

Productividad marginal de la inversión en la investigación sobre café en la Estación Experimental Agrícola¹

Carmen I. Álamo² and Gladys González³

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue estimar la productividad marginal de lo que invierte la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico en la investigación en café. Se utilizó una serie cronológica de datos secundarios de 1970/71 a 1985/86. Se usó un análisis de regresión múltiple. La producción de café fue la variable dependiente; las variables independientes fueron; cuerdas³ cosechadas, fertilizantes, lluvia e inversión en investigación. Las variables fertilizantes y lluvia fueron rezagadas un año y la variable investigación once años. Se usaron tres tipos de ecuaciones para evaluar y analizar los datos: lineales, logarítmicas y semilogarítmicas. La ecuación logarítmica o Cobb-Douglas fue la de mayor significación estadística. Usando la ecuación logarítmica con tres variables independientes se obtuvo un estimado de la productividad marginal de la investigación de 1.71. Esto significa que en el período de tiempo estudiado por cada dólar adicional invertido en investigación se produjo un 1.71 quintal de café. La productividad marginal de la mano de obra fue de 6.96 y el de la lluvia de 1943.43. Los resultados se calcularon tomando como base la media geométrica.

ABSTRACT

Marginal productivity of expenditures in research on coffee by the Agricultural Experiment Station

The objective of this study was to estimate the marginal productivity in coffee research carried out by the University of Puerto Rico Agricultural Experiment Station. Time series data from 1970/71 to 1985/86 were used in the analysis. A multiple regression analysis was conducted with coffee production as the dependent variable and number of "cuerdas"⁴ harvested, fertilizer, labor, rainfall and research investment as the independent variables. Fertilizer and rainfall variables were lagged one year and research investment eleven years. Three types of equations were applied to the data: lineal, logarithmic and semi-logarithmic. Results showed that the logarithmic equation (Cobb-Douglas) was the most statistically significant. Using the logarithmic equation with three independent variables, we estimated the research investment marginal productivity at 1.71. This means that an investment of \$1.00 in research produces 1.71 cwt coffee. The labor marginal productivity was estimated at 6.69 and rainfall at 1943.43. The results were calculated on the basis of the geometric mean.

¹Sometido a la Junta Editorial el 30 de enero de 1990.

²Investigadora Ayudante en Economía Agrícola.

³Catedrática Asociada en Economía Agrícola.

⁴1 cuerda = .97 acre.

INTRODUCTION

La cosecha de café aportó al ingreso bruto agrícola de Puerto Rico \$52.0 millones en 1987-88, lo que equivale al 23% del ingreso de las cosechas y 7.6% del ingreso bruto agrícola total. La producción media de 1978-79 a 1987-88 fue de 287,000 quintales; se produce en la isla aproximadamente tres cuartas partes del café que se consume. El consumo medio per cápita de café en los últimos 10 años ha sido aproximadamente de 11.4 libras. La empresa de café genera el 25% del empleo agrícola total en la isla (4,5). La importancia socioeconómica de la empresa del café radica en varios factores: aprovecha las laderas de la región montañosa de pocos usos alternos en el centro de la isla; es una importante fuente de ingreso en la zona central y genera empleos donde existen altas tasas de desempleo.

La producción de café ha aumentando a lo largo de los años, específicamente la producción por cuerda. El número de cuerdas dedicadas a la cosecha ha disminuido en un 38.0% (51,000 cuerdas) a partir del 1950, pero se ha registrado un aumento en rendimiento de aproximadamente 270.0% (1.84 quintales por cuerda) en relación al promedio registrado de 1980 a 1985 que fue de 2.92 quintales (1,2,3). Aunque el rendimiento es relativamente bajo al compararlo con el rendimiento mundial (en consideración que en las estadísticas se incluyen fincas en semiabandono, abandono total y cuerdas con poca densidad de arbustos. No obstante, se han registrado en la isla rendimientos por cuerda que sobrepasan los 3 quintales y alcanzan cifras mayores de 16 (10). El aumento en rendimiento se ha logrado principalmente con la aplicación de nueva tecnología que se ha desarrollado a base de la investigación agrícola. La nueva tecnología incluye las fases de siembra, cultivo, cosecha y beneficiado del fruto (10).

Gran parte de los fondos asignados para la investigación agrícola en Puerto Rico se destinan a la Estación Experimental Agrícola del Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. Los fondos provienen de cuatro fuentes: fondos de los Estados Unidos (41.0%), fondos de Puerto Rico (44.7%), fondos de fideicomiso (8.7%) y donativos (5.6%) (6).

Los recursos asignados a la Estación Experimental no han aumentado a la par con las tasas inflacionarias de los últimos 10 años (1975-76 a 1985-86). En este período de tiempo los fondos aumentaron en 32%, mientras que el índice de precios del producto bruto aumentó aproximadamente 69%, lo que demuestra en términos reales una disminución severa de fondos en la E.E.A. (9). Además del efecto negativo de la inflación sobre los fondos de la E.E.A., en 1981-82 se registró una reducción directa de 10.0% en los fondos estatales asignados a investigación.

Como la agricultura es altamente arriesgada la investigación agrícola es mayormente una responsabilidad del sector público. Los resultados

son también un bien público, porque se distribuyen y usan colectivamente. La escasez de recursos para la investigación y el hecho de que la investigación agrícola es costada directamente por los contribuyentes, hace necesario evaluar la asignación de fondos de modo que puedan utilizarse eficientemente y la sociedad reciba los beneficios de la investigación.

Hay métodos para cuantificar la retribución de la investigación agrícola. Mediante esta metodología se podría determinar qué es eficiente o ineficiente dentro del sistema. Se hizo un estudio para estimar la retribución de los recursos asignados a la investigación en café en términos de la productividad marginal que ha generado esta investigación. La investigación se trató como un insumo dentro de la función de producción. La productividad se evaluó "ex post," esto es, que el análisis de retribución se efectuó después de asignar los fondos.

METODOLOGÍA

El estudio realizado usó una serie cronológica de datos desde el 1970-71 al 1985/86. Los datos utilizados incluyen toda la isla y son de tipo secundario. Se usaron datos del Anuario de Estadísticas Agrícolas del Departamento de Agricultura para las variables producción de café, mano de obra, fertilizante aplicado y lluvia en el puesto meteorológico Lares SE2.

Los datos de la inversión en investigación sobre café en la E.E.A. se obtuvieron de los archivos generales de la Estación Experimental (1959-60 a 1964-65) y de los informes anuales CSRS⁵ (1965-66 a 1985-86). No se incluyó en el modelo la fase de divulgación, ya que no se encontraron datos para todos los años analizados.

El modelo

La función de producción para la cosecha de café en Puerto Rico y el producto marginal (PM) de la investigación en la cosecha se estimó mediante un análisis de regresión. La forma general de la función estimada es la siguiente:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_5X_5 + e$$

de donde,

- Y: variable dependiente, producción total de café en quintales
- X₁: superficie en producción, medida en cuerdas
- X₂: cantidad total de fertilizante aplicado, medida en quintales
- X₃: mano de obra total utilizada en la cosecha, medida en hombres-año
- X₄: lluvia anual en la zona cafetalera, medida en pulgadas

⁵Cooperative State Research Service, USDA.

- X_5 : gastos totales en la investigación en café hecha por la E. E. A., medido en dólares
 B_0 : constante de la ecuación
 B 's: parámetros de la regresión asociados con las variaciones de las variables X
 e : error residual

Rezagos

Debido a consideraciones técnicas, agronómicas y estadísticas algunas variables del modelo se han rezagado. En el análisis económico, la dependencia de la variable Y con respecto a las variables explicatorias X suelen no ser instantáneas. Con frecuencia la variable dependiente responde a la variable explicatoria en un período de tiempo posterior.

Hay tres razones principales que explican este rezago: razones psicológicas, tecnológicas e institucionales. Las razones psicológicas están relacionadas con los cambios en hábitos y costumbres; las tecnológicas con el tiempo esperado para sustituir un insumo y las institucionales se presentan cuando los recursos están comprometidos por contratos o a la planificación futura que dificulta la adquisición de nueva tecnología. En la agricultura ocurren rezagos por factores fisiológicos y climatológicos.

Se encontraron varios rezagos en el modelo desarrollado en este estudio. Las variables fertilizante, lluvia e investigación fueron rezagadas. La variable fertilizante fue rezagada un año ($t-1$) ya que la producción de café responde a una aplicación previa de fertilizante. La variable lluvia también se rezagó un año ($t-1$), ya que es la lluvia recibida por el arbusto el año anterior a la cosecha la que afecta el crecimiento vegetativo y la producción.

La investigación fue rezagada 11 años ($t-11$), ya que hay rezagos en diferentes etapas del proceso investigativo. Hay rezagos entre el momento en que se asignan los fondos y la obtención de los resultados, entre la obtención de resultados y su divulgación y entre el momento de adopción de los resultados y su efecto en la producción. El rezago en la investigación se determinó a base de trabajos realizados en los Estados Unidos (7). En estos estudios se estimó que el rezago medio entre el gasto de la investigación y la obtención de resultados en la producción cubre un intervalo de 3.5 a 11 años. Dadas las condiciones agronómicas del café, se utilizó el límite superior (11 años) de este intervalo.

Se realizaron pruebas estadísticas sobre el modelo para determinar su significancia y velar que se cumplieran las condiciones del mejor estimador lineal no sesgado (MELI) (8).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La selección del modelo representativo de la función de producción: de café en la isla se efectuó tomando en consideración la capacidad predictiva del modelo, la significación de las variables y el cumplimiento de las

condiciones MELI. Los conocimientos económicos, agronómicos y la lógica también se tomaron en cuenta.

Se evaluaron diferentes tipos de función de la producción: lineal, semilogarítmica a la izquierda y logarítmica. Se seleccionó la función de producción logarítmica o Cobb-Douglas, ya que cumplió con las condiciones y requisitos previamente establecidos.

No se usó variable cuerdas cultivadas en el modelo, ya que se consideró que los datos disponibles no reflejaban los valores reales para el período de tiempo estudiado. Solo se registraron tres fluctuaciones en cuerdaje en un período de 16 años. La variable fertilizante aplicado a la cosecha no se incluyó, ya que se encontró una alta relación entre la investigación y la aplicación de fertilizante. Se puede explicar esta relación en términos de que la práctica de aplicación intensiva de fertilizante ha sido resultado de recomendaciones basadas en la investigación.

El modelo estimado fue el siguiente:

$$\text{Lg}Y_t = \text{Lg}B_0 + B_3\text{Lg}X3_t + B_4\text{Lg}X4_{t-1} + B_5X5_{t-11} + e$$

de donde,

- Y: producción de café en quintales por año
- X3: mano de obra en hombres-año
- X4: lluvia en pulgadas-año
- X5: gastos en investigación en dólares-año

El cuadro 1 presenta los coeficientes de regresión estimados (B), el producto marginal estimado (PM), el valor del producto marginal (VPM) y el costo marginal del insumo (CMI) derivados del modelo logarítmico. Los resultados se estimaron a base de la media geométrica.

Al analizar los resultados derivados de la función logarítmica en el tiempo estudiado se encontró que el PM de la mano de obra medida en hombres-año fue de 6.96. Esto significa que por cada hombre-año adicional se obtiene un aumento de 6.96 quintales de café.

El PM de las pulgadas de lluvia en el año anterior a la cosecha fue de 1943.43. Este resultado significa que cada pulgada de lluvia adicional provocará un aumento de 1943.43 quintales de café anuales.

CUADRO 1.—*Coeficientes de regresión estimados para el modelo logarítmico*

Variable	B	PM	VPM	CMI
Mano de obra X3	0.2304	6.96	\$ 1217.77	\$1140.00
Lluvia X4	0.6253	1943.43	\$340100.95	—
Investigación X5	0.3127	1.71	\$ 298.59	\$ 1.00

El PM de la inversión en la investigación fue de 1.71. Esto significa que por cada dólar adicional invertido en la investigación se produce 1.71 quintales de café.

Para determinar si se están utilizando las cantidades de insumo que producen la máxima ganancia se efectuó un análisis marginal. El valor del producto marginal (VPM) se evaluó para cada insumo en el punto de la media geométrica. El punto óptimo de aplicación de un insumo se produce cuando el valor del producto marginal es igual al costo marginal del insumo ($VPM = CMI$).

El VPM para la mano de obra fue de \$1217.77. Este valor representa un desequilibrio positivo con relación al punto medio ($VPM > CMI$), lo que indica que se deben añadir unidades adicionales del insumo para lograr la producción óptima. No se efectuó el análisis marginal para la precipitación, ya que no se pudo imputar costo a las pulgadas de lluvia recibidas.

El VPM de la inversión en investigación en café se estimó en \$298.59 y el costo de una unidad de inversión aplicada es de \$1.00. Se encontró un desequilibrio positivo en el punto óptimo de aplicación de insumo cuando $VPM > CMI$. Esto significa que se está usando menos insumo que el necesario para alcanzar una ganancia máxima.

El costo de la oportunidad, de la divulgación y del tiempo laboral que le toma al agricultor el adoptar nueva tecnología no se ha contabilizado en este estudio. A pesar de la posible sobreestimación de la productividad marginal se concluye en este estudio que la inversión que ha hecho la E.E.A. en la investigación en café ha tenido productividad positiva. Es necesario aplicar mayor cantidad de insumos en las variables mano de obra e investigación para maximizar la ganancia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Departamento de Agricultura, 1983. Facts and Figures on Puerto Rico's Agriculture. Oficina de Estadísticas Agrícolas, Santurce, Puerto Rico.
2. —, 1984. Consumo de Alimentos en Puerto Rico: Cosechas Oficina de Estadísticas Agrícolas en Puerto Rico, Santurce, Puerto Rico.
3. —, Ingreso Bruto Agrícola de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas, Santurce, Puerto Rico, 1984b.
4. —, 1986. Anuario de Estadísticas Agrícolas de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas, Santurce, Puerto Rico.
5. —, Ingreso Bruto Agrícola de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas, Santurce, Puerto Rico.
6. Estación Experimental Agrícola, 1988. Informe Anual, Colegio de Ciencias Agrícolas, Rec. Mayagüez, Univ. P. R.
7. Evenson, R., 1967. Evaluation to Agricultural Research Productivity: The Contribution of Agricultural Research to Production, *Farm Econ.* 49.
8. Gujarati, D., 1981. Econometría, Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, S. A.
9. Junta de Planificación, 1986. Informe Económico al Gobernador, Oficina del Gobernador, Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
10. Vicente-Chandler, J., F. Abruña y S. Silva, 1984. Experimentación y su Aplicación al Cultivo Intensivo de Café en Puerto Rico. *Esta. Exp. Agric.*, Univ. P. R. Bol. 273.