

CALIBRACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS PARA POTASIO EN CAFÉ A PARTIR DE RESULTADOS OBTENIDOS EN UNA LOCALIDAD

Siavosh Sadeghian Khalajabadi¹ y Víctor Hugo Álvarez Venegas²

Introducción

El potasio (K), junto con el nitrógeno (N), constituyen los dos nutrientes de mayor demanda por el cultivo de café. Bajo condiciones de la zona cafetera central de Colombia, una planta extrae cerca de 130 g de K durante 5.5 años después de la siembra; cantidad que equivale a 508 kg ha⁻¹ de este elemento (Riaño et al., 2003). Parte de esta cantidad retorna al suelo en forma de hojas, raíces y tallos, pero otra parte se exporta a través de la cosecha. De acuerdo a Sadeghian et al. (2006), por cada 1000 kg de café almendra, equivalentes a 5625 kg de café cereza, se extraen 37 kg de K; por lo tanto, en las plantaciones adensadas y a plena exposición solar, donde la producción es alta (5000 kg de café pergamino seco), se exportan anualmente 180 kg de K₂O por ha. Para suplir las anteriores exigencias, muchos caficultores aplican más de 300 kg de K₂O ha⁻¹ año⁻¹, cantidad que puede resultar elevada cuando el suelo cuenta con suficientes reservas; de allí que se sugiere ajustar los planes de fertilización con base en los resultados de los análisis de suelos. Para generar las anteriores recomendaciones, se desarrollan investigaciones específicas en varias localidades de una región o país (se recomienda más de 20 sitios), contrastantes en su fertilidad, con el fin de calibrar la respuesta del cultivo con respecto al contenido del elemento en el suelo (Nelson, 1999). Dichos estudios son costosos y tienden a ser generales, razón por la cual Álvarez (1996) propone una nueva metodología para calibrar los análisis de suelos, partiendo de los resultados obtenidos en un solo sitio. Este procedimiento, desarrollado en la Universidad Federal de Viçosa (Minas Gerais, Brasil), permite definir los rangos de fertilidad y generar las respectivas recomendaciones de fertilizantes.

El propósito de este trabajo consistió en calibrar el análisis de suelos para K en café a partir de resultados obtenidos en una localidad.

Materiales y métodos

Para cumplir con el objetivo propuesto, se utilizaron parte de los resultados de una investigación en la que se determinó la respuesta de café a la fertilización con K. Este experimento se llevó a cabo durante los años 2000 y 2004 en la finca La Siria, ubicada en el municipio de Quimbaya (departamento de Quindío), a 1400 m.s.n.m. y 2400 mm de lluvia por año. Los tratamientos consistieron en cuatro dosis de K (0, 100, 200 y 400 kg de K₂O ha⁻¹ año⁻¹), suministradas como KCl (60% de K₂O) en los meses de febrero y agosto, junto con el N (240 kg ha⁻¹ año⁻¹) y el P (80 kg de P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹). Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Cada parcela experimental estaba conformada por 60 plantas de café Variedad Colombia (32 efectivas y 28 bordes), las cuales habían sido sembradas a 1 m x 1 m en el año 1998. El suelo de la finca correspondió a la unidad cartográfica Montenegro,

clasificado como un Fulvudand con los siguientes atributos en los primeros 20 cm de profundidad al iniciar el experimento: pH 4.63, C orgánico 70 g kg⁻¹, K 0.51 cmol_c kg⁻¹, Ca 2.1 cmol_c kg⁻¹, Mg 0.9 cmol_c kg⁻¹, Al 0.9 cmol_c kg⁻¹, S 28.3 mg kg⁻¹, P 17.9 mg kg⁻¹ y textura FA. Se recolectó el café cereza en cada uno de los pases a través de tiempo y se totalizó la producción por año. Para valorar el efecto de los tratamientos sobre el contenido de K en el suelo, se tomaron muestras por parcela experimental seis meses después de haber realizado por última vez la aplicación de los tratamientos (febrero de 2004); asimismo, durante el año 2003 se analizó la concentración foliar de K durante la cosecha.

Para la calibración se utilizó la metodología propuesta por Álvarez (1996). Inicialmente se corroboró, mediante el análisis de varianza, el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta (producción de café, contenido de K en el suelo – extraído con acetato de amonio 1 N pH 7.0 – y concentración de K en hojas); posteriormente, se generaron las ecuaciones de regresión para dichas variables en función de las dosis aplicadas, corroborando la significancia de los parámetros de cada modelo. Se calculó la dosis de K para la máxima producción (óptimo biológico) y el óptimo económico, y se determinó el nivel crítico de K a partir de cada uno de estos valores.

Se calculó el rendimiento relativo (RR) para cada dosis de K, a partir de la ecuación de producción en función de la cantidad aplicada, mediante la siguiente fórmula:

$$RR (\%) = \frac{\text{Producción con dosis } X_i}{\text{Producción máxima}} \times 100$$

Se expresó el RR de cada dosis en función del respectivo contenido de K en el suelo (datos obtenidos a partir de la ecuación de regresión), con el fin de generar un modelo, a partir del cual se establecieron las clases de fertilidad y los

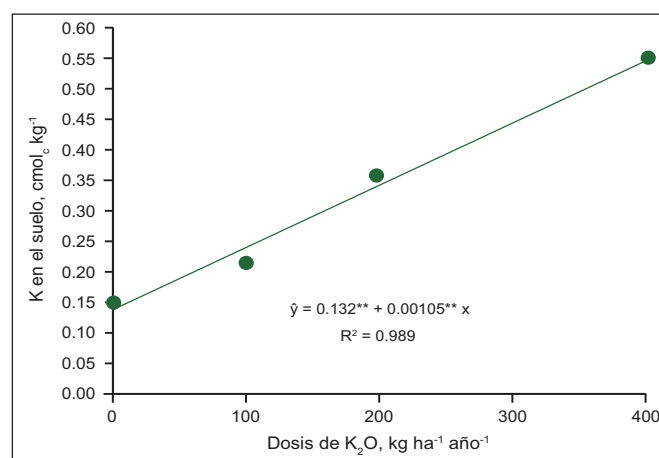


Figura 1. Contenido de K en el suelo, en respuesta a las dosis de K.

¹ Investigador. Disciplina de Suelos, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Colombia. Correo electrónico: siavosh.sadeghian@cafedecolombia.com

² Investigador. Departamento de Suelos, Universidad Federal de Viçosa, MG, Brasil. Correo electrónico: vhav@ufv.br

respectivos rangos, de acuerdo a lo sugerido por Havlin et al. (1999). Por último, se calcularon las dosis recomendadas a partir del tenor de K disponible en el suelo y la pendiente de la recta de recuperación del K por el método de análisis (K recuperado/K₂O adicionado), así:

$$\text{Dosis recomendada} = \frac{\text{Nivel crítico de K} - \text{K disponible}}{\text{Tasa de recuperación de K}}$$

Adicionalmente, se generó una ecuación para expresar de forma continua la dosis de K en función de su contenido en el suelo.

Resultados y discusión

En el tratamiento testigo, el contenido de K en el suelo se redujo en 0.36 cmol_c kg⁻¹ luego de cuatro años, pues pasó de 0.51 cmol_c kg⁻¹ a 0.15 cmol_c kg⁻¹. A partir de este punto, y con la aplicación de los tratamientos, los contenidos de K se incrementaron de manera lineal conforme a las dosis suministradas (Figura 1), hasta alcanzar niveles superiores a los detectados al iniciar el estudio (0.55 cmol_c kg⁻¹); en este sentido, por cada 100 kg de K₂O ha⁻¹ año⁻¹, el tenor de K se incrementó en 0.105 cmol_c kg⁻¹.

Durante los dos primeros años no se registró efecto significativo de la aplicación de K en la producción de café, tendencia que se modificó para los dos periodos siguientes y el acumulado de los cuatro ciclos productivos (Tabla 1). La falta de respuesta inicial a los tratamientos se relacionó con los altos contenidos de K en el suelo al comenzar el estudio (0.51 cmol_c kg⁻¹).

Para el promedio de la producción de café pergamino seco (c.p.s.), el comportamiento de la respuesta a la fertilización potásica, se ajustó a un modelo cuadrático (Figura 2). De acuerdo a la ecuación de regresión, el punto de máxima producción (5949.5 c.p.s.) se logró con la aplicación de 272.7 kg de K₂O ha⁻¹ año⁻¹, y el óptimo económico (5946.6 kg de c.p.s.) con 259.3 kg de K₂O ha⁻¹ año⁻¹†. Duque y Mestre (1999) justifican la poca diferencia entre los óptimos físicos y económicos en café con el hecho que la relación entre el precio del fertilizante y el del café es muy pequeña (0.226 con precios de 1999); aclarando que esta situación normalmente no se observa en la agricultura.

Al sustituir la dosis óptima para alcanzar la máxima producción (272.7) en la ecuación del tenor de K en función

de las dosis adicionadas ($\hat{y} = 0.132 + 0.00105 \times 272.7$), se encontró un nivel crítico para K de 0.42 cmol_c kg⁻¹. Cuando se realizó el mismo procedimiento con la dosis óptima económica (259.3), el nivel crítico fue 0.40 cmol_c kg⁻¹. En este caso los valores obtenidos son similares, lo cual se debe a la poca diferencia entre las anteriores dosis óptimas; sin embargo, ante otro escenario de precios para café y/o fertilizante, es posible hallar una mayor brecha entre estos niveles críticos. Por lo anterior, surge la duda si se debería modificar el nivel crítico a través del tiempo por las variaciones en los precios de los productos, o si más bien

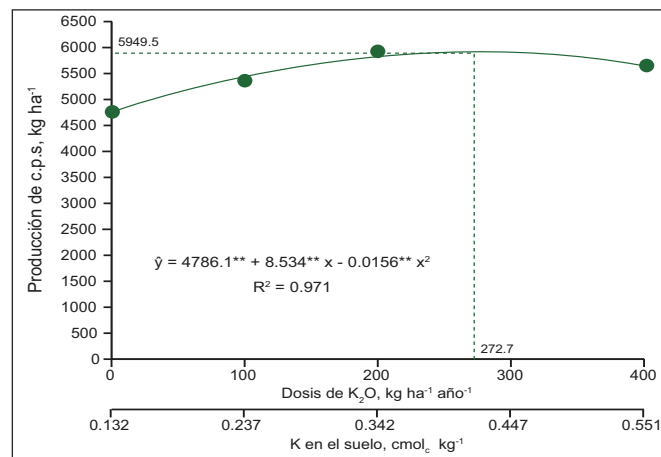


Figura 2. Producción de (c.p.s.), en respuesta a la fertilización con K.

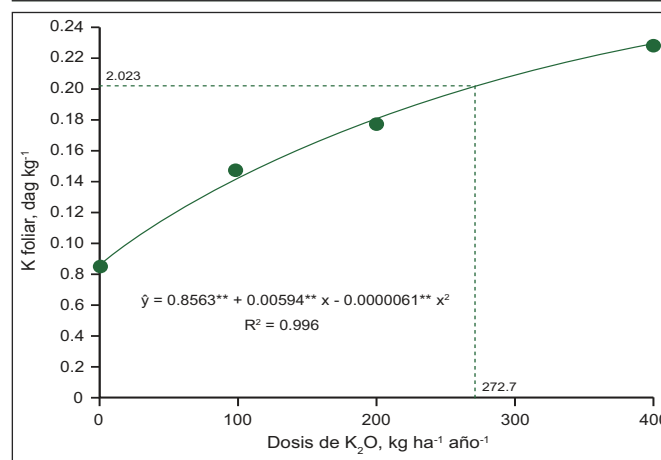


Figura 3. Concentración foliar de K en función del suministro de K.

Tabla 1. Producción de café pergamino seco*, en respuesta a la fertilización con dosis crecientes de K.

Dosis de K ₂ O	---- Año 2001 ----		---- Año 2002 ----		---- Año 2003 ----		---- Año 2004 ----		--- Acumulado ---	
	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV
kg ha ⁻¹ año ⁻¹	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
0	209	28	7937	11	7496	16	3666	40	19 308	16
100	263	30	8268	7	8532	5	4432	11	21 496	4
200	242	29	8734	4	9894	5	4924	8	23 794	4
400	291	41	8578	12	9170	12	4690	9	22 728	9

* Se calculó con base en el promedio del factor de conversión 1:4.5 de café cereza: c.p.s., obtenido en el estudio.
CV: coeficiente de variación.

† Cálculo obtenido para los siguientes precios: kg de K₂O = \$ 2333 (1.2 dólares) y kg de c.p.s. = \$ 5600 (2.8 dólares).

Tabla 2. Dosis recomendadas de K, según valores promedios de K en el suelo para cada clase de fertilidad.

RR	Clase	Límite de clase	Valor promedio	Dosis recomendada
%		----- cmol _c kg ⁻¹ -----		kg de K ₂ O ha ⁻¹ año ⁻¹
< 70	Baja	< 0.10	0.05	351
70 - 90	Media	0.10 - 0.20	0.15	256
90 - 100	Alta	0.21 - 0.40	0.30	113
> 100	Muy alta	> 0.40	> 0.40	< 17

cafeteros de Colombia, en donde se ha evaluado el efecto de K en la producción. En general, los rangos encontrados en este trabajo coinciden con los obtenidos en un estudio reciente de calibración, desarrollado por Sadeghian (2009) en 32 localidades de la zona cafetera de Colombia, en el cual se encontró un nivel crítico para K de 0.20 cmol_c kg⁻¹ (RR = 90%), y un nivel de suficiencia de 0.48 cmol_c kg⁻¹ (RR = 100%).

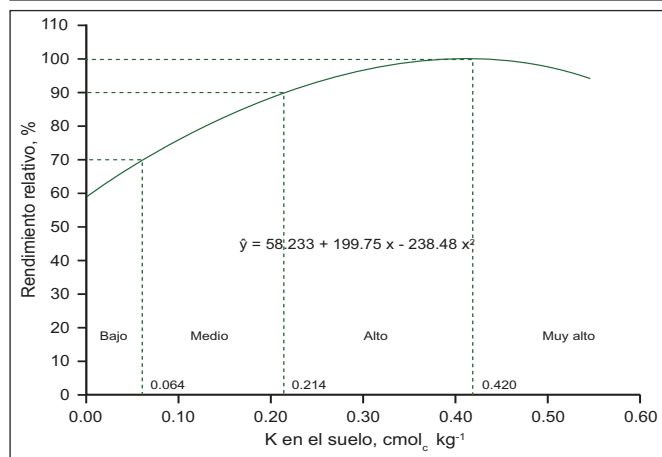


Figura 4. Rendimiento relativo en función del contenido de K en el suelo.

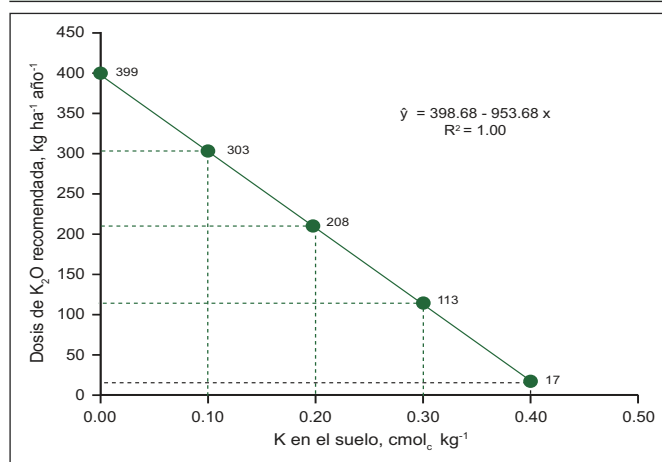


Figura 5. Dosis recomendadas de K (K₂O) en función del contenido de K en el suelo.

considerar este parámetro fijo, como lo fue concebido inicialmente.

La concentración foliar de K se incrementó significativamente en respuesta a las dosis aplicadas, comportamiento que se ajustó a una tendencia cuadrática (Figura 3). El nivel crítico de K en las hojas fue de 2.023 dag kg⁻¹, valor que se obtuvo al sustituir 272.7 en la ecuación correspondiente ($\hat{y} = 0.8563 + 0.00594 x - 0.0000061 x^2$).

En la Figura 4 se presenta el rendimiento relativo (RR) en función del contenido de K en el suelo. Como se puede observar, no fue posible delimitar la clase “muy baja”, pues no se obtuvieron valores de RR inferiores a 50%; comportamiento que es muy frecuente en la mayoría de los suelos

Por último, se generó la ecuación que expresa las dosis recomendadas de K en función de su contenido en el suelo (Figura 5), de acuerdo al cual se puede definir las cantidades a aplicar de manera continua. La información anterior se puede presentar de forma aproximada; procedimiento que tiene su justificación en los intervalos de confianza que acompañan todos los valores estimados (Álvarez, 1994); por lo tanto, se calcularon las dosis K, según sus valores promedios en el suelo para cada clase de fertilidad (Tabla 2).

Conclusiones y recomendaciones

La metodología empleada resulta útil para generar información sobre la fertilidad del suelo en sitios específicos y permite estimar, de una manera relativamente sencilla, las recomendaciones concernientes a las dosis de fertilizantes.

La respuesta del café al suministro de K guarda una relación estrecha con sus contenidos en el suelo; en este sentido, es posible que la producción no se afecte después de uno o dos años de haber suspendido la fertilización, siempre y cuando sus contenidos en el suelo sean altos.

Bibliografía

Álvarez, V.H. 1996. Correlação e Calibração de métodos de análise de solos. In: Álvarez, V.H., L.E.F. Fontes, & M.P.F. Fontes, eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS. pp. 615- 646.

Duque, H., y A. Mestre. 1999. Óptimos económicos en la respuesta del café a la fertilización. Avances Técnicos Cenicafé. No. 270:1-4.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, y W.L. Nelson. 1999. Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management. 6. ed. Upper Saddle River (Estados Unidos), Prentice Hall. 499 p.

Nelson, L. 1999. Estadística en la investigación del uso de fertilizantes. Ottawa, INPOFOS, 66 p.

Riaño, N.M., J. Arcila, A. Jaramillo, y B. Chaves. 2004. Acumulación de materia seca y extracción de nutrientes por *Coffea arabica* L. cv. Colombia en tres localidades de la zona cafetera central. Cenicafé, 55(4):265-276.

Sadeghian, S., B. Mejia, y J.Arcila. 2006. Composición elemental de frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha en la zona cafetera de Colombia. Cenicafé, 57(4):251-261.

Sadeghian, S. 2009. Calibración de análisis de suelo para N P K y Mg en cafetales al sol y bajo semisombra. Cenicafé 60(1):7-24. □