

RESPUESTA DEL ESPÁRRAGO A NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN LA ZONA CAFETERA CENTRAL DE COLOMBIA

Ana María Ramírez-Jiménez*; Siavosh Sadeghian-Khalajabadi**

RESUMEN

RAMÍREZ J. A.M.; SADEGHIAN K., S. Respuesta del espárrago a nitrógeno, fósforo y potasio en la zona cafetera central de Colombia. Cenicafé 60(3):269-281. 2009

Durante los últimos años en Colombia se han incrementado las áreas dedicadas al cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.), pese a ello es poca la información que se tiene sobre sus requerimientos nutricionales. En las fincas La Marina y La Molienda, ubicadas en la zona cafetera central y con suelos derivados de cenizas volcánicas, se determinó la respuesta del espárrago a la fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), durante tres ciclos. Se evaluaron cuatro dosis de cada elemento (0, 75 y 150 y 300 kg.ha⁻¹ por ciclo de N y K₂O, y 0, 50, 75 y 150 kg.ha⁻¹ por ciclo de P₂O₅), además de algunas interacciones de N y K. El N solamente incrementó la producción durante el primer ciclo en la finca La Marina, comportamiento que se relacionó con la baja disponibilidad de este elemento, ocasionado por una menor precipitación durante este periodo. El suministro de K aumentó la producción en el tercer ciclo en La Marina y en el segundo y tercer ciclos en La Molienda, cuando sus contenidos en el suelo descendieron por debajo de 0,5 cmol_c.kg⁻¹. No hubo efecto de la aplicación de P, respuesta que se asoció con los altos contenidos de este nutriente en el suelo (mayores de 30 mg.kg⁻¹). Con las diferentes combinaciones de N y K no se lograron efectos significativos en el rendimiento. Los contenidos de K y P en el suelo se elevaron conforme aumentaron las dosis, y la fertilización con N ocasionó una ligera acidificación y pérdidas de las bases intercambiables.

Palabras claves: Andisoles, fertilización, calidad, análisis de suelo, acidificación del suelo, *Asparagus officinalis*.

ABSTRACT

In recent years in Colombia the areas dedicated to cultivate asparagus (*Asparagus officinalis* L.) have increased. In spite of that, there is little information about its nutritional requirements. In La Marina and La Molienda farms, located in the central coffee zone and with soils derived from volcanic ash, the response of asparagus to fertilization with nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) was determined for three cycles. Four doses of each element were evaluated (0, 75, 150 and 300 kg.ha⁻¹ per cycle of N, K₂O, and 0, 50, 75 and 150 kg.ha⁻¹ per cycle of P₂O₅), along with some interactions of N and K. N only increased production during the first cycle at La Marina farm, this behavior was related to the low availability of this element caused by lower rainfall during this period. K supply increased production in the third cycle in La Marina and in the second and third cycles in La Molienda when its contents in the soil fell below 0.5 cmol_c.kg⁻¹. There was no effect of P application, a response that was associated with high levels of this nutrient in the soil (above 30 mg.kg⁻¹). With the different combinations of N and K there were no significant effects regarding performance. The contents of K and P in the soil increased as the dose increased, and N fertilization caused a slight acidification and loss of exchangeable bases.

Keywords: Andisols, fertilization, quality, soil analysis, soil acidification, *Asparagus officinalis*.

¹ Fragmento de la tesis "Respuesta del cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la zona cafetera colombiana"

* Ingeniera Agrónoma, Universidad de Caldas.

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

En los últimos años las áreas dedicadas al cultivo del espárrago (*Asparagus officinalis* L.) se han incrementado a nivel mundial, dada la alta demanda por las propiedades organolépticas que lo caracterizan (9). Según la Corporación Colombia Internacional (2) la dinámica de expansión del espárrago en nuestro país ha ido en aumento, es así como para el año 1995 se produjeron 323 t en 71 ha y para 1999 la producción llegó a 2.492 t en 682 ha, lo cual indica que la producción se multiplicó siete veces y el área es nueve veces mayor.

Esta hortaliza perenne presenta buena adaptación en zonas templadas y tropicales. En Colombia existen regiones con condiciones adecuadas para su cultivo; sin embargo, la producción se ha concentrado principalmente en los departamentos de Antioquia, Caldas y Cauca (1). Las primeras siembras se realizaron en Anserma (Caldas) en el año 1989, para el año 2000 se establecieron lotes en la zona central del departamento de Caldas, y en el 2004 se contaba con un área total de 174 ha, distribuidas en cuatro municipios (Anserma, Chinchiná, Palestina y Manizales) y en Santa Rosa de Cabal, municipio del departamento de Risaralda. A pesar del área reducida, este cultivo puede representar una opción rentable de diversificación para las fincas cafeteras de la región.

La explotación de espárrago es relativamente nueva en Colombia, por tal motivo la mayor parte de labores agronómicas se han introducido desde países europeos y de Estados Unidos, Chile y Perú, sin tener en cuenta que estos lugares poseen condiciones edáficas y climáticas diferentes; como consecuencia de ello, la información que se tiene sobre las prácticas de manejo, incluyendo la fertilización, es escasa para las condiciones de Colombia.

En cuanto a la fertilización, las recomendaciones para el espárrago verde

en el ámbito internacional son diversas, de acuerdo con algunos autores para obtener un rendimiento de 5 t.ha⁻¹ las aplicaciones de nitrógeno (N) oscilan entre 100 y 250 kg.ha⁻¹, fósforo (P) entre 30 y 100 kg.ha⁻¹ y potasio (K) de 150 a 250 kg.ha⁻¹ (5, 6, 9).

Debido a la escasa información sobre los requerimientos nutricionales del espárrago en Colombia y su importancia como alternativa de diversificación en la zona cafetera, se planteó la presente investigación, cuyo objetivo fue determinar la respuesta de este cultivo a la fertilización con N, P y K.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase de campo de este experimento se realizó en dos fincas del departamento de Caldas (La Marina y La Molienda), cuya ubicación, características climáticas y propiedades de suelo se presentan en la Tabla 1. El experimento se inició en diciembre de 2004 hasta enero de 2006 y abarcó tres ciclos de cosecha.

Las plantaciones correspondían a espárrago verde, provenientes del híbrido UC 157, en etapa productiva (mayores a 1 año), las cuales habían sido establecidas en lotes donde existía café anteriormente. Para la selección de las fincas se tuvo en cuenta la uniformidad de los cultivos, las distancias de siembra (2 m entre surcos y 0,20 m entre plantas) y su buen estado nutricional y fitosanitario.

En total, se evaluaron 13 tratamientos (Tabla 2), los cuales consistieron en cuatro dosis de cada elemento objeto de estudio, manteniendo fijas las dosis de los otros; así mismo, se determinó el efecto de las dosis baja y media de N (75 y 150 kg.ha⁻¹ por ciclo) en combinación con dosis crecientes de K (75, 150 y 300 kg.ha⁻¹ por ciclo de K₂O), además de un testigo absoluto.

Tabla 1. Información sobre la localización de las fincas, sus propiedades edafológicas y las características de las plantaciones.

Características	Finca	
	La Marina	La Molienda
Localización y variables climáticas		
Municipio	Chinchiná	Manizales
Altitud (m)	1.480	1.260
Precipitación promedia anual (mm)	2.868	2.349
Temperatura promedio (°C)	20,6	20,9
Propiedades del suelo		
Unidad cartográfica	Chinchiná	Cascarero – Chinchiná
Pendiente (%)	0 a 70	0 a 20
pH	5,1	5,2
N (%)	0,4	0,3
Materia orgánica (%)	8,7	6,3
P (mg.kg ⁻¹)	166,7	644,5
K (cmol _c .kg ⁻¹)	0,8	0,7
Ca (cmol _c .kg ⁻¹)	4,2	3,5
Mg (cmol _c .kg ⁻¹)	0,9	0,8
Al (cmol _c .kg ⁻¹)	0,8	0,4
CIC (cmol _c .kg ⁻¹)	22,0	15,6
Fe (mg.kg ⁻¹)	210,9	237,0
Mn (mg.kg ⁻¹)	20,9	16,3
Zn (mg.kg ⁻¹)	5,9	15,1
Cu (mg.kg ⁻¹)	4,7	16,6
Textura	F	FA

Como fuentes de N, P y K se emplearon Urea (46% de N), Superfosfato triple (46% de P₂O₅) y Cloruro de potasio (60% de K₂O), respectivamente. Para el N y el K se fraccionaron en dos aplicaciones las dosis media y alta (150 y 300 kg.ha⁻¹ por ciclo), y para P solo se fraccionó la dosis alta (150 kg.ha⁻¹ por ciclo). La aplicación

de los tratamientos se realizó después de terminar un período de cosecha y, un mes más tarde, se suministró la segunda fracción de los nutrientes en los tratamientos que así lo requerían.

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completos al azar,

Tabla 2. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	————— (kg.ha ⁻¹ por ciclo) —————		
1	0	75	150
2	75	75	150
3*	150	75	150
4	300	75	150
5	150	0	150
6	150	50	150
3*	150	75	150
7	150	150	150
8	150	75	0
9	150	75	75
3*	150	75	150
10	150	75	300
11†	75	75	75
2*†	75	75	150
12†	75	75	300
9*†	150	75	75
3*†	150	75	150
10*†	150	75	300
13	0	0	0

* Tratamientos que fueron comunes para evaluar el efecto de N, P y K.

† Tratamientos para evaluar las variaciones de N frente al K.

para lo cual se tomó como factor para el bloqueo la pendiente del terreno. Se tuvieron siete bloques en la finca La Marina y ocho en La Molienda. La parcela experimental estuvo constituida por 85 plantas, 45 de ellas efectivas y 40 bordes; cada parcela se conformó por 34 m², de los cuales 19,2 m² eran efectivos.

Las variables evaluadas fueron el peso fresco total de turiones, su calibre (Jumbo con diámetro > 20 mm, Extralarge con diámetro entre 16 y 20 mm, Large con diámetro entre 10 y 15 mm, Standard con diámetro entre 6 y 8 mm, y Small con

diámetro menor o igual a 5 mm), y las propiedades químicas del suelo, evaluadas en las siguientes oportunidades: antes de aplicar los tratamientos, al finalizar el segundo ciclo y el tercer ciclo de evaluación.

Para determinar la respuesta a la fertilización con N, P y K se evaluaron las tendencias lineal, cuadrática y cúbica. Se aplicó la prueba Dunnett al 5% con el fin de comparar cada tratamiento con el testigo, la prueba Tukey al 5% para comparar todos los tratamientos menos el testigo y, con el fin de valorar el efecto de las diferentes combinaciones de N y K se realizaron pruebas de contrastes al

5% entre los siguientes tratamientos o grupos de tratamientos: 11 vs. 9, 2 vs. 3, 12 vs. 9, 11, 2 y 12 vs. 9, 3 y 10 (Tabla 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tendencias generales de la producción

En las dos fincas, el promedio de la producción de turiones durante los tres ciclos fue relativamente bajo y presentó variaciones a través del tiempo (Figura 1). De acuerdo

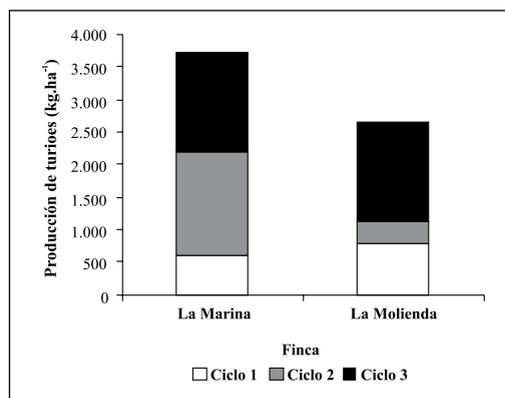


Figura 1. Valores promedio de producción de turiones en las fincas La Marina y La Molienda durante los tres ciclos evaluados.

con algunos reportes, tanto en Colombia (5) como en otros países productores (6, 9), generalmente los rendimientos son cercanos a 5 t.ha⁻¹.año⁻¹.

En la finca La Marina hubo una mayor proporción de la categoría Standard en dos de los tres períodos estudiados, seguido por los calibres Extralarge, Large, Small y Jumbo (Tabla 3); en La Molienda se presentó una mayor variación en la distribución de los calibres a través del tiempo.

Respuesta en producción a los tratamientos

Finca La Marina. En la Tabla 4 se consignan los valores promedio de la producción y los coeficientes de variación (C.V.) para todos los tratamientos en los tres ciclos evaluados y el acumulado de ellos. En ningún ciclo se registraron diferencias entre los tratamientos cuando estos se compararon en su conjunto o frente al testigo; no así cuando se determinó la respuesta a cada elemento por separado. Hubo efecto de la aplicación de N solamente durante el primer ciclo de estudio; en este sentido, el comportamiento de la respuesta se ajustó un modelo lineal (Figura 2).

Tabla 3. Participación porcentual de calibres sobre la producción total.

Finca	Calibre	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Promedio
La Marina	Jumbo	0,9	3,9	1,6	2,1
	Extralarge	23,5	39,2	19,2	27,3
	Large	19,9	17,6	23,5	20,3
	Standard	39,5	32,1	41,9	37,8
	Small	16,2	7,2	13,8	12,4
La Molienda	Jumbo	3,0	0,1	1,0	1,4
	Extralarge	19,5	5,4	26,1	17,0
	Large	31,5	29,8	40,8	34,0
	Standard	18,8	27,9	17,2	21,3
	Small	27,1	36,8	15,0	26,3

Tabla 4. Promedios de la producción total de turiones, durante los tres ciclos en la finca La Marina.

Tratamiento	Dosis			Producción de turiones por parcela							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Primer ciclo		Segundo ciclo		Tercer ciclo		Acumulado	
	(kg·ha ⁻¹ ·ciclo ⁻¹)			Promedio (g)	C.V. (%)	Promedio (g)	C.V. (%)	Promedio (g)	C.V. (%)	Promedio (g)	C.V. (%)
1	0	75	150	968,4	A 72,6	3.002,6	A 47,6	2.791,2	A 66,4	6.762,2	A 67,7
2	75	75	150	1.090,4	A 82,9	3.108,4	A 46,0	2.621,8	A 74,8	6.820,6	A 69,2
3	150	75	150	1.166,8	A 65,4	3.074,8	A 35,2	3.139,8	A 65,5	7.381,4	A 61,6
4	300	75	150	1.344,5	A 60,4	3.309,6	A 36,4	2.896,5	A 66,9	7.550,6	A 59,0
5	150	0	150	1.250,6	A 61,5	3.007,3	A 38,7	3.160,6	A 68,2	7.418,5	A 63,3
6	150	50	150	1.193,5	A 59,8	3.136,3	A 39,5	2.758,9	A 70,2	7.088,7	A 61,9
7	150	150	150	1.058,3	A 66,5	3.080,2	A 44,1	3.103,7	A 73,0	7.242,2	A 69,2
8	150	75	0	1.327,4	A 61,1	3.024,3	A 27,7	2.748,4	A 72,6	7.100,1	A 57,1
9	150	75	75	1.173,0	A 46,7	2.980,8	A 40,5	2.800,4	A 61,4	6.954,2	A 57,7
10	150	75	300	1.260,3	A 73,0	3.311,7	A 47,5	3.155,5	A 63,5	7.727,5	A 68,2
11	75	75	75	1.099,4	A 82,3	3.095,8	A 35,6	2.846,2	A 71,2	7.041,4	A 63,3
12	75	75	300	1.087,8	A 76,6	2.728,8	A 43,9	2.985,4	A 69,6	6.802,0	A 68,5
13	0	0	0	1.015,4	83,8	3.209,5	52,8	2.816,2	67,8	7.041,1	72,5

Promedios seguidos por letras no comunes indican diferencias estadísticas entre tratamientos según la prueba de Tukey al 5%.

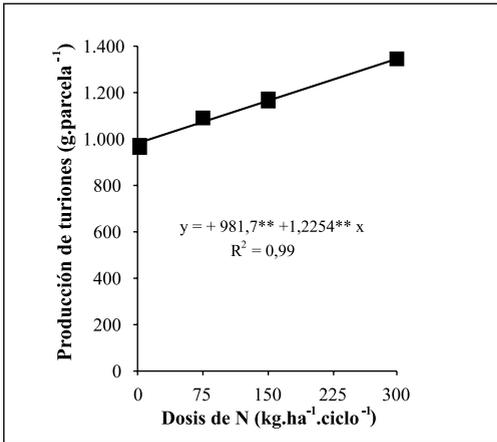


Figura 2. Producción total del espárrago en función de la fertilización con nitrógeno en la finca La Marina, durante el primer ciclo de evaluación.

Cuando se aplicó la dosis más alta de N (300 kg.ha⁻¹ por ciclo) se obtuvo un incremento en el peso de turiones equivalente al 28%, con respecto a la producción obtenida sin este elemento; sin embargo, dicho efecto no se reflejó en el rendimiento acumulado.

En el segundo y tercer ciclos de evaluación no hubo respuesta al N, posiblemente relacionada con la disponibilidad del nutriente en el suelo para satisfacer la demanda del cultivo, y particularmente en este caso asociada a los altos contenidos de la materia orgánica del suelo y las condiciones favorables para su mineralización (11). Uno de los factores que determinan dicho proceso es la humedad, la cual también condiciona el movimiento del N hacia las raíces de las plantas y la respectiva toma por flujo de masa (7). Por lo anterior y debido a que durante el primer ciclo hubo menor precipitación (628 mm) frente a los dos ciclos siguientes (1.595 y 1.031 mm, respectivamente), la respuesta al N se asoció con el efecto del agua sobre la dinámica del elemento.

Cuando se evaluó el efecto de los tratamientos sobre el promedio de la producción en los diferentes calibres, se encontró que

la fertilización nitrogenada tuvo efecto sobre el promedio del peso del calibre Extralarge durante el primer ciclo (Figura 3); en este sentido, con la dosis de 300 kg.ha⁻¹ por ciclo, se logró duplicar el peso con respecto a la producción obtenida en el tratamiento sin N. Es importante resaltar que para este período los turiones pertenecientes a esta categoría tuvieron una proporción del 24% sobre la producción total.

En ninguno de los tres ciclos se registró el efecto de la fertilización fosfórica sobre el peso de turiones, lo que se relacionó con los altos contenidos de este nutriente en el suelo al iniciar la investigación (166,7 mg.kg⁻¹); niveles que a pesar de reducirse a través de tiempo, se conservaron relativamente altos hasta la finalización de la investigación (> 30 mg.kg⁻¹). Una de las características de los Andisoles es su alta capacidad de fijar o retener P en la superficie de sus minerales amorfos (4), comportamiento diferente a lo registrado en este estudio. Lo anterior se atribuye a las constantes aplicaciones del elemento antes de iniciar el experimento, por lo cual no hubo efecto de su aplicación durante las cosechas evaluadas.

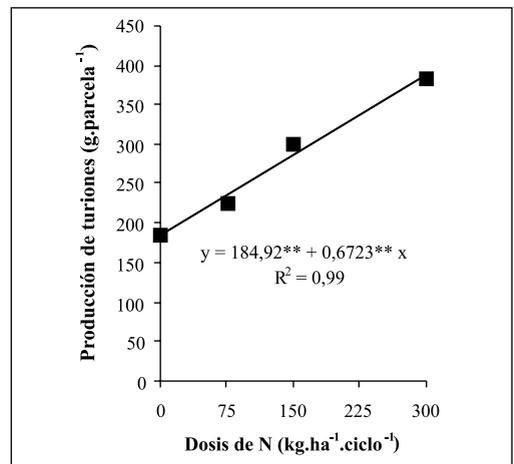


Figura 3. Producción del espárrago calibre Extralarge en función de la fertilización con nitrógeno en la finca La Marina, durante el primer ciclo de evaluación.

En los dos primeros períodos de evaluación no hubo respuesta a la adición de K, lo que se asoció con los altos niveles del elemento en el suelo antes de iniciar la investigación ($0,8 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$). Durante el tercer ciclo hubo un efecto positivo, cuyo comportamiento se ajustó a un modelo lineal (Figura 4). Dicha respuesta fue de poca magnitud, pues con la dosis más alta se incrementó la producción tan solo en 15%.

El análisis de suelos correspondiente al último ciclo, reveló concentraciones de K menores a $0,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ cuando se suprimió este elemento. Lo anterior sugiere que para niveles cercanos al contenido en referencia, se intensifica la probabilidad de encontrar respuesta a la fertilización potásica.

El suministro de K se tradujo en un aumento de la producción de turiones Extralarge con una tendencia lineal (Figura 5), y aunque el comportamiento fue similar al encontrado en la producción total, la respuesta fue de mayor magnitud. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Douglas y Follett (3), quienes afirman que hay respuesta a

la aplicación de K en suelos derivados de cenizas volcánicas deficientes en este elemento; además, concluyen que las aplicaciones de K se reflejan en un incremento del tamaño de los turiones.

Al comparar todos los tratamientos entre sí o frente al testigo absoluto no se registraron diferencias significativas, tampoco se encontró efecto entre las diferentes combinaciones de N y K; comportamiento diferente al observado en los resultados de cada nutriente en particular.

Finca La Molienda. Los valores promedio de la producción por ciclo y sus coeficientes de variación se consignan en la Tabla 5. En ninguno de los períodos de evaluación hubo efecto de la aplicación de N ni de P, resultado que se atribuyó a los altos contenidos de estos elementos en el suelo. Con relación al K, hubo respuesta a su aplicación en los dos últimos ciclos, con un comportamiento de tipo cúbico en el segundo ciclo (Figura 6), tendencia que no es muy clara, pues se obtuvieron resultados

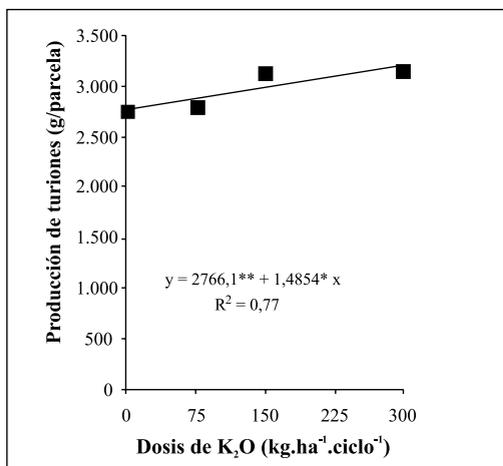


Figura 4. Producción total del espárrago en función de la fertilización con potasio en la finca La

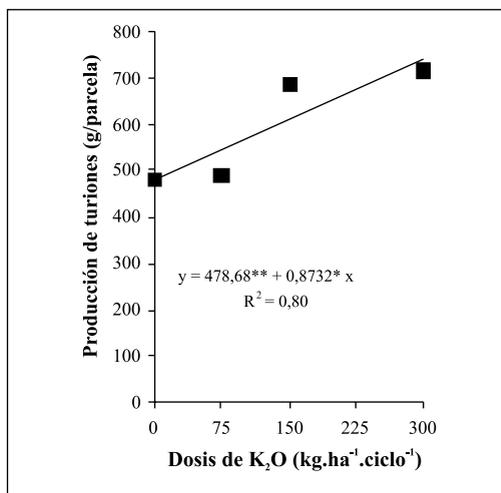


Figura 5. Producción del espárrago calibre Extralarge en función de la fertilización con potasio en la finca La Marina, durante el tercer ciclo de evaluación.

Tabla 5. Promedios de la producción total de turiones durante los tres ciclos en la Finca La Molienda.

Tratamiento	Producción de turiones por parcela													
	Dosis			Primer ciclo			Segundo ciclo			Tercer ciclo			Acumulado	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Promedio (g)	C.V. (%)	Letras	Promedio (g)	C.V. (%)	Letras	Promedio (g)	C.V. (%)	Letras	Promedio (g)	C.V. (%)
1	0	75	150	1.472,7	30,4	A	713,8	40,4	AB	2.719,9	13,3	A	4.906,4	17,3
2	75	75	150	1.519,1	28,8	A	690,2	37,5	AB	3.024,6	18,8	A*	5.233,9	15,6
3	150	75	150	1.540,2	29,4	A	600,4	34,6	AB	2.732,8	16,8	A	4.873,3	16,9
4	300	75	150	1.608,8	31,1	A	730,1	39,0	AB	2.993,0	14,1	A*	5.331,8	19,3
5	150	0	150	1.628,6	22,3	A	676,8	38,6	AB	2.843,4	15,4	A	5.148,9	16,1
6	150	50	150	1.455,2	31,6	A	631,5	36,1	AB	2.778,4	18,3	A	4.865,1	21,4
7	150	150	150	1.570,1	29,6	A	650,5	40,4	AB	3.012,7	16,8	A*	5.233,3	21,2
8	150	75	0	1.439,0	29,6	A	539,7	34,3	B	2.548,5	18,2	A	4.527,2	19,0
9	150	75	75	1.555,3	28,9	A	726,1	42,3	AB	3.118,6	17,4	A*	5.399,9	22,9
10	150	75	300	1.641,4	29,7	A	704,6	32,4	AB	2.994,4	19,2	A*	5.340,4	19,0
11	75	75	75	1.392,2	33,4	A	595,1	41,2	AB	2.871,7	19,6	A	4.859,0	17,6
12	75	75	300	1.471,8	22,3	A	806,0	38,2	A*	3.194,8	16,6	A*	5.472,6	18,7
13	0	0	0	1.532,1	32,1		586,2	46,6		2.432,4	22,7		4.550,7	20,3

Promedios seguidos por letras no comunes indican diferencias estadísticas entre tratamientos según la prueba de Tukey al 5%.

* Indica diferencias significativas con respecto al testigo absoluto según la prueba de Dunnett al 5%.

semejantes con las aplicaciones de las dosis baja y alta (75 y 300 kg.ha⁻¹ por ciclo). Lo anterior sugiere que lo más adecuado sería suministrar la primera dosis.

En el tercer ciclo de evaluación se encontró efecto positivo de la fertilización potásica sobre la producción de turiones calibre Standard; respuesta que se ajustó a

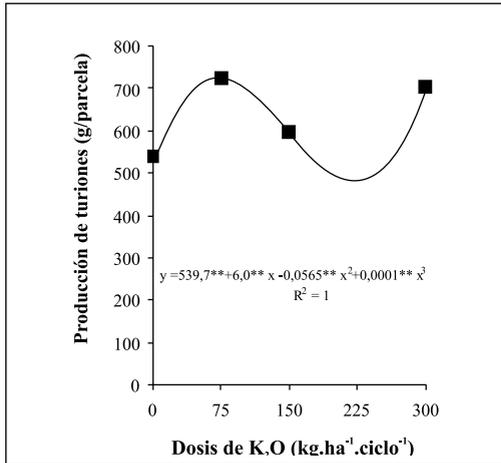


Figura 6. Producción total de espárrago en función de la fertilización con potasio en la finca La Molienda, durante el segundo ciclo de evaluación.

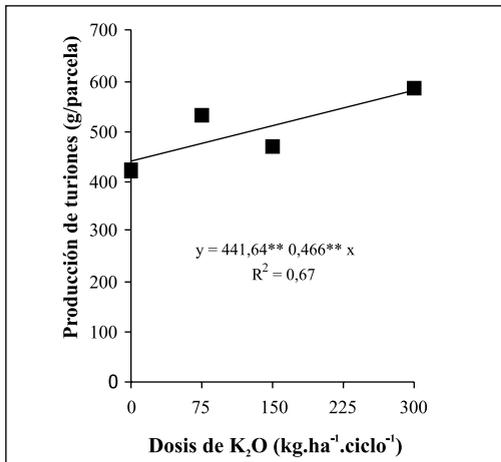


Figura 7. Producción del espárrago calibre Standard en función de la fertilización con potasio en la finca La Marina durante el tercer ciclo de evaluación.

un modelo lineal (Figura 7). En el mismo periodo la producción correspondiente al calibre Jumbo del tratamiento 12, también fue estadísticamente mayor que el testigo absoluto. Un comportamiento similar se presentó en la categoría Extralarge para los tratamientos 11 y 12; en los demás calibres no se registraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Dunnett al 5%. Al comparar los promedios de todos los tratamientos, sin incluir el testigo absoluto, en el calibre Jumbo el tratamiento 12 presentó mayor promedio de peso que los demás, mientras que en los tratamientos 8 y 3 se registraron las menores producciones.

Cuando se compararon los tratamientos entre sí o frente al testigo absoluto se encontraron comportamientos diferentes en cada ciclo; en tanto que durante el primer periodo de evaluación no se evidenciaron diferencias estadísticas, para el segundo ciclo el promedio del peso de los turiones en el tratamiento 12 fue mayor que el del testigo absoluto, y cuando se compararon todos los tratamientos sin el testigo, nuevamente el tratamiento 12 se diferenció estadísticamente del tratamiento 8. Se destaca el hecho de que el tratamiento 12 correspondió a la dosis más alta de fertilizante con K, mientras que el tratamiento 8 correspondió a la dosis más baja de este mismo elemento. Al realizar estas pruebas, en el tercer ciclo se observó que los tratamientos 12, 9, 2, 7, 10 y 4 presentaron diferencias estadísticas frente al testigo absoluto.

Cambio en las propiedades químicas del suelo

Los contenidos iniciales de P y K en las dos localidades pueden considerarse elevados (Tabla 1), teniendo en cuenta que, en general, valores de P superiores a 30 mg.kg⁻¹ y 0,4 cmol_c.kg⁻¹ para K son reportados como altos (8). Estos contenidos reflejan el efecto de

las excesivas y continuas fertilizaciones, previamente al inicio del experimento, y explican la baja respuesta en términos de producción a la aplicación diferencial de los tres nutrientes objeto de estudio.

En las muestras analizadas después de terminar el segundo y tercer ciclos, se apreciaron tendencias semejantes en

las dos fincas. Para el caso del K, las mayores concentraciones se registraron en los tratamientos donde se emplearon dosis altas del mismo en combinación con dosis bajas de N, mientras que los menores valores de K se registraron en los tratamientos con las dosis más altas de N (Figuras 8, 9, 10 y 11), lo cual indica que la disponibilidad de K está relacionada directamente con la aplicación del

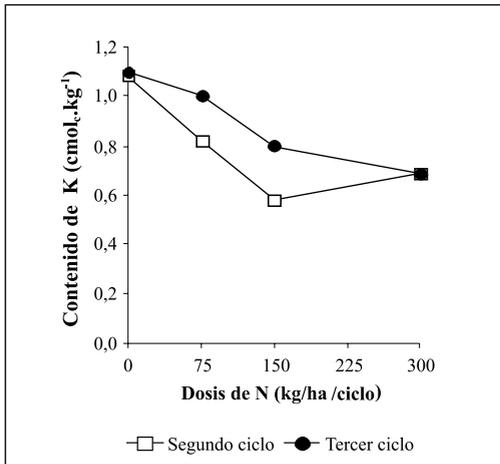


Figura 8. Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre los contenidos de potasio en el suelo en la finca La Marina.

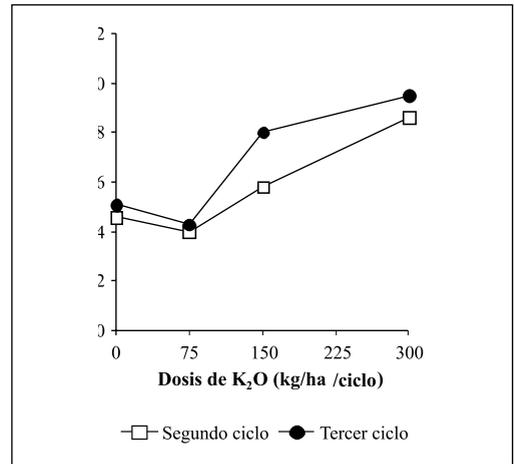


Figura 9. Variaciones en los contenidos de potasio en el suelo en función de la fertilización potásica en la finca La Marina.

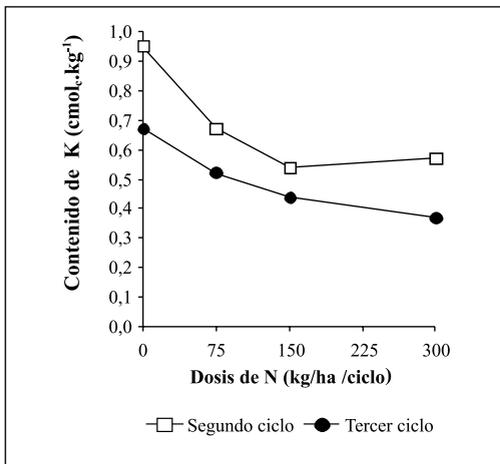


Figura 10. Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre los contenidos de potasio en el suelo en la finca La Molienda.

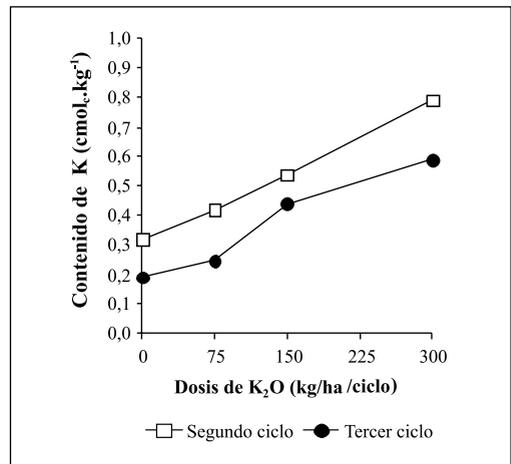


Figura 11. Variaciones en los contenidos de potasio en el suelo en función de la fertilización potásica en la finca La Molienda.

mismo e inversamente con las fertilizaciones nitrogenadas. Una tendencia similar fue reportada por Sadeghian (12), quien asocia las pérdidas de K vía aplicación de urea a la acidez generada en la nitrificación del amonio-NH₄⁺, la competencia del NH₄⁺ en el complejo de cambio, la menor selectividad por el K frente a otros cationes intercambiables de mayor valencia y la alta solubilidad de la fuente empleada (KCl).

En las dos localidades los niveles de P se redujeron con respecto a sus valores iniciales (Tabla 1), pero su rango siempre se conservó alto, como consecuencia de la residualidad de las fertilizaciones fosfóricas empleadas antes de iniciar este estudio (Figuras 12 y 13).

Las dosis crecientes de N contribuyeron al aumento de la acidez del suelo (reducción del pH y al incremento de Al³⁺), y la subsecuente pérdida de Ca²⁺ y Mg²⁺ (Tabla 6). Este comportamiento coincide con lo reportado por Valencia (13), quien después de analizar pares de muestras provenientes de un mismo cafetal, y de las cuales una correspondía a la zona fertilizada y la otra a la calle, encontró que la muestra de la zona fertilizada presentaba pH más bajo, menos Ca²⁺ y Mg²⁺, y más Al³⁺, lo que corrobora lo reportado por López (10), quien halló que la aplicación de fertilizantes nitrogenados conlleva al empobrecimiento del suelo en la zona cafetera colombiana.

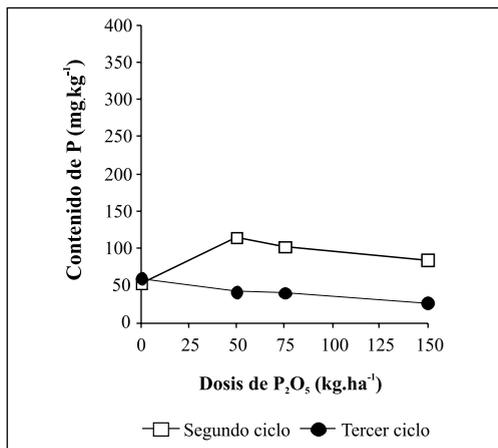


Figura 12. Variaciones en los contenidos de fósforo en el suelo en función de la fertilización con este elemento en la finca La Marina.

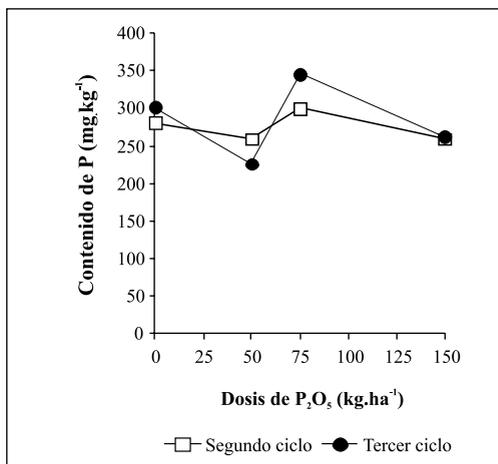


Figura 13. Variaciones en los contenidos de fósforo en el suelo en función de la fertilización con este elemento en la finca La Molienda.

Tabla 6. Cambios en la acidez del suelo y en los contenidos de calcio y magnesio en respuesta a dosis crecientes de nitrógeno en las fincas La Marina y La Molienda*.

Dosis de N (kg.ha ⁻¹ por ciclo)	Finca La Marina				Finca La Molienda			
	Ca	Mg	Al	pH	Ca	Mg	Al	pH
	(cmol _c .kg ⁻¹)				(cmol _c .kg ⁻¹)			
0	4,2	0,6	0,6	5,4	3,0	0,6	0,4	5,6
75	5,8	1,0	0,3	5,5	2,2	0,4	0,6	5,4
150	3,8	0,5	1,0	5,1	1,7	0,3	1,1	5,1
300	2,6	0,3	1,1	4,8	1,6	0,3	1,1	5,0

* Resultados de los análisis realizados al finalizar el tercer ciclo de evaluación

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos a la empresa Erupción S.A, en especial a los Ingenieros Ramiro Salazar y Gerardo Marín, a los propietarios de las fincas La Marina y La Molienda, al señor Fernando Giraldo, y a los Ingenieros Alveiro Salamanca y Hernán González.

LITERATURA CITADA

1. CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL – CCI. Bogotá (Colombia). Alternativas para diversificación del campo: El caso del espárrago. *Exótica (Colombia)* 1(1): 7–14. 1997.
2. CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL – CCI. Bogotá (Colombia). Espárrago. *Inteligencia de Mercados (Colombia)* No. 11:1–12. 2001.
3. DOUGLAS, J.A.; FOLLET, J.M. The fertilizer requirement of Asparagus on an allophanic clay based volcanic ash soil. *Acta Horticulturae (Nueva Zelanda)* No.415:355–364. 1996.
4. ESPINOSA, J. Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica. *Informaciones Agronómicas* 55:5–8. 2004.
5. GUERRERO R., R. Fundamentos técnicos para la fertilización de cultivos. *Fertilidad de Suelos. Diagnostico y control.* Bogotá (Colombia). In: SILVA M., F. (Ed.). *Fertilidad de suelos; diagnóstico y control.* Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1994. P. 248–281.
6. GUZMÁN R., B.; ECHAVARRÍA U., C.; VÁSQUEZ C., M. Guía para el cultivo del Espárrago. Bogotá (Colombia), PROEXPO, FEDERACAFÉ, 1985. 71 p.
7. HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. *Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management.* 6. ed. Upper Saddle River (Estados Unidos), Prentice Hall, 1999. 499 p.
8. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO–ICA. TIBAITATÁ. COLOMBIA. *Fertilización en diversos cultivos.* 5a. ed. Tibaitatá, ICA, 1992. 64 p.
9. INFOAGRO. El cultivo del espárrago verde. (Online) http://www.infoagro.com/hortalizas/esparrago_verde.htm (Consultado Septiembre de 2004).
10. LÓPEZ A., M. Problemas de fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. *Cenicafé* 20(2):55–67. 1969.
11. PRASAD, R.; POWER, F.J. *Soil fertility management for sustainable agriculture.* Boca Raton, CRC Lewis Publishers, 1997. 356p.
12. SADEGHIAN K., S. Calibración de análisis de suelo para N P K y Mg en cafetales al sol y bajo semisombra. *Cenicafé* 60(1):7–24. 2009.
13. VALENCIA A., G. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Chinchiná, *Cenicafé–Agroinsumos del Café*, 1999. 94 p.