

EVALUACIÓN TEMPRANA DE LA DEFICIENCIA DEL NITRÓGENO EN CAFÉ Y APLICACIONES

El Nitrógeno (N) es uno de los nutrientes que más limita la producción de los cultivos, debido a que junto con el potasio son los elementos de mayor nivel de demanda por unidad de materia seca de los cultivos (3). En el fruto de café (almendra + pulpa + pergamino + mucílago), la concentración de N es del 30,94% (11), y hasta los 650 días después de siembra la absorción varía entre 8,55 a 19,36 g/planta (10).

La eficiencia en el uso de fertilizantes es alrededor del 50% o menos, debido a factores como lixiviación, desnitrificación, pérdidas por erosión y escorrentía (8); en café se ha estimado que la pérdida de N, solo por volatilización después de aplicación de urea, varía entre 30% y 35% (4), mientras que su pérdida por percolación varía entre 23% y 42%, dependiendo de la unidad de suelo (1).





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Víctor Hugo Ramírez-Builes

Investigador Científico II
Disciplina Fitotecnia

Argemiro Miguel Moreno-Berrocal

Investigador Científico II
Disciplina Fitotecnia

Juan Carlos López-Ruiz

Asistente de Investigación
Disciplina Fisiología

Centro Nacional de Investigaciones
de Café, Cenicafé. Manizales,
Caldas, Colombia.

Edición:

Sandra Milena Marín López

Fotografías:

Gonzalo Hoyos Salazar

Diagramación:

María del Rosario Rodríguez L.

Imprenta:

ISSN - 0120 - 0178

<https://doi.org/10.38141/10779/0420>

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.

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

La producción cafetera, al igual que otros renglones de la agricultura, es muy sensible a cambios en el precio de los fertilizantes, un ejemplo de ello se observó en el año 2008, época en la que los fertilizantes tuvieron alzas hasta del 336% (14), lo que condujo a una caída de las ventas de fertilizantes en el sector cafetero de 330.253 toneladas en el año 2007 a 234.610 toneladas en el año 2008¹.

De igual manera, uno de los retos de la agricultura en este siglo es reducir la contaminación ambiental, donde la agricultura contribuye con cerca del 60% del total de emisiones antropogénicas de óxido nítrico o nitrito (N_2O), considerado como un potente gas de efecto invernadero (15).

Los factores mencionados anteriormente han motivado el estudio, evaluación y desarrollo de nuevas técnicas que ayuden a hacer más eficiente el uso de los fertilizantes. Dentro de las prácticas que permiten mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) en los cultivos se destacan: i) Ajuste a

las cantidades aplicadas con base en estimaciones precisas de las necesidades del cultivo, por ejemplo, el uso de técnicas de agricultura de precisión y uso de técnicas de diagnóstico apropiadas y evaluadas localmente; ii) Uso de fuentes nitrogenadas de liberación lenta o con inhibidores de nitrificación, las cuales reducen los procesos microbiales que favorecen la formación de N_2O ; iii) Aplicación de N, cuando éste sea menos susceptible a pérdidas, como volatilización, lixiviación y fijación; iv) Aplicación del N de manera precisa en el suelo para que esté sea fácilmente disponible para la planta, entre otras (13).

El propósito de este avance es presentar resultados de investigación que contribuyan a mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno en el cultivo de café en Colombia, a partir de técnicas de agricultura de precisión, y más específicamente, a partir el uso de sensores basados en índices espectrales. Para este caso, se usó el medidor portátil de clorofila o clorofilómetro (SPAD-502; Spectrum Technologies, Figura 1), el cual



Figura 1. Medidor portátil de clorofila o clorofilómetro (SPAD-502; Spectrum Technologies).

¹ Comunicado de prensa, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Enero 21 de 2010.

directamente en el campo, estima una concentración relativa de clorofila, a partir de la transmitancia de la hoja a dos longitudes de onda 650 a 940 nanómetros (7). Como resultado se obtiene una lectura en unidades relativas, que a su vez son proporcionales a la cantidad de clorofila de la hoja y la concentración de N foliar.

El criterio para la detección temprana de deficiencias de N se basa en la relación que existe entre la concentración del elemento en el tejido y el rendimiento o crecimiento del cultivo (16). Entre la zona de deficiencia del elemento y la zona adecuada de su disponibilidad (Figura 2), se ubica la zona de concentración crítica, a partir de la cual no hay respuesta en rendimiento o en el crecimiento, o zona definida como la concentración mínima del nutriente que se correlaciona con el máximo rendimiento o crecimiento.

De la concentración crítica hacia abajo se inicia la fase de deficiencia, y en un punto intermedio entre ésta y la zona de adecuada disponibilidad se ubica la zona marginal, también llamada de “hambre escondida”, donde la reducción en la concentración del nutriente afecta el rendimiento, pero los síntomas de deficiencia no son visibles, de igual forma se presenta una zona marginal en la transición de la zona de adecuada disponibilidad y la zona de toxicidad.

A la zona de toxicidad, se le ha prestado menor atención, pero es igualmente importante porque puede reducir el rendimiento como resultado de un desequilibrio nutricional, sea por una aplicación excesiva o falta de otro elemento.

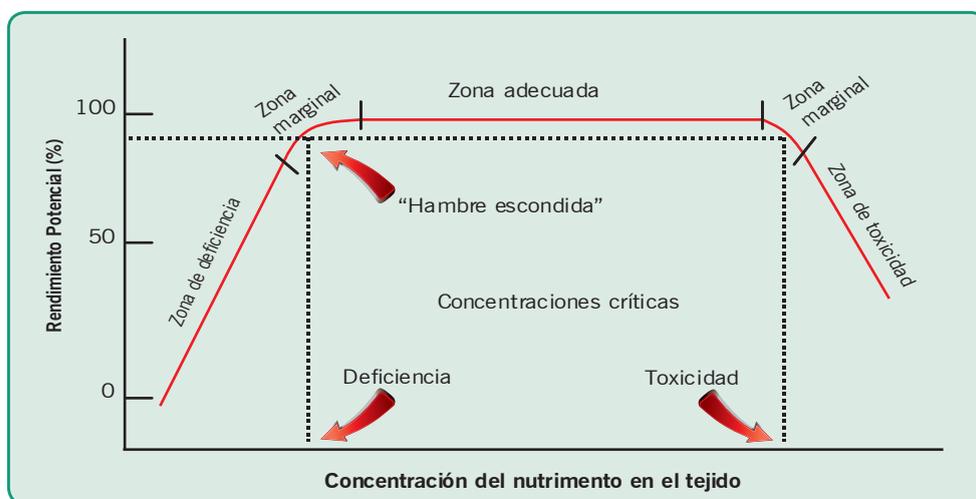


Figura 2. Relación entre el rendimiento o crecimiento y la concentración del nutriente en los tejidos (9, 16).

Métodos

Durante dos años, en el sector de Cenicafé La Granja (Chinchiná, Caldas) y en la Estación Experimental Paraguaicito (Buenavista, Quindío), se desarrollaron diferentes experimentos en donde se sembraron almácigos que contenían suelo y arena, con dosis crecientes de N desde 0% a 150% de la dosis recomendada por planta (12), con el propósito de estimar la correlación entre las lecturas relativas de clorofila obtenida con el sensor portátil de clorofila (SPAD-502) en el campo y los valores determinados en el laboratorio, tanto de clorofila como de N foliar.

De igual manera, se marcaron hojas antes de las aplicaciones de N y se tomaron las lecturas de clorofila varios días después de la fertilización, con el fin de conocer el tiempo de respuesta a la fertilización con N, y definir un criterio para la evaluación de la eficacia de la fertilización nitrogenada en café. La fuente de nitrógeno comercial empleada fue urea (46% N), y la nutrición con los nutrientes restantes fue similar para toda la unidad experimental.

Resultados

Se encontró una relación directa entre las lecturas de clorofila relativa obtenidas con el equipo SPAD-502 y de clorofila total medida en el laboratorio, empleando la metodología descrita por López (5), lo que significa que cada unidad de lectura de clorofila obtenida por el SPAD-502 equivale a 0,0945 mg/L de clorofila total en hojas de café. Los límites de lectura del SPAD-502 obtenidos en el modelo son: inferior 22,5 y superior 73,4 unidades de SPAD-502 (Figura 3).

Se observó una relación directa entre las lecturas de clorofila relativas obtenidas con el SPAD-502 y la concentración de nitrógeno foliar, indicando que cada unidad de lectura de clorofila obtenida por el SPAD-502 es equivalente a 0,045% de nitrógeno total en hojas de café en base seca, y los límites en el modelo para las lecturas de clorofila con el SPAD-502 son: inferior 23 unidades y superior 71 unidades de SPAD-502 (Figura 4).

Aplicaciones prácticas

Detección Temprana de deficiencias de N en café. Una de las aplicaciones prácticas propuestas en este trabajo para el sensor portátil de clorofila (SPAD-502), es la detección temprana de deficiencias de N en café, lo que significa que con este equipo se puede inferir si una planta de café tiene niveles adecuados de nitrógeno, que aseguren su máxima expresión productiva, o si la planta presenta condiciones de deficiencia no detectable de forma visual pero que

pueda convertirse en factor limitante de la producción, estado conocido como de “hambre escondida”. Para café se considera que las lecturas de clorofila con el SPAD-502 que pueden estar indicando el estado de “hambre escondida” y que facilitarían la detección temprana de deficiencia, oscila entre 44 y 60 unidades de clorofila (Figura 5).

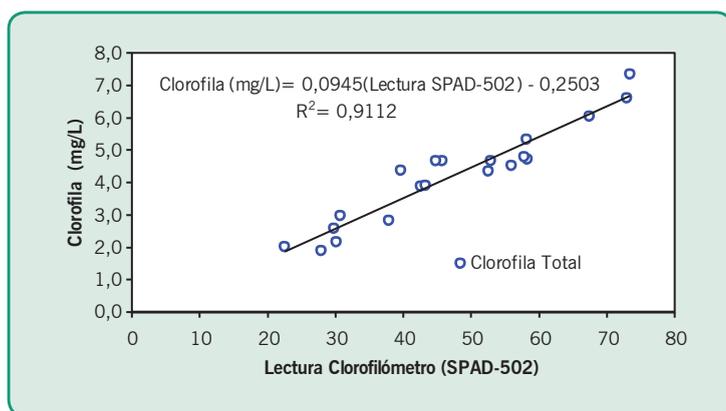
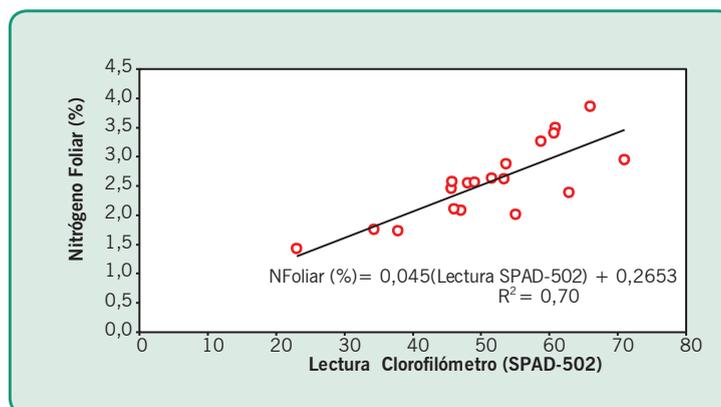


Figura 3. Relación entre el las lecturas obtenidas con el sensor portátil de clorofila o clorofilómetro (SPAD-502) y la medida en laboratorio.

Figura 4. Relación entre las lecturas obtenidas con el sensor portátil de clorofila o clorofilómetro (SPAD-502) y la concentración de nitrógeno foliar en base seca.



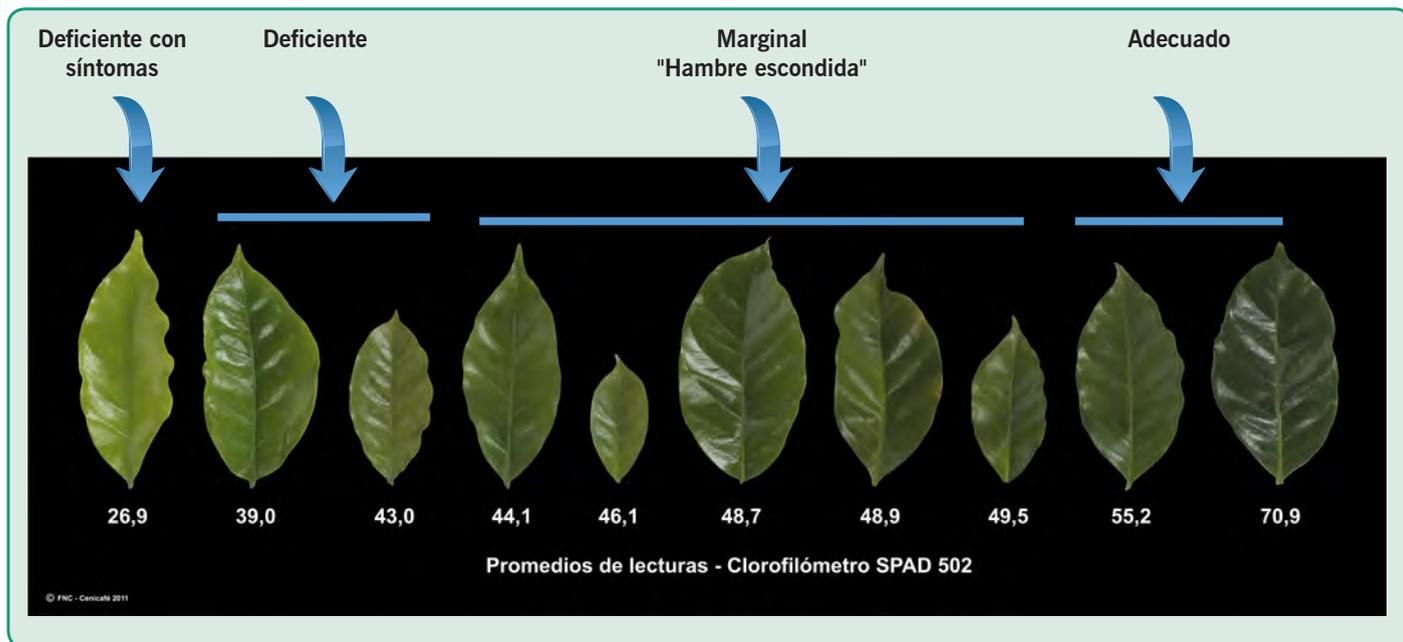


Figura 5. Rangos de color y equivalencia de lecturas de clorofila obtenidas con el equipo (SPAD-502) en hojas de café sometidas a dosis crecientes de N.

De acuerdo a las concentraciones foliares críticas de N en café, reportadas por diferentes autores (2, 6, 9, 17, 18), se propone el siguiente rango de valores de clorofila obtenido con el SPAD-502 (Tabla 1).

Evaluación de la eficacia de la fertilización nitrogenada.

Otra de las aplicaciones potenciales del sensor portátil de clorofila (SPAD-502), es evaluar la eficacia de la fertilización nitrogenada. Se corroboró que el SPAD-502 es útil para evaluar la respuesta a la fertilización con N, en plantas de café sembradas en arena de río lavada y en suelo con materia orgánica (M.O = 8,6% y pH = 4,7), se encontraron diferencias significativas entre dosis crecientes de nitrógeno desde 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 y 15,0 g/planta, con respecto al testigo sin N, para

las plantas establecidas en cada uno de los sustratos evaluados (Tabla 2).

Respecto al tiempo de respuesta, se observa que en suelos pobres (por ejemplo, suelos muy arenosos), la respuesta a la fertilización con N se estabiliza aproximadamente a los 25 días después de la fertilización, mientras que en los suelos orgánicos la respuesta se estabiliza aproximadamente a los 32 días después de la fertilización (Tabla 3), lo anterior significa que la eficacia de la fertilización en café puede medirse en las hojas, entre el tercer y cuarto par de hojas de la rama marcadas (tercer a cuarto par de hojas), entre los 35 y 50 días después de la fertilización.

Tabla 1. Rangos adecuados de N foliar en café y sus equivalentes en clorofila obtenidas con el SPAD-502.

Categoría	Concentración foliar de N (%)	Lecturas de clorofila SPAD-502
Deficiente	<2,2	<43
Marginal	2,2-2,4	44-60
Adecuado	2,5-3,3	60-75

Tabla 2. Comparación entre dosis de N y lecturas con el equipo SPAD-502 en plantas de café sembradas en arena y en suelo.

Tratamiento con urea (g/planta)	Promedio de lectura SPAD en arena	Promedio de lectura SPAD en suelo
0,0	39,55 a	50,56 a
2,5	54,01 c	62,55 d
5,0	62,81 d	60,17 cd
7,5	54,22 c	62,34 d
10,0	51,42 bc	58,26 bc
12,5	47,22 b	55,80 b
15,0	48,95 bc	57,61 bc
DMS	6,11	3,70

Letras diferentes entre promedios indican diferencias estadísticamente significativas (DMS, 5%).

Tabla 3. Variación de la lectura SPAD registrada en hojas de plantas de café de menos de un año de edad cultivadas en arena y suelo.

Días después de la fertilización	Promedio de clorofila con el SPAD - arena	Días después de la Fertilización	Promedio de clorofila con el SPAD - suelo
4	46,64 a	0	48,34 a
11	46,54 ab	8	52,11 b
18	50,72 bc	15	56,51 c
25	55,56 c	22	58,66 c
31	55,37 c	32	62,73 d
46	55,18 c	43	63,84 d
--	--	50	65,09 d
DMS	5,61207	DMS	3,70075

Letras diferentes entre promedios indican diferencias estadísticamente significativas (DMS, 5%-Prueba de Fisher).

Procedimiento para hacer las lecturas con el SPAD-502. Si el objetivo es monitorear el estado de nutrición nitrogenada en el cultivo de café empleando el sensor portátil de clorofila SPAD-502, se recomienda:

- Hacer las lecturas entre el tercer y cuarto par de hojas de la rama
- Dividir la planta en tres tercios y hacer dos lecturas en cada tercio, en lados opuestos
- Las lecturas deben hacerse antes de la fertilización, de cuatro a seis meses antes de cada cosecha y en hojas libres de enfermedades

Si el objetivo es evaluar la eficacia de la fertilización nitrogenada se recomienda:

- Dividir la planta en tres tercios (superior, medio e inferior), tomar una rama de cada tercio y de cada rama tomar entre el tercer y cuarto par de hojas
- Antes de la fertilización o el día de la fertilización tomar lecturas con el SPAD-502, como lectura inicial y marcar las hojas con cinta de color
- Después de los 35 días, y si ha habido buena disponibilidad hídrica, tomar lecturas en los pares de hojas marcadas con la cinta, y evaluar por planta, por surco o por lote, si los niveles de SPAD-502 alcanzan los valores adecuados propuestos en la Tabla 1, en caso contrario puede decirse que la fertilización no fue eficaz, y debería hacerse un refuerzo de lo mismo.



Señor caficultor

La fertilización de los cafetales es importante porque permite mantener un buen estado de nutrición de las plantas, garantiza la formación de tejido nuevo para la siguiente cosecha y el adecuado llenado de los frutos. Fertilizar tres meses antes de la cosecha garantiza un adecuado llenado de los frutos, y permita mantener el potencial productivo del cultivo.

Literatura citada

1. ARIAS, S.E. 2008. Efecto de la textura del suelo sobre las pérdidas por lixiviación de nitrógeno, fósforo, y potasio aplicados en la fertilización. Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Caldas. Manizales. 96p.
2. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ-CENICAFÉ. 2011. Evaluación de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción de café. Informe anual. 147p.
3. IFA-INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION. 1992. World Fertilizer Use. Manual. Editing by: D.J. Halliday & M.E. Trenkel. Germany. 632p.
4. LEAL, V. L.A.; SALAMANCA, J.A.; SADEGHIAN, K. S. 2007. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en cafetales en etapa productiva. *Cenicafé* 58(3): 216-226.
5. LOPEZ, R.J.C. 2009. Estudio de la Eficiencia en el uso del Nitrógeno de *Coffea arabica* L. Tesis de Maestro en sistemas de producción agropecuarias. Universidad de Caldas/Facultad de Ciencias Agropecuarias, Manizales. 87p.
6. MALAVOLTA, E. VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba/POTAFOS. 2 ed. 319p.
7. MINOLTA CAMERA CO.LTD. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction manual. Radiometric Instruments. Division, Osaka, Minolta, p.22
8. NEWBOULD, P. 1989. The use of nitrogen fertilizer in agriculture. Where do we go practically and ecologically?. *Plant Soil*. 115:297-311.
9. REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. 1997. Plant analysis and interpretation manual. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia. 572p.
10. RIAÑO, H.N.M.; ARCILA, P.J.; JARAMILLO, R.A.; CHAVES, C.B. 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.
11. SADEGHIAN, K. S.; MEJÍA M., B.; ARCILA, P.J. 2007. Composición elemental de los frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha. *Avances Técnicos Cenicafé* No 364. 8p.
12. SADEGHIAN, K. S. 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía práctica. *Cenicafé, Boletín Técnico* No 32. 43p.

- 13.SAMBORSKI, S.M.; TREMBLAY, N.; FALLON, E. 2009. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agronomy Journal* 101(4):800-816.
- 14.SISEMA DE INFORMACIÓN DE PRECIOS DEL SECTOR AGROPECUARIO-SIPSA. Fósforo ¿Qué está pasando en el mundo?. Boletín Mensual. No 9 Vol.7.39p.
- 15.SMITH, P., D. MARTINO, Z. CAI, D. GWARY, H. JANZEN, P. KUMAR, B. MCCARL, S. OGLE, F. O'MARA, C. RICE, B. SCHOLE, O. SIROTENKO, 2007: Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 16.TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1998. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc., Publisher. Sunderland, Massachusetts. Second Edition. 792p.
- 17.VALENCIA, A.G.; ARCILA, P.J. 1977. Efecto de la fertilización con N, P, K en tres niveles de composición mineral de las hojas del café. *Cenicafé*. 28(4):119-138.
- 18.VALENCIA, A.G. 1999. *Fisiología, Nutrición y Fertilización del café*. Chinchiná (Colombia), Agrosumos del café S.A-CENICAFÉ. 94p.

