



MEZCLA DE FERTILIZANTES EN LA FINCA, UNA BUENA OPCIÓN PARA EL CAFICULTOR

Siavosh Sadeghian-Khalajabadi*; Eduardo Hernández-Guzmán**; Hernán González-Osorio*

El suelo es el principal reservorio de nutrientes minerales para las plantas; de allí las raíces extraen los elementos que las plantas necesitan para su crecimiento y producen una cosecha de acuerdo a las condiciones medioambientales predominantes. Cuando el contenido de estos nutrientes esenciales en el suelo no se encuentra en suficiente cantidad para suplir la demanda requerida por el cultivo, éstos deben suministrarse mediante la aplicación de fertilizantes.

En el ámbito general se entiende por fertilizante cualquier material, orgánico o inorgánico, de origen natural o sintético, que una vez aplicado al suelo suministra a las plantas uno o más de los nutrientes esenciales para su crecimiento (2).

Los fertilizantes difieren en su composición y "aprovechabilidad". Este último término hace referencia a la capacidad del fertilizante de suministrar el o los nutrientes a través del tiempo, y está relacionado con la solubilidad y la efectividad de la fuente empleada (4). Algunos fertilizantes como la urea son muy solubles en agua y por esta razón su aprovechamiento por las plantas ocurre en un tiempo relativamente corto, pero con un riesgo de pérdida del producto; en cambio otros fertilizantes como el óxido de magnesio, son de menor solubilidad, por tanto su aprovechamiento se da a mediano plazo, pero con menos pérdidas. En ocasiones puede ocurrir acumulación de algunos fertilizantes de baja solubilidad, por lo que se observan "costras" sobre la superficie, posiblemente debido a la deficiente calidad del material empleado (Figura 1).

* Investigador Científico II y Asistente de Investigación, respectivamente. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé.
**Investigador Científico I, hasta noviembre de 2003. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

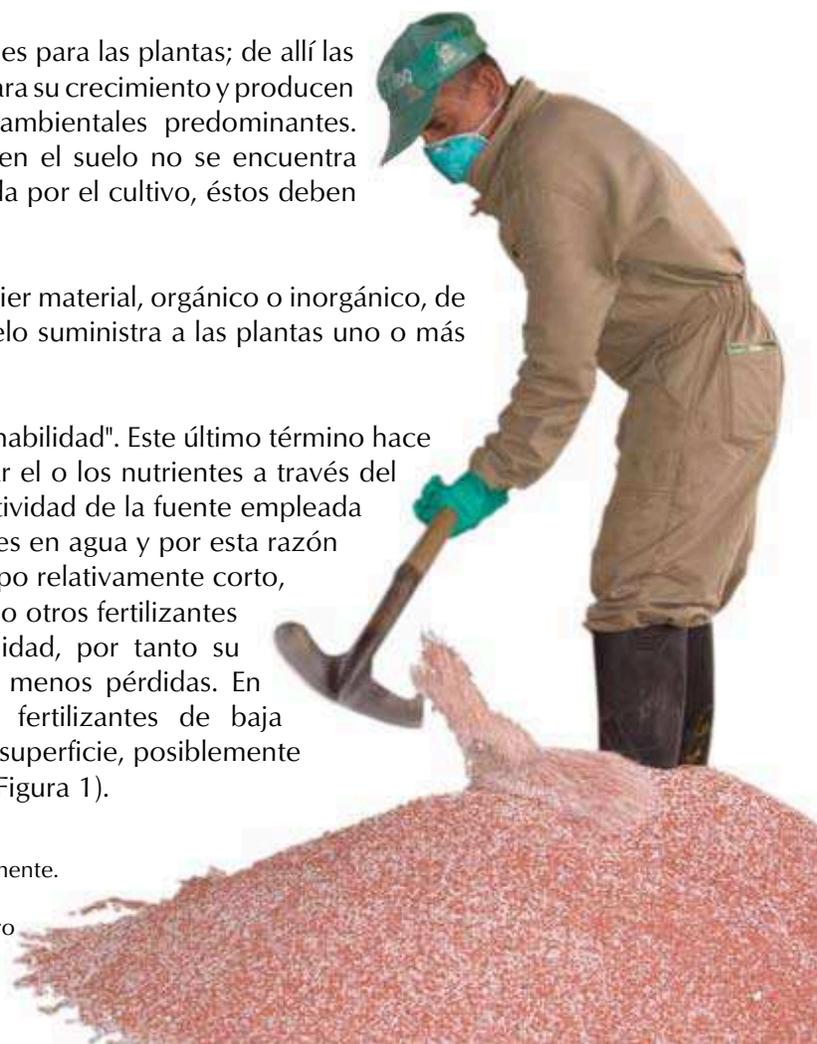




Figura 1. Costras formadas por el óxido de magnesio de baja calidad.

En relación con contenido nutricional de los fertilizantes, actualmente el nitrógeno se expresa en forma elemental (N), el fósforo como pentóxido (P_2O_5) y el potasio como óxido (K_2O); los macronutrientes secundarios, es decir calcio, magnesio y azufre, se expresan tanto en forma elemental (Ca, Mg y S) como en forma de óxidos (CaO , MgO y SO_4); mientras que los microelementos normalmente se expresan en su forma elemental (4, 6). De acuerdo con esto, el grado de un fertilizante hace alusión al contenido nutricional de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente (en porcentaje). Por ejemplo, el fertilizante 25-4-24 contiene 25% de N, 4% de P_2O_5 y 24% de K_2O . De la misma manera el grado de la urea es 46-0-0, el de cloruro de potasio (KCl) es 0-60-0 y el de fosfato diamónico (DAP) es 18-46-0. A veces un fertilizante puede contener 4, 5 ó más nutrientes, por ejemplo el 17-6-18-2 contiene 2% de MgO , y el 19-4-19-3-1,8 posee 3% de MgO y 1,8% de S.

Cuando un fertilizante contiene sólo uno de los elementos primarios esenciales, se denomina fertilizante simple; como por ejemplo la urea, el cloruro de potasio y el óxido de magnesio. Si el fertilizante contiene más de un nutriente esencial, como 15-15-15, 17-6-18-2, 25-4-24 y DAP, se considera un fertilizante compuesto. En este último caso, se distinguen dos tipos:

Fertilizantes complejos. Resultan de reacciones químicas de ingredientes o materias primas (4, 6). Su ventaja radica en que cada partícula tiene la misma composición química y por tanto, existe la garantía que todas las plantas reciban una proporción igual de nutrientes.

Fertilizantes de mezcla física. Se obtienen a partir de la mezcla física o mecánica de dos o más fertilizantes, y tienen como ventaja su menor costo relativo; sin embargo, deben tenerse en cuenta algunas consideraciones en su preparación y uso. Los materiales a emplear deben ser similares en su tamaño de partícula (granulometría) y densidad aparente (peso por unidad de volumen), pues de lo contrario las partículas tienden a separarse durante su manejo, transporte y almacenamiento, problema que se conoce como segregación (4).

La granulometría del DAP y el KCl es similar, y la de la urea es ligeramente inferior, por tanto, no presentan mayores problemas por su tamaño para mezclarse; mientras que con el óxido de magnesio, cuyas partículas son más finas y pesadas, no es posible hacer esta mezcla, debido a que éstas tienden a migrar hacia la parte inferior durante el proceso de mezcla, almacenamiento y aplicación. Adicionalmente, la mayoría de los fertilizantes solubles son sales, y se humedecen al entrar en contacto con el aire durante un tiempo relativamente corto, especialmente si éste tiene altos niveles de humedad; razón por la cual es necesario que las mezclas físicas se apliquen el mismo día de su preparación.

Planes de fertilización y fuentes empleadas

Al momento de definir los planes de fertilización de los cafetales es necesario conocer el estado de la fertilidad del suelo. Para ello se deben realizar análisis químicos y físicos, cuyos resultados, interpretados de manera correcta, sirven de guía para determinar la cantidad de cada nutriente en particular, y en ocasiones la aplicación de enmiendas (cales o materia orgánica) con el fin de corregir la acidez o remediar otro tipo de problemas (alta densidad aparente, retención de humedad, etc.). El empleo de los análisis de suelos, como herramienta en la toma de decisiones para la fertilización de los cafetales, trae beneficios económicos y ambientales que justifican su realización (5).

Es importante resaltar que es antieconómico realizar un análisis de suelos para luego aplicar nutrientes que no se requieren utilizando fertilizantes compuestos. Si se tienen en cuenta los cuidados necesarios para la preparación y el uso de los fertilizantes en mezcla física pueden producirse en la misma finca fertilizantes de diferentes grados, de acuerdo a las recomendaciones que se deriven de los análisis de suelos, y así obtener

resultados similares como cuando se utilizan fertilizantes complejos. En la Tabla 1 se presentan los diferentes grados de fertilizantes que se obtienen al mezclar urea, DAP y KCl; productos comúnmente empleados en la zona cafetera colombiana.

Pese a las ventajas comparativas que se derivan de la mezcla física de los fertilizantes, muchos caficultores prefieren utilizar aquellos de tipo complejo, bien sea por que no requieren mano de obra adicional para su mezcla, o porque creen que con éstos obtienen un mayor rendimiento.

Entre las pocas investigaciones sobre el tema en Colombia se puede mencionar la desarrollada por Angarita *et al.* (1), quienes evaluaron agrónomica y económicamente la eficiencia de la aplicación de los dos tipos de fertilizantes en el cultivo de papa. En este estudio demostraron que resulta económicamente más beneficioso el uso de fertilizantes simples en mezcla física frente a los compuestos. Para café, se cuenta con los resultados de un experimento desarrollado en tres localidades representativas de la zona cafetera, en el cual se determinó el efecto de la aplicación de algunos nutrientes sobre la producción y calidad de

Tabla 1. Relación de mezcla de los fertilizantes urea, DAP y KCl, y los grados o porcentajes de N, P (P₂O₅) y K (K₂O) obtenidos.

Urea	DAP	Grado	Urea	KCl	Grado	Urea	DAP	KCl	Grado	Urea	DAP	KCl	Grado
1	1	32 - 23 - 0	1	1	23 - 0 - 30	1	1	0	32 - 23 - 0	1	2	0	27 - 31 - 0
2	1	37 - 15 - 0	2	1	31 - 0 - 20	2	1	0	37 - 15 - 0	2	2	0	32 - 23 - 0
3	1	39 - 12 - 0	3	1	35 - 0 - 15	3	1	0	39 - 12 - 0	3	2	0	35 - 18 - 0
4	1	40 - 9 - 0	4	1	37 - 0 - 12	4	1	0	40 - 9 - 0	4	2	0	37 - 15 - 0
5	1	41 - 8 - 0	5	1	38 - 0 - 10	5	1	0	41 - 8 - 0	5	2	0	38 - 13 - 0
6	1	42 - 7 - 0	6	1	39 - 0 - 9	6	1	0	42 - 7 - 0	6	2	0	39 - 12 - 0
1	2	27 - 31 - 0	1	2	15 - 0 - 40	1	1	1	21 - 15 - 20	1	2	1	21 - 23 - 15
2	2	32 - 23 - 0	2	2	23 - 0 - 30	2	1	1	28 - 12 - 15	2	2	1	26 - 18 - 12
3	2	35 - 18 - 0	3	2	28 - 0 - 24	3	1	1	31 - 9 - 12	3	2	1	29 - 15 - 10
4	2	37 - 15 - 0	4	2	31 - 0 - 20	4	1	1	34 - 8 - 10	4	2	1	31 - 13 - 9
5	2	38 - 13 - 0	5	2	33 - 0 - 17	5	1	1	35 - 7 - 9	5	2	1	33 - 12 - 8
6	2	39 - 12 - 0	6	2	35 - 0 - 15	6	1	1	37 - 6 - 8	6	2	1	35 - 10 - 7
1	3	25 - 35 - 0	1	3	12 - 0 - 45	1	1	2	16 - 12 - 30	1	2	2	16 - 18 - 24
2	3	29 - 28 - 0	2	3	18 - 0 - 36	2	1	2	22 - 9 - 24	2	2	2	21 - 15 - 20
3	3	32 - 23 - 0	3	3	23 - 0 - 30	3	1	2	26 - 8 - 20	3	2	2	25 - 13 - 17
4	3	34 - 20 - 0	4	3	26 - 0 - 26	4	1	2	29 - 7 - 17	4	2	2	28 - 12 - 15
5	3	36 - 17 - 0	5	3	29 - 0 - 23	5	1	2	31 - 6 - 15	5	2	2	30 - 10 - 13
6	3	37 - 15 - 0	6	3	31 - 0 - 20	6	1	2	33 - 5 - 13	6	2	2	31 - 9 - 12
1	4	24 - 37 - 0	1	4	9 - 0 - 48	1	1	3	13 - 9 - 36	1	2	3	14 - 15 - 30
2	4	27 - 31 - 0	2	4	15 - 0 - 40	2	1	3	18 - 8 - 30	2	2	3	18 - 13 - 26
3	4	30 - 26 - 0	3	4	20 - 0 - 34	3	1	3	22 - 7 - 26	3	2	3	22 - 12 - 23
4	4	32 - 23 - 0	4	4	23 - 0 - 30	4	1	3	25 - 6 - 23	4	2	3	24 - 10 - 20
5	4	34 - 20 - 0	5	4	26 - 0 - 27	5	1	3	28 - 5 - 20	5	2	3	27 - 9 - 18
6	4	35 - 18 - 0	6	4	28 - 0 - 24	6	1	3	29 - 5 - 18	6	2	3	28 - 8 - 16
1	5	23 - 38 - 0	1	5	8 - 0 - 50	1	1	4	11 - 8 - 40	1	2	4	12 - 13 - 34
2	5	26 - 33 - 0	2	5	13 - 0 - 43	2	1	4	16 - 7 - 34	2	2	4	16 - 12 - 30
3	5	29 - 29 - 0	3	5	17 - 0 - 38	3	1	4	20 - 6 - 30	3	2	4	19 - 10 - 27
4	5	30 - 26 - 0	4	5	20 - 0 - 33	4	1	4	22 - 5 - 27	4	2	4	22 - 9 - 24
5	5	32 - 23 - 0	5	5	23 - 0 - 30	5	1	4	25 - 5 - 24	5	2	4	24 - 8 - 22
6	5	33 - 21 - 0	6	5	25 - 0 - 27	6	1	4	27 - 4 - 22	6	2	4	26 - 8 - 20
1	6	22 - 39 - 0	1	6	7 - 0 - 51	1	1	5	9 - 7 - 43	1	2	5	10 - 12 - 38
2	6	25 - 35 - 0	2	6	12 - 0 - 45	2	1	5	14 - 6 - 38	2	2	5	14 - 10 - 33
3	6	27 - 31 - 0	3	6	15 - 0 - 40	3	1	5	17 - 5 - 33	3	2	5	17 - 9 - 30
4	6	29 - 28 - 0	4	6	18 - 0 - 36	4	1	5	20 - 5 - 30	4	2	5	20 - 8 - 27
5	6	31 - 25 - 0	5	6	21 - 0 - 33	5	1	5	23 - 4 - 27	5	2	5	22 - 8 - 25
6	6	32 - 23 - 0	6	6	23 - 0 - 30	6	1	5	25 - 4 - 25	6	2	5	24 - 7 - 23

Nota: algunas relaciones se repiten o son equivalentes.

café. Con el propósito de comparar el efecto de los fertilizantes complejos y en mezcla física, a continuación

se presentan los resultados obtenidos con dos de los tratamientos evaluados en el experimento en mención.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se llevó a cabo en la Estación Central Naranjal y en las Subestaciones La Catalina y Santander, entre los años 2000 y 2004. En la Tabla 2 se describen los aspectos relacionados con la ubicación y el clima de las localidades, y en la Tabla 3 las propiedades de los suelos.

Establecimiento de los cafetales. Las plantaciones se establecieron en el año 2000 con la variedad Colombia, a una densidad de siembra de 10.000 plantas por hectárea.

Tratamientos. En el año 2002 se inició la aplicación de los tratamientos; uno a base de fertilizantes en mezcla física y otro, un complejo granulado de grado 17-6-18-2 (Tabla 4). En los dos tratamientos se evaluó la

respuesta en producción y el factor de rendimiento en trilla al suministro de nutrientes en cantidades similares a 240 kg/ha/año de nitrógeno (N) y de potasio (K₂O), 90 kg/ha/año de fósforo (P₂O₅) y 30 kg/ha/año de magnesio (MgO).

Las fuentes utilizadas para la mezcla física fueron urea, DAP y KCl; mientras que el magnesio se suministró como óxido (88% de MgO) y, por su incompatibilidad física (segregación) se aplicó aparte, sin mezclar con los otros. Nótese en la Tabla 4 que a pesar de suministrar una cantidad similar de nutrientes, el total de fertilizantes en mezcla física (1.079 kg) fue 321 kg menor que el de fertilizante complejo (1.400 kg); lo anterior debido a la mayor concentración de elementos nutricionales.

Tabla 2. Ubicación y clima de las localidades.

Estación experimental	Departamento	Municipio	Altitud	Temperatura	Lluvia	Brillo solar
			(m)	(°C)	(mm/año)	(h/año)
E.C. Naranjal	Caldas	Chinchiná	1.381	20,8	2.656	1.817
S.E. Santander	Santander	Floridablanca	1.539	19,6	1.399	1.345
S.E. La Catalina	Risaralda	Pereira	1.321	21,6	2.062	1.665

Tabla 3. Propiedades químicas de los suelos de las localidades.

Estación Experimental	PH	MO	S	P	K	Ca	Mg	Al
		%	-- (mg/kg) --	----- (cmol/kg) -----				
E.C. Naranjal	4,8	12	12	6	0,16	0,5	0,2	1,2
S.E. Santander	5,1	8	10	10	0,27	2,8	0,5	0,5
S.E. La Catalina	4,8	12	6	10	0,29	1,7	0,3	1,5

E.C.: Estación Central; S.E.: Subestación Experimental

Tabla 4. Cantidad de nutrientes y fertilizantes aplicados por tratamiento.

Tratamientos	Nutriente suministrado (kg/ha/año)				Fertilizante aplicado (kg/ha/año)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Urea	DAP	KCl	Óxido de Mg	17-6-18-2
Fertilizantes en mezcla física	240	90	240	30	445	200	400	34	0
Complejo granulado	238	84	252	28	0	0	0	0	1.400

Los fertilizantes se fraccionaron en dos aplicaciones semestrales (marzo - abril y septiembre - octubre). El

diseño experimental consistió en bloques completos al azar con cinco repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos sobre la producción de café. En la Figura 2 se observan los resultados de la producción de café cereza (c.c.) de cada tratamiento, en las tres localidades evaluadas a través del tiempo. Las variaciones de la producción en las tres localidades están relacionadas con las condiciones agroclimáticas predominantes durante los años de evaluación.

La respuesta en producción al aplicar los fertilizantes en mezcla física fue estadísticamente igual a la registrada con el complejo granulado, en todas las localidades y para los cuatro ciclos productivos.

Lo anterior deja manifiesto que con la utilización de los fertilizantes en mezcla física sí es posible lograr producciones similares a las que se obtienen con los fertilizantes complejos, siempre y cuando se apliquen los nutrientes que la plantación requiere en óptimas cantidades.

Al comparar los promedios de la producción en cada una de las tres localidades, tampoco se registraron diferencias estadísticas (Tabla 5). Así mismo, cabe anotar que la producción obtenida fue independiente del tipo de fertilizante empleado, pues el comportamiento fue el mismo para la Subestación La Catalina, en donde se obtuvieron los registros más altos.

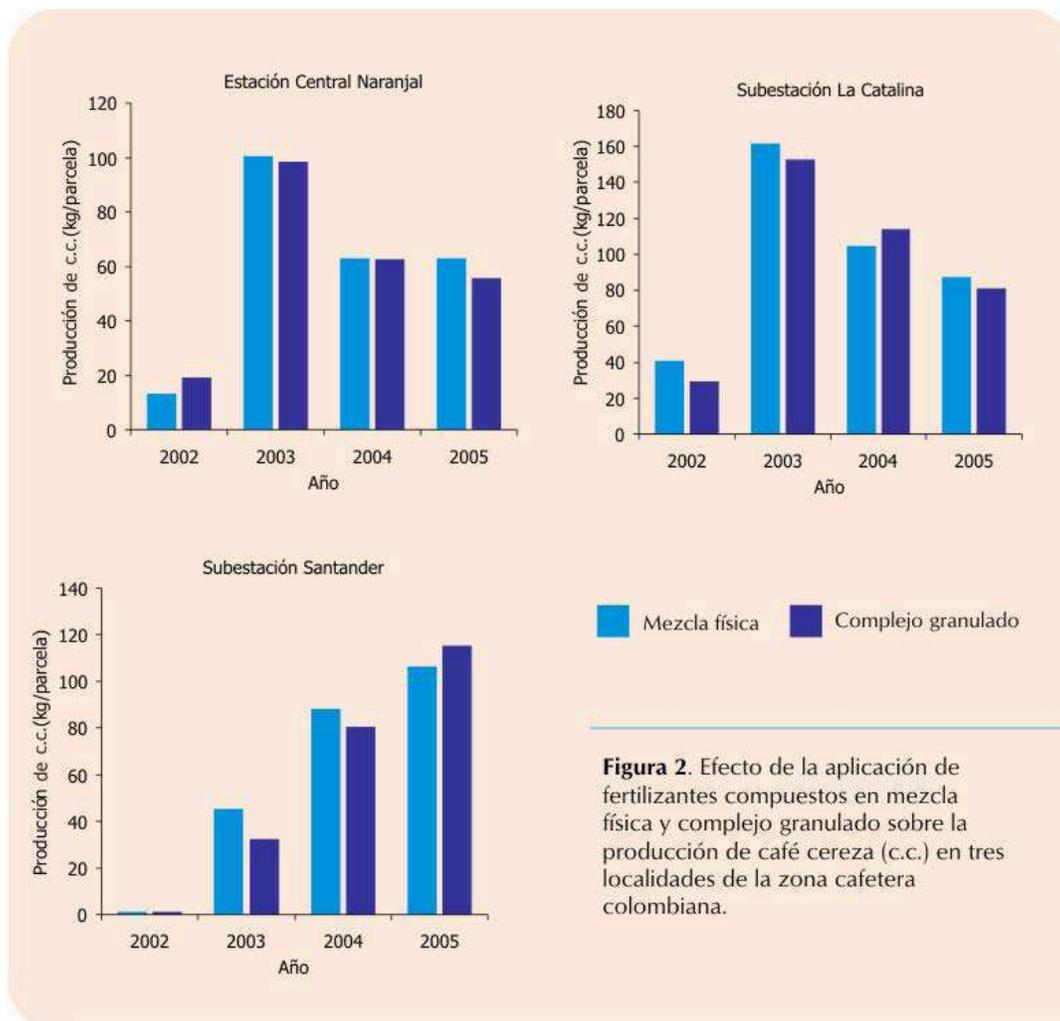


Figura 2. Efecto de la aplicación de fertilizantes compuestos en mezcla física y complejo granulado sobre la producción de café cereza (c.c.) en tres localidades de la zona cafetera colombiana.

Tabla 5. Promedios de producción obtenidos con la aplicación de fertilizantes complejos y en mezcla física en la Estación Central Naranjal y en las Subestaciones La Catalina y Santander, durante los años 2002 al 2005.

Localidad	Promedios de producción de café cereza de cuatro años (kg/parcela)	
	Fertilizantes en mezcla física	Complejo granulado
Estación Central Naranjal	60	59
Subestación La Catalina	99	94
Subestación Santander	60	54
Promedio	73	69

Consideraciones económicas. En la Tabla 6 se presentan los costos correspondientes a los fertilizantes y la mano de obra para los dos tratamientos. El costo del fertilizante complejo requerido por año para una hectárea es superior en \$ 386.616 al de los fertilizantes en mezcla física, cifra que en la actualidad equivale al precio de nueve arrobas de café pergamino seco. En cuanto a la mano de obra se refiere, en la mezcla de los fertilizantes y en la aplicación del óxido de magnesio se requieren cuatro jornales adicionales, equivalentes a \$ 80.000. Una vez descontado este valor de la diferencia del costo de los fertilizantes, el ahorro total por hectárea se ve representado en \$ 306.616, cifra que equivale a un 28% de reducción en los costos de fertilización al emplear las mezclas.

Adicionalmente, existen otros ahorros que no están incluidos en el anterior análisis, los cuales se relacionan con los menores costos en que se incurre para el

Tabla 6. Costo de fertilizantes y mano de obra para los dos tipos de fertilizantes.

Fertilizantes en mezcla física		
Fertilizantes	Cantidad aplicada (kg/ha/año)	Costo (\$/ha)
Urea	445	368.460
DAP	200	196.800
KCl	400	288.000
Óxido de Mg	34	36.924
Total	1.079	890.184
Mano de obra		
	Cantidad aplicada (kg/ha/año)	
Mezcla de fertilizantes	1	20.000
Aplicación del fertilizante	9	180.000
Total	10	200.000
Total fertilizantes y mano de obra		1.090.184
Complejo granulado		
Fertilizante	Cantidad aplicada (kg/ha/año)	Costo (\$/ha)
17-6-18-2	1.400	1.276.800
Mano de obra		
	Cantidad aplicada (jornal/ha/año)	Costo (\$/día)
Aplicación del fertilizante	6	120.000
Total fertilizantes y mano de obra		1.396.800
Ahorro (\$/ha/año)*		306.616

Precios a diciembre de 2006.

Ahorro obtenido por la aplicación de fertilizantes en mezcla

transporte de los fertilizantes simples desde el sitio de compra hasta la finca, y de allí al lote, y la posterior aplicación de éstos (3). En este sentido, la diferencia en la cantidad de abono está representada en seis bultos por hectárea.

Efecto de los tratamientos sobre el Factor de Rendimiento en Trilla – F.R.T.

El F.R.T. es una medida importante de la calidad del grano que se registra al momento de la venta en la Cooperativa, y hace referencia a la cantidad de café pergamino seco (c.p.s.) que se requiere para obtener un saco de 70 kilos de café almendra tipo Federación. Actualmente, el límite superior para que un café sea considerado de buena calidad y para que reciba una bonificación de tipo económico, es de 92,8.

En este estudio los valores registrados estuvieron dentro del límite permisible en los tres sitios, y no hubo diferencias entre los tratamientos (Figura 3). En

promedio el F.R.T. en las tres localidades para la mezcla física fue de 90,9 frente a 90,8 para el fertilizante complejo.

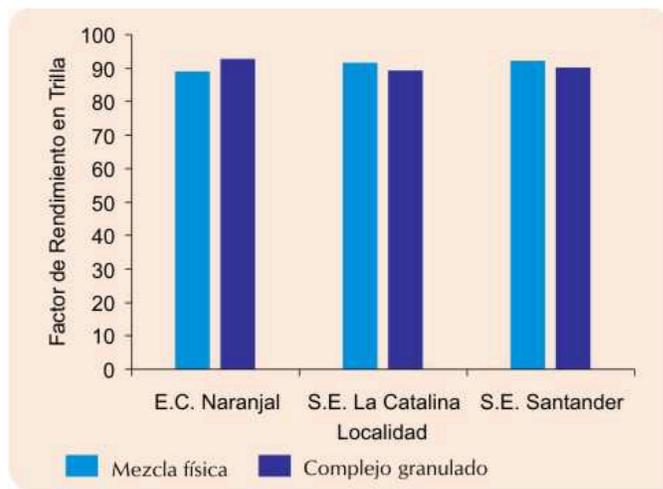


Figura 3. Efecto de la aplicación de fertilizantes compuestos en mezcla física y complejo granulado sobre el F.R.T. en tres localidades de la zona cafetera colombiana.

Cómo preparar una buena mezcla física de fertilizantes en la finca

A continuación se describe el procedimiento que se debe seguir para obtener una mezcla adecuada de fertilizantes:

- Seleccione un área de superficie plana y revestida con cemento, cercana al sitio de almacenamiento de los fertilizantes (por ejemplo, el patio de la finca o una bodega)(a).
- Limpie y seque aproximadamente 4 metros cuadrados de esta área (a).
- Coloque en el centro de la superficie uno de los fertilizantes y, con la ayuda de una pala o palín limpio y seco, extiéndalo hasta obtener una capa homogénea y delgada (aproximadamente de cinco a diez centímetros de grosor)(b).
- Con la pala desagregue los terrones formados por el fertilizante.
- Posteriormente, coloque un segundo fertilizante sobre la primera capa y extiéndalo como el anterior. Realice el procedimiento con la tercera y la cuarta fuente de fertilizante, de acuerdo con el plan de mezcla (c).



- Vuelva a agregar el primer fertilizante sobre la última capa, luego el segundo, y así sucesivamente.

- Empleando la pala o el palín, y desde un borde del área de trabajo, pase los fertilizantes de un lado a otro, formando un montículo. Repita este procedimiento en el sentido contrario, hasta obtener una mezcla uniforme (d).

- Llene los empaques vacíos de los fertilizantes con la mezcla obtenida, ciérrelos para evitar que entren en contacto con la humedad del ambiente y proceda a transportarlos hasta el lote para su aplicación. En el caso de demora en la aplicación o si resulta un excedente, guarde la mezcla obtenida en empaques cerrados para evitar que se humedezca (e).



LITERATURA CITADA

1. ANGARITA P., Y.; MORENO A., J.; CASTRO F., H.E. Evaluación agronómica de la fertilización simple y compuesta en la papa industrial. Suelos distrito de riego "Alto Chicamocha". Boyacá, Colombia. Suelos Ecuatoriales 32(1):29-35. 2002.
2. BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils. 12 ed. New Jersey, Prentice Hall, 1999. 881 p.
3. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Los fertilizantes simples, una alternativa técnica y económica para cafetales en producción. Bogotá, FNC, 1988. 10 p.
4. GUERRERO R., R. Propiedades generales de los fertilizantes: Manual técnico. 4. ed. Bogotá, Monómeros Colombo Venezolanos, 2004. 46 p.
5. SADEGHIAN KH., S.; DUQUE O., H. Análisis de suelos: importancia e implicaciones económicas en el cultivo del café. Avances Técnicos Cenicafé No. 308:1-8. 2003.
6. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION - UNIDO. VIENA. AUSTRIA. Fertilizer manual. Dordrecht, Kluwer-UNIDO-IFDC, 1998. 615 p.

Amigo caficultor

Realice oportunamente los análisis de suelos en los lotes de su finca, con el fin de hacer una fertilización adecuada y con beneficios económicos. Tenga en cuenta que al utilizar fertilizantes simples mezclados en la finca se obtienen resultados similares en producción y calidad del grano, como cuando se emplean fertilizantes compuestos.

Edición: Sandra Milena Marín López
Fotografía: Gonzalo Hoyos S.
Diagramación: María del Rosario Rodríguez L.
Impresión: Feriva S.A.

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

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