

DETERMINACIÓN DE ECONOMÍAS DE ESCALA EN EL PROCESO DE BENEFICIO DEL CAFÉ EN COLOMBIA

Carolina Aristizábal-Arias^{*}; Hernando Duque-Orrego^{**}

RESUMEN

ARISTIZÁBAL A., C.; DUQUE O., H. Determinación de economías de escala en el proceso de beneficio del café en Colombia. Cenicafé 57(1):17-30.2006

En los departamentos de Antioquia, Cauca, Huila, Risaralda y Santander se estudió la existencia de economías de escala en las etapas del proceso de beneficio de café. Se encuestaron 100 fincas donde se secaba el café mecánicamente y 244 donde se utilizaba secado al sol. Las fincas seleccionadas realizaban el proceso de beneficio completo. Se clasificaron los datos en cuatro sistemas de beneficio: beneficio convencional con secado solar (sistema 1), beneficio convencional con secado mecánico (Sistema 2), beneficio ecológico con secado solar (sistema 3) y beneficio ecológico con secado mecánico (Sistema 4). Se calcularon las funciones de costo variable medio del beneficio y la función para determinar la existencia de economías de escala en cada sistema. La función Tipo Cobb – Douglas fue usada como forma funcional y se encontró que para el sistema 1 pueden ocurrir economías de escala al aumentar la capacidad de la tolva de recibo, la de despulpado, la de lavado y la capacidad de secado; es decir, incrementos proporcionales en las capacidades de los subprocesos traerían disminuciones en el costo variable medio del proceso general de beneficio. Los sistemas 2 y 3 también presentaron economías de escala en algunas de las capacidades de beneficio; sin embargo, el sistema 4 no.

Palabras claves: Beneficio de café, Becolsub, costo medio, economías de escala

ABSTRACT

In the departments of Antioquia, Cauca, Huila, Risaralda and Santander, the existence of scale economies in the stages of wet coffee process were studied. One hundred farms where coffee was mechanically dried and two-hundred forty-four farms where sun drying was used were surveyed. The selected farms carried out the whole wet coffee process. The data were classified into four wet coffee process systems: conventional processing with solar drying (system 1), conventional processing with mechanical drying (System 2), ecological processing with solar drying (system 3) and ecological processing with mechanical drying (System 4). The functions of average variable cost of the wet coffee process and the function to determine the existence of scale economies in each system were calculated. The Cobb – Douglas function was used as a functional form and it was found that for system 1 scale economies can occur when the cherries hopper capacity as well as the pulp obtaining process, washing and drying capacities are increased; it is to say, proportional increases in the capacities of the subprocesses would bring decreases in the variable cost of the general wet processing. Systems 2 and 3 also displayed scale economies in some of the wet processing capacities, but system 4 did not.

Keywords: traditional wet processing, Becolsub, ecological wet processing machine, average cost, scale economies.

^{*} Economista Empresarial. Economía. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

^{**} Investigador Científico III. Economía. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

El beneficio es uno de los procesos más importantes en la producción de café pergamino seco. Este proceso es determinante en la calidad química de la bebida y por ende en el precio de compra que se le asigna al café. Por esto, es tan importante realizar un adecuado beneficio, ya que influye en el valor que va a recibir el productor por la venta de café, dado el uso racional que le dé a sus recursos y a los insumos empleados en el proceso que determinan los costos del mismo.

En Colombia, el proceso de beneficio es descentralizado. Casi todos los productores poseen el equipamiento mínimo para el proceso del mismo y pueden encontrarse instalaciones rudimentarias como modernas o instalaciones sub o sobredimensionadas.

El costo de beneficiar café, de acuerdo a un estudio realizado por Duque *et al.* en el año 2000, representa el 10% de los costos totales, porcentaje considerable dentro de los costos de producción de café.

Debido a esto, y por tratarse de un proceso semiindustrial, la implantación de economías de escala podría reducir los costos de la finca cafetera más en un país como Colombia donde existe gran cantidad de minifundios cafeteros.

Las economías de escala están relacionadas con la capacidad de producción de una empresa o de un proceso productivo. La definición trivial de ellas señala que hay economías de escala o deseconomías de escala si al aumentar los insumos el costo variable medio de producción disminuye en forma más que proporcional, o menos que proporcional, respectivamente. La forma para determinar su existencia es a partir del cálculo de la función de costo medio, como se describirá más adelante (3).

Hasta el momento no se han encontrado estudios específicos en la determinación de economías de escala en el proceso de beneficio del café; básicamente los trabajos afines a este tema hacen referencia al cálculo de costos de beneficio en diferentes tamaños de finca, al cálculo de costos de diferentes tipos de secado y la comparación de costos procesando el café tradicionalmente y mediante el Becolsub.

El propósito principal del estudio fue analizar la conveniencia desde el punto de vista económico de que la transformación de café cereza a café pergamino seco (cps), pueda ser realizada en escalas más grandes de producción presentando menores costos; es decir, se buscaba determinar la existencia de economías de escala en el proceso de beneficio del café, ya que de presentarse, podrían mostrar un camino para lograr la reducción de costos de producción unitarios en la finca cafetera, lo que significaría mayores niveles de competitividad que de alguna forma garantizarían una mayor viabilidad del sector en el futuro.

El estudio se enfocó a la estimación de una función de costos del proceso de beneficio de café, con el fin de determinar la existencia de economías de escala. Así, esta investigación constituye un esfuerzo por analizar la eficiencia con la que opera esta fase del proceso de la producción de café, pues mucho se ha hablado acerca de la conveniencia de fortalecer la capacidad competitiva de este sector.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los departamentos de Risaralda, Antioquia, Santander, Cauca y Huila. El tamaño de muestra para el estudio fue de 344 fincas cafeteras, donde se llevaron

a cabo 100 encuestas en fincas donde el café fuera secado mecánicamente y 244 en fincas donde el secado se realizara utilizando energía solar. La asignación proporcional de la muestra se realizó con base en la participación porcentual del área sembrada en café según la información del SICA (2), de cada municipio que hizo parte del estudio. A partir de una entrevista semiestructurada se obtuvo información que permitió calcular el costo de beneficio en diferentes tamaños de finca y en fincas con diferentes sistemas de beneficiadero, para así estimar las funciones que determinarían o no la existencia de economías de escala.

La fuente de información para el estudio fueron las fincas de caficultores seleccionadas de acuerdo con el método usado para el secado en cada uno de los municipios y que realizaran el proceso de beneficio completo. El período de análisis de producción y costos correspondió al año civil 2003, y las funciones de costo variable medio y de economías de escala fueron calculadas a partir de los costos de ese año. Es importante mencionar que las funciones presentadas en este artículo no corresponden a funciones estáticas, sino a funciones dinámicas que pueden presentar variaciones de acuerdo con el valor que tomen las variables que las conforman, con el paso del tiempo (Tabla 1).

La toma de información en campo fue realizada por Extensionistas de los Comités Departamentales de Cafeteros correspondientes en los meses de junio, julio y agosto de 2002, y enero y febrero de 2003.

De acuerdo con la información obtenida de los formatos aplicados en la entrevista semiestructurada y con los datos de los precios base, se calculó el costo de beneficio para cada etapa del proceso según su realización en cada una de las fincas encuestadas. Una vez obtenido este cálculo se procedió a clasificar las fincas en las siguientes categorías: fincas con beneficio tradicional que secan al sol y secan mecánicamente y fincas con beneficio ecológico; es decir, fincas que tuvieran el módulo Becolsub o desmucilaginador mecánico y que secan al sol o mecánicamente.

Para la realización del estudio se usó el enfoque de costo medio a largo plazo. Se construyeron varios modelos función Tipo Cobb – Douglas, que explicarían las variaciones del costo de beneficio de café, en función de las variables que siendo significativas en estos se relacionaran con los costos de las diferentes etapas del proceso y los modelos de economías de escala que relacionaban el costo variable medio con las capacidades de cada subproceso. Esto se realizó para cada sistema.

Tabla 1. Variables relacionadas con los costos de beneficio del café.

Aspectos	Variables	Características
Costos de beneficio	Recibo de café cereza	\$/kg. Café cereza
	Despulpado	\$/kg. Café cereza
	Clasificación	\$/@ cps
	Desmucilaginado	\$/@ cps
	Lavado	\$/@ cps
	Secado	\$/@ cps
	Tamaño de beneficiadero	Capacidad

Los modelos se linealizaron tomando logaritmos naturales a ambos lados de la ecuación, como se ve a continuación:

$$\ln C = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln X_4 + \dots + \beta_n X_n$$

Cada uno de los coeficientes Beta de la función anterior representa las elasticidades parciales de cada variable. Para la función de costos, éstas muestran el peso que tienen los costos de las diferentes etapas dentro del costo total, mientras que para la función de economías de escala describen el peso de las capacidades de infraestructura y equipos dentro de este costo.

La estimación de economías de escala se realizó mediante la suma de las derivadas parciales de la función de costos respecto a cada capacidad así:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \ln C}{\partial \ln X_i}$$

En otros términos:

$$S = \sum_{i=1}^n \beta_i$$

Si:

- S < 1 presencia de economías de escala
- S = 1 retornos constantes
- S > 1 presencia de diseconomías de escala

Se realizó el ajuste para el indicador de economías de escala S (scale), utilizando un modelo de regresión múltiple donde fueron tenidas en cuenta aquellas variables independientes que tuvieran un coeficiente de regresión diferente de cero, con significancia del 10%.

Este análisis se hizo independientemente para cada tipo de sistema de beneficio: convencional con secado al sol, convencional con secado mecánico, ecológico con secado solar y ecológico con secado mecánico. En

cada uno de los casos se obtuvo el indicador S (scale). Si descriptivamente S era menor que uno (S < 1), para al menos uno de los tres casos descritos se aceptaría la hipótesis de trabajo.

Por tratarse de un estudio de campo y con énfasis en caficultura comercial se consideraron como variables significativas para el modelo, aquellas que presentaran un nivel de significancia igual o menor al 10%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente se identificaron los tipos de sistema más frecuentes de las fincas estudiadas; los resultados de esta clasificación fueron cuatro tipos de sistemas de beneficio: convencional con secado solar (58%), convencional con secado mecánico (11%), ecológico con secado solar (10%) y ecológico con secado mecánico (21%).

Los resultados que se obtuvieron para cada sistema se dividen en dos partes: la primera presenta la función de costo variable de beneficio a partir de la cual se determinan las elasticidades parciales de los subprocesos significativos para el modelo, y la segunda muestra el modelo de economías de escala y la determinación de las mismas en cada sistema.

Beneficio convencional con secado solar (Sistema 1).

El beneficio convencional con secado solar está conformado por las siguientes etapas: recibo, despulpado, clasificación, fermentación, lavado y posterior secado solar del grano.

- **Modelo para costo variable medio de beneficio de café (Sistema 1).** A partir de la información suministrada fue posible estimar una función de costo medio para

conocer las elasticidades parciales de cada uno de los subprocesos; el conocimiento de estas elasticidades es una herramienta clave para la toma de decisiones en el proceso de beneficio, pues a partir de ellas es posible conocer el impacto que tiene cada subproceso dentro del costo variable del proceso.

La función de costo variable esta determinada así:

$$\ln C = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{Cosrec} + \beta_2 \ln \text{Cosdesp} + \beta_3 \ln \text{Coscla} + \beta_4 \ln \text{Cospul} + \beta_5 \ln \text{Coslav} + \beta_6 \ln \text{Coshum} + \beta_7 \ln \text{Cossec} + \beta_8 \ln \text{Cosem} + \beta_9 \ln \text{Cosmant}$$

Para el modelo planteado la variable de respuesta fue el costo variable por arroba de café pergamino seco (12,5kg de cps), beneficiada, con base en los cálculos de costos por arroba para el año 2003. Para la estimación del modelo se usaron las variables que hacían referencia a los costos de los diferentes subprocesos descritos anteriormente. El procedimiento para el cálculo del modelo fue realizado utilizando la opción “stepwise” (usado para la selección de las variables más significativas en un modelo); a partir de éste se obtuvo un modelo en función de 9 variables que fueron significativas (P

valor < 0,10). El modelo fue altamente significativo (P valor < 0,0001), un r² de 0,8273; es decir que el 83% de la variabilidad en el costo variable medio del beneficio de café es explicado por los costos de las diferentes etapas.

Las variables seleccionadas para el modelo fueron aquellas que presentaron un nivel de significancia igual o menor al 10%, tal como se describió en la metodología. En la Tabla 2, se presentan las variables que fueron significativas para este modelo.

A continuación se presenta la expresión matemática del modelo:

$$\ln C = 3,13812 + 0,14644 \ln \text{Cosrec} + 0,14021 \ln \text{Cosdesp} + 0,00354 \ln \text{Coscla} + 0,00384 \ln \text{Cospul} + 0,12832 \ln \text{Coslav} + 0,00949 \ln \text{Coshum} + 0,37177 \ln \text{Cossec} + 0,00847 \ln \text{Cosem} + 0,00400 \ln \text{Cosmant}$$

Las mayores elasticidades parciales para este modelo, corresponden a las variables costo de secado (0,3718) seguido por costo de recibo (0,1464), costo de despulpado (0,1402) y costo de lavado (0,1283). Los r² parciales representan el porcentaje de explicación de cada parámetro y su aporte al r² total del modelo. Para el sistema uno, los r² que más aportan al modelo son precisamente los r² de las variables con mayor elasticidad parcial

Tabla 2. Variables seleccionadas en el modelo para costo variable medio para el sistema 1.

Variable	Código	Parámetro estimado	R ² Parcial	Pr>F
Intercepto		3,13812		<,0001
Costo de recibo	Cosrec	0,14644	0,2171	<,0001
Costo de despulpado	Cosdesp	0,14021	0,0519	<,0001
Costo de clasificación	Coscla	0,00354	0,0116	0,0023
Costo de transporte de pulpa	Cospul	0,00384	0,0119	0,0004
Costo de lavado	Coslav	0,12832	0,0713	<,0001
Costo de transporte de cph	Coshum	0,00949	0,0040	0,0466
Costo de secado	Cossec	0,37177	0,4392	<,0001
Costo de empaque	Cosem	0,00847	0,0030	0,0822
Costo de mantenimiento	Cmant	0,00400	0,0174	<,0001

(costo de secado, costo de recibo, costo de despulpado y costo de lavado).

De lo anterior puede plantearse que las decisiones con respecto a costos que se tomen con respecto a las etapas como secado, recibo, despulpado o lavado para el sistema uno, tendrían los mayores impactos en el costo variable medio de beneficio. De esta forma, la función es útil para determinar cuáles partes del proceso son críticas en cuanto a costos y en cuales el caficultor debe enfocar más su atención.

El secado representa un reto adicional, pues además de ser la variable que más impacto tiene en el costo, es la variable más crítica para asegurar la calidad del café y por ende, los ingresos del caficultor. De acuerdo a un estudio realizado por Puerta (4) se concluye que en el proceso de secado pueden originarse defectos como: negro fenol y ochratoxina A, aplastado, cardenillo, cristalizado, decolorado sobresecado o decolorado veteado, que afectan la calidad del café.

- Modelo para determinar la existencia de economías de escala en el proceso de beneficio de café (Sistema 1). Para el modelo planteado la variable de respuesta fue el costo variable medio por arroba de café pergamino

seco, con base en los cálculos de costos por arroba para el año 2003; y como variables independientes se tomaron las capacidades de las siguientes etapas: recibo, despulpado, lavado y secado.

A partir del procedimiento “stepwise” se obtuvo un modelo en función de 4 variables que fueron significativas (P valor < 0,10). El modelo fue significativo (P valor < 0,0001). Un r^2 de 0,4955; es decir, el 50% de la variabilidad en el costo variable medio del beneficio de café es explicado por la capacidad de recibo, la capacidad de despulpado, la capacidad de lavado y la capacidad de secado.

La función para determinar economías de escala se presenta así:

$$\ln C = \beta_0 + \beta_1 \ln Caprec + \beta_2 \ln Capdesp + \beta_3 \ln Caplav + \beta_4 \ln Capsec$$

Donde C representa el costo variable de beneficiar una arroba de café pergamino seco, los betas representan las elasticidades parciales de las variables capacidad de recibo, capacidad de despulpado, capacidad de lavado y capacidad de secado. Las variables independientes son las capacidades de cada uno de las etapas. Las variables seleccionadas para este modelo se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Variables seleccionadas en el modelo para costo variable medio para el sistema 1 (Economías de escala).

Variable	Código	Parámetro estimado	R ² Parcial	Pr>F
Intercepto		11,08467		<,0001
Capacidad de recibo	Caprec	-0,14237	0,3410	<,0001
Capacidad de despulpado	Capdesp	-0,22685	0,0848	<,0001
Capacidad de lavado	Caplav	-0,08436	0,0461	<,0001
Capacidad de secado al sol	Capsec	-0,13388	0,0236	0,0042

La expresión matemática del modelo es la siguiente:

$$\ln C = 11.3754 - 0.14237 \ln Caprec - 0.22685 \ln Cadesp - 0.08436 \ln Caplav - 0.13388 \ln Capsec$$

Este análisis de regresión se realizó con el fin de determinar la existencia de economías de escala dada la capacidad del beneficiadero. Para esto fue necesario estudiar la relación existente entre el costo de beneficio y el tamaño de cada una de las partes dentro de la infraestructura necesaria para el proceso, es decir, para la capacidad de recibo, la capacidad de despulpado, capacidad de lavado y la capacidad de secado en la zona estudiada y de acuerdo con cada uno de los sistemas de beneficio identificados en el estudio.

En esta función al igual que en el modelo de costo variable medio de beneficio, puede verse la incidencia del coeficiente de elasticidad parcial en cada una de las capacidades de las diferentes etapas del proceso de beneficio. Los parámetros estimados muestran cómo para este sistema las mayores elasticidades parciales corresponden a las variables capacidad de despulpado (-0,2269), capacidad de recibo (-0,1424) y capacidad de secado (-0,1334); los signos negativos en cada uno de los coeficientes, muestran la relación inversa entre el costo variable de beneficio de café y la capacidad de cada uno de las etapas. De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de regresión se deduce que la variable que más impacto tiene en el costo variable medio de beneficio es la capacidad de despulpado.

Sin embargo, aspectos como el diseño de la tolva de recibo, el rendimiento de la despulpadora, el área de secado, deben estar estrechamente relacionados con la producción presente y futura de la finca, considerando la producción que tendrá la

finca con las siembras que se hayan hecho y las que se proyecta efectuar. A partir de esto se debe calcular y diseñar la capacidad del beneficiadero, por ejemplo, teniendo en cuenta que para la zona central cafetera el porcentaje de mayor producción en un día es el 2%. (5)

De acuerdo con Roa *et al.* (5), la capacidad de secado es una de las variables más determinantes del proceso de beneficio de café ya que una deficiente capacidad de secado puede tener diversas consecuencias en los resultados económicos de la finca. Por un lado, si se toma la decisión de secar en la finca a pesar de tener poca capacidad de secado la calidad del café puede verse comprometida arriesgando los ingresos correspondientes de la venta del mismo, ya que el café puede llegar a presentar defectos al momento de la compra en la Cooperativa. Por otro lado, si no existe suficiente capacidad de secado y se debe pagar por el proceso a un agente externo, el costo que debe asumirse es más alto. Implicaciones económicas más graves ocurren al vender el café en su estado de pergamino húmedo como lo muestran Duque *et al.* (1), en un estudio de caso realizado en fincas del municipio de Pereira en el año 2002.

- Economías de escala en el beneficio convencional de café secado con energía solar : La presencia de economías de escala en el sistema de beneficio convencional secado solar se evidencia en el indicador S.

Reemplazando en la expresión presentada en la metodología se tiene:

$$S = \sum_{i=1}^4 -0,4237 - 0,22685 - 0,08436 - 0,13388$$

$$S = -0,58746$$

El índice de economías de escala para el sistema 1 es de -0,58746, y a partir de este resultado puede verse que para el sistema de beneficio convencional con secado al sol para las fincas del estudio es evidente la existencia de economías de escala. Estas economías presentes en este sistema de beneficio están determinadas por la capacidad de cada una de las etapas que conforman en el proceso de beneficio de café y que en este caso fueron significativas para el modelo.

De lo anterior puede deducirse que para tener unos costos más apropiados de beneficio del grano debe hacerse una planificación adecuada de las necesidades de infraestructura requeridas para este proceso, que estén de acuerdo con la producción esperada de la finca y que sean coherente entre subprocesos. Además, deben utilizarse adecuadamente los equipos e instalaciones de beneficio y disponer de los insumos necesarios para la realización eficiente del proceso.

Beneficio convencional secado mecánico (Sistema 2).

Al igual que el sistema uno, el sistema de beneficio dos esta compuesto por las etapas de recibo, despulpado, clasificación, fermentación, lavado y secado mecánico del grano. Entre los combustibles más comúnmente utilizados para el secado en este sistema se encontraron ACPM, hulla, coke y gas.

- Modelo para costo variable medio de beneficio de café (Sistema 2). Para este sistema se siguió el mismo procedimiento que en el sistema uno. Se obtuvo un modelo en función de 5 variables que fueron significativas (P valor < 0,10). El modelo fue altamente significativo (P valor < 0,0001) y un r² de 0,8542. Es decir, que para este sistema el modelo explica el 85,42% de las variaciones del costo variable medio de beneficio de café.

Para este tipo de sistema se usó la misma función tipo Cobb-Douglas utilizada en el sistema 1. De igual forma se usaron las mismas variables descritas en la Tabla 7 con los respectivos códigos.

$$\ln C = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{Cosrec} + \beta_2 \ln \text{Cosdesp} + \beta_3 \ln \text{Coscla} + \beta_4 \ln \text{Cospul} + \beta_5 \ln \text{Coslav} + \beta_6 \ln \text{Coshum} + \beta_7 \ln \text{Cossec} + \beta_8 \ln \text{Cosem} + \beta_9 \ln \text{Cosmant}$$

Las variables seleccionadas para el modelo fueron aquellas que presentaron un nivel de significancia igual o menor al 10%. En la Tabla 4, se presentan las variables seleccionadas para este modelo:

A continuación se presenta la expresión matemática del modelo:

$$\ln C = 2,72182 + 0,12128 \ln \text{Coslav} + 0,09057 \ln \text{Coshum} + 0,5749 \ln \text{Cossec} + 0,00747 \ln \text{Cosmant}$$

Tabla 4. Variables seleccionadas en el modelo para costo variable medio para el sistema 2.

Variable	Código	Parámetro estimado	R ² Parcial	Pr>F
Intercepto		2,72182		<,0001
Costo de lavado	Coslav	0,12128	0,0575	0,0036
Costo de transporte de cph	Coshum	0,09057	0,1739	<,0001
Costo de secado	Cossec	0,54443	0,5749	<,0001
Costo de mantenimiento	Cmant	0,00278	0,0374	0,0093

De acuerdo con los resultados obtenidos las variables con mayor elasticidad parcial corresponden al costo de secado (0,5444) y al costo de lavado (0,12128). Esta elasticidad es la mayor de todas las variables que participan en el costo. Cualquier reducción o aumento en el costo de secado mecánico va a tener el mayor impacto en el costo variable medio de beneficio de café. Al igual que en el secado solar, el secado mecánico representa una de las principales variables dentro de este estudio. El r^2 parcial es de 0,5749; es decir el 57,49% de la variabilidad del costo variable medio de beneficio es explicada por el costo del secado mecánico. Para este sistema de beneficio, en donde el secado es realizado mecánicamente y en el cual se consideran como costos asociados, el costo del combustible, la energía eléctrica y la mano de obra usada en este proceso, conduce a una alta participación de esta etapa en los costos variables medios de beneficio; lo cual también se ve reflejado en la función de costo medio en donde como se describe anteriormente, es la variable con mayor elasticidad parcial.

- Modelo para determinar la existencia de economías de escala en el proceso de beneficio de café (Sistema 2). El modelo fue significativo, P valor < 0,0043 y r^2 de 0,2100; es decir el 21% de la variabilidad en el costo variable medio del beneficio de café es explicado por la capacidad de secado (Tabla 5). La Tabla 6 muestra las características de la variable que fue significativa para este modelo.

La expresión matemática del modelo es la siguiente:

$$\ln C = 9,50857 - 0,5011 \ln Capsec$$

En la función anterior puede verse la incidencia del coeficiente de elasticidad parcial de la capacidad de secado mecánico en el costo medio de beneficio de café. Esta variable explica la quinta parte de la variabilidad del costo medio con relación al tamaño del beneficiadero. El coeficiente de elasticidad parcial muestra cómo cambios en el tamaño del silo de secado tendrán un alto impacto en la reducción del costo variable

Tabla 5. Características del modelo de economías de escala.

Variables	Valor
Costo variable medio de beneficio	\$/@ de cps
R^2	0,2100
Pr > F	<,00043

Tabla 6. Variables seleccionadas en el modelo para costo variable medio para el sistema 2 (Economías de escala).

Variable	Código	Parámetro estimado	R ² Parcial	Pr>F
Intercepto		9,50857		<,0001
Capacidad de secado mecánico	Capsec	-0,25011	0,2100	0,0043

medio de beneficio; esto para fincas que benefician el café en forma convencional y lo secan mecánicamente.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el modelo para determinar la existencia de economías de escala en el sistema de beneficio convencional con secado mecánico, es función de la variable secado mecánico. Ésta, explica el 21% de la variabilidad del costo medio de beneficio desde el punto de vista de capacidad. Fue la única variable significativa en este modelo para este tipo de sistema; las demás variables no fueron significativas y se excluyeron porque su nivel de significancia fue mayor de 10%. A pesar de que el modelo con esta única variable presenta un r^2 bajo, debe mirarse el impacto que tiene la capacidad de secado en los costos variables medios. El valor del coeficiente beta observado para esta variable fue de $-0,25011$, lo que muestra un claro impacto en el costo variable medio, por aumentos o disminuciones en la capacidad de secado para este tipo de sistema.

- Economías de escala en el beneficio convencional de café secado mecánicamente.

Para el sistema de beneficio 2, la existencia de economías de escala se evidencia así:

$$S = \sum_{i=1}^1 -25011$$

$$S = -25011$$

La planificación del secado del grano no solo debe depender de la capacidad del silo, sino también del tipo de combustible con el cual se realice el proceso. Ya que dependiendo del combustible utilizado los costos de secado mecánico tienen una gran variación pues no es lo mismo el costo de secado cuando en la finca se utiliza cisco de café a cuando se emplea carbón mineral y coke o ACPM.

Beneficio ecológico secado solar (Sistema 3).

El sistema de beneficio tres representa las fincas que realizan beneficio ecológico, y además secan con energía solar el café. Es decir, fincas que cuentan con el módulo Becolsub y realizan en él los subprocesos de despulpado, desmucilaginado mecánico y lavado del grano.

Tabla 7. Variables seleccionadas en el modelo para costo variable medio para el sistema 3.

Variable	Código	Parámetro estimado	R ² Parcial	Pr>F
Intercepto		1,70611		0,0008
Costo de recibo	Cosrec	0,15422	0,0582	0,0170
Costo de despulpado	Cosdesp	0,38475	0,5353	<,0001
Costo de transporte de pulpa	Cospul	0,00682	0,0164	0,0874
Costo de secado	Cossec	0,48463	0,1779	<,0001
Costo de mantenimiento	Cmant	0,01216	0,0767	0,0008

- **Modelo para costo variable medio de beneficio de café (Sistema 2)** Se obtuvo un modelo en función de 5 variables que fueron significativas a un nivel del 10%. El modelo fue altamente significativo (P valor < 0,0001) y un R² de 0,8645. Es decir, que el 86,45% de las variaciones en el costo variable medio de beneficio en el sistema tres es explicado por las variables que se presentarán en la Tabla 7.

A continuación se presenta la expresión matemática del modelo:

$$\ln C = 1,70611 + 0,15422 \ln \text{Cosrec} \\ + 0,038475 \ln \text{Cosdesp} + \\ 0,00682 \ln \text{Cospul} + 0,48463 \ln \text{Cossec} \\ + 0,00747 \ln \text{Cosmant}$$

Para este sistema las variables que más contribuyen a explicar el modelo fueron el costo de despulpado con un r² parcial de 0,5353 y costo de secado solar con un r² parcial de 0,1779. De la misma forma las variables con las mayores elasticidades parciales fueron costo de secado, costo de despulpado seguido de costo de recibo. La variable costo de despulpado representa el costo de realizar el proceso usando el módulo Becolsub, es decir, incluyendo en él el costo de despulpado, desmucilaginado y gran parte de lavado y clasificación del grano.

- **Modelo para determinar la existencia de economías de escala en el proceso de beneficio de café (Sistema 2).** De igual forma que en los modelos anteriores, la variable de respuesta fue el costo variable medio por arroba de café pergamino seco, con base en los cálculos de costos por arroba para el año 2003; para este modelo la variable capacidad de despulpado hace referencia a la capacidad del módulo Becolsub. Se obtuvo un modelo en función de dos variables que fueron significativas (P valor < 0,10). El modelo fue significativo P valor < ,0001 y un r² de 0,4371; es decir el 43,71% de la variabilidad en el costo variable medio del beneficio de café es explicado por la capacidad de secado y la capacidad de recibo. En la Tabla 8 se presentan las características de las variables del modelo.

La expresión matemática del modelo es la siguiente:

$$\ln C = 9,36404 - 0,28896 \ln \text{Capsec} - 0,19495 \text{Caprec}$$

En la función anterior puede observarse la incidencia del coeficiente de elasticidad parcial de la capacidad de secado solar para este sistema. Estas variables explican gran parte del costo variable medio de beneficio pues

Tabla 8. Variables seleccionadas en el modelo para costo variable medio para el sistema 3 (Economías de escala).

Variable	Código	Parámetro estimado	R ² Parcial	Pr>F
Intercepto		9,36404		<,0001
Capacidad de secado mecánico	Capsec	-0,28896	0,4371	<,0001
Capacidad de recibo	Caprec	-0,19495	0,0477	0,0911

su r^2 es de 0,4371 por lo que incrementos o disminuciones en la capacidad de secado y de recibo para este sistema pueden tener incrementos o disminuciones importantes en el costo variable medio de beneficio de una arroba (12,5kg de cps).

El coeficiente observado para la variable capacidad de secado fue de $-0,28896$, lo que muestra un claro impacto en el costo variable medio, por aumentos o disminuciones en la capacidad de secado para este tipo de sistema. Como se dijo anteriormente la capacidad de secado es una de las más determinantes del proceso de beneficio de café y cualquier mejora en el tipo de secado trae consecuencias positivas en el costo promedio de beneficio de los caficultores.

Para este modelo, la capacidad de recibo tiene una elasticidad parcial de $-0,19495$. y su aporte en la explicación de la variabilidad del modelo es del 4,77%.

- Economías de escala en el beneficio ecológico de café secado mecánico: El cálculo del indicador de economías de escala para el sistema 3 se presenta a continuación:

$$S = \sum_{i=1}^1 -0.28896 - 0.19495$$

$$S = -0,48391$$

Es evidente la existencia de economías de escala en el secado de café mecánico para las fincas que presentan este tipo de sistema. El índice de economías de escala para el sistema 3 es de $-0,48391$; es decir, que el incremento en la capacidad de secado y recibo para estas fincas se traducirá en una disminución del costo variable medio de beneficio de café. Para este sistema también se acepta la hipótesis de trabajo

Si se analizan los tres modelos anteriores, puede verse como el secado, independiente

de cómo sea realizado, es una variable crítica en la conformación del costo unitario del proceso de beneficio y fundamental en la obtención de economías de escala en el mismo.

Beneficio ecológico secado mecánico (Sistema 4).

-Modelo para costo variable medio de beneficio de café sistema 4. Al igual que en el modelo anterior la variable de respuesta fue el costo variable medio por arroba de café pergamino seco (12,5kg de cps), con base en los cálculos de costos por arroba para el año 2003. En el modelo se emplearon las variables que hacían referencia al costo de beneficio de cada uno de las etapas. El procedimiento para el cálculo del modelo fue realizado utilizando el procedimiento "stepwise", a partir de este procedimiento se obtuvo un modelo en función de 4 variables que fueron significativas (P valor $< 0,10$). El modelo fue altamente significativo (P valor $< 0,0001$) y un r^2 de 0,9388.

Las variables seleccionadas para el modelo fueron aquellas que presentaron un nivel de significancia igual o menor al 10%, como se describió en la metodología. En la Tabla 9, se presentan las variables seleccionadas para este modelo.

A continuación se presenta la expresión matemática del modelo:

$$\ln C = 1,64278 + 0,15721 \ln \text{Cosdesp}$$

$$+ 0,70037 \ln \text{Cos sec} +$$

$$0,05523 \ln \text{Cosem} + 0,00524 \ln \text{Cosmant}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos el costo medio de beneficio de café, para fincas que realicen el proceso ecológico y sequen mecánicamente es función de cuatro variables, y resultó el costo de secado mecánico como

Tabla 9. Variables seleccionadas en el modelo para costo variable medio para el sistema 4.

Variable	Código	Parámetro estimado	R ² Parcial	Pr>F
Intercepto		1,64278		<,0001
Costo de despulpado	Coslav	0,15721	0,0573	<,0001
Costo de secado	Coshum	0,70037	0,8656	<,0001
Costo de empaque	Cossec	0,05523	0,0060	0,0148
Costo de mantenimiento	Cmant	0,00524	0,0098	0,0015

la variable que más aporta en la explicación de la variabilidad del modelo y al mismo tiempo es la que mayor elasticidad parcial presenta 0,70037, de lo que se deduce que incrementos o reducciones en el costo de secado tendrán el mayor impacto en el costo variable medio total.

- Modelo para determinar la existencia de economías de escala en el proceso de beneficio de café (Sistema 4). El procedimiento para el cálculo del modelo fue realizado utilizando el procedimiento “stepwise”, y a partir de este procedimiento no se encontró modelo de economías de escala para el sistema 4 de beneficio. Es decir el modelo no es significativo. Y las variables que fueron tenidas en cuenta para el cálculo del modelo tampoco resultaron ser significativas.

Es probable que el tamaño de muestra no sea suficiente para correr el modelo en este sistema. Para las fincas de estudio que hacen parte de este sistema, no habrá un impacto en el costo de beneficio de café dado por incrementar la capacidad del beneficiadero. Para este sistema se rechaza la hipótesis de trabajo.

En general en relación con los resultados de esta investigación, se debe resaltar la importancia de la variable costo de secado pues presentó la mayor elasticidad parcial, es decir que cualquier decisión que se tome con el fin de reducir el costo del secado tendrá los mayores impactos en el total de

costo variable medio de beneficio de café. Esta variable representa el 39% de los costos totales. En las actuales condiciones del sector es importante enfocar la atención en aquellas variables que puedan tener mayor impacto en la reducción de costos de producción, con el fin de ser más competitivos.

El signo negativo de cada una de las elasticidades parciales en los modelos de economías de escala muestra claramente la incidencia de éstas en el sistema de beneficio uno, dos y tres. Estas economías están determinadas en el sistema uno por las capacidades de recibo, despulpado, lavado y secado del grano. En el sistema dos, por la capacidad de secado mecánico y en el sistema tres por la capacidad de secado solar y la capacidad de recibo. Esto indica cómo incrementos proporcionales en cada una de las capacidades de estos subprocesos traerían disminuciones en el costo variable medio de beneficio de café. Estudios posteriores podrían ayudar a determinar capacidades óptimas de las diferentes etapas con el fin de obtener los costos mínimos.

El subdiseño del secadero, el cual es evidente en el análisis de componentes realizado a todos los sistemas, es considerado un problema crítico pues es una parte del proceso que no da espera y en la cual pueden verse comprometidos los ingresos del caficultor, pues muchos de los defectos que presenta el café pueden depender de la etapa de secado.

Para el sistema de beneficio ecológico secado mecánico (Sistema 4), no se presentó un modelo de economías de escala debido a que no fue significativo. Es probable que las características presentadas por las fincas del estudio en este sistema de beneficio, no permitieran identificar dichas economías. No puede afirmarse de manera definitiva que no existan economías de escala en el Sistema 4, pero para este estudio no fueron evidentes, como si lo fueron en los demás sistemas de beneficio de café. A pesar de que no se alcance una reducción de costos por incrementar alguna de las capacidades del proceso, este costo puede disminuirse enfocándose en las etapas que mayor elasticidad tiene sobre éste y realizando un análisis de cómo es posible disminuir el costo de estas etapas.

Es evidente la presencia de economías de escala en el proceso de beneficio para tres de los cuatro sistemas de beneficio planteados. El estudio hace una contribución con respecto al conocimiento no solo de dónde pueden presentarse estas economías, sino también de conocer las elasticidades parciales de los costos de cada uno de los subprocesos; este aporte podría ayudar a enfocar la atención en aquellas variables que presenten mayor elasticidad parcial dentro del mismo. El conocimiento de estas variables va a permitir que el caficultor centre sus análisis en las variables que más lo afectan para poder tomar decisiones que finalmente lo lleven a reducir costos de beneficio y por ende, a incrementar márgenes de ganancia.

AGRADECIMIENTOS

A Cenicafé y Colciencias por la financiación del trabajo “Determinación de economías de escala en el proceso de beneficio de café”. Al Servicio de Extensión de cada uno de los municipios que participaron en el estudio, personal del área de beneficio de Cenicafé, Disciplinas de Ingeniería Agrícola y Biometría.

LITERATURA CITADA

1. DUQUE O., H.; SILDARRIAGA S., F.; LOPEZ Q., J.J.; OLIVEROS T., C.E. Economía del secado del café: Un estudio de caso. *Avances Técnicos Cenicafé* No 286: 1-8. 2001.
2. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA–FNC. SANTA FE DE BOGOTA. COLOMBIA. Sistema de Información Cafetera, Encuesta Nacional Cafetera SICA. Santafé de Bogotá, FNC, 1997. 298 p.
3. MILLER, R.L.; MEINERS, F. R. *Microeconomía*. 3. ed. Bogotá, Mc Graw Hill Interamericana, 1988. FALTA PAGINACION
4. PUERTA Q., G.I. Beneficie Correctamente su Café y Conserve la Calidad de la Bebida. *Avances Técnicos Cenicafé* No 276: 1-8. 2000.
5. ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ALVAREZ G., J.; RAMIREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; DAVILA A., M.T.; ALVAREZ H., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRIGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná, Cenicafé, 1999. 273 p.