

# Análisis de alternativas tecnológicas de los sistemas de producción agropecuarios en el valle del Cesar, Colombia

O. D. Torres\*, J. P. Herrera\*\*, J. S. Zalzuk\*\*\* y F. Holmann<sup>φ</sup>

## Introducción

El valle del Cesar, Colombia, es una de las microrregiones en las cuales se están adelantando procesos de investigación y transferencia de tecnología tendientes a la modernización de la ganadería (Afanador, 1996). Esta microrregión, de 611,000 ha, tiene una larga tradición agrícola, posee suelos de alta fertilidad, adecuada infraestructura vial y está localizada en el piso térmico cálido (promedio de 28 °C) con una precipitación bimodal de 1000 mm/año.

Por diferentes razones, en los últimos años la frontera agrícola se ha visto reducida hasta en 80%, afectando principalmente los cultivos anuales como algodón, arroz y sorgo. Estas áreas, anteriormente agrícolas, actualmente se encuentran sembradas con pasturas, pero el ritmo de crecimiento de la ganadería en la zona no ha sido satisfactorio, influyendo en ello aspectos negativos de tipo estructural y tecnológico.

Según los datos del Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) en la microrregión valle del Cesar para la época del presente estudio el 80% de las tierras estaban ocupadas por pasturas, el 7% por cultivos perennes, el 12% por cultivos anuales y el 1% por bosques naturales y vegetación xerofítica. Los principales sistemas agropecuarios eran el doble propósito con énfasis en la producción de leche, la ceiba

de ganado y los cultivos agrícolas de algodón, arroz bajo riego, sorgo, palma africana y frutales.

Por otra parte, se encontró que la ganadería bovina ocupa el primer renglón en cuanto a cubrimiento, ya que el 78% de las fincas de la microrregión basan su economía en este sistema. El 75% de las explotaciones ganaderas son mayores a 200 ha, 21% cuentan con predios entre 51 y 200 ha, y únicamente 4% corresponden a predios menores de 50 ha.

Para el análisis tecnológico de esta compleja situación, se escogió como alternativa el uso de modelos de optimización. Con estos modelos se logra, en forma rápida, integrada y eficaz, comparar técnica y económicamente los sistemas de producción actuales en una zona y proponer sistemas alternativos que permitan enfrentar con mayor eficiencia los mercados regionales o internacionales. Estos modelos se han venido utilizando con éxito en el estudio de sistemas de producción de doble propósito en Costa Rica (Holmann y Estrada, 1997), de arracacha en el departamento del Tolima (Rivera y Estrada, 1995), en sistemas agrosilvopastoriles para los departamentos del Valle del Cauca y Cauca (Parra y Estrada, sin publicar) y a nivel de cuenca hidrográfica en el departamento de Caldas (Abad et al., 1998).

El objetivo de este trabajo fue realizar, con la ayuda de modelos de optimización, el análisis técnico y económico de los actuales sistemas de producción en el valle del Cesar, y evaluar la introducción de propuestas tecnológicas a nivel de componentes de los actuales sistemas y la introducción de sistemas de producción alternativos.

## Materiales y métodos

A partir de la información generada por el SIG de Corpoica se identificaron los principales sistemas de producción agropecuarios y se definieron las principales actividades bovinas de la microrregión. Para el efecto

\* Programa Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (Colciencias), Transversal 9a Bis no. 132-28, Bogotá, Colombia.

\*\* Programa Nacional de Agroecosistemas, Centro Nacional de Investigación Tibaitatá, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Apdo. Aéreo 240142, Las Palmas, Bogotá, Colombia.

\*\*\* Programa regional pecuario, Corpoica, Calle 22 no. 14-30, Valledupar, Colombia.

φ Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Center for Livestock Research (ILRI), Apdo. Aéreo 6713, Cali, Colombia.

se utilizó el esquema metodológico de caracterización de sistemas de producción propuesto por el programa Nacional de Agroecosistemas (Afanador, 1996). El esquema planteado se basa fundamentalmente en la superposición, cruzamiento y modelado espacial de los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos de los sistemas de producción bovina. Dichos componentes se expresan en forma cartográfica a escala 1:500.000 y en bases de datos relacionados de las zonas agroecológicas, el uso y la cobertura de la tierra, y la división política y administrativa de la microrregión valle del Cesar.

Para el análisis técnico y económico se utilizó un modelo automatizado de optimización lineal desarrollado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Red Internacional de Sistemas de Producción Animal para Latinoamérica (RISPAL) (Estrada y Holmann, 1997). Este modelo fue diseñado con el objeto de evaluar ex ante el uso actual de la tierra y cuantificar el beneficio y los costos entre diferentes componentes, y entre la productividad biológica, los ingresos y la conservación del medio ambiente —este último no se incluyó en el presente estudio por falta de información confiable. La estructura del modelo es flexible para permitir modificaciones parciales o totales, dependiendo de los intereses particulares y la capacidad analítica del usuario.

La estructura del modelo consta de seis hojas electrónicas, que se utilizan para recopilar y analizar la información de la manera siguiente:

#### Hoja Uso

- A Se presenta la información básica para la 'corrida' del modelo.
- B Se incluye la información para realizar los cálculos de producción animal.
- C Aparece la información para realizar los cálculos de producción de pasturas y árboles maderables.
- D Se incluye la información para hacer los cálculos de producción de cultivos.
- E Aparece la información para estimar los costos de amortización y la inversión en infraestructura y equipo.
- F Se presenta la matriz de correlaciones de la programación lineal.

Para realizar el análisis se utilizó la hoja electrónica Microsoft Excel, versión 7.0 para Windows.

La información básica de parámetros biológicos y económicos de los sistemas agrícolas y de bovinos, fue obtenida de datos generados en el Centro de

Investigaciones Motilonia de Corpoica, de fincas de productores y de agroindustrias de la zona.

El modelo asume que la función objetivo de los productores es el aumento del ingreso neto anual; por tanto, realiza todos los cálculos por año y supone que la empresa agropecuaria se encuentra en equilibrio y, en consecuencia, no se aumentan los inventarios a través del año.

#### Parámetros agrícolas

Se evaluaron los principales sistemas de producción agrícola en la zona (algodón, arroz y sorgo), a partir de los promedios de sus productividades (Corpoica, 1997) y de los precios de los productos en la época, colocados por el productor en el mercado mayorista (Cuadro 1).

#### Parámetros de manejo animal

Como alternativas tecnológicas se evaluaron los sistemas doble propósito, y levante y ceba de bovinos. Los parámetros de manejo animal aparecen resumidos en el Cuadro 2. La leche para venta en cada sistema fue calculado de acuerdo con el promedio de producción por lactancia (Cuadro 2), y para el cálculo de la leche suministrada a los terneros se tuvo en cuenta el consumo de éstos en cada lactancia. Los precios de los productos obtenidos en cada uno de los sistemas fueron calculados con base en el pago en la empresa o finca. El peso por unidad animal en cada sistema fue igual al promedio de peso de una vaca en

Cuadro 1. Parámetros utilizados para el análisis de los sistemas de producción agrícola en el valle del Cesar, Colombia. 1997.

Parámetros	Sistema de producción agrícola (cultivo)		
	Algodón	Arroz	Sorgo
Productividad (kg/ha por semestre)	1500	4600	2000
Precio de venta (US\$/kg)	0.80	0.35	0.19
Vida útil (años)	0.5	0.5	0.5
Costo de siembra (US\$/ha)	185	276	78
Costo postsiembra (US\$/ha)	439	660	137
Costo cosecha (US\$/ha)	347	294	142
Costo total de producción (US\$/ha)	971	1230	357
Requerimiento de mano de obra (jornales/ha por semestre)	51.5	51	7
Valor jornal (US\$)	6	6	6

Cuadro 2. Parámetros de manejo animal utilizados para evaluar los sistemas ganaderos del valle del Cesar, Colombia. 1997.

Parámetros	Sistema de producción ganadero			
	Doble propósito	Levante	Ceba	Leche
Leche vendible (kg/vaca por lactancia)	1200	0	—	1800
Leche terneros (kg/ternero por lactancia)	400	700	—	200
Producción carne (kg/ternero por 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 de compra de vacas (US\$/unidad)	450	399.6	—	598.5
Precio leche (US\$/kg)	0.3	—	—	0.3
Precio carne vaca descarte (US\$/kg)	0.95	0.95	—	0.85
Precio carne ternero (US\$/kg)	1	1	—	1
Precio carne novillo cebado (US\$/kg)	—	—	1.2	—
No. jornales/unidad animal por año	5	2	2	7

la zona. Para los requerimientos de mano de obra se consideró que en el sistema de lechería se realizan dos ordeños diarios, mientras que en el sistema doble propósito se hace un solo ordeño; en este parámetro no se incluyó la mano de obra para el manejo de las pasturas, la cual se consideró en el componente forrajero.

### Parámetros forrajeros

Se evaluaron las especies de pastos predominantes en la zona: kikuyina o colosuana (*Bothriochloa*

*pertusa*) y pasto angleton (*Dichantium aristatum*). Dentro del componente de pasturas se consideraron la caña forrajera (*Saccharum officinarum*), la asociación de pasto angleton-campanita y leucaena como banco de proteína para la época seca, que se consideran alternativas tecnológicas con alta factibilidad de ser introducidas de manera masiva en la zona (Cuadro 3). Como reserva de materia seca (MS) se consideró la biomasa producida durante la época lluviosa, pero que es consumida en la época seca.

Cuadro 3. Parámetros forrajeros utilizados para evaluar los sistemas de explotación ganaderos en el valle del Cesar, Colombia. 1997.

Parámetros	Sistema de explotación ganadero				
	Colosuana	Pasto angleton	Caña	Pasto angleton + clitoria	Leucaena
Producción época húmeda (MS/ha, kg)	2000	2500	—	1200-2500	2200
Producción época seca (MS/ha, kg)	400	600	18,200	500-600	2200
PC en época húmeda (%)	7	8	—	8-18	20
PC en época seca (%)	2	3	3.5	3-18	20
MS residual entre épocas húmeda y seca (MS, kg)	400	500	—	300-500	440
DIVMS en época húmeda (%)	55	55	—	50-65	55
DIVMS en época seca (%)	45	50	60	50-65	55
Pérdidas por pisoteo animal en época húmeda (%)	30	30	—	30	—
Pérdidas por pisoteo época seca (%)	20	20	—	20	—
Jornales/ha por año (no.)	4	6	25	9.8	14.1
Costo de establecimiento (US\$/ha)	41	122	205	175	524
Costo de mantenimiento (US\$/ha por año)	18	38	15.9	35	61

## 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 el costo total de producción del sistema se distribuye en 70% para producción de leche y 30% para producción de carne. Este supuesto se basó en las siguientes alternativas, consideradas como las más atractivas en la región: (1) los terneros y terneras representan 30% del hato en el modelo, y (2) se destina un cuarto de la ubre de la madre para la alimentación de los terneros, lo que equivale a que el 25% del costo de producción de leche se traslada a la producción de carne, y se asume 5% de costo adicional para manejo de los terneros. Para este cálculo se incluyeron cinco escenarios tecnológicos de pasturas: (1) Fincas con el 100% del área sembrada con pasto angleton. (2) Fincas con 86% del área en pasto angleton y 14% en leucaena. (3) Fincas con una pastura de pasto angleton (70%) y clitoria (30%). (4) Fincas con 56% de colosuana y 44% de pasto angleton. (5) Fincas con 85% de colosuana y 15% de leucaena.

## Resultados y discusión

### Análisis de los sistemas de producción en el valle del Cesar

Con los recursos disponibles en la región y para una finca representativa de 300 ha, el mayor ingreso neto se obtiene con el sistema doble propósito (Cuadro 4). Este sistema genera un ingreso neto anual de

US\$34,700/finca (US\$115/ha), con un costo operativo anual de US\$36,000 (US\$120/ha) para el mantenimiento y producción de 287 unidades animal y el establecimiento y mantenimiento de 300 ha de pasto angleton, lo que requiere 2090 jornales anuales (1 trabajador para cada 7 unidades animal).

El sistema doble propósito, bajo las condiciones anteriores, genera un ingreso neto anual de US\$0.96 por cada dólar utilizado para su operación, lo que muestra sus ventajas económicas. Este sistema presenta para la región una buena alternativa, debido a que es posible manejarlo con pasturas nativas o mejoradas y es flexible tanto en el aspecto técnico como en el económico; así, si bajan los precios de venta o las producciones de la carne y/o leche, el sistema sigue siendo el más rentable si se soporta con opciones forrajeras más económicas, como la colosuana.

Ante la eventualidad de una baja en 10% en el precio o la producción de leche, o en 20% en el precio o producción de carne, o simultáneamente 5% en el precio o producción de la leche y 10% en el de la carne, las fincas que mantendrían la rentabilidad serían aquellas en las cuales el área en pasturas está compuesta por un 56% de colosuana y 44% de pasto angleton (Cuadro 4), logrando con esto reducir los costos operativos y permitiendo que el sistema doble propósito continúe siendo rentable.

Aún, bajo condiciones extremas de reducción del precio o producción de la leche (47%), es posible seguir

Cuadro 4. Escenarios resultantes utilizados para el análisis de los sistemas de producción agropecuarios en el valle del Cesar, Colombia<sup>a</sup>. 1997.

Sistema de producción	Doble propósito	Doble propósito	Doble propósito	Cultivo de arroz	Cultivo de algodón	Cultivo de sorgo
Condición y resultado	Sin restricción de recursos	Baja 10% el precio de leche, ó 20% el de la carne, o simultánea 10% el de la carne y 5% el de la leche	Baja 47% el precio de leche	Sube 3% el precio del arroz	Sube 17% el precio del algodón	Sube 45% el precio del sorgo
Area (ha)	300 de pasto angleton	169 de colosuana + 131 de pasto angleton	300 de colosuana	300 de arroz	300 de algodón	300 de sorgo
Unidades animal (UA), no.	287	251	202			
Utilización mano obra (jornal/año)	2090	1813	1537	15,300	15,450	2208
Costos operativos (US\$/año)	36,247	27,747	19,861	733,391	282,794	106,946
Ingreso neto/finca (US\$/año)	34,780	28,766	10,333	37,356	34,986	35,070

a. Precios en noviembre de 1997 en US\$ (US\$1 = Col\$1050): 1 lt de leche = 0.3; 1 kg de carne ternero = 1; 1 kg de carne de vaca = 0.95; 1 kg de arroz = 0.35; 1 kg de algodón = 0.8; 1 kg de sorgo = 0.19.

manteniendo el sistema doble propósito como el de mayor rentabilidad de la región, pero sólo en aquellas fincas en las cuales el 100% del área forrajera está en colosuana, lo cual implicaría una reducción de la carga animal del 30%, con respecto a la carga asumida con sólo pasto angleton.

Bajo las condiciones existentes en la región al momento del estudio, el arroz era el sistema de producción agrícola que mejor competía con la explotación bovina en sistema doble propósito. Para lograr la competitividad del arroz frente a este sistema era necesario un aumento de 3% en su precio de venta (de US\$0.35 a US\$0.361 por kg) o en su productividad (de 4600 a 4738 kg/ha) (Cuadro 4). Los grandes limitantes del sistema arroz, comparado con el doble propósito, eran el alto requerimiento de mano de obra (7 veces más), la baja disponibilidad de agua para riego que cubría sólo 15% del valle del Cesar y los altos costos de producción (20 veces más por hectárea) en el primero.

El sistema algodón, después del arroz, presentaba buena competitividad; no obstante fuera el más rentable se requería un aumento de 17% en el precio de venta (de US\$0.8 a US\$0.936/kg) o en la producción (de 1500 a 1755 kg/ha) (ver Cuadro 4).

El sistema sorgo requería menos jornales y su costo de producción era menor que los de arroz y algodón; sin embargo, presentaba una menor rentabilidad debido al bajo precio en el mercado (US\$0.19/kg). Para que el sistema sorgo fuera el más rentable se requería un aumento de 45% en el precio de venta (de US\$0.19 a US\$0.276/kg) o en la productividad (de 2000 a 2900 kg/ha) (ver Cuadro 4).

## Opciones y alternativas tecnológicas para los sistemas de producción

En el sistema de doble propósito son varios los componentes que se podrían mejorar para lograr una mayor rentabilidad.

En el componente pastura, la introducción de una asociación *Clitoria ternatea* (30%) más pasto angleton (70%) en el 30% del área, generaría los resultados siguientes, en comparación con pasto angleton solo: un ingreso neto anual 194% mayor, una carga animal 1.6 más alta y un 32% menos demanda de mano de obra (Cuadro 5). No obstante, se necesitaría una adición de 52% en capital para asumir los mayores costos operativos del establecimiento y el mantenimiento de la pastura asociada, y el mantenimiento de un mayor número de animales en producción.

En el componente pastura, la introducción de *Leucaena leucocephala* en 14% del área en pasto angleton para utilización como banco de proteína en la época seca, incrementaría el ingreso neto anual en 12% y la carga animal en 1.15 veces (ver Cuadro 5). Estos cambios permitirían mantener constante la producción de leche durante la época seca, lo que no ocurriría con pasturas de sólo angleton.

La opción de introducir *L. leucocephala*-pasto angleton vs. sólo pasto angleton, exigiría 18% más mano de obra y un 15% adicional de inversión para asumir los costos de establecimiento y mantenimiento de la leguminosa, y el mantenimiento y producción de una mayor carga animal (ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Principales escenarios considerados con opciones tecnológicas en el valle del Cesar, Colombia<sup>a</sup>. 1997.

Opción tecnológica	Pasto angleton-clitoria	Leucaena para uso en época seca	Baja 47% el precio de la leche	Baja 10% el precio de la leche, ó 20% el de la carne, ó 5% el precio de leche y 10% el de la carne	Sistema lechería con natalidad del 83% o producción de leche de 2300 g/vaca por lactancia
Utilización mano obra (jornal/año)	2758	2474	2758	2080	2289
Sistema de producción	Doble propósito	Doble propósito	Doble propósito	Doble propósito	Lechería
Area (ha)	300 pasto angleton + clitoria	42 leucaena + 258 pasto angleton	300 pasto angleton + clitoria	254 colosuana + 46 leucaena	300 pasto angleton
Unidades animal	457	330	457	276	231
Costos operativos (US\$/año)	49,188	41,777	49,188	29,428	37,393
Ingreso neto/finca (US\$/año)	67,486	39,080	24,759	32,934	34,280

a. Precios a noviembre de 1997 (en US\$): 1 lt de leche = 0.3; 1 kg de carne de ternero = 1; 1 kg de carne de vaca = 0.95.

Las opciones tecnológicas del componente pastura (pastura asociada y arbustos forrajeros) son sólidas, aún bajo condiciones adversas de precios y producciones. La introducción de la mezcla pasto angleton-clitoria sería la mejor alternativa desde el punto de vista biológico y económico, cuando se presenten cambios en los parámetros promedio de productividad y precios de mercado. Por ejemplo, con una reducción drástica (47%) en el precio de venta o en la producción de leche, la pastura asociada generaría un ingreso neto anual de US\$24,759 (ver Cuadro 5). Si se comparan los resultados obtenidos con esta asociación vs. los alcanzados con pastura de sólo colosuana, se observa que cuando se reduce el precio o producción de leche en 47% (ver Cuadro 4), se obtendría un ingreso neto anual superior en 139% y una carga animal 2.2 veces mayor.

En el caso de la introducción de la leucaena, si se presenta una reducción del 10% en el precio o en la producción de leche, sería necesario reducir los costos operativos del sistema doble propósito mediante la introducción de una pastura de colosuana que ocupe el 85% del área forrajera, complementada con un banco de proteína de leucaena en el 15% del área restante (ver Cuadro 5).

En el caso de leucaena-colosuana (ver Cuadro 5) vs. sólo colosuana y sólo pasto angleton (ver Cuadro 4), si se reduce en 10% el precio de la leche se obtendría un ingreso neto anual superior en 14% y una carga animal 1.1 veces más alta con la asociación. Lo anterior demuestra la alta posibilidad tecnológica de mejorar el componente pastura del sistema doble propósito a través de la introducción de leguminosas, tanto para pastoreo como para suministro directo mediante bancos de proteína; con esta opción se obtienen las mayores producciones de leche y carne, manteniendo constante el costo de producción e incluso en algunos casos disminuyéndolo (Figuras 1 y 2).

De acuerdo con los resultados de este modelo de optimización, en el valle del Cesar el costo de producción de 1 lt de leche en el sistema doble propósito variaba entre US\$0.11 y US\$0.13. La relación entre el costo de producción y el precio de venta era de 1:2.5, indicando que debido a las condiciones biofísicas de la microrregión y el tipo de pasturas y manejo animal, era posible producir leche a un bajo costo. El menor costo unitario se obtenía con la opción colosuana y leucaena, y el mayor con pasto angleton y la asociación pasto angleton-leucaena, resaltando que con la asociación pasto angleton-clitoria se obtenía la mayor producción de leche a un costo de producción intermedio (Figura 1).

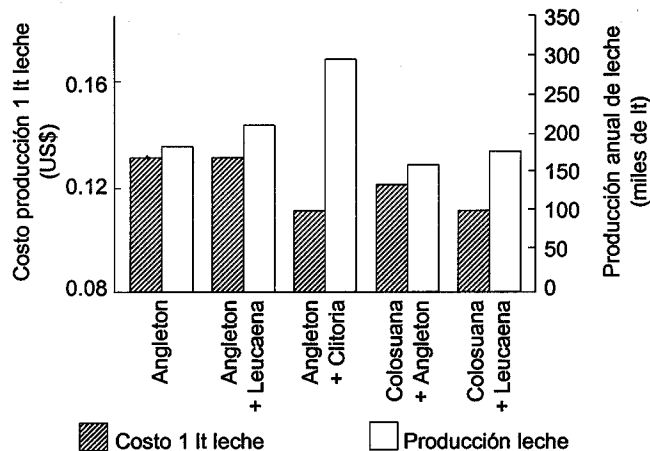


Figura 1. Producción anual de leche y costo de producción de 1 lt de leche en el sistema doble propósito bajo diferentes escenarios tecnológicos.

El costo de producción de 1 kg de carne variaba entre US\$0.31 y US\$0.37 (Figura 2), con una relación entre costo de producción/precio de venta de 1:3, la cual era superior a la encontrada para la producción de leche. Pero no fue posible realizar el análisis de estos dos productos por separado ya que provenían del mismo sistema de producción y, por tanto, la ventaja que presentaba la producción de carne era debida a que la alimentación y los costos de manejo de los terneros destinados a producir carne provenían de los sistemas de producción de leche. En el caso de los sistemas de producción de carne, se observó el mismo comportamiento que en los sistemas de producción de leche, cuando se evaluaron las opciones tecnológicas y los escenarios económicos analizados en este último sistema. Lo anterior confirma la ventaja de producir carne y leche en un mismo sistema.

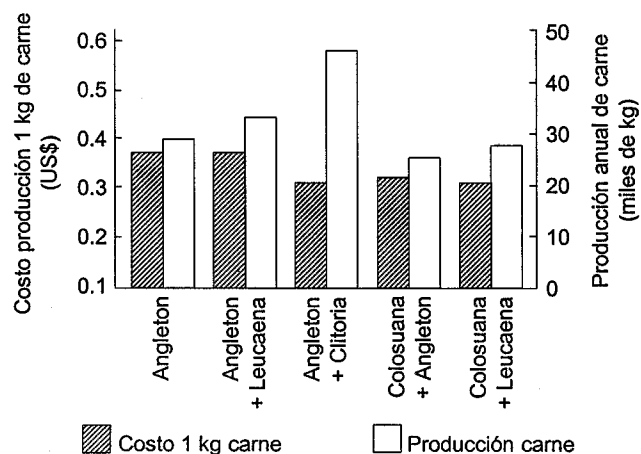


Figura 2. Producción anual de carne y costo de producción de 1 kg de carne en el sistema doble propósito bajo diferentes escenarios tecnológicos.

En el sistema doble propósito se encontró que el mejoramiento de la natalidad tenía un gran impacto en el ingreso —por cada unidad porcentual de mejoramiento en este parámetro el ingreso adicional era de US\$978, mientras que la reducción de 1% en mortalidad sólo representaba un ingreso adicional anual de US\$98 (Figura 3).

En el estudio se encontró que los sistemas agrícolas son más competitivos que el de doble propósito cuando en los primeros se incorporan tecnologías para aumentar la productividad o disminuir los costos por unidad de área. Así, en el cultivo de arroz, bajo las condiciones de precio de venta (US\$0.35) para aquella época, se necesitaba un incremento en productividad de 3% (pasando de 4600 a 4745 kg/ha) o una combinación óptima entre el precio de venta y la productividad, como se observa en el área bajo sombra de la Figura 4. Con la productividad de

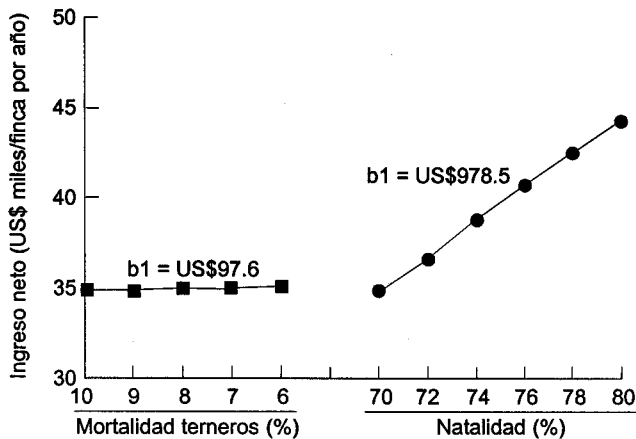


Figura 3. Variación del ingreso neto ante cambios tecnológicos en mortalidad de terneros y natalidad en el sistema doble propósito en el valle del Cesar.

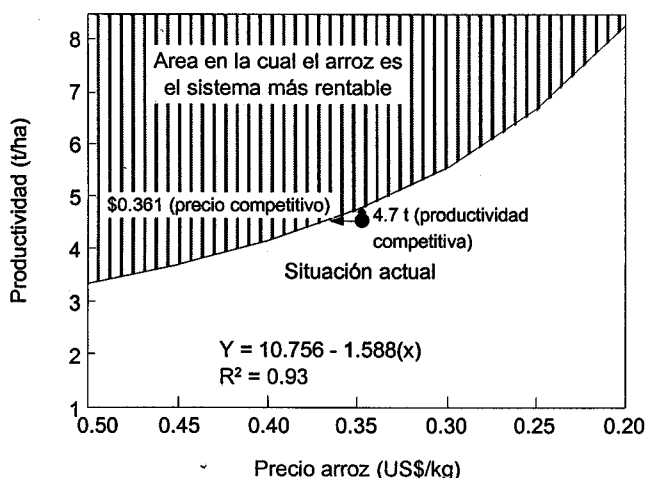


Figura 4. Combinaciones óptimas entre precio y productividad del arroz para que sea el sistema de producción más rentable en el valle del Cesar.

este cultivo en la época era necesario reducir 4% los costos de producción por hectárea (pasando de US\$1230 a US\$1179) o situarse en una combinación adecuada entre productividad y costo de producción (Figura 5).

En el cultivo de algodón, con el precio de aquella época (US\$0.80/kg) se requería un aumento en productividad de 17% (pasando de 1500 a 1753 kg/ha) o alcanzar una de las combinaciones precio de venta/productividad que aparecen en el área sombreada de la Figura 6. Con la productividad del algodón era necesario reducir 21% los costos de producción por hectárea (de US\$969 a US\$766) o lograr cualquiera de las combinaciones entre productividad y costos que aparecen en el área sombreada de la Figura 7.

En el cultivo de sorgo, bajo los precios de la época (US\$0.19/kg), era necesario aumentar la productividad

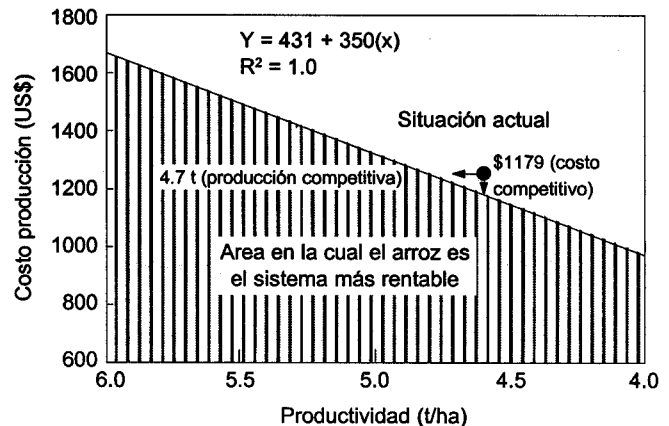


Figura 5. Combinaciones óptimas entre productividad y costo de producción del arroz para que sea el sistema de producción más rentable en el valle del Cesar.

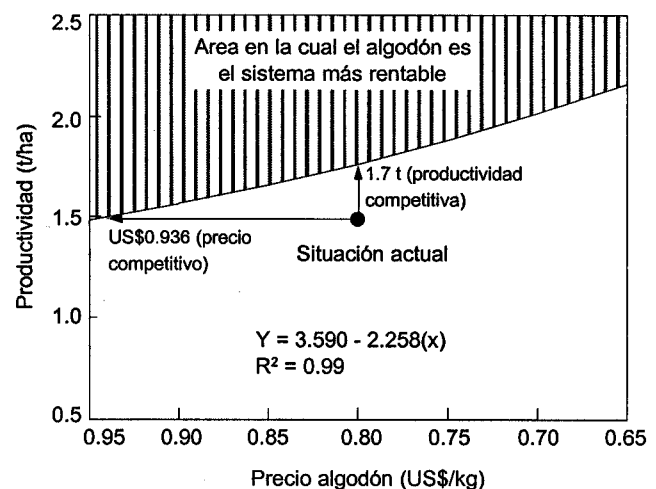


Figura 6. Combinaciones óptimas entre precio y productividad del algodón para que sea el sistema de producción más rentable en el valle del Cesar.

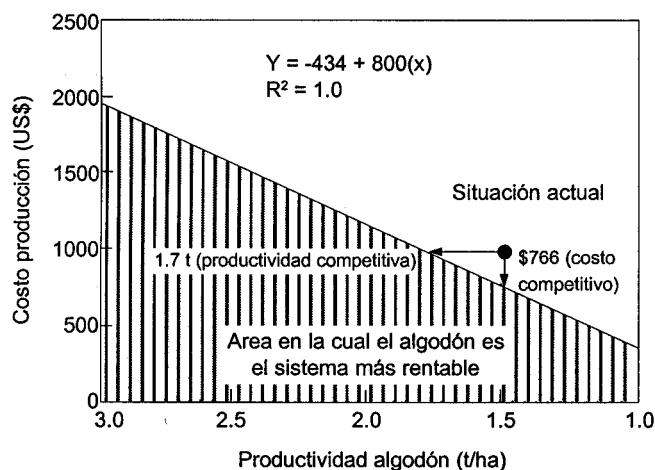


Figura 7. Combinaciones óptimas entre productividad y costo de producción del algodón para que sea el sistema de producción más rentable en el valle del Cesar.

en 45% (pasando de 2000 a 2905 kg/ha) o alcanzar un punto entre precio de venta y productividad dentro del área sombreada de la Figura 8. Con el nivel de productividad del sorgo era necesario disminuir 48% el costo de producción por hectárea (de US\$357 a US\$185) o lograr la combinación óptima entre productividad y costo de producción dentro del área sombreada de la Figura 9.

En el valle del Cesar es factible introducir el sistema de producción de leche; no obstante, sería necesario introducir animales con mayor potencial de producción y establecer la práctica de dos ordeños diarios. Este sistema de producción sería más rentable que el sistema de doble propósito, si se manejan vacas con un potencial genético de producción de leche

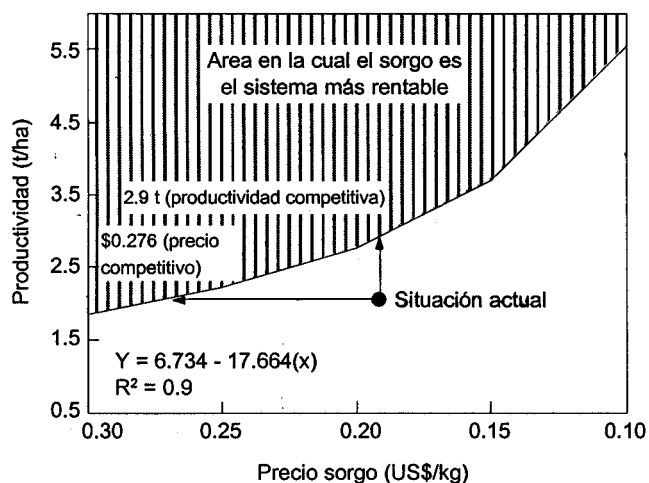


Figura 8. Combinaciones óptimas entre precio y productividad del sorgo para que sea el sistema de producción más rentable en el valle del Cesar.

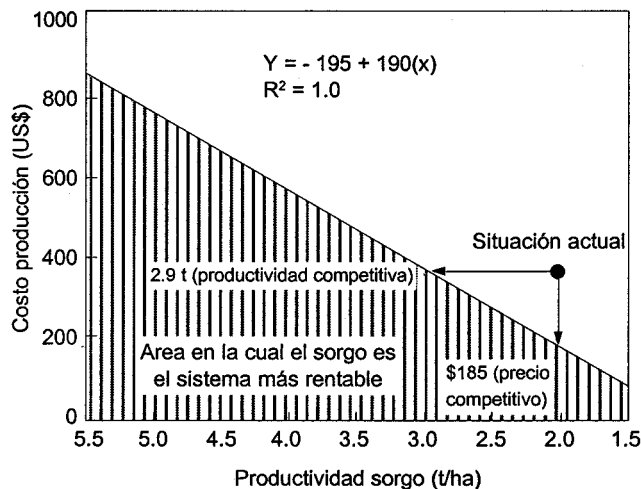


Figura 9. Combinaciones óptimas entre productividad y costo de producción del sorgo para que sea el sistema más rentable en el valle del Cesar.

superior a 2300 kg/lactancia y natalidad superior a 83% (ver Cuadro 4). Las vacas en este sistema se alimentarían con pasto angleton y una carga de 0.76 UA/ha, lo que requeriría de 2290 jornales/año, o sea, 1 jornal por cada 10 UA. En este caso también se obtendría una rentabilidad marginal, si se incluyeran aquellas alternativas tecnológicas presentadas para el sistema doble propósito: introducción de leguminosas de pastoreo (*C. ternatea*) o arbóreas (*L. leucocephala*) y el mejoramiento de los índices de natalidad.

De acuerdo con los parámetros del modelo, el sistema de producción de carne es el menos rentable, ya que requiere condiciones muy extremas para competir ventajosamente con el sistema doble propósito; por tanto, el análisis de los escenarios del primero no se incluye en este estudio.

## Conclusiones

1. Bajo las condiciones de la época del presente estudio, en el valle del Cesar la ganadería en el sistema doble propósito constituía la mejor opción debido a que presentaba menores costos de mano de obra y la posibilidad de venta de leche y carne de manera simultánea, lo que permite hacer un mejor ajuste de acuerdo con los cambios de los precios en el mercado. Este resultado explica por qué en la región se han incrementado las áreas en pasturas mejoradas para reemplazar los cultivos agrícolas.
2. La rentabilidad del sistema de producción doble propósito proviene de la producción simultánea de leche y carne, siendo en aquella época la relación



entre precio de venta y costo de producción de 0.25 en el primer producto y de 0.3 para producción de carne.

3. Las tecnologías mejoradas de pasturas y mayor natalidad permiten aumentar la competitividad del sistema doble propósito. En el componente pasturas, es posible la introducción de leguminosas para pastoreo como *C. ternatea* y arbustivas como *L. leucocephala* en asociación o banco de proteína en pasto angleton.
4. Con los precios pagados por la leche en la época del estudio y la implementación de la práctica de dos ordeños diarios, era una alternativa posible y rentable frente a un ordeño en sistemas doble propósito.
5. En la época del estudio, el cultivo de arroz era el más recomendado, no obstante, estaba limitado a aquellas zonas con posibilidades para riego.
6. Los sistemas de levante y ceba no presentaron buenas rentabilidades y, por tanto, era necesario buscar alternativas tecnológicas para aumentar su competitividad.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Rubén Darío Estrada del CIAT por el suministro y la capacitación en el uso del modelo automatizado; Germán Afanador, Fabio Velásquez e Iván Londoño, del Plan de Modernización de Ganadería de Corpoica, por el apoyo administrativo y técnico brindado; y Alvaro Toloza, Director de la Regional 3 de Corpoica, por la colaboración prestada.

## Resumen

En un esfuerzo conjunto entre los sectores oficial y privado de Colombia se están adelantando procesos de investigación y transferencia de tecnologías a nivel de empresas agropecuarias con el fin de dinamizar la ganadería bovina nacional. En investigación se está realizando la caracterización de los principales sistemas productivos ganaderos en 22 microrregiones del trópico bajo. La información obtenida a través de esta caracterización se está utilizando para realizar evaluaciones ex ante de las alternativas tecnológicas generadas. La microrregión valle del Cesar, localizada al norte de Colombia, tiene una marcada vocación agrícola, pero debido a fluctuación de precios del mercado y aspectos sociales se ha visto obligada a cambiar sus usos tradicionales del suelo para dedicarlos, en gran parte, a la ganadería bovina. En este estudio se presentan los principales resultados del

análisis ex ante realizado a través de un modelo de optimización lineal, el cual fue alimentado con información técnico-económica disponible para 1997 de los tres principales cultivos de la zona (arroz, algodón y sorgo) y con parámetros forrajeros y manejo animal de los dos principales sistemas de producción bovina (doble propósito y ceba). Además de la evaluación realizada de los sistemas de producción actuales, se incluyeron alternativas tecnológicas con el fin de analizar su factibilidad de incorporación; así, en el sistema doble propósito se evaluó la introducción de leguminosas arbóreas como acacia forrajera o leucaena (*Leucaena leucocephala*) y herbáceas como campanita (*Clitoria ternatea*) en asociación con pasto angleton (*Dichanthium aristatum*) y el mejoramiento de parámetros de natalidad y mortalidad de terneros. En los sistemas agrícolas se evaluaron escenarios de reducción de costos de producción y aumento de productividad, con el fin de hacerlos más competitivos frente al sistema doble propósito. Los resultados indican que en el valle del Cesar, en la actualidad el sistema ganadero de doble propósito presenta las mejores rentabilidades debido a la menor demanda por mano de obra y por la flexibilidad que ofrece para producir carne y leche, dependiendo de los cambios en los precios de los productos. En este sistema existe un gran potencial de desarrollo al incorporar en las pasturas la asociación pasto angleton-campanita, con la cual se obtendría un incremento del 194% en el ingreso neto anual. Asimismo, por cada aumento de 1% en natalidad se obtendría un incremento de US\$978 en el ingreso neto anual, mientras que con la reducción en 1% de la mortalidad de terneros sólo se obtendría un aumento de US\$97 anuales. Además, el modelo demuestra que la producción puede aumentar si en las lecherías de la zona se adopta el sistema de dos ordeños diarios, lo que requiere vacas cruzadas con promedios de producción de 2300 kg de leche por lactancia y tasas de natalidad superiores a 82%, para que este sistema sea competitivo frente al de doble propósito.

## Summary

In an attempt to dynamize national livestock production, the Colombian public and private sectors have joined efforts in research and technology transfer at the level of farm enterprises. Research activities involve the characterization of the principal livestock production systems in 22 micro-regions of the lowland tropics. Information obtained as a result of this characterization is being used to conduct ex-ante evaluations of the technological alternatives generated. Although the micro-region of the Cesar valley, located in northern Colombia, has a marked agricultural vocation, traditional soil uses have been forcibly changed to mostly livestock production because of market price fluctuations and the

prevailing social situation. This study presents the main results of the ex-ante analysis, which used a lineal optimization model into which technical and economic information available for 1997 on the three main crops cultivated in the region (rice, cotton, and sorghum) was fed in addition to forage and animal management parameters of the two main livestock production systems (dual-purpose and fattening). In addition to the evaluation carried out of current production systems, technological alternatives are included to analyze their feasibility of incorporation. The introduction of tree legumes, such as leucaena (*Leucaena leucocephala*), and grass legumes, such as *Clitoria ternatea* in association with angleton grass (*Dichantium aristatum*), in dual-purpose production systems was accordingly evaluated as well as the improvement of calving and calf mortality rates. To make farming systems more competitive compared with dual-purpose systems, ways to reduce production costs and increase productivity were studied. Results indicate that the profitability of dual-purpose cattle systems in the Cesar valley has improved because of the lower demand of labor and the flexibility it offers to produce beef and milk depending on the changes in product prices. The system offers great development potential by incorporating into pastures the association *D. aristatum*-*C. ternatea*, increasing the annual net annual by 194%. Likewise, for each 1% increase in calving, the annual net income would increase US\$978, whereas a reduction of 1% in calf mortality only represents an increase of US\$97 per year. Furthermore, the model demonstrates that production can increase if local dairy farms adopt the twice-a-day milking system, which requires the use of crossbred cows that yield, on average, 2300 kg milk/latency and calving rates above 82%. By doing so, the system will become competitive compared with the dual-purpose system.

## Referencias

- Abad, G.; Rios, G.; y Estrada, R. D. 1998. Opciones de desarrollo de la cuenca alta del río doña Juana, La Victoria, Caldas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). 10 p. (En impresión.)
- Afanador, G. 1996. Plan estratégico de modernización tecnológica de la ganadería colombiana. Revista Corpoica 1(1):52-54.
- Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 1997. Informe final de actividades de investigación y transferencia de tecnología en la Regional 3. Valledupar.
- Estrada, R. D. y Holmann, F. 1997. Un modelo aplicable a sistemas de producción animal de doble propósito: Marco conceptual, descripción y parámetros. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)-Red de Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Animal en América Latina (Rispa), Costa Rica. 16 p.
- Holmann, F. y Estrada, R. D. 1997. Alternativas agropecuarias en la región Pacífico Central de Costa Rica: Un modelo de simulación aplicable a sistemas de doble propósito. En: Lascano, C. y Holmann, F. (eds.). Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal doble propósito. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Consorcio Tropicelche, Cali, Colombia. p. 134-152.
- Rivera, J. y Estrada, R. 1995. Cuantificación ex-ante del intercambio entre equidad, productividad y sostenibilidad para el diseño de alternativas tecnológicas. En: Enfoque de sistemas de producción y la incorporación de criterios de política. Memorias del Segundo Simposio Latinoamericano sobre Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios (IESA-AL II). Corpoica - Ministerio del Medio Ambiente, Colombia. p. 102-112.