

evaluación económica de fertilizantes en papa

(estudio realizado en nueve fincas productoras de papa de la zona norte de Cartago)

GREGORIO SEGURA COTO *

RESUMEN

El estudio contempla información de 9 fincas, ubicadas en una zona relativamente homogénea en cuanto a altitud, condiciones climáticas y duración del ciclo del cultivo.

La información se analiza básicamente por medio de las técnicas de presupuesto parcial, curva de beneficios netos y análisis marginal de los mismos.

Los objetivos del mismo fueron cuantificar las inversiones en fertilizantes que realizan los productores de papa de la zona norte de Cartago, así como determinar el nivel de inversión en los mismos que proporcionan una mayor tasa de retorno.

INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum*) constituye actualmente un alimento importante en la dieta del costarricense. Ocupa el tercer lugar en la canasta familiar, después del arroz y los frijoles, con un consumo per cápita de 25 kilogramos por año (3).

En 1979 representó el 2,08% del valor bruto de la producción agrícola del país y las cifras preliminares para 1980 indican un 1,89%. Esto ubica a la papa en el octavo lugar entre los principales cultivos de Costa Rica (1).

Los costos de producción de la papa han ido en aumento a través de los años. Los fertilizantes ocupan un importante lugar en la estructura de costos de este producto.

Al respecto, Jackson y otros (7) señalan que en una encuesta efectuada en febrero de 1979, en la zona papera de Costa Rica (faldas del Volcán Irazú), se encontró que el productor aplica dosis de fertilizantes que oscilan entre 2000 y 4000

kg/ha. Estas cantidades de fertilizantes traducidas a colones, a los precios actuales, representan una inversión que fluctúa entre ₡ 21 280 y ₡ 42 560 por hectárea. Los mismos autores señalan que estas dosis son excesivas y tienden a bajar la productividad del cultivo y a elevar los costos del mismo.

Chaverri y Bornemiza (2) en un estudio que realizaron sobre la interacción fósforo—zinc en el cultivo de la papa, determinaron que el nivel óptimo económico del fósforo es de 480 kg/ha y sugieren reducirlo a la mitad.

Otro aspecto importante relacionado con el uso de fertilizantes en papa, es el manejo que los agricultores le dan al mismo. Jackson y otros (7) señalan que los productores hacen mal manejo de este insumo, refiriéndose al momento y forma de aplicarlo. El fósforo y el potasio deben de ponerse a la siembra al fondo del surco, en la zona de desarrollo de las raíces. Esta forma de aplicación es más eficaz porque contribuye a un desarrollo temprano del cultivo y a la tuberización. Además, los autores mencionados recomiendan una aplicación de nitrógeno a la aporca usando una fuente del elemento como la urea o el nitrato de amonio.

De acuerdo con lo anterior, si se logran determinar los niveles de inversión en fertilizantes que rindan el máximo retorno, se estaría contribuyendo directamente con el productor en un uso más eficiente de este insumo y en una mayor productividad económica del cultivo.

El problema de estudio es el siguiente: ¿Incurren los productores de papa de la zona norte de Cartago en pérdidas económicas debidas a las inversiones que realizan en fertilizantes?

Los objetivos que se plantea el trabajo son:

- Cuantificar las inversiones en fertilizantes que realizan los productores de papa de la zona norte de Cartago.
- Determinar el nivel de inversión en fertilizan-

* Funcionario del Centro de Gestión Agropecuaria del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

tes en papa que proporciona una mayor tasa marginal de retorno.

Variables

Nivel de inversión: corresponde a la cantidad de colones que cada agricultor gasta en fertilizantes para llevar a cabo la producción de papa.

Tasa marginal de retorno: es el beneficio neto marginal dividido entre el costo marginal, multiplicado por 100.

MATERIALES Y METODOS

Población

La población de estudio está constituida por 9 fincas productoras de papa de la Provincia de Cartago. Estas fincas participaron durante el período 1981 – 1983, en un proyecto de investigación y asistencia técnica en el campo económico, desarrollado por el Centro de Gestión Agropecuaria del Instituto Tecnológico de Costa Rica, el cual fue financiado parcialmente por el CONICIT. Las mismas se encuentran localizadas, según la hoja 3445 IV ISTARU, escala 1:50 000, entre las coordenadas $5^{\circ}48' \rightarrow 5^{\circ}55'$, y de la $2^{\circ}07' \rightarrow 2^{\circ}13'$.

El área geográfica donde se ubican las fincas presenta, en promedio, una precipitación y temperatura anual de 1 779,20 mm y 15,3°C respectivamente, manifestándose un máximo de 265,77 mm en octubre y un mínimo de 25,30 mm en marzo. En relación con la temperatura, el promedio anual máximo es de 20,8°C y el mínimo de 9,8°C (6).

El Manual Descriptivo del Mapa de Asociaciones de Subgrupos de Suelos de Costa Rica, clasifica los suelos de esta área como Inceptisoles (8).

En el cuadro No. 1 se presenta la ubicación de las fincas, de acuerdo con la División Territorial Administrativa, por distritos y cantones, así como la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra cada una, su superficie y el número de observaciones por finca.

El criterio de selección de las fincas en estudio obedeció a que las mismas se encuentran localizadas en un área relativamente homogénea en cuanto a altitud y condiciones climatológicas, así como la duración del ciclo del cultivo que es similar para todos.

CUADRO No. 1. Ubicación por distrito y cantón, altitud, número de observaciones y superficie de las fincas en estudio.

Finca número	Observaciones por finca*	Ubicación		Altitud (msnm)	Superficie (en Ha.)
		Distrito	Cantón		
1	1	Cot	Oreamuno	1660	2,29
2	4	Cipreses	Oreamuno	1700	31,47
3	1	Cipreses	Oreamuno	1740	0,78
4	1	Cot	Oreamuno	1780	14,00
5	2	Santa Rosa	Oreamuno	1980	9,50
6	2	Tierra Blanca	Cartago	2110	3,15
7	2	Potrero Cerrado	Oreamuno	2120	26,60
8	1	Potrero Cerrado	Oreamuno	2280	20,90
9	1	Potrero Cerrado	Oreamuno	2400	45,50

*Corresponde a uno o más papales cultivados por finca. En aquellas fincas que poseían más de una observación, se promediaron los datos y se tomó el promedio como la observación de esa finca.

Análisis de la información

Como se mencionó anteriormente, las fincas que conforman la población en estudio, habían participado en un proyecto de investigación y asistencia técnica en el campo económico, desarrollado por el Centro de Gestión Agropecuaria del Instituto Tecnológico de Costa Rica. La información que generó este proyecto, pasó al Banco de Datos del mencionado Centro, y fue precisamente de aquí de donde se extrajo la información sobre la que se fundamenta el presente estudio.

Para la recolección de los datos, el Centro de Gestión Agropecuaria, a través del autor, implantó Registros Agrícolas en las fincas participantes, por lo que se cuenta con información sistemática y detallada.

El análisis estadístico administrado a la información de estudio, responde a la técnica de presupuesto parcial, para determinar el nivel de inversión en fertilizantes que realizan los productores de papa, así como los beneficios netos; la curva de beneficios netos y el análisis marginal de los mismos, para establecer el nivel de inversión que genera una mayor tasa de retorno.

PRESUPUESTO PARCIAL

Para Frank (5), los presupuestos parciales se utilizan tanto para evaluar distintas posibilidades como para determinar los márgenes brutos de las actividades.

Los presupuestos parciales utilizan costos directos, entendiéndose por éstos, el costo que originará o modificará la decisión bajo estudio. Por su parte, un costo indirecto, es aquel que no afecta la decisión bajo análisis (5).

El análisis de presupuesto parcial de la información se efectuó de la siguiente forma: se enumeraron los niveles de fertilizantes como encabezados de columna. En la primera línea del presupuesto se anotaron los rendimientos asociados a cada tratamiento. El cálculo de los beneficios brutos se obtuvo multiplicando los rendimientos por el precio de venta. Este fue calculado con base en el precio promedio a que vendieron los productores.

Posteriormente, se calcularon los costos asociados a la aplicación del fertilizante, en este caso, el del fertilizante propiamente dicho y el de la mano de obra requerida en su aplicación.

El costo de campo del fertilizante fue estimado con base en el precio promedio de compra, por parte de los productores, más el costo por concepto de transporte. Este último se calculó a razón de ¢ 1,00 por kilogramo de elemento (nitrógeno, fósforo y potasio). Cuando se usó Nutrán se calculó el transporte a razón de ¢ 2,00 el kilogramo de nitrógeno.

El costo de campo de la mano de obra se obtuvo con base en el salario vigente a setiembre 1983 en la zona (17,50 la hora), más un 24% por concepto de transporte y cargas sociales.

La suma de los costos de campo de los insumos afectados, dio los costos variables totales. El costo de campo de un insumo es el precio de campo de ese insumo multiplicado por la cantidad del mismo. El precio de campo de un insumo es el valor total involucrado para traer una unidad extra de un insumo al campo.

LA CURVA DE BENEFICIO NETO

Esta es un instrumento muy útil para resumir los resultados de un presupuesto parcial de varias formas de producción. Muestra la relación entre los costos variables de cada forma y los beneficios

netos obtenidos, pudiéndose identificar fácilmente formas dominadas, es decir, aquellas que tienen otra forma con mayores beneficios netos y menores costos variables.

Se utilizó la información del presupuesto parcial, para trazar la curva de beneficios netos, eliminando las formas dominadas y trasladando al cuadro No. 5 las no dominadas.

ANÁLISIS MARGINAL DE BENEFICIOS NETOS

La cantidad producida de un artículo, cualquiera que éste sea, depende, o es una función, de las cantidades empleadas de insumos. Esta se puede describir por medio de una función de producción que relacione la producción física con los insumos.

Ferguson (4) define una función de producción "como una lista (o cuadro, o ecuación matemática) que indica la cantidad máxima de producto que se puede obtener con un conjunto de insumos determinado, dada la tecnología o el estado de artes existentes".

Lo anterior, introduce el concepto de marginalidad, entendiéndose por éste, la adición al producto total atribuible de una unidad de insumo variable, cuando el insumo fijo permanece constante (4).

El concepto de marginalidad también se aplica a los beneficios netos. Perrin y otros (9) lo definen como el incremento en el beneficio neto que se puede obtener por un incremento dado de la inversión.

El análisis marginal, tiene como propósito revelar la manera en que los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece.

El análisis marginal se efectuó de la siguiente forma: se listaron las opciones no dominadas a partir de la curva de beneficio neto de mayor a menor beneficio neto. Luego se calcularon los incrementos en el beneficio neto y en el costo variable. Obtenidos los incrementos marginales en beneficios netos y costos variables, se dividió el primero entre el segundo y se multiplicó por 100, para obtener la tasa marginal de retorno.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro No. 2 se presentan los niveles de

fertilizantes de cada observación y los rendimientos obtenidos por cada una. El rendimiento promedio por hectárea fue de 16 973 kilogramos como respuesta a una aplicación de 227 kilogramos de nitrógeno, 431 de fósforo y 152 de potasio; 810 kilogramos en total. Se observa que los rendimientos mayores se asocian a los niveles más altos de fertilizantes, presentándose rendimientos decrecientes entre la observación 3 y 4. Esto significa que, a medida que se incrementaron las cantidades de fertilizantes, la producción creció, alcanzó un máximo y luego decreció.

CUADRO No. 2. Rendimiento en papa por tratamiento con fertilizante para 9 observaciones.

Observación	Tratamiento (Kg/Ha)				Producción (Kg/ha)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total	
1	72	216	72	360	9 176
2	136	407	136	679	15 870
3	253	681	227	1 161	20 688
4	346	909	231	1 486	18 009
5	151	272	91	514	15 188
6	266	386	129	781	17 422
7	448	528	176	1 152	20 144
8	137	304	137	578	13 233
9	230	175	169	574	23 023
\bar{X}	227	431	152	810	16 973

El cuadro No. 3 corresponde al cálculo del costo total del nitrógeno por observación. Todas las fincas aplicaron el elemento a la siembra en una fórmula completa. Las fincas que proporcionaron las observaciones 3 a 7, adicionaron nitrógeno a la aporca utilizando como fuente el Nutrán.

En el cuadro No. 4 se presenta el presupuesto parcial para cada una de las observaciones. El máximo beneficio bruto se obtuvo lógicamente, del tratamiento que proporcionó los rendimientos más altos, encontrándose un rango que va desde ¢87 172 como el tratamiento que generó el beneficio bruto más bajo hasta ¢218 719 como el que dio el beneficio bruto más alto.

Al considerar los costos asociados a cada tratamiento, en este caso el de los fertilizantes y la mano de obra, se obtuvo el costo variable total de cada uno, presentándose un intervalo que va desde

¢9 766,95 como el tratamiento de menor costo, hasta ¢40 639,40 como el máximo costo variable total.

En la última línea del cuadro en mención, se presentan los beneficios netos de cada tratamiento. Estos son la diferencia entre los beneficios brutos y los costos variables.

CUADRO No. 3. Cálculo del costo de fertilización con nitrógeno.

Observación	N empleado (Kg/ha)		Costo total (en ¢)
	En fórmula completa*	En Nutrán*	
1	72		1 201,70
2	136		2 269,85
3	227	26	4 459,95
4	231	115	6 824,70
5	91	60	3 068,00
6	129	137	5 690,35
7	176	272	9 960,50
8	137		2 286,50
9	230		3 838,70

*Costo del kilogramo ¢16,69

**Costo del kilogramo ¢25,82

La información suministrada por el presupuesto parcial fue utilizada para determinar la curva de beneficio neto (figura No. 1).

Merece especial atención la observación número 9, pues se refiere a un caso especial. Las fórmulas de fertilizantes utilizadas por el agricultor difieren en formulación a las utilizadas por el resto de agricultores. En este caso el productor usó 714,29 kilogramos de la 18-10-6-2 y 160,71 de la 10-30-10 (s) a la siembra y 500 kilogramos de la 17-11-22 por hectárea a la aporca.

Este tratamiento fue el que generó el rendimiento mayor (23 023 kg) y el máximo beneficio neto, ocupando el segundo lugar entre los tratamientos de menor a mayor costo.

El resto de los agricultores utilizaron la fórmula 10-30-10 (s) aplicada a la siembra y en algunos casos se adicionó nutrán a la aporca. Todos aplicaron el fertilizante a la siembra junto a la semilla, ninguno lo hizo al fondo del surco.

Cabe destacar que todos los agricultores utilizaron la variedad Atzimba. Las siembras se efec-

tuaron durante el período comprendido entre setiembre de 1982 y agosto de 1983.

Lo anterior indica que las fórmulas que están utilizando la mayoría de los productores no son las más adecuadas, por lo que se debería investigar con fórmulas distintas a las tradicionales, especialmente aquellas con "bajo" contenido de fósforo, así como las que tengan en su composición magnesio.

Observando la Figura No. 1 y exceptuando el tratamiento número 9, se nota un aumento en el beneficio neto a medida que se incrementa la inversión en fertilizantes, hasta que alcanza un punto máximo y luego decrece. Parece evidente, viendo los puntos representados, que algunas de las opciones serían difícilmente escogidas por los agricultores. Por ejemplo, el tratamiento número 8, tiene un beneficio neto menor y costo mayor que el número 5, por lo que es dominado por éste. Lo mismo sucede entre los tratamientos número 6 y 4. El segundo es dominado por el primero. (Cuadro No. 4 – Figura No. 1).

incremento en la inversión fue de $\text{C} 4\,263,80$ proporcionando un incremento en el beneficio neto de $\text{C} 52\,851,20$, dando una tasa marginal de retorno de 1 240. Por lo tanto, este tratamiento (el número 5) es preferible a cualquier otro, pues fue el que generó una tasa de retorno a la inversión de capital mayor (ver cuadro No. 5).

No obstante los excelentes resultados que dio el tratamiento número 9, se dejó de lado del análisis marginal por ser un caso diferente al de la mayoría de los agricultores. Sin embargo, se observa claramente que tanto en este tratamiento como en el número 5, se usaron niveles de fósforo bajos, 175 kilogramos para el primero y 272 para el segundo, los cuales comparados con los niveles muy superiores de la mayoría de agricultores, implica una considerable reducción en costos.

Es claro que si a un agricultor se le recomienda usar los niveles de fertilizantes del tratamiento 5 ó 9, difícilmente obtendrá los mismos rendimientos, pues existe variabilidad en ellos. Varios factores contribuyen a la existencia de variabili-

CUADRO No. 4. Presupuesto parcial de aplicaciones de fertilizantes en papa en 9 fincas, de la zona Norte de Cartago (Por Hectárea)

	TRATAMIENTO DE FERTILIZANTES (N, P ₂ O ₅ , K ₂ O en Kg)								
	72	136	253	346	151	266	448	137	230
	216	407	681	909	272	386	528	304	175
	72	136	227	231	91	129	176	137	169
Beneficios									
Rendimiento promedio (Kg/ha)	9 176,00	15 870,00	20 688,00	18 009,00	15 188,00	17 422,00	20 144,00	13 233,00	23 023,00
Beneficio bruto (C9 50/Kg.)	87 172,00	150 765,00	196 536,00	171 086,00	144 286,00	165 509,00	191 368,00	125 714,00	218 719,00
Costos variables									
Costo de campo del fertilizante:									
– Nitrógeno*	1 201,70	2 269,85	4 459,95	6 824,70	3 068,00	5 690,35	9 960,50	2 286,50	3 838,70
– Fósforo (C31,67/Kg)	6 840,70	12 889,70	21 567,25	28 788,00	8 614,25	12 224,60	16 721,75	9 627,70	5 542,25
– Potasio (C19,13/Kg)	1 377,35	2 601,70	4 342,50	4 419,00	1 740,80	2 467,80	3 366,90	2 620,80	3 233,00
Costo de campo de la mano de obra:									
– Horas–hombre utilizadas	16	28	28	28	28	28	28	28	28
– Total mano de obra (C21,70/hora–hombre)	347,20	607,70	607,70	607,70	607,70	607,70	607,70	607,70	607,70
Total costos variables	9 766,95	18 368,95	30 977,40	40 639,40	14 030,75	20 990,45	30 656,85	15 142,70	13 221,65
Beneficio neto	77 404,05	132 396,05	165 558,60	130 446,60	130 255 25	144 518,55	160 711,15	110 571,30	205 497,35

*Valores tomados del Cuadro No. 3

El comportamiento de la curva de beneficios netos muestra que se pueden disminuir los costos considerablemente a partir del punto de beneficios netos máximos con poca reducción en los beneficios netos.

El análisis marginal de beneficios netos confirmó lo anterior. Un incremento en la inversión de $\text{C} 9\,986,95$ a partir del tratamiento número 6 generó un incremento de $\text{C} 21\,040,25$ en el beneficio neto y con él el punto de máximos beneficios netos. La tasa marginal de retorno a esta inversión fue de 211. Del tratamiento número 1 al 5 el

incremento en la inversión fue de $\text{C} 4\,263,80$ proporcionando un incremento en el beneficio neto de $\text{C} 52\,851,20$, dando una tasa marginal de retorno de 1 240. Por lo tanto, este tratamiento (el número 5) es preferible a cualquier otro, pues fue el que generó una tasa de retorno a la inversión de capital mayor (ver cuadro No. 5).

Los mejores rendimientos económicos los obtienen los productores cuando realizan inversiones en fertilizantes entre $\text{C} 12\,500$ y $\text{C} 15\,500$ por hectárea. En el cuadro No. 6 se presenta el desglose de las fórmulas, momento de aplicación y cantidades de fertilizantes que proporcionaron los mejo-

res rendimientos económicos. Se estableció un rango en las cantidades de fertilizantes en consideración a los factores de variabilidad apuntados arriba.

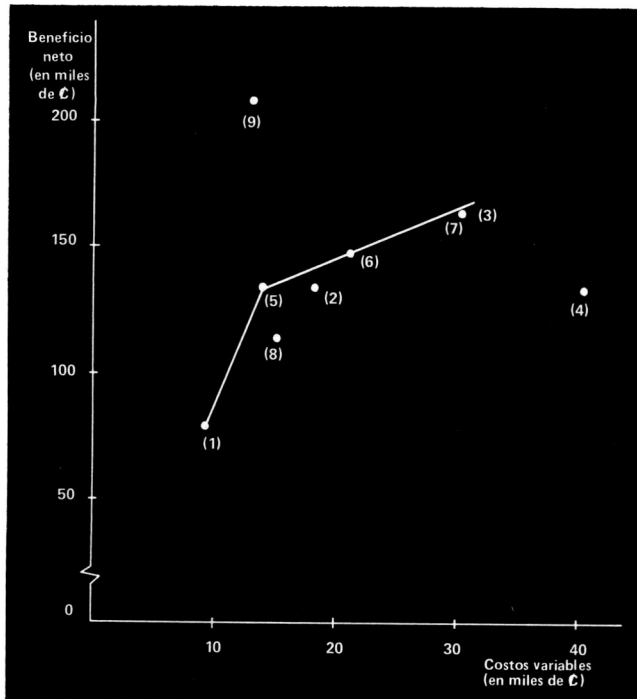


FIGURA No. 1. Curva de beneficios netos para tratamientos de fertilizantes. (Los números entre paréntesis representan el número de observación).

CONCLUSIONES

Se determinó que la mayor tasa de retorno a la inversión se logra con gastos en fertilizantes entre ₡12 500 y ₡15 500 por hectárea.

Comparando los niveles de inversión en fertilizantes realizados por cada finca con el nivel óptimo encontrado, se determinó que el 55,6% de las fincas realizaron gastos mayores al nivel óptimo, 11,1% inferiores y 33,3% se localizan en el nivel óptimo. Lo anterior implica que el 66,7% de las fincas analizadas incurrieron en pérdidas debidas a las inversiones que realizan en fertilizantes.

Todos los agricultores aplicaron el fósforo y el potasio a la siembra junto a la semilla y no al fondo del surco, en la zona de desarrollo de las raíces, la cual afecta negativamente los rendimientos.

LITERATURA CONSULTADA

1. Banco Central de Costa Rica. **Cifras sobre producción agropecuaria.** San José, 1980.
2. Chaverri, B.A. y Bornemiza, E. *Integración Fósforo-Zinc en el Cultivo de la Papa (Solanum tuberosum L.) en la Zona de Pacayas.* *Agronomía costarricense.* v. 1:83-92. 1977.
3. Christiansen, J. et al. **Programa Integral de Producción de Semilla de Papa 1982 - 1986.** Ministerio de Agricultura y Ganadería - Programa Regional Cooperativo de Papa. San José, 1982. 84 p.
4. Ferguson, C.E. **Teoría microeconómica.** 5ª reimpression, México: Fondo de Cultura Económica, 1977. 456 p.
5. Frank, R. **Introducción al cálculo de costos agropecuarios.** Buenos Aires: Editorial El Ateneo, 1980. 37 p.
6. Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. **Datos sobre precipitación y temperaturas.** Estaciones Tierra Blanca, Sanatorio Durán y Pacayas.
7. Jackson, M.T., Cartín, L.F. y Aguilar, J. *Uso y manejo de fertilizantes en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) en Costa Rica.* *Agronomía costarricense.* v 5:15-19. 1981.
8. Pérez, S. et al. **Manual descriptivo del mapa de asociaciones de sub-grupos de suelos de Costa Rica.** Escala 1:200 000. San José: Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria, 1979. 236 p.
9. Perrin, R., et al. **Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica.** México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 1979. 54 p.