

# RESPUESTA DEL MAÍZ A LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN LA ZONA CAFETERA CENTRAL DE COLOMBIA

Argemiro M. Moreno-Berrocal\*; Luis A. Narro-León\*\*; Henry Vanegas-Angarita\*\*\*; Carlos E. Molina-Gómez\*\*\*; José G. Ospina-Rojas\*\*; Mauricio Agudelo\*\*\*\*

---

## RESUMEN

**MORENO B., A.M.; NARRO L., L.A.; VANEGAS A., H.; MOLINA G., C.E.; OSPINA R. J.G.; AGUDELO, M. Respuesta del maíz a la fertilización química en la zona cafetera central de Colombia. Cenicafé 59(1):75-80.2008**

En la zona cafetera colombiana, el área sembrada en maíz pasó de 7.500 ha en el 2002 a 50.000 ha en el 2006, donde se produce maíz de buena calidad, tanto por la fertilidad de los suelos como por el rango estrecho entre la temperatura diurna y la nocturna. Al tecnificar la siembra del maíz con materiales mejorados, híbridos o variedades, fue necesario experimentar en el ajuste tecnológico y en particular, la nutrición química. Para tal fin se estudió la respuesta de una variedad y de un híbrido a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. El experimento se instaló en tres localidades, durante dos semestres seguidos, para evaluar diez tratamientos aplicando la técnica de fondos fijos, de tal manera que cuando variaba el nivel de alguno de estos elementos los otros dos se mantuvieron a una dosis constante, incluido el testigo absoluto. Los resultados permitieron ajustar el plan de fertilización para la siembra de las variedades ICA V-305 e ICA V-354, al demostrarse la necesidad de aumentar las dosis de nitrógeno y de fósforo a 100 kg.ha<sup>-1</sup>. No hubo diferencias de las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, S y cenizas en el grano, entre la variedad y el híbrido. Por lo tanto, para un plan de fertilización cuando se siembra un híbrido es necesario considerar el ajuste correspondiente en función de su potencial de rendimiento.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., nitrógeno, fósforo, potasio, híbridos, variedades.

---

## ABSTRACT

In the Colombian coffee zone the area sown with maize switched from 7,500 ha in 2002 to 50,000 ha in 2006. That maize displays high quality due to soil fertility and to the little difference in day and night temperatures. When maize growing was technified with improved materials, hybrids or varieties, it was necessary to experiment with the technological adjustment and particularly with chemical nutrition. In order to reach such goals, the response of a variety and of a hybrid to fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium was studied. The experiment was installed in three localities for two semesters in a row in order to assess ten treatments applying the constant bottoms technique, thus, when the level of any of these elements varied, the other two kept a constant dose, including the absolute control. The results permitted to adjust the fertilization plan for the sowing of the varieties ICA V-305 and ICA V-354, when the need for increasing the nitrogen and phosphorus doses up to 100 kg.ha<sup>-1</sup> was demonstrated. There were not differences among the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S and ashes in the grain between the variety and the hybrid. Therefore, it is necessary to consider the corresponding adjustment in function of its performance potential.

**Keywords:** *Zea mays* L., nitrogen, phosphorus, potassium, hybrids, varieties.

---

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

\*\* Líder Programa de Maíz del CIMMYT para Suramérica.

\*\*\* Coordinador Regional Valle del Cauca, Coordinador Regional Tolima y Coordinador Regional Antioquia, respectivamente, Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, Fenalce.

\*\*\*\* Asesor de Productividad, Cosmoagro S. A., Palmira, Valle del Cauca.

El precio interno del café depende de la oferta y la demanda en el mercado internacional, por lo tanto, no es estable y se reduce el margen de rentabilidad a los productores. Ante esta situación es necesario buscar opciones de producción con productos complementarios al café y con el empleo de los lotes donde se encuentran establecidos los cafetales, sin afectar su producción. Entre las opciones, se consideró el sistema de producción de cultivos transitorios intercalados con zocas y siembras nuevas de café, y entre éstos, el maíz fue uno de los cultivos elegidos. El sistema maíz intercalado con café ha sido tan exitoso que el área sembrada en el 2002 era de 7.500 ha, la cual pasó en el 2006 a 50.000 ha (3).

Otro aspecto interesante del sistema maíz intercalado con café, ha sido tomarlo como una opción estratégica dentro de la política de renovación de los cafetales, que ha implementado la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, para mejorar el aspecto agronómico y reducir la edad de las plantaciones; para que los caficultores practiquen la renovación de sus cafetales y aparte de esto obtengan incentivos adicionales.

Con relación a los impactos social y económico, en el 2003 la siembra de maíz en la zona cafetera contribuyó al empleo rural con un millón quinientos mil jornales y un ingreso a la mano de obra que se aproxima a los veinte mil millones de pesos. Aparte de esto, los caficultores que sembraron maíz recibieron entre seiscientos mil y un millón doscientos mil pesos de ingresos netos por hectárea en cada cosecha de maíz; como un impacto importante de la investigación de este sistema de producción. En consecuencia, cualquier conocimiento técnico que se obtenga para mejorar el sistema contribuirá a las sostenibilidades económica y social del mismo.

Ante el éxito económico de los caficultores que siembran maíz, muchos optaron por tecnificar la siembra usando materiales mejorados, tanto híbridos como variedades, pero por la escasa información sobre el manejo agronómico de los materiales híbridos, optaron por realizar el mismo manejo que realizan los agricultores de otras zonas tecnificadas de Colombia, con tal suerte que algunos usaron hasta mil doscientos kilogramos de fertilizantes por hectárea y aplicaron fungicidas para controlar las enfermedades foliares causadas por hongos. En consecuencia se consideró necesario empezar a llenar ese vacío tecnológico con la experimentación al respecto y en particular, con la nutrición química.

Al considerar que el maíz en su mayor parte se siembra intercalado con café y este sistema de producción exige un manejo agronómico independiente de cada cultivo, es necesario contar con buena información sobre la fertilización del maíz, para minimizar o reducir la competencia que el maíz pueda ejercer sobre el café.

La respuesta del maíz a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la zona cafetera ha sido poco documentada, aunque se conoce el interés en su conocimiento desde hace mucho tiempo como lo demuestran los trabajos de Suárez de Castro (6, 7). Por lo cual, para generar nuevas recomendaciones se diseñó un experimento para evaluar la respuesta de una variedad (ICA V-305) y de un híbrido (Pioneer 3018) a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se instaló durante dos semestres seguidos en tres localidades de la zona cafetera central, con condiciones de suelo contratantes: la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), la Subestación

Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda) y la Subestación Experimental Paraguaicito (Buena Vista, Quindío). En la Tabla 1 se observan los resultados de los análisis de suelos de cada localidad.

**Tratamientos.** Se aplicó la técnica de fondos fijos, de tal manera que cuando variaba el nivel de alguno de estos elementos los otros dos se mantuvieron a una dosis como base fija; se incluyó un testigo absoluto al que no se le aplicó fertilizante (Tabla 2). Se emplearon como fuentes fosfato diamónico o DAP (18-46-0), urea (46- 0- 0) y cloruro de potasio (0 - 0 - 60).

**Diseño experimental.** Los tratamientos se distribuyeron en el campo siguiendo un ordenamiento de bloques completos al azar, en parcelas divididas, con cuatro repeticiones, donde las parcelas principales fueron los materiales de maíz y las subparcelas los tratamientos de fertilización.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos con fertilizantes y el testigo absoluto. La mayor producción tanto de la variedad ICA V-305 como del híbrido

Pioneer 3018 se registró en la Estación Central Naranjal, debido a que en las otras dos localidades (La Catalina y Paraguaicito), la incidencia de enfermedades foliares fue más severa. Además, no se hizo control para ninguna de las enfermedades que se presentaron, las cuales fueron: mancha gris (*Cercospora* sp.) y el complejo denominado mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*; *Monographella maydis*; *Coniothyrium phyllachorae*).

Los resultados para las tres localidades (Tabla 3), mostraron una respuesta ajustada a un modelo cuadrático, lo cual permitió establecer el plan de fertilización para la siembra de la variedad ICA V-305 en 100 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, 100 kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 60 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio (K<sub>2</sub>O); lo cual se considera un aporte importante porque el plan que se venía recomendando para esta variedad, consistía en aplicar a la siembra una mezcla de 69 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> más 60 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, y a los treinta días después de la siembra aplicar 150 kg.ha<sup>-1</sup> de urea. Bonilla *et al.* (1), al estudiar la respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio, en Dolores (Tolima) con una variedad regional, obtuvieron la mejor producción y el mayor ingreso neto con 70, 20 y 20 kg.ha<sup>-1</sup> de urea, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O), respectivamente. Para nuestro caso,

**Tabla 1.** Análisis de suelo de las localidades donde se estableció el experimento.

Localidad	pH	MO (%)	P (mg. kg <sup>-1</sup> )	K	Ca	Mg	Al
					cmol <sub>(+)</sub> . kg <sup>-1</sup>		
Estación Central Naranjal	4,6	11,3	26	0,23	0,3	0,1	1,6
Subestación Experimental La Catalina	4,9	10,9	17	0,47	3,2	0,5	1,2
Subestación Experimental Paraguaicito	5,6	5,8	9	0,61	4,5	1,0	N.D.

N.D: No hay dato

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos.

kg.ha <sup>-1</sup>		
Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)
0	0	0
100	<b>0</b>	100
100	<b>50</b>	100
100	<b>200</b>	100
100	100	<b>0</b>
100	100	<b>50</b>
100	100	<b>100</b>
<b>39</b>	100	100
<b>100</b>	100	100
<b>150</b>	100	100

**Tabla 3.** Promedios del rendimiento (kg.ha<sup>-1</sup>) de grano seco de maíz (Pioneer 3018 e ICA V-305) al 15% de humedad, en tres localidades de la zona cafetera con diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

Tratamientos			La Catalina		Naranjal		Paraguacito	
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	KCl	ICA	PIONEER	ICA	PIONEER	ICA	PIONEER
(kg.ha <sup>-1</sup> )			V - 305	3018	V - 305	3018	V - 305	3018
0	0	0	1.723	1.527	2.055	2.331	2.564	3.306
100	0	100	2.735	3.844	3.521	4.590	3.055	3.425
100	50	100	2.665	3.269	3.681	4.417	2.860	3.428
100	200	100	3.010	3.215	3.579	5.110	2.879	3.691
100	100	0	3.390	3.125	4.261	4.272	3.311	3.890
100	100	50	<b>3.249</b>	<b>3.484</b>	<b>4.401</b>	<b>4.939</b>	<b>3.440</b>	<b>4.025</b>
39	100	100	2.766	3.046	4.067	4.471	2.786	3.769
100	100	100	3.258	3.439	3.354	3.974	3.191	3.729
150	100	100	3.287	3.813	4.434	4.695	3.054	3.740
200	100	100	3.504	3.385	4.037	4.328	2.928	3.940
<b>Media general</b>			<b>2.959</b>	<b>3.215</b>	<b>3.739</b>	<b>4.313</b>	<b>3.007</b>	<b>3.694</b>
<b>C. V. (%)</b>			<b>25,5</b>		<b>19,1</b>		<b>14,7</b>	

las cantidades son mayores porque se trata de un material mejorado con mayor potencial de rendimiento.

Para el híbrido, la respuesta no tuvo ajuste, por lo tanto no se pudieron determinar las cantidades adecuadas de nitrógeno, fósforo y potasio para este tipo de material, y en consecuencia, se necesita hacer un estudio adicional, porque los híbridos son materiales de alto rendimiento y su aceptación como material de siembra es cada vez mayor en la zona cafetera; tanto los que ofrecen las multinacionales productoras de semilla como el

híbrido FNC3056, obtenido por Fenalce, Cenicafé y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (8).

Entre la variedad y el híbrido, no hubo diferencias estadísticas entre las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, S y cenizas, en el grano (Tabla 4), pero la extracción del híbrido fue mayor porque ésta depende de la producción de granos (Tabla 5), por lo que sus necesidades nutricionales aunque son las mismas, al sembrar un material híbrido, la fertilización deberá ajustarse en función de su potencial productivo o de la

**Tabla 4.** Concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y Cenizas en granos de maíz al momento de la cosecha. Subestación Experimental La Catalina.

Tratamientos	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Cenizas	
	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305
0 - 0 - 0	16,0	17,3	6,4	5,4	7,6	5,9	0,18	0,18	2,0	2,0	30,1	27,1
100 - 0 - 100	18,2	18,5	7,1	6,1	8,1	6,9	0,18	0,15	2,4	2,2	32,7	28,6
100-50 - 100	16,3	17,9	6,1	6,8	7,3	7,4	0,18	0,18	2,0	2,4	29,2	31,1
100-200-100	16,5	18,8	6,7	7,2	7,5	7,7	0,15	0,13	2,2	3,1	31,2	32,2
100-100-0	16,4	16,9	5,6	4,9	7,1	5,8	0,15	0,13	2,4	2,0	28,2	25,6
100-100-50	16,5	18,4	5,1	6,7	6,5	7,6	0,15	0,18	1,9	2,5	23,4	32,3
39-100-100	16,7	18,5	6,4	6,9	7,4	7,4	0,13	0,15	2,2	2,5	29,6	30,7
100-100-100	16,8	16,6	5,9	5,7	7,3	6,4	0,15	0,13	2,1	2,1	28,5	26,2
150-100-100	15,3	18,7	6,4	6,7	7,4	7,2	0,15	0,18	2,1	2,4	29,7	32,5
200-100-100	18,0	16,9	7,1	6,2	7,8	6,9	0,15	0,18	2,3	2,7	32,7	30,6
Media	16,7	17,8	6,2	6,2	7,4	6,9	0,16	0,16	2,1	2,4	29,5	29,6
C.V. (%)	9,0		19,4		16,5		29,9		20,5		13,9	

**Tabla 5.** Promedios de las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y Cenizas extraídas en una cosecha de maíz, ajustada al 15% de humedad. Subestación Experimental La Catalina.

Tratamientos	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Cenizas	
	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305
0 - 0 - 0	33,7	35,8	13,7	11,8	16,6	12,8	0,38	0,38	4,3	4,4	65,6	56,1
100 - 0 - 100	88,0	65,6	33,9	21,6	38,9	24,6	0,84	0,53	11,5	7,6	156,4	101,5
100-50 - 100	67,6	59,1	25,0	22,3	29,9	24,4	0,75	0,58	8,3	7,9	119,9	102,0
100-200-100	65,1	80,5	25,5	30,0	29,7	32,9	0,58	0,49	8,5	14,0	123,5	137,9
100-100 - 0	72,6	66,9	24,7	19,7	32,0	22,9	0,62	0,48	10,9	7,7	126,6	102,7
100-100-50	105,0	63,8	32,3	22,4	40,9	26,0	0,97	0,62	12,0	8,5	150,1	111,6
39-100-100	72,6	77,1	26,5	28,4	30,7	30,4	0,49	0,61	9,0	10,1	123,6	127,1
100-100-100	69,2	62,6	23,9	20,9	29,9	23,7	0,60	0,51	8,5	7,7	117,4	95,5
150-100-100	69,9	76,9	29,3	26,9	34,4	28,9	0,67	0,70	9,5	9,5	136,6	134,9
200-100-100	76,6	75,1	29,9	27,6	32,8	30,6	0,63	0,76	9,8	11,8	138,6	136,2
Media	72,0	66,3	26,5	23,2	31,6	25,7	0,65	0,57	9,2	8,9	125,8	110,5
C. V. (%)	24,6		27,0		26,3		35,7		34,7		26,0	

producción esperada, a fin de compensar lo que se extrae, y de esta forma mantener la fertilidad natural del suelo.

De otra parte, se observa que todos los tratamientos superaron en extracción de

nutrientes al testigo absoluto (cero aplicación de fertilizantes).

Heckman *et al.* (4) al estudiar la extracción de nutrimentos en granos de maíz, con diversos híbridos en diferentes localidades,

**Tabla 6.** Concentraciones de macro y micronutrientes en granos de maíz al momento de la cosecha (4).

Valores	Elementos evaluados										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B
	(g. kg <sup>-1</sup> )					(mg. kg <sup>-1</sup> )					
Mínimo	10,2	2,2	3,1	0,13	0,88	0,9	9,0	15,0	1,0	1,0	2,3
Máximo	15,0	5,4	6,2	0,45	2,18	1,4	89,5	34,5	9,8	5,8	10,0
Media	12,9	3,8	4,8	0,28	1,45	1,0	33,6	26,8	5,3	3,0	5,5

encontraron resultados similares a los que aquí se presentan. También sostienen que la extracción es proporcional a la producción de granos por hectárea (Tabla 6).

Martin y Netcoff (5), indican que el fertilizante fosforado aplicado a la siembra les permitió aumentar significativamente el rendimiento en un 22,2% (+1.473 kg.ha<sup>-1</sup>), y afirman que la combinación de fósforo y nitrógeno al momento de la siembra aumentó el rendimiento en un 32,5% (+2.154 kg.ha<sup>-1</sup>). Lo anterior, explica la ventaja que se tiene al usar al momento de la siembra el difosfato de amonio (DAP), como fuente de fósforo, porque este producto tiene un 18% de nitrógeno. Otros autores como Echeverría y García (2), recomiendan ajustar la aplicación de fósforo en función del contenido del nutriente en el suelo y de la producción esperada.

### AGRADECIMIENTOS

A Siavosh Sadehian Kh. Líder Disciplina de Suelos, Cenicafé, por su asesoría en el diseño del experimento. A los doctores Juan Carlos García, José Darío Arias Cardona y Celso Arboleda Valencia (q.e.p.d), jefes de las Subestaciones Experimentales Paraguaicito y La Catalina, y la Estación Central Naranjal,

respectivamente. A Cosmoagro por el apoyo económico.

### LITERATURA CITADA

- BONILLA V., H. L.; HERRERA V., P. P.; ARCE G., C. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a fósforo y potasio en la zona cafetera de Dolores, Tolima. Revista Nataima 2: 19-28. 1996
- ECHEVERRÍA, H.; GARCÍA, F. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Buenos Aires, INTA Balcarce, 1998. (Boletín Técnico No.149).
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC; GERENCIA TÉCNICA. BOGOTÁ. COLOMBIA. Informe anual de actividades de la Gerencia Técnica 2006. Bogotá, FNC, 2006.
- HECKMAN, J. R.; SIMS, J. T.; BEEGLE, D. B.; COALE, F. J.; HERBERT, S. J.; BRUULSEMA T. W.; BAMKA, W. J. Nutrient removal by corn grain harvest. Agronomy Journal 95: 587-591. 2003.
- MARTÍN, A. J.; NETCOFF, R. Fertilización de maíz- Experiencias de Chivilcoy. On line Internet: [http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion %20en%20Maiz%20-% 20Experiencia %20en %20Chivilcoy.asp](http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20en%20Maiz%20-%20Experiencia%20en%20Chivilcoy.asp). (Consultado junio de 2007).
- SUÁREZ DE C., F.; RODRÍGUEZ G., A. Efecto de la cal y el fósforo sobre la producción de maíz en suelos de la serie Chinchiná. Cenicafé 2 (20):1-20. 1958.
- SUÁREZ DE C., F.; RODRÍGUEZ G., A. Efectos del nitrógeno, el fósforo y el Potasio sobre la producción de maíz. Cenicafé 10 (11):485-495. 1959.