

## Análisis económico del sistema de producción de maíz amarillo en el valle del medio y bajo Sinú, departamento de Córdoba

### Economic analysis of yellow maize production in the mid and lower Sinu valley in the Córdoba department

Malvin Serpa<sup>1</sup>, Omar Castillo<sup>2</sup> y Luis Felipe Rodríguez<sup>3</sup>

**Resumen:** En este trabajo se analizó la economía de la producción de maíz amarillo (*Zea mays*) en el valle del medio y bajo río Sinú, en el departamento de Córdoba (Colombia), con información procedente de una encuesta a 1.417 agricultores, realizada en el semestre A de 2001. Los resultados indican que la mayor oferta proviene de los agricultores medianos y grandes; sin embargo, en el análisis de costos mínimos, los agricultores pequeños resultan ser más eficientes económicamente que las explotaciones de tamaño superior. Con la utilización de herramientas estadísticas y econométricas, los resultados indican que la producción de maíz en Córdoba presenta rendimientos decrecientes de escala; las productividades marginales del gasto obtenidas señalan la conveniencia de reducir gastos totales, en especial en semillas y control de plagas, y aumentarlo en control de malezas.

**Palabras claves adicionales:** sistema de producción, función de producción, elasticidad de producción, productividad, costos de producción

**Abstract:** Yellow maize (*Zea mays*) production in the mid and lower Sinú valley in Córdoba (Colombia) was evaluated using information collected from a survey of 1,417 growers during the first six months of 2001. The results revealed that the highest production came from middle- and large-scale growers; however, according to minimal cost analysis, the smaller growers were economically more efficient compared to the former. Statistical and econometrical evaluation showed that maize production in Córdoba shows decreasing returns to scale. Analysing marginal cost productivity revealed the advisability of reducing total costs, specifically on seeds and pest control; however, weed control should be increased.

**Additional key words:** production system, production function, production elasticity, productivity, production cost

### Introducción

EN COLOMBIA, SE HAN HECHO POCOS INTENTOS para construir funciones de producción a nivel microeconómico, a partir de datos experimentales. Estos temas resultan de interés para los facilitadores de políticas, los gremios, los agentes de investigación y extensión, en cuanto pueden arrojar luces sobre las características de la tecnología de producción, el tamaño óptimo de las explotaciones y la relación entre la eficiencia y el tamaño.

La función de producción agraria relaciona matemáticamente la cantidad de producto obtenido con la cantidad de insumos utilizados, tanto en términos físicos como monetarios. Los trabajos empíricos sobre la función de producción agraria parecen haberse originado en un trabajo metodológico de Tintner (1944), en una aplicación de Tintner y Brownlee (1944), seguidos por un trabajo más completo de Heady (1946). Heady y Dillon (1961) revisaron y sintetizaron 32 estudios en varios países, basados en datos de corte transversal en el nivel

Fecha de recepción: 20 de mayo de 2005  
Aceptado para publicación: 21 de noviembre de 2005

<sup>1</sup> Profesor asistente ocasional, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Córdoba, Montería (Colombia). e-mail: mserpa@sinu.unicordoba.edu.co

<sup>2</sup> Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Córdoba, Montería (Colombia). e-mail: ocastillo@sinu.unicordoba.edu.co

<sup>3</sup> Profesor titular, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: frodriguez@unal.edu.co

de fincas. La evolución del análisis teórico y empírico de la función de producción agrícola ha sido resumida por Mundlak (2001). Uno de los asuntos analizados en la función de producción es el de los rendimientos a escala. La suma de las elasticidades de los insumos agrícolas se ha usado como una medida de éstos; en la mayoría de los estudios, pero no en todos, no son significativamente diferentes de uno, indicando rendimientos constantes a escala.

A pesar de que la productividad y la eficiencia son conceptos diferentes, en la literatura económica el concepto de productividad media de un factor se utiliza frecuentemente como sinónimo de eficiencia. Esta medición es válida sólo en situaciones con una tecnología de coeficientes fijos (tipo Leontief)<sup>4</sup>. La productividad total de los factores (PTF), definida como un cociente entre una suma ponderada de *output* (*y*) y una suma ponderada de *input* (*x*), es considerada equivalente al concepto de eficiencia económica, cuando se considera un solo *output* y las ponderaciones de los *inputs* son los precios de los factores. En este caso se puede demostrar que la PTF es igual a la inversa del costo medio<sup>5</sup>.

En este artículo se investigan aspectos de la economía de la producción de maíz amarillo en el valle medio y bajo del río Sinú, en el departamento de Córdoba. En particular, se indaga por: la estructura de origen de la oferta, la estructura de costos, la eficiencia y los rendimientos a escala presentes en la función de producción.

## Materiales y métodos

### Obtención de datos

Este estudio se apoya en información secundaria y condensa la información de 1.417 productores con diferentes tamaños de explotaciones sembradas con seis materiales híbridos y una variedad de maíz, en el primer semestre de 2001. Estos productores están ubicados en el valle del medio y bajo río Sinú cordobés, conformado por los municipios de Montería, Cereté, San Pelayo, Cotorra, San Carlos y Lorica y sus respectivos corregimientos, pertenecientes al departamento de Córdoba. La información fue suministrada por la Federación

Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce), seccional Córdoba, dentro del marco del proyecto realizado por la Federación para el incentivo de la siembra de maíz amarillo.

Como fallas en la información debe señalarse que no incluye costos de depreciación ni costos de oportunidad; además, no distingue el costo del insumo en sí del costo de aplicación, especialmente en el caso de los agroquímicos, confundiendo, por tanto, insumos de capital con insumos de trabajo. Con el fin de subsanar en parte esta limitación, se ha reprocesado la información para distinguir el valor de los jornales del valor de los agroquímicos.

### Transformación de variables

Para el estudio de los rendimientos a escala se utilizó una función de producción de tipo Cobb-Douglas de la forma:

$$Y = \alpha X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_n^{\beta_n}$$

donde, *y* es el valor de la producción;  $\beta_1 \beta_2 \dots \beta_n$ , los parámetros a estimar y  $x_i$ , los costos incurridos en insumos.

Se empleó esta forma funcional: i) porque ha sido la de más amplio uso entre los economistas agrarios para cualquier proceso de producción agrario que implique la transformación de insumos en productos (Mundlak, 2001); ii) porque existen antecedentes en Colombia de la utilidad de este tipo de funciones para la investigación de la producción agrícola en el país (Orozco, 1976) y iii) por la fácil interpretación de los parámetros estimados, que se interpretan como elasticidades de la producción ante los insumos, cuando las variables se transforman en logaritmos.

La estimación de la función se hizo utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios. Para probar la validez individual de las estimaciones se recurrió a la prueba *t* student. Dado que los datos son de corte transversal, al modelo estimado se le evaluó la prueba de igualdad de varianzas u homoscedasticidad a través del estadístico de White (1980); para ello se utilizó el programa E-views, versión 3.1.

<sup>4</sup> Sobre los inconvenientes de las medidas univariantes de productividad, véase Álvarez (2001).

<sup>5</sup>  $PTF = \frac{y}{\sum w_j x_j} = \frac{y}{CT} = \frac{1}{CMe}$

Para la medición de la eficiencia se usó la productividad total de los factores, calculada como el inverso del costo medio por unidad de producto. Entre más cercana al valor unitario, más eficiencia.

## Resultados y discusión

### Área, producción y productividad de la tierra

Para el primer semestre de 2001, en la base de datos sobre la producción de maíz amarillo tecnificado de Fenalce, seccional Córdoba, se relacionan 26.701 hectáreas, entre híbridos y variedades, distribuidas entre 1.417 agricultores, que produjeron 96.058 t, con un promedio de productividad física<sup>6</sup> de la tierra de 3,63 t · ha, con un coeficiente de variación de 24% (tabla 1).

De la misma tabla se desprende que quienes sembraron híbridos representan 85% del total de cultivadores, aportan 86% de la producción, con 80% del área total y una productividad parcial de la tierra de 3,69 t · ha, con un coeficiente de variación de 21%. Este resultado resalta el predominio de los híbridos en la generación

de la oferta de maíz amarillo en esta zona objeto de estudio; además, de la misma tabla 1 puede deducirse que el tamaño medio de las explotaciones de maíz amarillo es de 189 ha/agricultor.

Al observarse una diferencia apreciable entre los rendimientos de los híbridos y la variedad, se realizó una prueba de igualdad de medias en rendimientos físicos, comprobándose que sí existen diferencias significativas entre ambos materiales. Dados estos resultados, se analiza por separado el comportamiento de los híbridos y el de la variedad, en los términos que muestran las tablas 2 y 3.

Por tamaño de explotación, la oferta de maíces híbridos amarillos, desde el punto de vista de la producción, está concentrada en los productores medianos y grandes, que representan la quinta parte de los mismos, generan 67% de la producción y tienen la mayor productividad física de la tierra, con coeficiente de variación de 23%. Los productores pequeños, que son 79%, aportan el restante 33% de la producción, con menor productividad física promedio y menor coeficiente de variación (tabla 2).

**Tabla 1.** Número de agricultores, área, producción y productividad por genotipo de maíz amarillo, en el departamento de Córdoba. 2001, semestre A.

Genotipos	Número de agricultores	%	Área (ha)	%	Producción (t)	%	Productividad (t · ha <sup>-1</sup> )	Coefficiente de variación (%)
Híbridos	1.199	84,6	21.388	80,1	82.928	86	3,69	21
Variedad	218	15,4	5.313	19,9	13.130	14	2,56	21
Total	1.417	100,0	26.701	100,0	96.058	100	3,63	24

Fuente: Cálculo del estudio con base en datos de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce), Programa de fomento de maíz amarillo, semestre A de 2001.

**Tabla 2.** Número de agricultores, área cosechada, productividad y producción de los maíces híbridos por tamaño de explotación en el valle del medio y bajo Sinú. 2001, semestre A.

Tamaño (ha)	Número de agricultores	%	Área cosechada (ha)	%	Producción total (t)	%	Productividad (t · ha <sup>-1</sup> )	Coefficiente de variación (%)
1 – 5	393	32,8	1.435	6,7	5.083	6,1	3,54	19
5,1 – 20	555	46,2	6.105	28,5	22.499	27,1	3,7	21
20,1 – 50	174	14,1	5.715	26,7	22.011	26,5	3,86	23
> 50	75	6,3	8.134	38,0	33.336	40,2	3,99	23
Total	1.199	100,0	21.389	100,0	82.929	100,0	3,63	21

Fuente: Cálculo del estudio con base en datos de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce), Programa de fomento de maíz amarillo, semestre A de 2001.

<sup>6</sup> Se acude a la definición clásica de productividad de un insumo, que es la cantidad de producto obtenido por unidad del insumo utilizado. En este sentido es productividad parcial.

**Tabla 3.** Número de agricultores, área, productividad de la tierra y producción de la variedad de maíz amarillo en el bajo y medio Sinú. 2001, semestre A.

Estrato (ha)	Número agricultores	%	Área cosechada (ha)	%	Producción total (t)	%	Productividad de la tierra (t · ha <sup>-1</sup> )	Coefficiente de variación (%)
1 – 5	32	14,7	139	2,6	364	2,8	2,62	11
5,1 – 20	91	41,7	1.025	19,3	2.705	20,1	2,74	18
20,1 – 50	79	36,2	2.538	47,8	5.799	44,1	2,30	26
> 50	16	7,4	1.611	30,3	4.262	32,4	2,67	17
Total	218	100,0	5.313	100,0	13.130	100,0	2,42	21

Fuente: Cálculo del estudio con base en datos de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalca), Programa de fomento de maíz amarillo, semestre A de 2001.

Con respecto a la variedad, se observa que los pequeños agricultores (< 20 ha) representan 56,4% del total de agricultores y aportan 23% de la producción; es decir, un poco más de la mitad genera la quinta parte de la oferta. Los medianos y grandes (> 20 ha) son 43,6% de los agricultores y producen 76,5% de la oferta de maíz amarillo de esta zona. Por tanto, para esta variedad la oferta descansa también sobre los medianos y grandes productores (tabla 3).

### Costos y eficiencia

Cultivar una hectárea de híbridos de maíz amarillo tiene un costo promedio de \$1.052.154, de los cuales: el insumo vegetal semilla participa con 13,8%; los insumos químicos, como fertilización, plaguicidas, herbicidas, con 25,5%; los insumos mecánicos, como maquinaria y combustibles, con 21,8%; la fuerza de trabajo, con 15% y los costos administrativos, dentro de los que se incluyen los costos por asistencia técnica, servicios financieros, arriendos y vigilancia, absorben 17,9% (tabla 4).

Desde el punto de vista de los factores productivos, el factor capital (semillas, maquinaria y combustibles, fertilización, manejo de plagas, control de malezas y recolección) participa con 67,1%; el factor trabajo, con 15,6% y los servicios administrativos, con 17,3%.

Cultivar una hectárea de la variedad tiene un valor promedio de \$676.622, de los cuales: el insumo vegetal semilla participa con 7,3%; los insumos químicos, con 21,6%; los insumos mecánicos con 7,8%; la fuerza de trabajo, con 36,0% y los costos administrativos absorben 19,6% (tabla 4).

En cuanto al costo total, comparando híbridos y variedad, es evidente que producir una hectárea de la variedad es más barato que una de híbrido; igual resulta-

**Tabla 4.** Estructura de costos de maíz amarillo. Departamento de Córdoba, 2001 semestre A.

Rubros	% (variedad)	% (híbridos)
Costo de semilla	7,3	13,8
Costo de maquinaria y combustibles	7,8	19,7
Costo de manejo malezas	8,5	7,4
Costo de fertilización	7,3	11,6
Costo de manejo de plagas	5,8	6,5
Costo de recolección (empaques y transportes)	7,7	8,1
Total factor capital	44,4	67,1
Costo de fuerza de trabajo	36,0	15,6
Costos administrativos	19,6	17,3
Costo total (\$/ha)	676.622	1.052.154
Productividad (t · ha <sup>-1</sup> )	2,56	3,69
Costo/t (\$/t)	264.305	285.136

Fuente: Cálculo del estudio con base en datos de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalca), Programa de fomento de maíz amarillo, semestre A de 2001.

do se obtiene cuando se compara el costo por unidad de producto. La prueba de medias de los costos de ambos materiales produce diferencias significativas.

Si se compara la estructura de costos entre la variedad y los híbridos, es clara la diferencia en la intensidad con la que se utilizan los diferentes factores productivos: ambos son intensivos en capital, pero los segundos lo son en mayor proporción; los materiales tradicionales son más intensivos en trabajo, mientras los costos administrativos participan en proporciones semejantes.

En general, las explotaciones más pequeñas, entre 1 y 5 ha, producen una tonelada de maíz amarillo de forma más eficiente económicamente que el resto de los otros tamaños de explotaciones, lo que puede corroborarse también cuando se examina la productividad total de los factores, que es más cercana a 1.

**Tabla 5.** Costos por hectárea y por tonelada de maíz de los materiales híbridos y variedad, según tamaño de explotaciones. Departamento de Córdoba, semestre A de 2001.

Material cultivado	Costo	Tamaño de las explotaciones (ha)			
		1 - 5	5,1 - 20	20,1 - 50	> 50
Híbridos	Costo/ha híbridos (\$/ha)	957.703	1.045.204	1.051.191	1.100.308
	Costo/t híbridos (\$/t)	279.815	291.553	280.926	286.884
	Productividad total de los factores	0,0036	0,0034	0,0036	0,0035
Variedad	Costo/ha variedad(\$/ha)	637.687	685.756	647.579	689.031
	Costo/t variedad (\$/t)	243.703	287.239	262.731	263.884
	Productividad total de los factores	0,0041	0,0035	0,0038	0,0038

Fuente: Cálculo del estudio con base en datos de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce), Programa de fomento de maíz amarillo, semestre A de 2001.

Las explotaciones medianas, entre 20,1 y 50 ha, tienden a ser más eficientes para producir una tonelada de maíz amarillo que las explotaciones entre 5,1 y 20 ha; incluso, las de más de 50 ha superan en eficiencia a las de tamaño 5,1 a 20 ha. De esto podría deducirse que no hay indicios claros de la presencia de economías de tamaño, que reduzcan el costo medio en la medida en que crece el tamaño de las explotaciones<sup>7</sup>. Sin embargo, Binswanger *et al.* (1993) encontraron en los países en desarrollo más una curva de costos medios en forma de U que en forma de L, como la encontraron en los países desarrollados Berry y Cline (1979), Rao y Chotigeat (1981) y Eswaran y Kowal (1986), entre otros.

### **Estimación en valores monetarios de la función y de la elasticidad global de producción**

Una estimación de la función de producción se hace aquí en valores monetarios, ya que la base de datos disponible no reporta cantidades físicas, ni precios de insumos usados.

La función de producción que mejor ajusta los datos en valores monetarios es una función que toma en cuenta costos de producción de semillas, plagas, malezas y otros costos (que incluyen los costos en fertilizantes, maquinaria, labores, recolección, y servicios administrativos).

El modelo estimado es:

$$V_{P_i} = \alpha s_i^{\beta_1} P_i^{\beta_2} M_i^{\beta_3} O_i^{\beta_4} u_i^{\epsilon}$$

Linealizando con logaritmo natural se tiene,

$$LV_{P_i} = \alpha^* + \beta_1 * LS_i + \beta_2 * LP_i + \beta_3 * LM_i + \beta_4 * LO_i + u_i^{\epsilon}$$

donde,  $\alpha^*$  es el log  $\alpha$ ;  $LV_P$ , logaritmo del valor de la producción;  $LS$ , logaritmo del gasto en semillas;  $LP$ , logaritmo del gasto en control de plagas;  $LM$ , logaritmo del gasto en control de malezas;  $LO$ , logaritmo de otros costos y  $\alpha$  y  $\beta$ , son parámetros.

La función exponencial de producción es:

$$V_P = 23,96 s^{0,118} P^{0,093} M^{0,023} O^{0,062}$$

donde,  $s$  es costo de semilla;  $P$ , costo en control plagas;  $M$ , costo en control de maleza y  $O$ , otros costos.

La función lineal logarítmica es<sup>8</sup>:

$$LV_{P_i} = 3,176 + 0,018 * LS + 0,093 * LP + 0,023 * LM + 0,602 * LO + \epsilon_i$$

$$R^2 = 0,34, DW = 1,76 \text{ y } F \text{ estadístico} = 132,8$$

Como se observa, estos cuatro factores de producción explican alrededor del 34% de la variación del producto; los coeficientes individualmente son significativos al 1% para costo de semilla, control de plagas, otros costos

<sup>7</sup> Las limitaciones de la base estadística existente, que no incluye compras al por mayor, origen de economías pecuniarias, valoración del costo de la fuerza de trabajo familiar, costos de transacción, entre otros, no permite acercarse a una medición de la existencia de economías de tamaño con todo rigor, como lo sugirió un evaluador anónimo de este artículo.

<sup>8</sup> Los valores en paréntesis debajo de la estimación corresponden al valor de la prueba estadística  $t$  student.

y la constante; los costos de maleza son significativos al 10%. El estadístico F de significación conjunta de los parámetros indica que se rechaza la hipótesis de nulidad, esto es, todos son significativamente diferentes de cero. El estadístico Durbin-Watson de autocorrelación de los errores es cercano a dos, por lo que no se presentan problemas de autocorrelación entre ellos. La prueba de White de no heteroscedasticidad de los errores se acepta a niveles de 1% de significación (sin ser muy restrictivo), como se ve en la tabla 6.

**Tabla 6.** Prueba general de White para comprobar el supuesto de homoscedasticidad.

F estadístico	1,867061	Probabilidad	0,026162
R <sup>2</sup> observado	25,86525	Probabilidad	0,026927

La elasticidad global de la producción con respecto al costo alcanza a ser igual a 0,84; al ser inferior a la unidad, denota la inexistencia de economías constantes de escala y el predominio de economías decrecientes de escala. El mismo comportamiento se observa para las elasticidades parciales de cada uno de los factores.

La productividad marginal de un peso invertido en semilla, es decir el valor adicional de la producción que resultaría de un incremento de un peso en semilla, se obtiene derivando la función exponencial, y sería:

$$\frac{\delta V_p}{\delta S} = 23,96 * 0,118 s^{0,118} s^{-1} P^{0,093} M^{0,023} O^{0,062} = 0,118 \frac{V_p}{S}$$

Igualmente, la productividad marginal de un peso invertido en control de plagas sería:

$$\frac{\delta V_p}{\delta P} = 0,093 \frac{V_p}{P}$$

donde,  $v_p$  es el valor de la producción y P, el costo en control plagas.

La productividad marginal de un peso invertido en control de malezas sería:

$$\frac{\delta V_p}{\delta M} = 0,023 \frac{V_p}{M}$$

donde,  $v_p$  es el valor de la producción y M, el costo en control de maleza.

La productividad marginal de un peso invertido en otros costos sería:

$$\frac{\delta V_p}{\delta O} = 0,602 \frac{V_p}{O}$$

donde,  $v_p$  es el valor de la producción y O, otros costos.

El valor monetario de la productividad marginal de un agricultor típico, con un costo medio en semillas de \$132.183 y un valor de la producción media de \$1.247.675, es \$1,12. La productividad marginal óptima del costo en semilla igual a la unidad<sup>9</sup> se obtiene con un gasto en semilla de \$110.000/ha y un valor de la producción de \$930.000/ha; por tanto, se ve la conveniencia de reducir el gasto medio en semilla.

La explotación típica en costos de control de malezas es una explotación con costos medios de \$73.524 y valor de la producción igual a \$1.217.329; el valor de la productividad marginal de ella es \$0,40 aproximadamente. Para que un agricultor optimice la productividad marginal, es conveniente reducir el gasto en control de malezas a \$29.280/ha y aumentar el valor de la producción a \$1.280.000/ha.

El agricultor tipo tiene costos medios de control de plagas equivalentes a \$ 67.763, una media en valor de la producción de \$1.240.524, una productividad marginal de este insumo de \$1,68. Para que un agricultor optimice la productividad marginal, es conveniente aumentar el gasto en control de plagas a \$133.375/ha y el valor de la producción a \$1.440.000/ha.

En la variable otros costos, el agricultor típico gasta en promedio \$754.248, con un valor de la producción de \$1.247.535, lo que supone un valor de la productividad marginal de estos insumos de \$ 0,99, que indica en este caso que se hace eficiente la sumatoria de costos en fertilizantes, labores, preparación de tierra y recolección.

En resumen, el análisis realizado indica que la producción de maíz en Córdoba durante el semestre A de 2001 presenta rendimientos decrecientes de escala. En

<sup>9</sup> El razonamiento aquí es el siguiente: la condición de optimización  $\frac{\delta V}{\delta X} = \frac{P_x X}{P_y Y}$  es equivalente a  $\epsilon_{yx} = \frac{P_x X}{P_y Y}$ ; por tanto,  $\epsilon_{yx} = \frac{P_x X}{P_y Y} = 1$ , expresión equivalente a la ecuación de productividad marginal de un peso invertido en semilla, en la que  $\epsilon_{yx}$  es la elasticidad de la producción;  $P_x$ , el precio del insumo;  $P_y$ , el precio del producto; X, la cantidad de insumo y Y, la cantidad de producto.

términos del gasto total, parece conveniente reducir los niveles actuales<sup>10</sup>, pero, en términos de costos individuales de algunos insumos, el análisis sugiere la conveniencia de reducir el gasto en semillas y en control de plagas y aumentar el gasto en control de malezas.

## Conclusiones

En este trabajo se ha hecho un análisis económico de la producción de maíz amarillo en el departamento de Córdoba, utilizando herramientas estadísticas y econométricas que han permitido llegar a las siguientes conclusiones:

La oferta de maíz amarillo en el departamento de Córdoba proviene, desde el punto de vista de la producción, principalmente del cultivo de genotipos híbridos con gran potencial productivo e intensivos en tecnologías agroquímicas. Gran parte de la producción está concentrada en los productores medianos y grandes.

La estructura de costos indica que cultivar una hectárea de maíz amarillo es más barato con la variedad que con los materiales híbridos. La estructura señala un mayor uso intensivo del capital en los materiales híbridos que en la variedad; esta última es más intensiva en el uso de fuerza de trabajo.

Existen diferencias estadísticas significativas entre los costos medios para los materiales híbridos y la variedad. Desde el punto de vista de la eficiencia, medida por la productividad total de los factores, las explotaciones entre 1 y 5 ha en ambos sistemas son más eficientes, lo que es consistente con el menor costo que supone la utilización de fuerza de trabajo familiar y los menores costos de supervisión. Las explotaciones entre 20,1 y 50 ha producen con mayor eficiencia que las explotaciones entre 5,1 y 20 ha; incluso las mayores a 50 ha utilizan en forma más eficiente los factores, lo que podría estar asociado a ventajas en el acceso al crédito en los mercados de capitales.

Una tercera parte de las variaciones en el valor de la producción se explican por las variaciones de costos. A la luz de esta función, la elasticidad de la producción de maíz amarillo en Córdoba es, en general, inferior a la unidad, lo que deja ver la presencia de rendimientos decrecientes a escala: una variación de 1% en los costos

de producción incrementa el valor de la producción en 0,67% y máximo en 0,84%. Todo esto es indicativo de las dificultades que enfrentan los agricultores para emprender proyectos de explotación a gran escala.

El análisis de las elasticidades parciales indica que los agricultores se mantienen en la segunda etapa de la producción (etapa racional). Así mismo, el análisis de las productividades marginales de los insumos muestra que sería deseable reducir costos de producción en términos generales, pero, muy particularmente, en control de plagas y semillas y aumentar el gasto en control de malezas.

Del resultado de esta investigación se desprenden las siguientes recomendaciones:

Hacia el futuro debe avanzarse en la obtención de bases de datos más completas, delimitar en ellas más claramente los conceptos de capital y trabajo, incluir rubros de costos como la depreciación y los costos de oportunidad del trabajo familiar, al igual que información sobre la calidad de los suelos. Esto, junto con las variables físicas y del ambiente macroeconómico, permitirá formular mejor y con mayor rigor las funciones de producción a nivel de las explotaciones. En el mismo sentido, debe avanzarse hacia la captura de datos que permitan medir las economías de tamaño, tales como las compras de insumos en cantidades al por mayor, los costos fijos de las empresas, la imposición y los riesgos.

Dada la concentración de una gran proporción del producto en unidades de menos de 20 ha dispersas a lo largo de la geografía departamental de Córdoba, debe procurarse la creación de economías de escala a nivel comercial a través del impulso de organizaciones de los productores en general, para ganar en la capacidad de negociación a todos los niveles del eslabón de la producción agrícola y para facilitar la concentración de una gran oferta que ayude a eliminar la intermediación indeseable.

## Literatura citada

- Álvarez, A. (coord.). 2001. La medición de la eficiencia y la productividad. Editorial Pirámide, Madrid.
- Berry, R.A. y W.R. Cline. 1979. Agrarian structure and productivity in developing countries. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- Binswanger, H.P., K. Denninger y G. Feder. 1993. Agricultural land relations in the developing world. Amer. J. Agr. Econ. 75, 1242-1248.

<sup>10</sup> El modelo global que relaciona el valor de la producción con el gasto total indica que el nivel de gasto óptimo que maximiza el valor de la producción debe ser de \$941.000/ha y el valor de la producción, \$1.380.000/ha. Véase Serpa (2004).

- Eswaran, M. y A. Kowal. 1986. Access to capital and agrarian production organization. *Econ. J.* 96, 482-498.
- Flórez D.V., J. Acosta y J. Navas. 1978. Análisis agroeconómico de la fertilización en cultivos. *Boletín técnico* 46. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá. 267 p.
- Heady, E.O. 1946. Production functions from a random sample of farm. *J. Farm Econ.* 28(4), 989-1004.
- Heady, E.O. y J.L. Dillon. 1961. *Agricultural production functions.* Iowa State University Press, Ames, IA.
- Mundlak, J. 2001. Production and supply. pp 4-85. En: Gardner, B.L. y G.C. Rausser (eds.). *Handbook of agricultural economics.* Vol. 1A. Agricultural production. Elsevier Science, North-Holland, Amsterdam.
- Orozco, R. 1976. Source on agricultural production and productivity in Colombian agriculture. Ph.D. thesis. Oklahoma State University. Stillwater, OK.
- Rao, V. y T. Chotigeat. 1981. The inverse relationship between size of land holding and agricultural productivity. *Amer. J. Agr. Econ.* 63, 571-74.
- Samper, G.A. 1990. Estudios microeconómicos agrícolas en Colombia. *Publicaciones ICESI* 27. pp. 9-30.
- Serpa, M. 2004. Análisis económico del sistema de producción de maíz amarillo en el Bajo y Medio Sinú del departamento de Córdoba. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Tintner, G. 1944. A note on the derivation of production functions from farm records. *Econometrica* 12, 26-34.
- Tintner, G. y O.H. Brownlee. 1944. Production functions derived from farm records. *J. Farm Econ.* 26(3), 566-571 (con una corrección en 1953, *JFE* 35,123).
- White, H. 1980. Heteroskedasticity-consistent covariance matrix and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica* 48, 817-838.