



AVANCES TÉCNICOS

270

Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Diciembre de 1999

ÓPTIMOS ECONÓMICOS EN LA RESPUESTA DEL CAFÉ A LA FERTILIZACIÓN

Hernando Duque-Orrego*; Alfonso Mestre-Mestre**.

En el cultivo del café, la fertilización es una de las actividades más importantes si se buscan buenos rendimientos. De hecho, al fertilizar se suministran los nutrimentos que la planta requiere para producir mejores cosechas (5). Así, con fertilizaciones adecuadas se obtienen plantas vigorosas y sanas cuya producción se incrementa considerablemente, pues en ausencia de fertilizantes los cafetos producen poco, se “palotean” más rápido y son más sensibles a plagas y enfermedades (6).

Los estudios de Cenicafé relacionados con la respuesta del café a la fertilización en Colombia son extensos y completos. De hecho, es posible encontrar abundante literatura en este campo, la cual discurre a través de temas como la nutrición mineral del cafeto (17), las relaciones entre la presencia de enfermedades y la

fertilización (3), la fertilización foliar en almácigos (16, 7), épocas de aplicación de fertilizantes en cafetales renovados por zoca (14), encalado (20), comparación de formas de aplicación (12), uso de fuentes simples (18), respuesta del café bajo sombrero a la fertilización (9), interacciones entre manejo de cafetales y fertilización (13, 15), y otros tópicos.

La función de producción

La producción de los cultivos es el resultado de una serie de actividades que transforman los insumos en rendimiento. Por ello, una función de producción representa la cantidad de producto que podría obtenerse empleando diferentes dosis o cantidades de insumos, en este caso fertilizante. Las más utilizadas son las funciones polinomiales de segundo grado que describen una relación curvilínea entre la producción esperada y la cantidad de fertilizante aplicado (8). Esta relación implica que la producción del cultivo aumenta a una tasa marginal decreciente en la medida en que la dosis de fertilizante también aumenta hasta llegar a un punto máximo, luego del cual la producción decrece.

Respuesta del café a la fertilización

Para ilustrar este aspecto, se analizan resultados del

* Investigador Científico I, Economía. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Investigador Científico III, Fitotecnia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Proyecto C-6 de Cenicafé (2). En éste se evaluaron en 11 localidades de la zona cafetera distintas dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, con el fin de observar la respuesta en producción de café a la aplicación de estos nutrientes y a sus posibles interacciones, obteniendo las funciones de respuesta para cada localidad. Según las funciones obtenidas se seleccionaron dos de ellas para llevar a cabo los análisis que aquí se presentan. Éstas, corresponden a la subestación de experimentación Paraguaicito (11), donde se encontró respuesta a un nutriente y para la Hacienda Mesitas (10), donde se encontró respuesta del café a dos de ellos y a su interacción.

1. Subestación de Cenicafé, Paraguaicito

La respuesta del café fue significativa al nitrógeno, lo cual tipifica la relación factor:producto, que se analizó desde el punto de vista de economía de la producción. La función fue la siguiente:

$$Y = 4119,0594 + 16,1352N - 0,03424N^2$$

donde:

Y = Producción en kilogramos de café pergamino seco (cps) por hectárea año, promedio de cuatro cosechas.

N = Kg de nitrógeno, como N por hectárea/año

Los resultados obtenidos se ajustaron a una función polinomial cuadrática, que describió apropiadamente los resultados del experimento. Este resultado coincide con la mayoría de los resultados obtenidos en experimentos que estudian la respuesta de las plantas a la fertilización (1, 8). La representación gráfica aparece en la Figura 1.

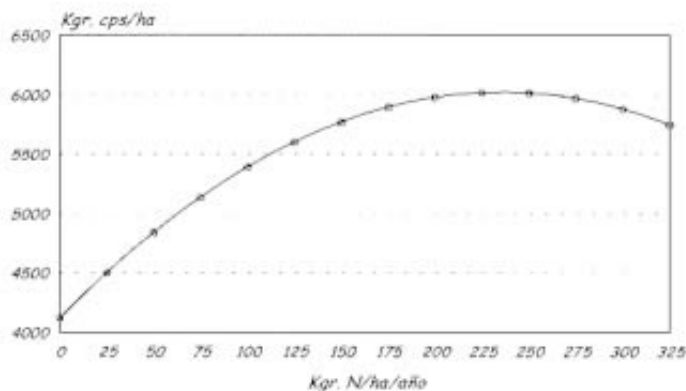


Figura 1. Respuesta del café al nitrógeno, en la Subestación de experimentación de Cenicafé Paraguaicito (Quindío).

1.1. Óptimo Biológico. Para estimar el óptimo biológico (llamado también físico), deben llevarse a cabo dos pasos; primero, es necesario conocer la dosis de nitrógeno que generará la máxima producción física y luego, calcular la producción obtenida con esa cantidad. Para ello se hace uso de las herramientas de la economía de la producción, cuyo procedimiento implica obtener la primer derivada de la función, la cual posteriormente se iguala a cero. De allí se despeja la variable independiente y se conoce la dosis de nitrógeno que conduce al máximo rendimiento de café.

$$\frac{\delta y}{\delta x} = 0$$

En este caso la dosis de nitrógeno encontrada fue:

$$N_{\text{óptimo físico}} = 235,61 \text{ kg}$$

Con esta dosis, se hace el reemplazo en la ecuación original, conociéndose la máxima producción de café, como respuesta al nutriente estudiado. Para este caso la producción correspondería a:

$$Y_{\text{óptimo biológico}} = 6019,94 \text{ Kg cps/ha} = 481,59 @ \text{ cps/ha}$$

1.2. Óptimo Económico. La tasa de aplicación de fertilizante óptima para un cultivo dado es aquella que produce el máximo retorno económico (4). Para obtener el óptimo económico se iguala la primer derivada de la función a la relación entre el precio del insumo y el valor del producto.

$$\frac{\delta Y}{\delta N} = \frac{P_N}{P_Y}$$

donde:

P_N = Precio por kilogramo de nitrógeno, como N.

P_Y = Precio por kilogramo de café

Se encontró para este caso que la dosis de nitrógeno que asegura el óptimo económico es la siguiente:

$$N_{\text{óptimo económico}} = 235,72 \text{ kg}$$

Para esta dosis la producción esperada sería:

$$Y_{\text{óptimo biológico}} = 6019,41 \text{ Kg cps/ha} = 481,55 @ \text{ cps/ha}$$

Esta producción es prácticamente igual a la que se obtendría con la dosis de nitrógeno encontrada para el óptimo biológico, lo cual se explica porque la

relación entre el precio del nitrógeno y el precio del café, da un valor muy bajo (0,266 a Pesos(\$)) de noviembre de 1999). Es decir, el valor de un kilogramo de café es muy alto comparado con el de un kilogramo de nitrógeno, razón por la cual los “óptimos biológico y económico” prácticamente coinciden.

2. Hacienda Mesitas

En esta localidad la respuesta del café fue significativa a dos nutrientes, nitrógeno y potasio, lo cual tipifica la relación factor:factor. De acuerdo con los resultados obtenidos, la ecuación que representa la función de producción es:

$$Y = 818.914 + 5,5706 N - 0,0204 N^2 + 7,6642 K - 0,0268 K^2 + 0,0223 N K$$

donde:

Y = Producción (Kg cps/ha-año, promedio de cuatro cosechas).

N = Kg de nitrógeno, como N por ha/año.

K = Kilogramos de potasio, como K₂O por ha/año.

La representación gráfica de la función tipifica una superficie de respuesta (Figura 2).

2.1. Óptimo Biológico. Para estimar el óptimo biológico de producción se consideran las dosis de nitrógeno y potasio que permiten obtener la máxima producción. En este caso, se estiman las derivadas parciales de la función de producción con respecto a cada nutriente:

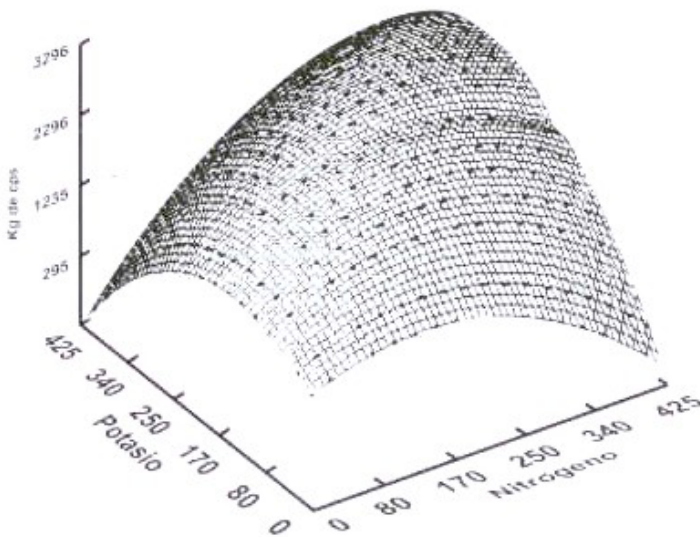


Figura 2. Respuesta del café al nitrógeno, potasio y a la interacción N*K, en la hacienda Mesitas.

Las derivadas parciales se igualan a cero y se estiman entonces las dosis de nitrógeno y potasio que maximizan la producción biológica, que corresponden a:

$$N_{\text{óptimo biológico}} = 277,45 \text{ kg} \quad K_{\text{óptimo biológico}} = 258,02 \text{ kg}$$

Estos valores se reemplazan en la ecuación inicial y se calcula la producción correspondiente a estas cantidades de fertilizante. La producción obtenida refleja el máximo volumen de producción (óptimo biológico).

$$Y_{\text{óptimo biológico}} = 2583,83 \text{ kg cps/ha} = 206,7 @ \text{ cps/ha}$$

2.2. Óptimo Económico ó Maximización de la ganancia. Para determinarlo, cuando se produce con dos insumos asumiendo los demás valores dados como fijos, debe estimarse la cantidad de los dos fertilizantes que debe aplicarse para hacer máxima la ganancia. Se obtiene entonces la derivada parcial respecto a cada nutriente y ésta se iguala a la relación de precios:

$$\frac{\delta Y}{\delta N} = 0 \quad \text{y} \quad \frac{\delta Y}{\delta K} = \frac{P_K}{P_Y}$$

donde:

P_N = Precio por kilogramo del nitrógeno como N.

P_K = Precio por kilogramo del potasio como K₂O.

Las dosis que maximizan las ganancias son de 278,7kg de N y 260,08kg de K, respectivamente.

Como puede observarse, son prácticamente las mismas que maximizan la producción biológica. De esta forma, al igual que en el caso de Paraguaicito, los óptimos biológico y económico coinciden.

Conclusiones

El modelo de respuesta al nitrógeno permitió establecer que los óptimos físico y económico coincidieron, situación que no se observa comúnmente en la agricultura, pero que en la producción de café, debido a que la relación entre el precio del insumo y el del producto es tan pequeña conduce a que los óptimos coincidan. Caso contrario ocurriría cuando el precio del insumo fuera superior. El modelo de respuesta al nitrógeno y al potasio permitió determinar lo mismo.

En ambos casos, se demuestra la efectiva respuesta económica del café a la fertilización, razón que

justifica plenamente que el agricultor al fertilizar busque alcanzar el óptimo biológico, pues para esa misma dosis alcanzará el óptimo económico. De esta manera, la aplicación de dosis de fertilizantes inferiores a las recomendadas no conducirá a optimizar económicamente los recursos y de hecho, el agricultor dejaría de generar ganancias, mientras que el empleo de dosis mayores le significará pérdidas

económicas, al no encontrarse respuestas en producción pero sí aumentos en los costos.

Finalmente, debe resaltarse que debido a la heterogeneidad en la fertilidad de los suelos de las diferentes regiones cafeteras, el análisis de suelos debe convertirse en herramienta básica y de uso periódico para optimizar el empleo de los fertilizantes en el cultivo del café.

LITERATURA CITADA

1. ABRANCHES, P. F. Análisis económico en experimentación agropecuaria. Botucatu, Universidad Estatal Paulista. Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas de Botucatu. Departamento de Economía Rural, 1976. 64 p. (Mimeografiado).
2. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, Cenicafé. Efecto del nitrógeno, el fósforo y el potasio, solos y combinados a diferentes niveles sobre la producción del café, Proyecto C-6. Disciplina de Fitotécnia. Chinchiná, Cenicafé, 1966. 4 p. (Mecanografiado).
3. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Cenicafé. Fertilización del café y su relación con la incidencia de la mancha de hierro. Avances Técnicos Cenicafé No. 13: 11-12. 1972.
4. COLWELL, J. D. Estimating fertilizer requirements (A quantitative approach). Wallingford, CAB International, 1994. 262 p.
5. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual del cafetero colombiano. 3. ed. Bogotá, FEDERACAFÉ, 1969. 398 p.
6. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual del cafetero colombiano. 4. ed. Bogotá, FEDERACAFÉ, 1979. 209 p.
7. GUZMÁN G., C.; RIAÑO H., N. Respuesta de las plantas de café en estado de almácigo a la fertilización foliar. Avances Técnicos Cenicafé No. 232: 1-4. 1996.
8. MARTÍNEZ R., A. La función de producción: análisis marginal. *In*: Curso sobre Análisis Estadístico y Económico sobre Uso de Fertilizantes. Cali, noviembre 4-21, 1986. Cali, CIAT, 1986. 9 p.
9. MESTRE M., A. Respuesta del café bajo sombra a la fertilización. Avance Técnico Cenicafé No. 231: 1-4. 1996.
10. MESTRE M., A. Proyecto C-6 Hacienda Mesitas. Disciplina de Fitotécnia Chinchiná, Cenicafé, 1970. (Mecanografiado).
11. MESTRE M., A. Proyecto C-6 Subestación Paraguaito. Disciplina de Fitotécnia. Chinchiná, Cenicafé, 1970. (Mecanografiado)
12. MESTRE M., A.; SALAZAR A., N. Comparación de cinco formas de aplicación del fertilizante en café. Avances Técnicos Cenicafé No. 153: 135-138. 1990.
13. MESTRE M., A.; SALAZAR A., N. La investigación agronómica del café en Colombia. *In*: Centro Nacional de Investigaciones de Café, 50 años, 1938-1988. Conferencias Conmemorativas. Chinchiná, Cenicafé, 1990. p. 65-69.
14. URIBE H., A.; SALAZAR A., N. Epoca de fertilización de las zocas de café. Avances Técnicos Cenicafé No. 117: 17-20. 1984.
15. VALENCIA A., G. Fertilización de los cafetales. Avances Técnicos Cenicafé No. 175: 209-214. 1992.
16. VALENCIA A., G. Fertilización foliar en almácigos de café. Avances Técnicos Cenicafé No. 49: 79-80. 1975.
17. VALENCIA A., G. Nutrición mineral del café. *In*: Centro Nacional de Investigaciones de Café, Tecnología del cultivo del café. Chinchiná, Comité Departamental de Cafeteros de Caldas - Cenicafé, 1987. p. 113-131.
18. VALENCIA A., G.; CARRILLO P., F. Interpretación de análisis de suelos para café. Avances Técnicos Cenicafé No. 115: 5-12. 1983.
19. VALENCIA A., G.; CARRILLO P., F. Uso de fertilizantes simples en cafetales. Avances Técnicos Cenicafé No. 149: 115-120. 1990.
20. VALENCIA A., G. Encalado del suelo en cafetales. Avances Técnicos Cenicafé No. 140: 77-80. 1988.

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Cenicafé
Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
cenicafe@cafedecolombia.com

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar
Diagramación: Gonzalo Gallego González