

# Kikuyo, cambio climático, rentabilidad y **PRODUCTIVIDAD DE LA LECHERÍA EN COLOMBIA**

## Resumen

El 80% del área de las zonas de altura está cubierta por pasturas y el cambio climático tendrá gran incidencia en la competitividad de la lechería y en los balances hídricos de los acueductos rurales y urbanos. El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) conforma una proporción importante en estas áreas y un cambio en la temperatura mínima tendrá gran incidencia en la productividad, debido a la sensibilidad de esta gramínea a la temperatura mínima para emisión de tallos. El documento muestra las nuevas tecnologías que estamos utilizando para analizar espacialmente los intercambios entre radiación, retención de agua en el suelo, índice de área foliar, niveles de fertilización, contenido de proteína en hoja y la competitividad de la producción lechera con base en el manejo de pasturas. El documento discute la eficiencia de las metodologías para hacer los análisis espaciales y las diferentes aproximaciones teóricas y prácticas que utilizamos para estimar la competitividad de la producción lechera.

---

### Rubén Darío Estrada

Agrónomo con énfasis en  
producción animal – Universidad  
Nacional de Colombia  
Economista - Universidad del Valle  
Consultor privado  
r.estrada@cgiar.org  
Colombia

## Summary

*80% of area in height zones is covered by pastures and climate change would have great incidence in competitiveness of dairy and water balances of rural and urban aqueducts. Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) covers an important portion of these areas and a change in minimum temperature would have great incidence in productivity because of the sensibility of this pasture to minimum temperature for issuance of stems. This document shows the new technologies we are using for spatially analyze trade off among radiation, water soil retention, leaf area index, fertilization levels, protein content in leaves, and competitiveness of milk production systems when they are based on pasture management. This document discusses the efficiency of methodologies for spatially analyzes and the different theory and the practical approaches we used to estimate competitiveness in dairy production.*



## 1. Introducción

En los próximos años los países deberán asignar recursos para las acciones de adaptación y mitigación relacionadas con el cambio climático (Estrada, 2009). Hasta el momento, el proceso de asignación de recursos ha sido muy empírico y esto está creando una gran expectativa sobre la metodología que se utilizará para priorizarlos y el impacto que estos tendrán en el ingreso de los habitantes, en el desarrollo regional y, en especial, en la competitividad de los diferentes sectores productivos. Los analistas (Estrada, Holmann, 2008; Estrada, 2009) han mencionado que una mala distribución de estos recursos creará más distorsiones y, por lo tanto, se deben tener mecanismos muy claros de asignación de prioridades y procesos rigurosos de seguimiento y evaluación de impacto, para verificar que las inversiones lleguen a los más pobres y cumplan con las metas ambientales perseguidas (Estrada, 2009).

En la Región Andina, el cambio climático tendrá una repercusión más amplia pues en ella se genera el agua para los acueductos urbanos y rurales y para el riego en los valles interandinos que son los más productivos de Colombia y es donde se encuentra concentrada la población. Las pasturas representan más del 80% de

la cobertura de la Región Andina y los estudios de cobertura y balances hídricos no le han dado suficiente importancia a las características de las pasturas que tienen una gran incidencia en la erosión, la percolación y en los aportes de agua al caudal (Estrada, 2009).

La investigación en pasturas, que relaciona la productividad con los balances hídricos, es muy pobre y por lo tanto sabemos muy poco del aporte al caudal de los diferentes sistemas de producción. Se asume, la mayoría de las veces, que existe suficiente agua para la producción de biomasa, pero se tiene muy poca información sobre la relación entre la evapotranspiración y la productividad. Adicionalmente, se considera muy poco la variabilidad espacial para determinar los aportes a los caudales de las Unidades de Respuestas Hidrológicas (URH). Esto es fundamental en las regiones de altura en Colombia que tienen precipitaciones que varían entre 1.200 y 8.000 mm por año.

La calidad de las pasturas, a través de análisis bromatológicos y experimentos de consumo y digestibilidad, está bien documentada (Correa, Pabón y Carulla, 2000). Se han hecho esfuerzos por buscar la relación entre la utilización de insumos y la concentración de nutrientes en las hojas; espe-

cialmente nitrógeno. Se sabe que con altos contenidos de nitrógeno una parte importante (30%) no forma proteína verdadera y debe ser transformado a través de los microorganismos del rumen.

El manejo es fundamental para lograr una buena productividad. Para un mismo sitio se pueden documentar variaciones de 7 a 30 t/MS/ha/año dependiendo de los niveles de fertilización, la frecuencia de pastoreo, los residuos de forraje cuando termina la rotación y la carga animal (Herreros et al., 2000).

Generalmente, hemos medido la competitividad del sector lechero con precios privados (Estrada, 2008). Los resultados muestran que nuestra actividad lechera es poco competitiva, especialmente la de los pequeños productores. El problema fundamental es que los precios privados de los insumos (precios de combustibles, transporte, fertilizantes, mano de obra) y del producto, presenta grandes distorsiones en Colombia, lo que significa una medida poco realista del potencial de competitividad del sector (Estrada y Holmann, 2008; Ciat, 1993).

Ninguno de los países del mundo toma decisiones de competitividad de la lechería teniendo sólo en cuenta el precio privado de los insumos y productos

(Morley, 2005). La lechería es un bien estratégico que tiene una relación fundamental con el uso adecuado del territorio, la generación de empleo y el precio sombra de los recursos domésticos, especialmente del agua y la mano de obra. Una aproximación razonable para evaluar la competitividad del sector lechero debería mirar, al menos, el precio social del producto (cuánto cuesta importar el producto sin subsidios a los productores internacionales) y el precio sombra de los recursos domésticos para tomar decisiones como la de asignar prioridades entre sectores (Estrada, Holmann, 2008). Cada vez toma más fuerza la necesidad de mirar los encadenamientos de ingreso y empleo para complementar el análisis de competitividad propuesto por Monke & Pearson, 1989 (Estrada, 2008).

La competitividad espacial de la lechería en Colombia es más compleja, pues muchas de ellas se encuentran localizadas en sitios estratégicos, cerca de las ciudades, y allí hay una constante presión por el agua. La reducción de la competitividad de la lechería en algunos sitios puede estar más relacionada con el precio interno del recurso domésticos que con la modificación de los precios de los insumos transables (Estrada, 2009). En estos casos, el análisis espacial para determinar el impacto de la produc-

ción lechera en los caudales será fundamental, especialmente si en algunas regiones se prevé un gran impacto del cambio climático.

En el presente trabajo se analiza, en forma planificada, cómo es la competitividad de la lechería basada en pasto kikuyo con tres sistemas de producción. Este trabajo es una primera aproximación, que será refinada, con información detallada a nivel de campo, con productores de leche pertenecientes a Analac y COLANTA en regiones con diferentes alturas en Colombia. A través de estos análisis esperamos ir creando una metodología que permita precisar a quién se debe apoyar y cuál es la magnitud de los beneficios que generará la inversión en adaptación y mitigación al cambio climático y en la competitividad del sector lechero.

## 2. Metodología utilizada

Integra los siguientes componentes.

### 2.1. Análisis de la distribución espacial de variables climáticas

A través del satélite de la NASA se determina, para cada región, la magnitud de la radiación solar ( $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{día}$ ), la temperatura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ), la

temperatura mínima ( $^{\circ}\text{C}$ ), la precipitación ( $\text{mm}/\text{día}$ ), el punto de rocío ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la humedad ambiental (%). Dependiendo, si el tipo de pastura es C3 o C4, se estima el cerrado de estomas por el déficit de presión de vapor de agua y se logra una aproximación al considerar la humedad ambiental promedio y la que existe con la máxima temperatura. El grueso de la información tiene una resolución de 10.000 píxeles por hectárea, pero en casos especiales se puede analizar la información con 100 píxeles por hectárea. Esta información se puede ajustar, posteriormente, con 0,1 píxeles por hectárea a través de imágenes satélites que muestren el índice de vegetación.

### 2.2. Impacto de las variables climáticas y de manejo en la productividad de la pastura

A través del modelo de procesos de comportamiento fisiológico se determina la producción de la pastura y el impacto que tienen las variables climáticas y el manejo en la productividad. Para tal fin se cuantifica el impacto que tiene la radiación solar en la fotosíntesis considerando el índice de área foliar, la interceptación de radiación, la saturación de la hoja según edad, la eficiencia fotosintética que depende de la concentración de nutrientes en la hoja, la partición de biomasa

entre tallos, hojas y raíces. Se mide también la temperatura óptima de producción y la temperatura mínima a la cual cesa la producción de hojas. Adicionalmente, se evalúa el contenido de nitrógeno en la hoja, la cantidad y calidad del forraje producido, la evapotranspiración y el aporte de agua a los caudales en forma diaria. En los altos niveles de nitrógeno (más de 3%) se determina la proporción de nitrógeno no proteico. Para tal fin se utilizan los modelos desarrollados por Murtagh (1988, 1978), Herreiros (2000) y Fawcett & Dent (2000).

### 2.3. Costos y beneficios privados y sociales.

#### Competitividad del sistema de producción de leche propuesto

Para cuantificar los índices de competitividad se utiliza la matriz de análisis de políticas (MAP) (Monke & Pearson, 1989) que permite estimar los índices de CRD (Costo de los Recursos Domésticos) y CBS (Costo-Beneficio Social) que mide la eficiencia de utilizar recursos internos en vez de importar los productos. El análisis compara los costos de oportunidad de la producción de la leche con los beneficios sociales que ésta genera, y elimina todas las distorsiones cuantificables del mercado. Así mismo, estima el costo de oportunidad de ahorrar una unidad de divisa por la producción interna de los

productos importados (Master y Winter-Nelson, 1995; CIAT, 1993; Fang & Beghin, 2000; Warr, 1983). Una explicación detallada de la metodología y la matriz de análisis de políticas se presenta en Estrada, Holmann (2008).

### 2.4. Encadenamientos de producción y empleo

Esta metodología fue propuesta por DeJanvry y Glikman (1991) para analizar el impacto de la producción campesina en el Ecuador. Los autores explican que los encadenamientos de producción y empleo se miden hacia delante y hacia atrás. Los encadenamientos hacia atrás miden, para cada sector, el aumento en el valor total de la producción, inducido por el incremento de una unidad monetaria en su demanda final. El efecto directo es el que está creado por la demanda de insumos que tiene ese sector. El efecto total es la suma del efecto directo y de todos los efectos indirectos de demanda para los insumos que tienen los otros sectores, cuya producción aumenta en respuesta al incremento en la demanda final. El efecto directo, en consecuencia, mide la fuerza de los encadenamientos del sector cuando el indirecto mide la fuerza de los encadenamientos de los otros sectores a los cuales está vinculado. Para este análisis se acepta que la magnitud de los encadenamien-

tos estimados por DeJanvry y Glikman, para la producción de leche en Ecuador, es una buena aproximación para determinar los encadenamientos que se generan para la producción lechera en Colombia.

### 2.5. Incorporación de la compensación por servicios ambientales

En la zona andina se están creando compensaciones por servicios ambientales. A través de estos análisis se determina el servicio generado por la producción lechera y cuál es el valor adicional que podría recibir el sector por estos servicios. Un análisis detallado podría traer otra fuente de ingresos al sector.

## 3. Principales avances y resultados

Esta metodología de trabajo comenzó a aplicarse en las cuencas del río Quijos y Ambato en Ecuador y en el altiplano Cundiboyacense y Nariño en Colombia.

#### Modelo de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

El pasto kikuyo es uno de los forrajes más usados en la Región Andina. Existe una gran variación en su productividad y calidad y esto se debe sustancialmente a las condiciones climáticas del sitio donde se encuentra localizada la finca y

a decisiones del productor con respecto a los niveles de pastoreo, las prácticas de manejo y los niveles de fertilización. En la literatura se han reportado producciones de biomasa que van desde 2 hasta 30 t/MS/ha/año y los modelos muestran cuál es la interacción entre la radiación solar, el índice de área foliar, la disponibilidad de agua en el suelo, las heladas y los niveles de fertilización.

### Principales elementos consideras en el modelo de pasto kikuyo

- **Fotosíntesis en hojas de pasto kikuyo**

Varios investigadores (Murtagh, 1988; Herreros, 2000) han realizado estudios para determinar los niveles de fotosíntesis a la temperatura óptima (20°C). La fotosíntesis fue medida en cuatro ocasiones en las primeras tres hojas. La medición se hizo con un medidor de fotosíntesis portátil (Licor li-6200) y la radiación vario entre 0 y 480 Wat/m<sup>2</sup>. Los valores encontrados fueron de 1,8 x 10<sup>-7</sup> kg/m<sup>2</sup>/seg para la eficiencia en la utilización de la radiación y 2,3 mg/m<sup>2</sup>/seg para la máxima fotosíntesis lograda por la hoja en el punto de saturación máxima; que se estima en 230 wat/m<sup>2</sup> (Murtagh, 1988). Se cuantificó que el 60% de la fotosíntesis se destina a la producción del follaje y el resto se almacena en los rizomas. En la figura 1

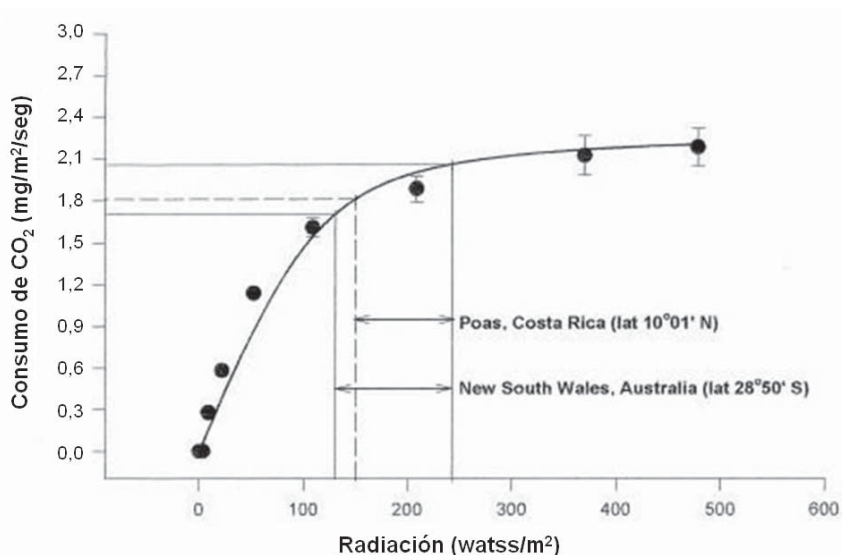


Figura 1. Respuesta de la hoja de pasto kikuyo a diferente intensidad de radiación (Herreros, 2000).

se muestra la respuesta de una hoja individual a diferentes intensidades de radiación solar.

- **Efecto de la temperatura en la aparición de nuevas hojas**

Herreros (2000) realizó un experimento para investigar el efecto de la temperatura en la aparición de nuevos rebrotes. A medida que se incrementa la temperatura se reducía el intervalo entre la aparición de una nueva hoja, con un efecto lineal entre los 15 y 25 grados. El resultado a 30 grados fue no lineal pero es raro encontrar estas temperaturas en los sitios donde el pasto kikuyo tiene los mayores potenciales de producción. Murtagh (1988) reportó que la tasa de crecimiento cesa a 8°C. En términos prácticos, utiliza una relación lineal entre la aparición de nuevas hojas y la temperatura.

- **Índice de área foliar (IAF) máximo en pasto kikuyo**

Murthag (1988) utilizó el valor de 24 m<sup>2</sup>/kg MS y este valor fue corroborado por Herreros (2000) quien obtuvo 25 m<sup>2</sup>/kg MS. Con base en este parámetro se puede estimar que para una producción de 2.000 kg de materia seca por corte se podría tener un IAF foliar de 5 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. Asumiendo que en la pastura quedan 2.000 kg de materia seca, como residuo de pastoreo, se puede estimar que en una rotación el índice de área foliar varía entre 2 y 5 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. Para hacer los cálculos, aceptamos que la interceptación de la radiación es una función lineal del IAF y que se logra el 87% para pasturas con 5 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> de índice de área foliar. También se puede utilizar la ecuación IAF=1,97 x 10<sup>-3</sup> Y-1,23 x 10<sup>-7</sup> Y<sup>2</sup> (Murtagh, 1988) donde Y representa la producción de biomasa aérea entre pastoreos.

• **Relación entre la producción de biomasa, contenido de proteína en la hoja y reducción de agua en el suelo**

Estas relaciones se obtuvieron en los resultados de campo obtenidos por Murtagh (1978) a diferentes contenidos de nitrógeno en la hoja y la humedad disponible en el suelo. Las ecuaciones utilizadas se presentan en la tabla 1.

Los experimentos anteriores se realizaron por periodos cortos (seis meses). Trabajos realizados por Whitney (1974) muestran que se pueden esperar rendimientos de 4,8 a 32,5 t MS/ha/año dependiendo de la fertilización, disponibilidad de agua y radiación en experimentos realizados por un período de tres años. En estos experimentos se encontró una disminución de 11 kg MS/ha por cada grado de temperatura del suelo inferior a 18°C ( $R^2=0,93$ ) y un incremento de 16 kg MS/ha por cada 100 Cal/cm<sup>2</sup>/día en temperaturas superiores a 18°C ( $R^2=0,63$ ). Estos valores concuerdan con las aproximaciones realizadas por periodos cortos que muestran producciones máximas de 120 kg MS/ha/día (Figura 2).

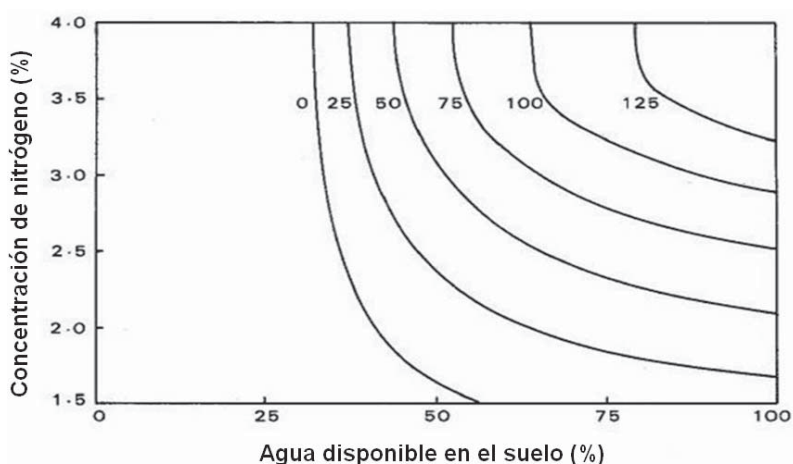
• **Nitrógeno de proteína verdadera, nitrógeno no proteico y energía neta de lactación**

Los trabajos realizados en las zonas de altura (Universidad de Costa Rica) mostraron que

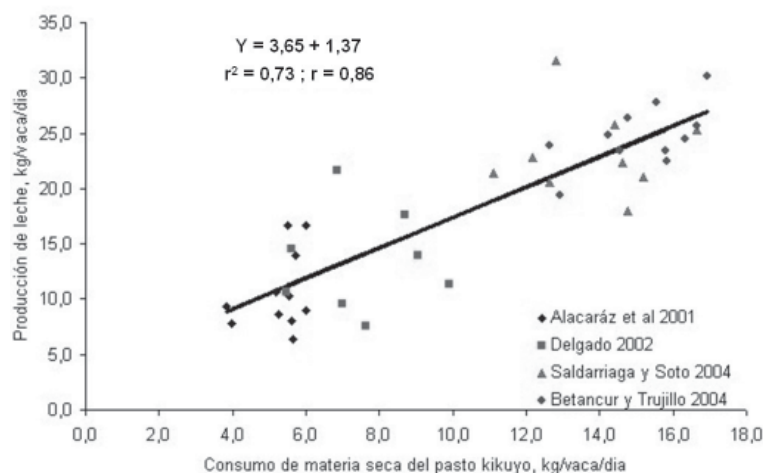
**Tabla 1.** Relación entre la proteína en la hoja, la biomasa y el consumo de agua.

Nivel de Nitrógeno	Ecuación	R <sup>2</sup>
2,0	Y = -27,67 + 0,6971 X	0,91
2,5	Y = -40,76 + 1,27 X	0,98
3,0	Y = -69,71 + 2,0857 X	0,97
3,5	Y = -69,71 + 2,0857 X	0,98

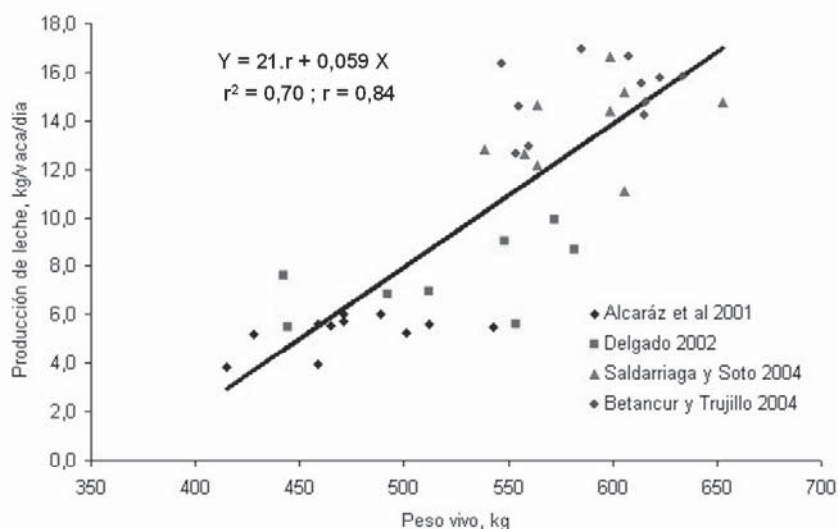
Y se expresa en kilos de materia seca de biomasa aérea y X en porcentaje del agua aprovechable del suelo.



**Figura 2.** Relación entre la biomasa, la calidad y el uso del agua (Murtagh, 1988).

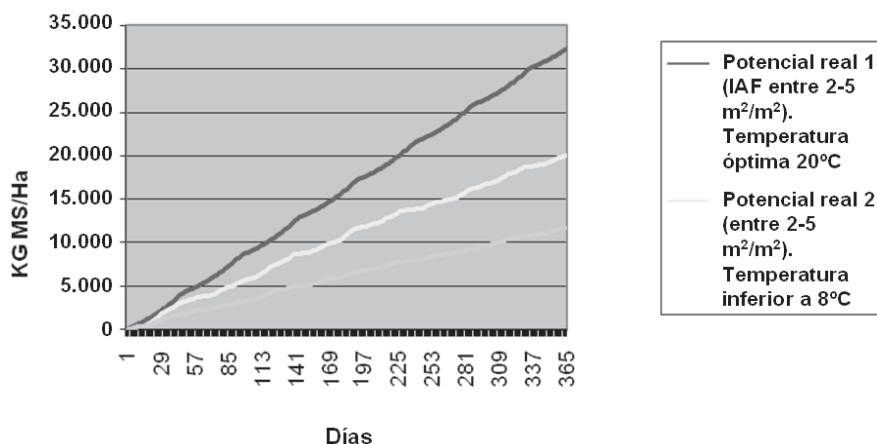


**Figura 3.** Relación entre el consumo de materia seca del pasto kikuyo y la producción de leche en vacas Holstein en Antioquia.



**Figura 4.** Relación entre el consumo de materia seca del pasto kikuyo y el peso vivo en vacas Holstein en Antioquia.

**Productividad del pasto kikuyo (1.500 mm/año)**



**Figura 5.** Niveles de productividad de pasto kikuyo.

se podía alcanzar valores máximos de 23,2% de proteína (3,7 de proteína en la hoja) a los 45 días de descanso, mostrando la buena calidad de pasto kikuyo que se puede producir en los sitios de altura. De la proteína cruda de este forraje, el 34% está constituido por nitrógeno proteico (amonio, nitratos, aminoácidos y pépticos) que es soluble rápidamente y se con-

vierte en proteína microbiana que es asimilable por los microorganismos del rumen, si poseen una fuente de energía de rápida asimilación. El 42% de la proteína fue insoluble en el rumen y el 22% de la proteína no fue asimilable.

Trabajos realizados por Correa, Pabón y Carulla (2008) muestran valores de energía

netas de lactación (ENL) de 1,15 con variaciones entre 0,99 y 1,4 Mcal/kg/MS y un coeficiente de variación de 12,7%.

• **Consumo de materia seca y producción de leche**

En las figuras 3 y 4 se presentan los principales resultados reportados en Antioquia por Correa, Pabón y Carulla, 2008.

**4. Competitividad de diferentes sistemas de producción**

En la figura 5 se muestra cómo se modifica la productividad con diferentes alternativas de producción que comprenden diferentes localizaciones espaciales y prácticas de manejo. Como se puede ver, la productividad varía entre 12 y 30 t/MS/ha/año. Las variaciones en productividad están relacionadas con el sistema de rotación a través del cual se controla el IAF y la localización espacial en altura que está relacionada con la temperatura óptima y la posibilidad de tener varios días al año temperaturas inferiores a los 8°C. Con base en esta información se estiman los costos de producción que están relacionados con los parámetros considerados en la tabla 2. Los sistemas se han catalogado como intensivo mediano y tradicional.

Para cada rubro de inversión (vacas, siembra de pasturas,

infraestructura) o gasto directo (fertilizantes, concentrados, drogas, mano de obra) se determina la cantidad necesaria para producir un litro de leche y el costo respectivo. Cada uno de los costos se divide, a su vez, en insumos transables (aquellos que se compran y venden en el mercado internacional) e insumos no transables (aquellos que no se pueden vender internacionalmente y por lo tanto son recursos que sólo pueden ser utilizados internamente). Con esta información se estima la contribución de cada rubro al costo total de la leche (Tabla 3) y la rentabilidad privada y social calculando los indicadores de Costo Recurso Doméstico (CRD) y Costo Beneficio Social (CBS (Tabla 4) tal como se mencionó en la sección de metodología.

## 5. Encadenamientos de ingreso y empleo

En la tabla 5 se presenta la magnitud de los encadenamientos de ingreso y empleo generados por la producción de un litro de leche en los diferentes sistemas. Se puede apreciar que a pesar de la baja rentabilidad privada se generan rentabilidades sociales muy atractivas.

## 6. Conclusiones

- Analizar la competitividad de la lechería es un tema complejo, pues su desem-

**Tabla 2.** Características de los sistemas analizados.

RUBROS QUE MÁS INCIDEN EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN	INTENSIVO	MEDIO	TRADICIONAL
Tamaño de la finca (ha)	10	10	10
Producción biomasa utilizable (kg MS/ha)	21.000	14.000	8.400
Inversión en pastura (\$/ha)	500.000	500.000	500.000
Vacas (No)	40,0	24,9	15,0
Producción vaca (L/día)	15	13	10
Natalidad (%)	80	80	70
Entrega tanque frío	sí	sí	sí
Valor Novilla (\$)	3.000.000	2.500.000	2.000.000
Vida útil vaca (No partos)	5	8	6
Valor vaca descarte (\$)	600.000	600.000	600.000
Costo oportunidad tierra (\$/ha/año)	250.000	250.000	20.000
Fertilización con fósforo (kg/ha/año)	200	110	100
Fertilización con nitrógeno (kg/ha/año)	450	250	100
Duración pastura	6	6	6
Tasa de interés (%)	7	7	7
Valor jornal (\$)	20.000	20.000	20.000
Valor administración (%)	8	8	8

**Tabla 3.** Contribución de cada rubro al costo total de la leche.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	Intensivo		Medio		Tradicional	
	\$/litro	%	\$/litro	%	\$/litro	%
Retribución inversión en tierra	174	22	322	34	634	46
Retribución inversión en vacas	163	21	102	11	140	10
Retribución inversión en pasturas	7	1	14	1	33	2
Retribución inversión en infraestructura	5	1	9	1	22	2
Costo mano de obra	100	13	185	20	229	17
Costo concentrados	155	20	125	13	95	7
Costo drogas	36	5	42	4	62	4
Costo fertilizantes	83	11	86	9	111	8
costo enfriamiento y transporte tanque	51	7	51	5	51	4
Costo total	773	100	934	100	1.376	100

**Tabla 4.** Incidencia de la retribución a la tierra en los costos y en la competitividad.

	Con retribución a la tierra			Sin retribución a la tierra		
Costos privados de producción (\$/litro)	773	934	1377	599	612	743
Bienes transables (\$/L)	139	141	179	139	141	179
Bienes no transables (\$/L)	634	793	1198	460	471	564
Precio social de la leche (\$/L)	800	800	800	800	800	800
Costo Recurso Doméstico (índice*)	0,96	1,2	1,93	0,70	0,72	0,91
Costo Beneficio Social (índice*)	0,97	1,17	1,72	0,75	0,77	0,93

\*Un valor superior a 1 indica que el sistema no es competitivo.

**Tabla 5.** Beneficios privados y sociales



RUBROS	Sistema de producción		
	Intensivo	Medio	Tradicional
Mano de obra directa (\$/L)	100	185	229
Mano de obra total (\$/L)	208	281	324
Encadenamiento de empleo (jornales indirectos/jornal directo)	1,08	0,5	0,4
Encadenamiento de ingreso.			
Fujos de efectivo directo (\$/L)	201	188	57
Encadenamientos de ingresos (\$/L)	642	600	182
Encadenamiento de empleo (\$/L)	108	96	95
Encadenamiento de ingreso (\$/L)	642	600	182
Beneficios adicionales domésticos (\$/L)	750	696	277
Beneficios totales (\$/L)	1.051	1.068	563
Rentabilidad privada (%)	3	-14	-42
Rentabilidad social (%)	136	114	41

peño está muy relacionada con beneficios sociales que no se han estimado sistemáticamente.

- Tomar decisiones de priorización de sectores y de políticas públicas con base en la rentabilidad a precios privados no es suficiente y puede llevar a grandes distorsiones en los sistemas de producción, la economía y en la asignación de recursos.
- La información climática del satélite de la NASA es una herramienta útil para predecir la variación espacial y temporal de las variables climáticas que más inciden en la producción de pasturas. Esta herramienta es poco precisa en pendientes superiores al 30% y de-

ben ser ajustadas con otras aproximaciones, como el índice de vegetación y las estaciones climáticas.

- Los modelos fisiológicos de producción de biomasa y calidad de forraje son una herramienta muy útil para predecir la producción de biomasa. Adicionalmente, generarán una información muy valiosa para analizar el impacto del cambio climático.
- Los modelos de competitividad que analizan el impacto a través de los indicadores de CRD y CBS son una herramienta nueva que muestra otra dimensión del problema y pueden, integrados a la rentabilidad privada, ayudar a tomar mejores decisiones.

- La competitividad de la lechería es un tema complejo por los encadenamientos de ingreso y empleo que integran en la producción. Apoyar a estos sectores con alta rentabilidad social no significan subsidios a la producción, sino traspaso de recursos entre sectores y en el tiempo, que permiten maximizar los beneficios económicos y ambientales en el mediano y largo plazo.

## Bibliografía

CIAT. Programa de arroz: Caracterización de los sistemas de arroz de riego en el Valle del Cauca y Cauca. 1993. 70 p.

CORREA C., H. ; M. L., PABÓN y J.E. CARULLA F. 2000. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2000.

DE JANVRY, A. and GLIKMAN, P. Encadenamientos de la producción en la economía campesina en el Ecuador. FIDA, IICA. En: ESTRATEGIA PARA MITIGAR LA POBREZA RURAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. (1990: Quito, Ecuador). 529 p.



- ESTRADA, R.D. y HOLMAN, F. Competitividad de la producción de leche frente a los tratados de libre comercio en Nicaragua, Costa Rica y Colombia. Centro internacional de agricultura tropical. CIAT and International Livestock Research Institute. ILRI. 2008. 74 p. Documento de trabajo 207.
- ESTRADA, R.D. Análisis de flujos de inversión y financiamiento (FIGF) para priorizar las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Plan de trabajo propuesto al Departamento de Planeación Nacional. Bogotá Colombia. 2009.19 p.
- FANG, C. and J. C. BEGHIN 2000. Food Self-Sufficiency, Comparative Advantage and Agricultural Trade: A Policy Analysis Matrix for Chinese Agriculture. Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, Ames, IA. [Working Paper 99-WP 223, revised October 2000]
- FAWCETT, R. H and J. B. DENT. Modelling the growth and utilisation of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 2. Model validation and analysis of management practices. In: Agricultural Systems. Vol. 65, no. 2 (2000) ; p. 73-97.
- HERRERO, R.H. et al. Dent Modelling the growth and utilisation of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 1. Model definition and parameterisation.
- MASTERS, W. A. and A., WINTER, Nelson. Measuring Comparative Advantage of Agricultural Activities: Domestic Resource Costs and the Social Cost-Benefit Ratio. In: American Journal of Agricultural Economics. Vol. 77 (1995) ; p. 243-250.
- MONKE, E.A. and PEARSON, S. R. The policy analysis matrix for agricultural development. [online ]. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1989.
- MORLEY, S. Trade liberalization and the treatment of foreign investment under CAFTA: An analysis of agreement with special reference to smallholders. In: Central America. Washington: International food Policy Research Institute (IFPRI). 2005. 31p.
- MURTAGH, G. J. Factors affecting the growth of kikuyu. II. Water supply. In: Australian Journal of Agricultural Research. Vol. 39 (1988) ; p. 43-51.
- R. H. FAWCETT et al. Modelling the growth and utilisation of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 1. Model definition and parameterisation. In: Agricultural Systems. Vol. No.2 (2000) ; p. 73-97.
- WARR, P. G. Domestic Resource Cost as an Investment Criterion. Oxford. In: Economic Papers, New Series. Vol. 35 (1983) ; p. 302-306.
- WHITNEY, A.S. Growth of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under clippingII. Regrowth characteristics in relation to nitrogen fertilization and climate. In: Agron. J. Vol. 66(1974) ; p. 763-767.