sistema presenta un gran potencial de desarrollo al incorporar en las praderas de Angleton la leguminosa 'campanita', asociación con la cual se obtendría un incremento del 194% en el ingreso neto anual. La aplicación del modelo también demostró la atractiva posibilidad de establecer en la zona el sistema de lechería bajo la modalidad de dos ordeños diarios, sistema que estaría compitiendo favorablemente con el sistema de doble propósito.

**Palabras claves:** Colombia, Valle del Cesar, arroz, sorgo, algodón, doble propósito, modelos optimización.

## INTRODUCCIÓN

EL VALLE DEL CESAR es una de las 22 microrregiones en las que se están adelantando procesos de investigación y transferencia de tecnología orientados hacia la modernización de la ganadería colombiana (Afanador, 1996). Este valle posee una amplia tradición agrícola debido a la buena fertilidad de sus suelos y adecuada infraestructura vial, con una extensión de 611.000 ha en las cuales prevalece el piso térmico cálido (promedio de 28°C) y una precipitación bimo-

dal de 1.000 mm anuales. Debido al desestímulo del sector agropecuario, el área de producción en los últimos años se ha reducido en un 80%, lo que ha afectado principalmente los cultivos anuales como algodón, arroz y sorgo. Actualmente las tierras con vocación agrícola están convertidas en áreas de pastoreo, pero el ritmo de crecimiento de la ganadería en la zona no ha sido el más satisfactorio, debido principalmente a la inseguridad, la violencia social, la ca-

rencia de infraestructura física, la desestabilización de los precios de los productos, el escaso nivel tecnológico de las explotaciones, los altos costos de producción y la dificultad de acceso al crédito (Figura 1).

El 80% de las tierras actualmente están dedicadas al pastoreo, el 7% a cultivos perennes, el 12% a cultivos anuales y el 1% a bosques naturales y vegetación xerofítica. La ganadería de doble propósito con énfasis en la producción de leche, la ganadería de ceba y los cultivos de algodón, arroz de riego, sorgo, palma africana y frutales son los principales sistemas de producción; la ganadería bovina ocupa el primer renglón en cobertura, ya que el 78% de las fincas de la microrregión basan su economía en este sistema. Entre las explotaciones ganaderas, el 75% son mayores de 200 ha, 21% cuentan con predios entre 51 y 200 ha, y sólo 4% corresponden a predios menores de 50 ha.

Dada la diversidad de sistemas productivos, el análisis tecnológico de la microrregión es dispendioso, por lo que se hace necesario recurrir a los modelos de optimización para comparar y evaluar de manera eficaz, técnica y económicamente, los sistemas de producción y, así mismo, proponer sistemas alternativos para poder enfrentar con mayor eficiencia los mercados regionales o internacionales. Por ejemplo, en Costa Rica estos modelos se han venido utilizando con éxito en el estudio de sistemas de producción de doble propósito (Holmann y Estrada, 1997). En Colombia, a su vez, se han usado en los sistemas de arracacha en el departamento del Tolima (Rivera y Estrada, 1995), en sistemas agrosilvopastoriles en los departamentos del Valle del Cauca y Cauca (Parra y Estrada, sin publicar) y en la cuenca hidrográfica del Río Doña Juana en el departamento de Caldas (Abad *et al.*, 1998). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo ha sido el de analizar, desde una perspectiva técnico-económica, los sistemas de producción actuales del Valle del Cesar, evaluando el impacto de la introducción de propuestas tecnológicas relacionadas con los componentes de los actuales sistemas, así como la introducción de sistemas de producción alternativos.

### Materiales y métodos

Para llevar a cabo el análisis técnico-económico se utilizó un modelo de optimización lineal desarrollado por el Centro Agronómico Tropical de Investiga-

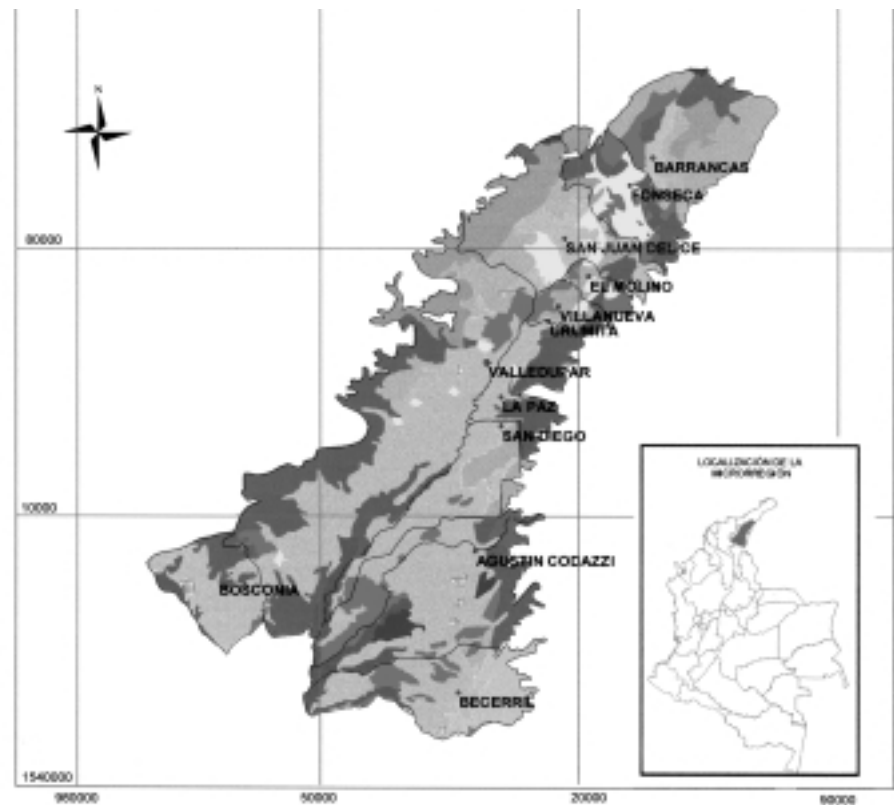


Figura 1. Ubicación de la microrregión del Valle del Cesar.

ción y Enseñanza, CATIE, y la Red Internacional de Sistemas de Producción Animal para Latinoamérica, RISPAL (Estrada y Holmann, 1997). El modelo fue diseñado para evaluar ex-ante, el uso actual de la tierra y cuantificar el beneficio y los costos de las diferentes actividades agropecuarias, medir la productividad biológica y estimar algunos indicadores de conservación del medio ambiente (el componente ambiental no se incluyó por falta de información suficiente y confiable). La estructura flexible del modelo permitió efectuar modificaciones parciales o totales, dependiendo de los intereses particulares y de la capacidad analítica del usuario. El modelo tiene seis hojas electrónicas cuyo contenido es como sigue:

1. Información básica para correr el modelo;
2. Información para calcular la producción animal;
3. Información para estimar la producción de praderas y árboles maderables;
4. Información para calcular la producción de cultivos;
5. Información para estimar los costos de amortización de la inversión en infraestructura y equipo, y
6. Una matriz de correlaciones de la

programación lineal. Para realizar los análisis se utilizó como soporte lógico la hoja electrónica Microsoft Excel, versión 7.0 para Windows.

La información básica relacionada con los parámetros biológicos y económicos de los sistemas agrícolas y bovinos se obtuvo a partir de la base de datos conformada por los investigadores del Centro de Investigación Motilonia de CORPOICA (1997) sobre la productividad de las fincas y agroindustrias de la zona. El modelo asume que la función objetivo de los productores es el aumento del ingreso neto anual; por tanto, lleva a cabo todos los cálculos con base en un período anual y asumiendo que la empresa agropecuaria se encuentra en equilibrio, razón por la cual, no se considera el aumento de inventarios a través del año; así mismo, el análisis de la información y de los escenarios propuestos en las simulaciones corresponden al mismo período de tiempo.

### Parámetros productivos y definiciones

**Sistemas agrícolas.** Se evaluaron los tres principales sistemas de producción agrícola vigentes (algodón, arroz y sorgo), a partir de los rendimientos promedio por hectárea obtenidos en la zona en una cosecha (semestre) por año (CORPOICA,

1997); así mismo, el promedio de los precios de los productos colocados por el productor en el mercado mayorista (Tabla 1).

**Sistemas ganaderos.** Se evaluaron los dos sistemas predominantes de producción bovina de la zona (doble propósito y ceba), además de los sistemas de leche y carne como alternativas tecnológicas. Los parámetros de los sistemas ganaderos se resumen en la Tabla 2. La cantidad de leche disponible para la venta en cada sistema de producción se obtuvo teniendo en cuenta la producción promedio por lactancia y la leche suministrada

a los terneros, que se calculó estimando el consumo promedio del ternero en cada lactancia. De igual forma, se asumió que la unidad animal en cada sistema estaba representada por el peso promedio de una vaca adulta de la zona.

Para el cálculo de la mano de obra requerida se tuvo en cuenta que en el sistema de lechería se realizan dos ordeños al día, mientras que en el de doble propósito solamente se realiza un ordeño diario. Para el cálculo de mano de obra sólo se consideraron las actividades relacionadas con el manejo del hato; las actividades relativas al manejo de praderas (control de malezas, fertilización, re-

paración de cercas, etc.) fueron incluidas en el componente forrajero.

**Recursos forrajeros.** Al respecto se analizaron sistemas ganaderos basados en el pastoreo de praderas tropicales típicos de la zona, en los que se simuló la producción de biomasa y la calidad nutritiva de las especies forrajeras durante las épocas de verano e invierno. El consumo diario de materia seca osciló entre 1.8 y 2.2% del peso vivo por animal para cada trimestre y se estimó en un año el tiempo para el primer pastoreo de las especies y la vida útil de cada especie forrajera. De otra parte, se calculó la cantidad de biomasa que pasa del final de la época húmeda al inicio del verano, denominada ‘traspaso de biomasa’ (Tabla 3).

Con relación a los recursos forrajeros, se evaluaron los pastos predominantes en la zona: Kikuyina (*Botriochloa pertusa*) y Angleton (*Dichantium aristatum*). En este componente se incluyeron las tres alternativas tecnológicas más factibles para implementar en los sistemas productivos de la zona: caña forrajera (*Sacharum officinarum*), asociación Angleton + Campanita (*Clitoria ternatea*) y acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*), mantenida como banco de proteína para utilizar durante la época seca (Tabla 3). El traspaso de biomasa, la cual es consumida por los animales también en la época seca, se definió en términos de la cantidad de biomasa producida durante la época lluviosa.

**Cálculo del costo de producción unitario de leche y carne.** Para estimar el costo de producción de cada kilogramo de carne y de leche en el sistema doble propósito se asumió que, del costo total del sistema, 70% correspondía a la producción de leche y 30% a la producción de carne. Este supuesto se basó en dos argumentos: primero, que en la estructura del hato utilizada en este modelo los terneros y terneras representan un 30% y, segundo, que durante el ordeño un cuarto de la ubre se destina a la alimentación del ternero, lo que indica que 25% del costo de producción de leche se traslada a la producción de carne, y se asume que 5% del costo adicional se dedica al manejo de los terneros.

Para adelantar este cálculo se incluyeron cinco escenarios tecnológicos de praderas que fueron: 1. Fincas con toda su área de potreros sembrada con Angleton; 2. Fincas con 86% de Angleton y 14% de Leucaena; 3. Fincas de praderas

**Tabla 1.** Parámetros utilizados en los sistemas agrícolas del Valle del Cesar (Colombia)

Parámetros productivos	Sistema de producción agrícola		
	Algodón	Arroz	Sorgo
Productividad (kg/ha/semestre)	1.500	4.600	2.000
Precio de venta (USD \$/kg)	0,8	0,35	0,19
Vida útil (años)	0,5	0,5	0,5
Costo pre-siembra y siembra (USD \$/ha)	185	276	78
Costo pos-siembra (USD \$/ha)	439	660	137
Costo cosecha (USD \$/ha)	347	294	142
Costo total de producción (USD \$/ha)	971	1.230	357
Mano obra (jornales/ha/semestre)	51,5	51	7
Valor jornal (USD \$)	6	6	6

Fuente: Corpoica, C. I. Motilonia 1998.

**Tabla 2.** Parámetros productivos de los sistemas ganaderos del Valle del Cesar (Colombia)

Parámetros productivos	Sistema de producción pecuario			
	Doble propósito	Carne	Ceba	Leche
Leche vendible (kg /vaca/lactancia)	1.200	0	—	1.800
Leche consumida por el ternero (kg/lactancia)	400	700	—	200
Producción carne (kg/ternero/año)	120	190	—	120
Natalidad anual (%)	70	65	—	75
Mortalidad adultos (%)	3	3	—	3
Mortalidad jóvenes (%)	10	5	—	15
Descarte por año (%)	20	20	—	20
Peso promedio, unidad animal (kg)	400	370	370	450
Peso novillo para ceba (kg)	—	—	310	—
Peso novillo cebado (kg)	—	—	420	—
Valor compra de vacas (USD \$/unidad)	450	399,6	—	598,5
Precio de la leche (USD \$/kg)	0,3	—	—	0,3
Precio, carne vaca descarte (USD \$/kg)	0,95	0,95	—	0,85
Precio, carne ternero (USD \$/kg)	1	1	—	1
Precio carne novillo cebado (USD \$/kg)	—	—	1,2	—
No. jornales / unidad animal/ año	5	2	2	7

Fuente: Corpoica, C. I. Motilonia, 1998.

**Tabla 3.** Parámetros productivos de recursos forrajeros utilizados en los sistemas ganaderos del Valle del Cesar (Colombia)

Sistema de producción	Kikuyina	Angleton	Caña	Angleton + Clitoria	Leucaena
<b>Parámetros productivos</b>					
Producción época húmeda (kg MS /ha)	2.000	2.500	—	2.500/1.200	2.200
Producción época seca (kg MS /ha)	400	600	18.200	500/600	2.200
Proteína época húmeda (%)	7	8	—	8/18	20
Proteína época seca (%)	2	3	3,5	3/18	20
Traspaso de biomasa de época húmeda a verano (kg MS)	400	500	—	500/300	440
Digestibilidad en la época húmeda (%)		55	55	—	50/65 55
Digestibilidad en la época seca (%)	45	50	60	50/65	55
Pérdidas por pisoteo en época húmeda (%)	30	30	—	30	—
Pérdidas por pisoteo en época seca (%)	20	20	—	20	—
No. jornales /ha/año	4	6	25	9,8	14,1
Costo de establecimiento (USD \$/ha)	41	122	205	175	524
Costo de mantenimiento (USD \$/ha/año)	18	38	15,9	35	61

MS = Materia seca

Fuente: Corpoica, C. I. Motilonia, 1998.

con asociación de 70% de Angleton y 30% de Clitoria; 4. Fincas con 56% de Kikuyina y 44% de Angleton y, 5. Fincas con 85% de Kikuyina y 15% de Leucaena. Estos escenarios fueron incluidos en el estudio, puesto que son representativos, tanto de las condiciones actuales, como de las mejores alternativas tecnológicas disponibles. Los precios de los productos en cada sistema se calcularon con base en los valores que se pagaron por ellos a nivel de empresa o finca a una tasa de cambio de USD \$1 = col \$1.050 (año 1998).

### Resultados y discusión

#### Análisis de los sistemas de producción actuales del Valle del Cesar

Con los recursos disponibles en la zona, y para una finca representativa de 300 ha, el mayor ingreso neto se obtuvo con el sistema de bovinos de doble propósito el cual generó un ingreso neto anual de USD\$ 34.700/finca (USD\$ 115/ha), con un costo operativo anual de USD\$ 36.000 (USD\$ 120/ha) para el establecimiento y mantenimiento de 300 ha de pasto Angleton y el mantenimiento y producción de 287 unidades animal, lo cual requirió 2.090 jornales anuales (1 trabajador para cada 7 unidades animal) (Tabla 4). Bajo las condiciones anterior-

es, el sistema de doble propósito generó un ingreso neto anual de USD\$ 0,96 por cada dólar utilizado en el sistema, lo cual demuestra su viabilidad económica.

En esta zona, el sistema de doble propósito es el más flexible desde los puntos de vista técnico y económico, si se lo compara con los otros sistemas de producción pecuaria, debido a que es posible manejarlo con praderas nativas o mejoradas. De esta manera, si se deprimen los precios de venta o baja la producción de carne y/o leche, este sistema continúa siendo el más rentable frente a otras opciones forrajeras más baratas como la Kikuyina. Por ejemplo, ante eventualidades como la disminución en 10% del precio o la producción de leche, o una baja de 20% en el precio o la producción de la carne, o una reducción simultánea de 5% en el precio o la producción de leche y de 10% en el precio o la producción de carne, las fincas que mantendrían la rentabilidad serían aquellas en las que el área de pasturas posea una mezcla de 56% de Kikuyina y 44% de Angleton, con la cual se logra reducir los costos operativos y mantener la rentabilidad del sistema de doble propósito (Tabla 4). Aún bajo condiciones extremas, como una reducción de 47% en el precio o la producción de la leche, es posible seguir manteniendo el doble propósito como el sistema de mayor rentabilidad de la zona, aunque para esto se requiera que el 100% del área esté cubierta por praderas de Kikuyina, lo cual implica una reducción de 30 % en

**Tabla 4.** Análisis de los sistemas actuales de producción del Valle del Cesar (Colombia)

Condición	Sin restricción recursos	Baja 10% precio leche ó Baja 20% precio carne ó Baja simultánea precio carne y 5% precio leche	Baja 47% precio leche 10%	Sube precio arroz 3%	Sube precio algodón (17%)	Sube precio sorgo 45%
<b>Resultado</b>						
Sistema de producción	Doble p.	Doble propósito	Doble propósito	Arroz	Algodón	Sorgo
Área (ha)	300 Angleton	169 Kikuyina 131 Angleton	300 Kikuyina	300 Arroz	300 Algodón	300 Sorgo
Unidades animal (No.)	287	251	202	-	-	-
Utilización mano obra (jornales/año)	2.090	1.813	1.537	15.300	15.450	2.208
Costos operativos (USD \$/año)	36.247	27.747	19.861	733.391	282.794	106.946
Ingreso neto/finca (USD \$/año)	34.780	28.766	10.333	37.356	34.986	35.070
Precios a noviembre de 1997 (en USD \$; tasa de cambio USD \$1= \$col 1.050,00):						
1 litro leche: 0,3		1 kilo carne ternero: 1,0	1 kilo carne vaca: 0,95			
1 kilo arroz: 0,35		1 kilo algodón: 0,8	1 kilo sorgo: 0,19			

la carga animal con respecto a las praderas de Angleton.

Bajo las condiciones actuales de la zona, el arroz es el sistema de producción agrícola que mejor compete con los bovinos de doble propósito. Para una mayor competitividad del arroz con relación a la ganadería de doble propósito, es necesario un aumento de 3% en su precio de venta (de USD\$ 0,35 a USD\$ 0,361/kg) o en su productividad (de 4.600 a 4.738 kg/ha) (Tabla 4). De otra parte, las principales limitantes del sistema arroz, comparado con el sistema de doble propósito, son: el alto requerimiento de mano de obra (7 veces más), la baja disponibilidad de agua para riego en el Valle del Cesar (15%) y los altos costos de producción (20 veces más por hectárea).

Después del arroz, el sistema más competitivo en el Valle del Cesar es el algodón; no obstante, para que sea el más rentable de la zona se requiere un aumento de 17% en su precio de venta (de USD\$ 0,8 a USD\$ 0,936/kg), o en su productividad (de 1.500 a 1.755 kg/ha) (Tabla 4). Por su parte, el sistema sorgo, a pesar de exigir menos jornales y tener menor costo de producción que el arroz o el algodón, presenta menor rentabilidad debido a su bajo precio en el mercado (USD\$ 0,19/kg). Para que este sistema sea el más rentable de la zona, se requiere un aumento del 45% en su precio de venta (de USD\$ 0,19/kg a USD\$

0,276/kg) o en su productividad (de 2.000 a 2.900 kg/ha) (Tabla 4).

#### *Opciones tecnológicas para los sistemas de producción actuales y sistemas alternativos para el Valle del Cesar*

En el sistema vigente de doble propósito, hay varios componentes que se podrían mejorar para obtener una mayor rentabilidad. En el componente de praderas, la introducción de una leguminosa como *Clitoria ternatea* (30% del área) en praderas de Angleton, permitiría incrementar la carga animal en 1,6 unidades animal, el ingreso neto en 194% y generar 32% más en cuanto mano de obra, que la sola pradera de Angleton (Tabla 5). Sin embargo, se requiere un 52% de capital adicional para asumir los mayores costos operativos por el establecimiento y el mantenimiento de la pradera asociada y de un mayor número de animales.

De otra parte, la pradera de Angleton solo, más la introducción de una leguminosa arbórea como *Leucaena leucocephala* para ser utilizada como banco de proteína en la época seca (14% del área de Angleton), incrementa el ingreso neto anual en 12%, aumenta la carga animal en 1,15 veces y mantiene constante la producción de leche durante la época seca. La introducción de la leguminosa arbórea comparada con la pradera de Angleton solo, requeriría un excedente

de 18% en cuanto mano de obra e incrementaría en 15% los costos operativos por el establecimiento y el mantenimiento de la leguminosa, además del mantenimiento y manejo de la carga animal (Tabla 5).

Estas dos opciones tecnológicas del componente 'pradera' muestran buena solidez, aún bajo las condiciones adversas de precios y producciones analizadas. Así, la mezcla Angleton-Clitoria sería la mejor alternativa forrajera desde los puntos de vista biológico y económico si llegan a ocurrir cambios en los parámetros promedio de productividad y precios del mercado; por ejemplo, con una reducción drástica (47%) en el precio de venta o la producción de leche, esta asociación generaría un ingreso neto anual de USD\$ 24.759 (Tabla 5). Si se comparan estos resultados con los obtenidos de praderas homogéneas de Kikuyina, al reducirse el precio o la producción de leche en 47% (Tabla 4), se obtendría un ingreso neto anual superior de 139%, con una carga animal 2,2 veces superior. Cuando se presenta una reducción del 10% en el precio o en la producción de leche, es necesario reducir los costos operativos del sistema de doble propósito manejando praderas de Kikuyina complementadas con un banco de proteína de *Leucaena* con un área del 15% respecto del pasto (Tabla 5).

**Tabla 5.** Escenarios de las principales opciones tecnológicas en el Valle del Cesar (Colombia)

Opción tecnológica	Asociación Angleton + Clitoria	Leucaena en verano	Baja 47% precio leche	Baja 10% precio de leche ó baja 20% precio de carne ó baja 5% precio de leche y 10% precio de carne	Sistema lechería con natalidad de 83% ó producción de 2.300 kg/ vaca/ lactancia
<b>Resultado</b>					
Utilización mano obra (jornales/año)	2.758	2.474	2.758	2.080	2.289
Sistema de producción	Doble propósito	Doble propósito	Doble propósito	Doble propósito	Lechería
Área (ha)	300 Angleton + Clitoria	42 Leucaena +258 Angleton	300 Angleton+ Clitoria	254 Kikuyina +46 Leucaena	300 Angleton
Unidades: No. de vacas o novillos	457	330	457	276	231
Costos operativos (USD \$/año)	49.188	41.777	49.188	29.428	37.393
Ingreso neto / finca (USD \$/año)	67.486	39.080	24.759	32.934	34.280

Precios a noviembre de 1997 (en USD \$; tasa de cambio USD \$1= \$col 1.050,00):

1 litro leche: 0,3

1 kilo carne ternero: 1,0

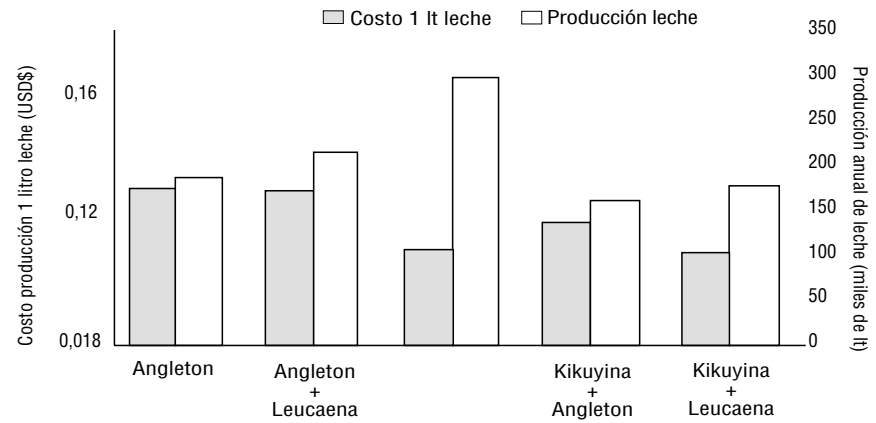
1 kilo carne vaca: 0,95

Al comparar el uso de la *Leucaena* y la Kikuyina (Tabla 5) con la estrategia de usar conjuntamente praderas de Kikuyina y Angleton (Tabla 4), sistemas planteados por una reducción de 10% en el precio de la leche, se obtiene un ingreso neto anual superior en 14% y una mayor carga animal de 1,1 veces a favor de la primera combinación. Esto demuestra la gran posibilidad tecnológica de mejorar el componente 'pradera' del sistema doble propósito mediante bancos de proteína a través de la introducción de leguminosas, tanto para pastoreo como para corte o suministro directo. Con esta estrategia se obtienen las mayores producciones de leche y carne, al tiempo que se mantiene constante el costo de producción e incluso, disminuyéndolo en algunos casos (Figuras 2 y 3).

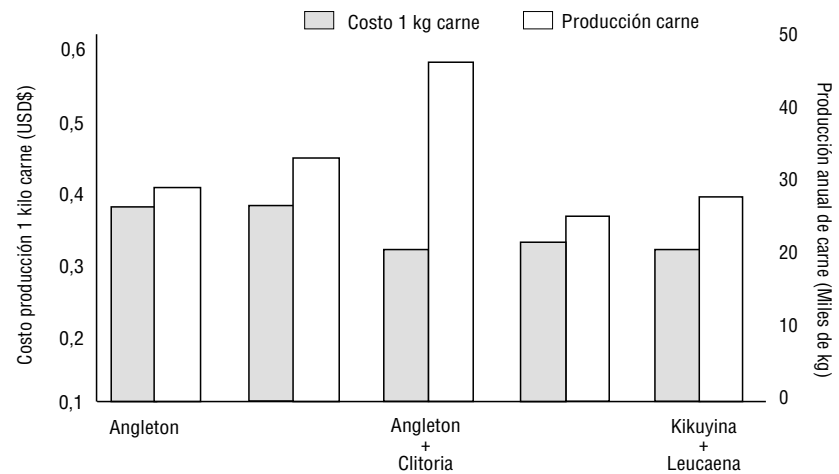
Los resultados de este modelo de optimización muestran que el costo de producción de un litro de leche en el sistema doble propósito en el Valle del Cesar varía entre USD \$ 0,11 y 0,13. La relación entre el costo de producción y el precio de venta es de 1:2,5, lo que indica que en las condiciones biofísicas de la microrregión, y con los tipos de pasturas y manejo animal predominantes, es posible producir leche a un bajo costo. El menor costo unitario se obtiene en el sistema Kikuyina + *Leucaena* y el mayor costo con los sistemas Angleton y Angleton + *Leucaena*, resaltando que con la asociación Angleton + Clitoria se obtiene la mayor producción de leche a un costo de producción intermedio (Figura 2). De otra parte, el costo de producción de un kilo de carne varía entre USD \$0,31 y USD \$0,37 (Figura 3), con una relación entre costo de producción y precio de venta de 1:3; la cual es superior a la encontrada para la producción de leche.

Sin embargo, no es posible realizar el análisis de estos dos productos por separado, ya que provienen del mismo sistema de producción, por lo que la ventaja obtenida en la producción de carne se debe a que la alimentación y los costos de manejo de los terneros y terneras productores de carne se derivan de la producción de leche. Se observa el mismo comportamiento en la producción de leche, con las opciones tecnológicas y escenarios económicos analizados.

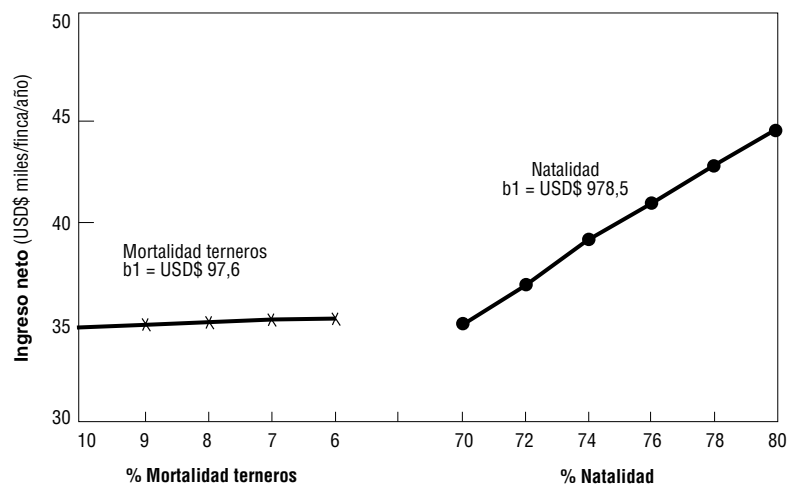
Lo anterior confirma que, bajo las condiciones actuales del sistema de producción de doble propósito en el Valle del Cesar, la rentabilidad proviene de la producción simultánea de leche y carne. Al mejorar la natalidad del doble propó-



**Figura 2.** Producción anual y costo de producción de un litro de leche en el sistema de doble propósito bajo diferentes escenarios tecnológicos



**Figura 3.** Producción anual y costo de producción de un kilogramo de carne en el sistema de doble propósito bajo diferentes escenarios tecnológicos.



**Figura 4.** Variación del ingreso neto ante cambios tecnológicos en mortalidad de terneros y natalidad en el sistema de doble propósito en el Valle del Cesar.

sito, se genera un gran impacto económico en el sistema, pues por cada 1% de incremento en este parámetro, los ganaderos recibirían USD \$978 adicionales de ingreso neto anual, mientras que una reducción de 1% en la mortalidad de

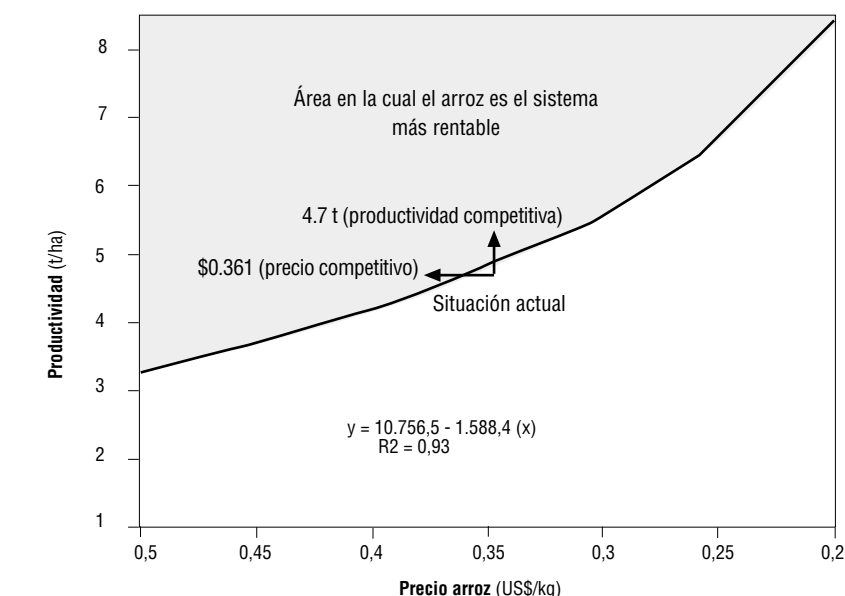
terneros solamente mejoraría en 10% el ingreso neto adicional (Figura 4).

La incorporación de factores tecnológicos que incrementen la productividad por hectárea o causen una disminución de los costos de producción por hectá-

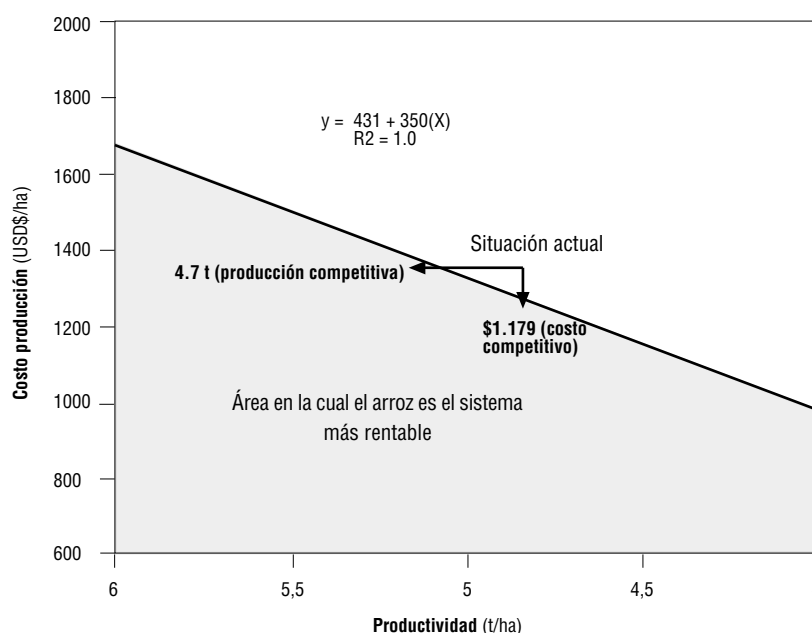
rea, lograría que los sistemas agrícolas considerados fueran más competitivos que el doble propósito. Respecto del cultivo del arroz, bajo las condiciones estándar de precio de venta (USD \$0,35/kg), se necesitaría un incremento de 3% en su productividad (de 4.600 a 4.745 kg/ha), o situarse en algún punto del área sombreada de la Figura 5, para obtener la combinación óptima entre precio de venta y productividad por hectárea. Con la productividad actual del arroz, sería necesario lograr una disminución de 4% en los costos de producción por hectárea (de USD \$1.230 a USD \$1.179), o lograr cualquiera de las combinaciones entre productividad y costo de producción del área sombreada de la Figura 6.

Respecto del cultivo del algodón, con el precio actual (USD \$0,8/kg), se requeriría un aumento de 17% en su productividad (de 1.500 a 1.753 kg/ha), o cualquiera de las combinaciones entre precio de venta y productividad, como se muestra en el área sombreada de la Figura 7. Así mismo, con la productividad actual del algodón, es necesaria una disminución de 21% en los costos de producción por hectárea (de USD \$969 a USD \$766), o lograr cualquiera de las combinaciones entre productividad y costo de producción, como se ilustra en el área sombreada de la Figura 8. En el caso del sorgo, bajo las condiciones de precio estándar (USD\$ 0,19/kg), su productividad debería aumentar en 45% (de 2.000 a 2.905 kg/ha), o buscar alguna de las combinaciones entre precio de venta y productividad ilustradas en el área sombreada de la Figura 9. Manteniendo la productividad actual del sorgo, es necesario una disminución del 48% en su costo de producción por hectárea (de USD\$ 357 a USD\$ 185), o situarse en cualquier punto de los que se presentan en el área sombreada de la Figura 10, para lograr la combinación óptima entre productividad y costo de producción.

La introducción del sistema de producción de leche al Valle del Cesar es factible, y sería algo novedoso para la zona, pero se necesitarían animales cruzados con una raza especializada y la implementación de dos ordeños diarios. Este sistema de producción sería más rentable que el sistema de doble propósito actual, si se manejan vacas con un potencial genético no menor de 2.300 kg de leche/lactancia y se consigue una tasa de natalidad superior a 83% (Tabla 5). Los animales se podrían alimentar con pasto Angleton, manteniendo una carga de 0,76 unidades



**Figura 5.** Combinaciones óptimas entre precio de venta y productividad del arroz para la mayor rentabilidad del sistema en el Valle del Cesar.



**Figura 6.** Combinaciones óptimas entre productividad y costo de producción del arroz para que sea el sistema de producción más rentable en el Valle del Cesar.

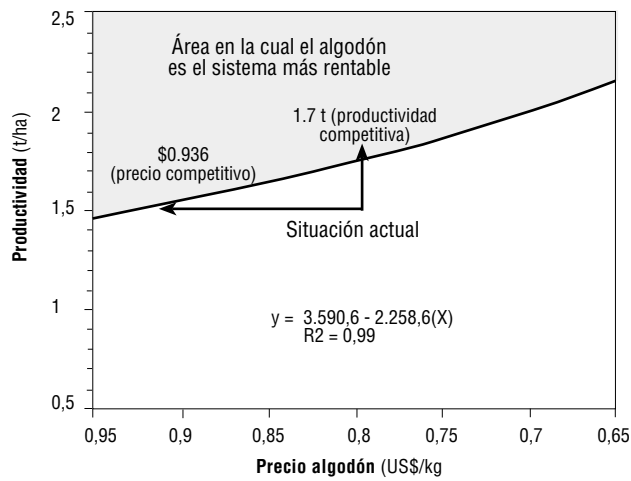
animal/ha y un empleo de 2.290 jornales anuales (1 jornal por cada 10 unidades animal). En este sistema alternativo se obtendría una rentabilidad marginal si se introdujera alguna de las alternativas tecnológicas presentadas para el doble propósito, como el suministro de leguminosas de pastoreo (*Clitoria ternatea*) o arbóreas (*Leucaena leucocephala*), y la mejora de los índices de la natalidad y/o mortalidad. De acuerdo con los parámetros del modelo, los sistemas de producción de carne y ceba de novillos son los menos rentables, pues para que lo fue-

ran, deberían existir condiciones muy extremas para poder competir con el doble propósito, razón por la que no se incluye el análisis de escenarios con estos sistemas.

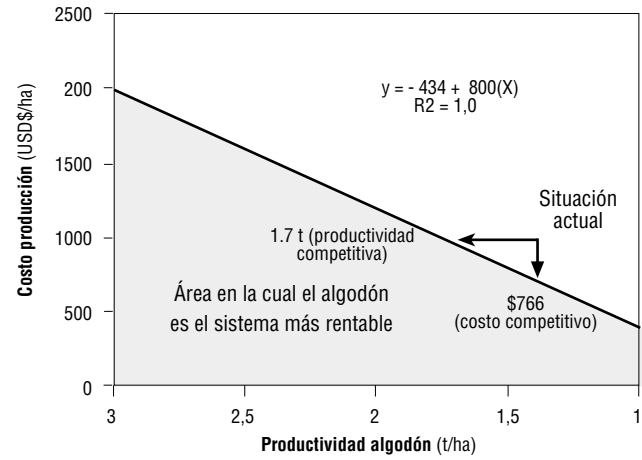
### Conclusiones

Bajo las actuales circunstancias, la ganadería de doble propósito en el Valle del Cesar (Colombia) constituye la mejor opción agropecuaria debido a que requiere menores costos de mano de obra y, además, ofrece la posibilidad de vender leche y carne de manera simultá-

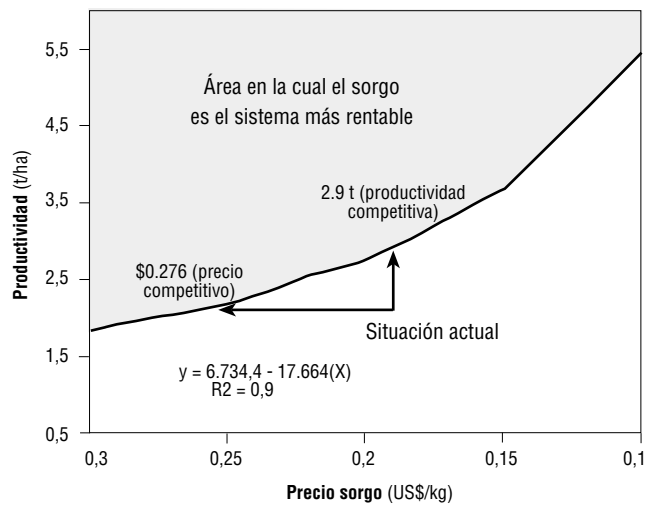




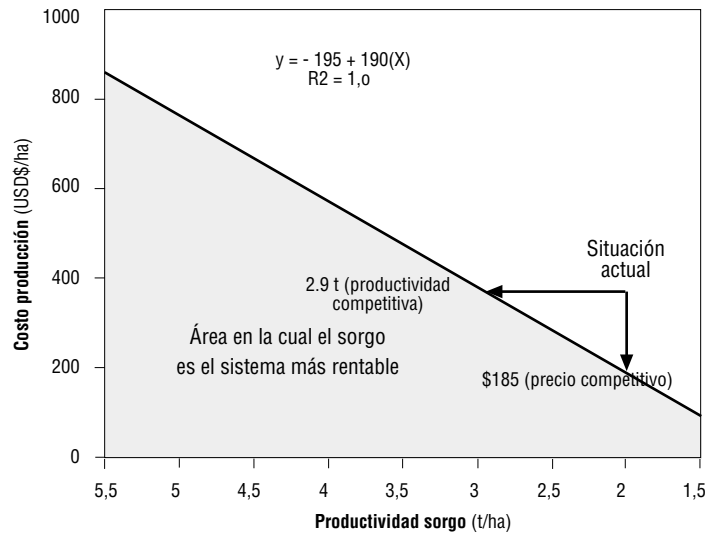
**Figura 7.** Combinaciones óptimas entre precio y productividad del algodón para que sea el sistema de producción más rentable en el Valle del Cesar.



**Figura 8.** Combinaciones óptimas entre productividad y costo de producción del algodón para que sea el sistema de producción más rentable en el Valle del Cesar.



**Figura 9.** Combinaciones óptimas entre precio y productividad del sorgo para que sea el sistema de producción más rentable en el Valle del Cesar.



**Figura 10.** Combinaciones óptimas entre productividad y costo de producción del sorgo para que sea el sistema más rentable en el Valle del Cesar.

nea, lo que permite ajustarse mejor a las fluctuaciones de los precios en el mercado. La rentabilidad de este sistema proviene de la producción simultánea de leche y carne, ya que la relación entre precio de venta y costo de producción es de 0,25 a 0,3 veces superior, tanto para leche como para carne, respectivamente. Los resultados obtenidos validan el incremento en la zona de las áreas dedicadas a praderas y justifican el reemplazo de los cultivos agrícolas.

Mediante la introducción de mejores prácticas tecnológicas es posible hacer más competitivo el sistema de doble propósito. Dichas prácticas deben enfo-

carse hacia el componente de recursos forrajeros y pasturas, así como al aumento de las tasas de natalidad. En el componente mencionado, el modelo sugiere introducir leguminosas como *Clitoria ternatea* y *Leucaena leucocephala*, ya sea en asociación con pasto Angleton o como banco de proteína, respectivamente.

Bajo los precios estándar de la leche, se demuestra la posibilidad de introducir en la zona el sistema de lechería con dos ordeños, que competiría con el sistema de doble propósito. Por el contrario, los sistemas de carne y ceba de novillos no presentaron buenas rentabilidades y, por lo tanto, es necesario buscar alterna-

tivas tecnológicas diferentes a las actuales para hacerlos más competitivos.

Con relación a los cultivos considerados, bajo la situación de precios y nivel de producción actuales, el sistema más recomendado sería el arroz, teniendo en cuenta que éste no puede ser sembrado en toda la zona del Valle del Cesar debido a la deficiencia de agua.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al doctor Rubén Darío Estrada del CIAT sus aportes en ideas y sugerencias para este trabajo, y el haber facilitado el modelo computacional. A los doctores Germán Afanador, Fabio Velásquez e Iván Londoño partícipes del Plan de Modernización de la Ganadería (CORPOICA), por su apoyo técnico y administrativo. Al doctor Álvaro Toloza, Director de la Regional 3 de CORPOICA y a los investigadores de dicha regional por la colaboración prestada, el suministro de información y sus valiosas aportaciones en las discusiones temáticas.

## BIBLIOGRAFIA

**Abad, G.; Ríos, G.; Estrada, R. 1998.** Opciones de desarrollo de la cuenca alta del Río Doña Juana (Victoria, Caldas). Corpoica, Manizales. 10 pp.

**Afanador, G. 1996.** Plan estratégico de modernización tecnológica de la ganadería colombiana. Revista Corpoica 1 (1): 52-54.

**CORPOICA. 1997.** Informe final de actividades de investigación y transferencia de tecnología en la Regional Tres, 1997. **CORPOICA**, Valledupar.

**Estrada, R.; Holmann, F. 1997.** Un modelo aplicable a sistemas de producción animal de doble propósito: marco conceptual, descripción y parámetros. CATIE-RISPAL. 16 pp.

**Holmann, F. y Estrada, R. 1997.** Un modelo aplicable a sistemas de doble propósito: estudio de caso sobre alternativas agropecuarias en la región pacífico central de Costa Rica. *En: Taller sobre metodologías de investigación en fincas con ganado doble propósito.* Carlos Lascano y Federico Holmann (eds.). CIAT, Cali, Colombia, 32 p.

**Rivera, J. y Estrada, R. 1995.** Cuantificación ex-ante del intercambio entre equidad, productividad y sostenibilidad para el diseño de alternativas tecnológicas. *En: El enfoque de sistemas de producción y la incorporación de criterios de política. Memorias Segundo Simposio Latinoamericano sobre Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios (IESA-AL II).* Corpoica-Ministerio del Medio Ambiente, p. 102-112.