

## NOTA TECNICA

# DEGRADACION QUIMICA Y ENCALADO DE SUELOS

Germán Valencia-Aristizábal\*

---

### RESUMEN

Valencia A., G. Degradación química y encalado de suelos. *Cenicafé (Colombia)* 40(2): 54-62. 1989.

Se condensa la abundante y valiosa información que en Colombia existe sobre pérdidas de productividad de los suelos de la zona cafetera y las oportunidades que se tienen de conservarla o de recuperarla. Con resultados experimentales se ilustran las pérdidas de nutrimentos por escorrentía, por lixiviación, por el uso de fertilizantes químicos y los cambios que estos últimos provocan en el suelo; se muestran resultados de la influencia de estos cambios en la producción de café y en la planta misma, así como de los beneficios obtenidos con el uso de cal agrícola en la recuperación de la condición química del suelo para una óptima nutrición y producción de café.

**Palabras claves:** Fertilidad de suelos, productividad del suelo, fertilización del cafeto, encalado, Colombia.

---

### ABSTRACT

The abundant and valuable information existing in Colombia on the loss of productivity of the soils in the coffee zone, and the opportunities which these are for conservation and regeneration of the soils has been reviewed. The experimental results illustrate the loss of nutrients by runoff, by leaching and by the use of chemical fertilizers, and the changes that these ultimates bring about in the soil; the results show the influence of these changes on the production of coffee and on the plant itself, as well as the benefits obtained with the use of agricultural lime in the recuperation of the chemical condition of the soil, for optimum nutrition and production of coffee.

**Keywords:** Soil fertility, soil productivity, fertilizers for coffee, liming, Colombia.

---

\* Investigador Principal I. Química Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

En Colombia existe una importante aunque dispersa información sobre las pérdidas de productividad de los suelos, las cuales ocurren debido principalmente a la cantidad e intensidad de las lluvias, a la naturaleza química y física del suelo, a la utilización de nutrimentos por los cultivos y al uso de productos químicos. Este trabajo tiene como objetivo condensar dicha información y complementarla con aquella referente a las oportunidades que aún se tienen de conservar o de recuperar la fertilidad de los suelos.

**Fertilidad natural:** Por regla general, el suelo posee casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan y que provienen de las rocas que lo originan. En la fase sólida los nutrimentos se encuentran en formas no disponibles, pero por meteorización o mineralización se restituyen a la fase cambiante y a la solución del suelo, de donde son constantemente removidos por los cultivos. En esta solución la concentración iónica es muy pequeña y los nutrimentos tienden a agotarse con rapidez; se produce entonces un reabastecimiento nutricional desde la fase cambiante.

Sin embargo, después de un tiempo de cultivo, algunos nutrimentos aparecerán en cantidades insuficientes debido principalmente a la escorrentía, a la lixiviación y a la extracción por las cosechas, por lo tanto, habrá necesidad de emplear fertilizantes y/o enmiendas, de acuerdo con lo determinado en los análisis químicos de suelos y los requerimientos del cultivo.

**Pérdida de productividad:** La pérdida de productividad de los suelos como consecuencia de la erosión, ocurre principalmente por escorrentía (arrastre) o por lixiviación de elementos nutritivos y por disminución del espesor de la capa superficial del terreno (5).

En la Figura 1 se aprecia la escala de pérdida de cada uno de los nutrimentos y de

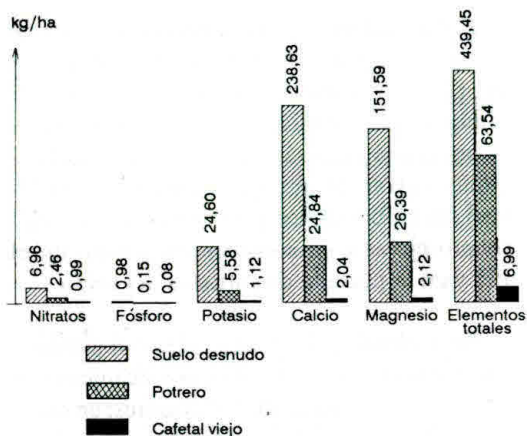


Figura 1. Pérdidas de los nutrimentos de un suelo coluvial, según la cubierta vegetal presente y en suelo desnudo. kg/ha. Suarez y Rodríguez (10)

los elementos totales por escorrentía, según la protección dada al suelo.

En la Figura 2 aparecen las pérdidas de nutrimentos por la acción de aguas de percolación (lixiviación) en un suelo coluvial protegido y otro desnudo.

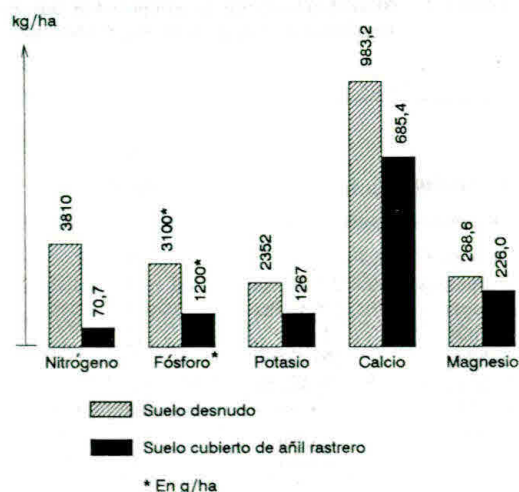


Figura 2. Promedio anual de las pérdidas de elementos nutritivos para las plantas, en aguas de percolación. Suarez y Rodríguez (10).

**Fertilización** Debido a las condiciones de alta pluviosidad en la zona cafetera se provocan pérdidas de nitratos por lixiviación y debido también a las pérdidas de suelo por erosión, es necesario efectuar frecuentemente aplicaciones extras de nitrógeno en algunos cultivos; sin embargo, los portadores de este elemento ejercen un considerable efecto en el pH y en la pérdida de cationes del suelo.

En Colombia, López (8) observó cambios químicos en suelos de cenizas volcánicas con aplicaciones masivas de fertilizantes; en suelo desnudo el ión amonio mostró un alto poder de desplazamiento de los cationes Ca-Mg-K, aunque se presentaron pocos cambios de pH por la alta capacidad buffer de los suelos (Tabla 1).

Chica y Lotero (4) estudiaron el efecto de dosis y fuentes de N sobre el pH del suelo, en suelo aluvial franco arenoso. Usaron nitrato de sodio, sulfato de amonio y úrea en dosis de 0 - 50 - 100 - 150 - 200 kg/ha. Las muestras de suelos se tomaron a profundidades de 5 cm

hasta llegar a 60 cm. Después de 4 años de tratamientos se habían aplicado 0 - 1.050 - 2.100 - 3.150 y 4.200 kg/ha.

Se encontró que el pH del suelo aumentaba con la profundidad y tendía a estabilizarse entre los 20 y 40 cm.

El nitrato de sodio aumentó el pH en forma proporcional a la cantidad aplicada, mientras que la úrea y el sulfato de amonio lo disminuyeron, especialmente el sulfato.

pH original	6,00
pH con nitrato de sodio	6,97
pH con úrea	5,68
pH con sulfato de amonio	4,93

Lotero y Monsalve (9) en suelo aluvial franco arenoso, con pasto pangola estudiaron nitrato de sodio (16% de N), sulfato de amonio (21% de N), y úrea (45% de N) en dosis de N de 0 - 50 - 100 - 150 - 200 kg/ha, aplicados después de cada corte.

TABLA 1. Modificaciones en la composición química de suelos después de ocho meses de la aplicación de fertilizantes. López, A.M. (8). CENICAFE.

Tratamientos*	P (ppm)	pH	me/100 g de suelo		
			Ca	Mg	K
Testigo	9	6,0	2,7	1,5	0,26
P-Thomas 200 kg/ha	14	5,9	4,4	2,1	-
P-super 200 kg/ha	15	6,2	1,6	1,3	0,10
12-6-24 4 t/ha	10	6,1	2,5	1,4	0,48
N-NH <sub>4</sub> 200 kg/ha	-	5,5	0,6	0,2	0,06
N-NO <sub>3</sub> 200 kg/ha	-	6,0	1,3	0,8	-
CaCO <sub>3</sub> 2 t/ha	-	6,1	6,6	2,0	-
MgCO <sub>3</sub> 2 t/ha	-	6,1	2,4	4,8	-
K <sub>2</sub> O 2 t/ha	-	5,8	2,9	2,6	0,60

\*Tratamientos en suelo desnudo. Muestras a 10 cm de profundidad.

Las parcelas recibieron, por hectárea y después de cada cinco cortes, 100 g de  $P_2O_5$  como superfosfato y 50 kg de  $K_2O$  como cloruro de potasio. El experimento se llevó durante 5 años (25 cortes). Al finalizar el experimento las parcelas habían recibido 0 - 1.250 - 2.500 - 3.750 y 5.000 kg de N/ha. Los resultados se presentan resumidos en las Tablas 2 y 3.

No hubo cambios en los contenidos de materia orgánica, de nitrógeno, de fósforo aprovechable, de CIC ni de potasio intercambiable. Desde el punto de vista de la conservación de la fertilidad del suelo y de sus propiedades químicas, la úrea dio los mejores resultados.

El cultivo del café sin sombra se inició en Colombia en 1958 y desde entonces se ha aumentado el área así cultivada hasta representar en 1989 un 58,6% (636.386 ha) del total cultivado.

En esas condiciones el cultivo exige una apreciable aplicación del fertilizante (1,4 t/ha/año) debido a la mayor demanda de nutrientes por la planta, especialmente nitrógeno y potasio.

Un resumen de los resultados obtenidos por Valencia *et al* (11), en un estudio con

TABLA 2. Cambios químicos provocados en el suelo por fuentes de nitrógeno. Resultados promedios. Lotero y Monsalve (9).

Tratamientos (Fuentes de N)	pH	me/100 g de suelo		
		Ca	Mg	K
Nitrato de sodio	6,4	4,68	1,17	0,27
Urea	5,1	4,29	1,66	0,70
Sulfato de amonio	4,5	2,37	0,68	2,71
Testigo	5,7	3,99	1,61	0,20

TABLA 3. Cambios químicos provocados por diferentes dosis de N. Resultados promedios. Lotero y Monsalve (9).

Tratamientos (Dosis de N kg/ha)	pH	me/100 g de suelo		
		Ca	Mg	K
0	5,5	4,55	2,02	0,39
1250	5,4	4,34	1,71	0,67
2500	5,3	3,67	1,37	1,39
3750	5,3	3,35	1,06	1,79
5000	5,1	2,98	1,17	1,89

cuatro plantas de café en macetas de 25 litros de capacidad, en los que se aplicaron 168 gramos de nitrógeno por año, suministrado como sulfato de amonio, nitrato de amonio y fertilizante completo de fórmula 12-12-17-2, se presenta a continuación.

El estudio se hizo en cuatro suelos de la zona cafetera con pH de 4,8 a 5,5, dos de ellos derivados de cenizas volcánicas y dos provenientes de rocas sedimentarias. Después de dos años de aplicación de tratamientos se sembraron plántulas de variedad Caturra y cuando cumplieron un año de sembradas, se tomaron muestras de suelos y de hojas para análisis químicos.

En los análisis químicos, al comparar el testigo con los demás tratamientos, se observó un cambio drástico en las condiciones químicas y de fertilidad en los suelos. El pH disminuyó en más de una unidad en todos los suelos. El cambio con el sulfato fue mayor que con el nitrato, y con éste, mayor que con el fertilizante completo.

Se considera que la aplicación de sulfato de amonio al suelo da lugar a un aumento de la acidez, debido a que algunos de los iones amonio son absorbidos por las plantas y el

exceso de iones sulfato forma ácido sulfúrico en el suelo, o porque algunos de los iones de amonio desplazan las bases y otros se convierten en ácido nítrico, que a su vez neutraliza parcialmente el Ca del suelo.

El Al intercambiable se incrementó significativamente con la aplicación de los sulfatos y de los nitratos. Fue mayor con el sulfato, lo que está de acuerdo con los resultados encontrados en otros suelos (4, 9).

El fertilizante 12-12-17-2 aumentó ligeramente el Al intercambiable ya que es un fertilizante con portadores de N y K de reacción ácida con un 25% de KCl de reacción neutra, 2% de Mg y el P en forma de superfosfato, el cual aporta Ca, contrarrestando en parte la acción acidificante.

El incremento de Al intercambiable en el suelo se debió al aumento de su acidez ocasionada por los radicales sulfato y nitrato, lo cual corrobora que el Al intercambiable del suelo está estrechamente relacionado con la acidez del mismo.

El Zn en el suelo permaneció sensiblemente igual, excepto en el tratamiento con el fertilizante completo que se incrementó, posiblemente por el aporte de este elemento como micronutrimiento.

Las bases Ca, Mg y K disminuyeron en igual grado con el sulfato y el nitrato de amonio, lo que confirma el efecto desplazante de los radicales amonio (8, 9).

La disminución de las bases y el incremento del Al intercambiable en los suelos, debido a las aplicaciones del sulfato y nitrato de amonio, fue perjudicial para el desarrollo de las plantas, para el crecimiento y para el peso fresco. También se presentó

en los cafetos una fuerte deficiencia de magnesio.

**Efecto de los tratamientos en el café** El desarrollo más pobre de las plantas, con diferencias altamente significativas, se obtuvo en todos los suelos cuando se usó sulfato de amonio, posiblemente por la disminución drástica de las bases de cambio, por el aumento del Al intercambiable del suelo y por el incremento de la solubilidad del Mn por la acidez.

Los contenidos de Ca, Mg y K en las hojas, reflejaron muy bien los cambios por desplazamientos de bases provocados en el suelo por los portadores acidificantes.

En un experimento de uso de fuentes de N y su influencia en la fertilidad, cuya duración fue de cinco años (tres cosechas) en los que se aplicaban 240 kg de N por hectárea, por año, en la fase de producción del árbol, se obtuvieron los cambios que aparecen en la Tabla 4. El sulfato de amonio fue el más acidificante y el de menor producción (2).

En la Tabla 5 se presenta una muestra tomada en 1982 del archivo de reportes del servicio de análisis a los agricultores, de CENICAFE. Aparecen pareadas las muestras de suelos de un mismo lote o finca que corresponden a muestreos realizados en la zona de raíces (zona fertilizada) y en la calle del cafetal (zona no fertilizada). De cada par de muestras se puede identificar la que corresponde a la zona fertilizada por tener: pH más bajo, más fósforo, más potasio, menos calcio, menos magnesio y más aluminio.

López (8) hace además las siguientes anotaciones:

**TABLA 4. Producción de café y cambios en el suelo (pH-Ca-Al) obtenidos al usar sulfato de amonio y un fertilizante completo. CENICAFE.**

Tratamiento	Modificación			Producción*
	pH	me/100 g		
		Ca	Al	
Sulfato de amonio	4,8 a 4,1	0,5 a 0,1	0,4 a 1,6	3333
Fertilizante 12-12-17-2	4,8 a 4,3	0,6 a 0,1	0,4 a 1,4	4506

\* kg de café pergamino seco/ha

La aplicación de cualquier sal nitrogenada amoniacal conlleva peligros de empobrecimiento del suelo en la zona cafetera colombiana.

La aplicación continuada de un nitrato de amonio o de un sulfato de amonio llevará al suelo, por un empobrecimiento progresivo, a un estado de infertilidad total.

**TABLA 5. Muestras pareadas de suelos (correspondientes a la calle y a la zona de raíces). Tomado del archivo del Servicio de análisis de suelos de CENICAFE.**

No. de laboratorio	pH	P ppm	me/100 g de suelo			
			K	Ca	Mg	Al
4138	5,2	2	0,33	4,8	0,8	0,2
4139*	4,2	839	1,60	1,5	1,0	0,9
4164*	4,3	6	1,40	1,3	0,2	1,1
4165	5,3	0	0,11	2,3	0,4	0,3
4198*	4,4	152	2,20	2,6	1,5	1,3
4199	5,4	1	0,49	4,3	1,2	0,1
4227*	3,9	1170	1,60	1,0	0,8	2,9
4228	5,4	2	0,21	4,7	1,0	0,2
4310*	4,4	885	1,35	1,4	0,9	2,4
4311	5,6	5	0,54	7,6	1,5	-
4414	5,2	2	0,42	2,3	0,4	0,4
4415*	4,4	95	0,75	0,8	0,2	1,8
4751*	4,6	98	0,68	5,8	1,6	4,5
4752	5,4	12	0,21	10,0	3,2	0,8
4784	5,5	13	0,28	7,8	2,7	0,2
4785*	4,5	205	0,62	1,9	0,7	4,7

\* Muestra proveniente de la zona de raíces.

Debe continuar usándose la úrea como única fuente de N en cafetales.

El nitrato de amonio y el sulfato de amonio se pueden usar en zonas con menos de 1.500 mm de lluvia anual en suelos ricos en bases de cambio y que ojalá no se hayan formado sobre cenizas volcánicas.

Una de las conclusiones del primer Coloquio de Suelos fue la siguiente: "En suelos de cenizas volcánicas, el encalamiento se debe efectuar de acuerdo con experimentos de campo realizados en cada zona y para diferentes cultivos. Además en la fertilización de estos suelos se debe tener en cuenta el efecto detrimental del ión amonio".

**Enmiendas** Ante el panorama que acaba de presentarse, conviene mostrar enseguida los resultados más sobresalientes de un experimento de encalado en un cafetal establecido, realizado por Valencia y Bravo (12) en el que puede verse la potencialidad que esta práctica ofrece para conservar o recuperar la fertilidad de los suelos.

El lote experimental se sembró en octubre de 1966 con variedad Caturra a dos metros de distancia entre plantas, con una fertilización anual de cuatro aplicaciones de 150 gramos de 12-12-17-2 y 50 gramos de úrea, por árbol. En diciembre de 1974 se hizo la zoca de la plantación y se inició la aplicación de los tratamientos con cal, (Tabla 6). Semestralmente se hicieron muestreos de suelos y de hojas y se registró la producción de café durante cuatro años.

En la Tabla 7 se puede apreciar que la producción del testigo fue estadísticamente superior al promedio de los tratamientos con cal, solamente en la cuarta cosecha (1979).

**TABLA 6. Tratamientos del ensayo de encalamiento en cafetales establecidos. g/planta/año\*. CENICAFE.**

1.	12-12-17-2 (40 x 50)	+	Urea (4 x 50)
2.	12-12-17-2 (40 x 50)	+	Cal (250)
3.	12-12-17-2 (40 x 50)	+	Cal (500)
4.	Cal (250) CaCO <sub>3</sub> ≈ (300)		
5.	Cal (550) CaCO <sub>3</sub> ≈ (600)		

\* Diseño: Bloques de azar con 32 repeticiones ( un árbol por parcela)

Las producciones de café en cada uno de los tratamientos tuvieron diferencias estadísticamente significativas en 1979 (cuarta cosecha), lo que significa que durante las tres primeras cosechas el uso de cal sola permite obtener cosechas similares a aquellas de las mejores fertilizaciones. Los otros resultados interesantes son los que aparecen en la Tabla 8 en la cual se ven los cambios químicos producidos en el suelo y se señala que en el contenido foliar no hubo cambios.

**TABLA 7. Comparación estadística de la producción (kg de café cereza por árbol) en cuatro años, entre el tratamiento testigo y el promedio de los tratamientos con cal.**

Tratamientos	1976	1977	1978	1979
Testigo (1)	3,6	11,7	7,3	17,8
Promedio de tratamientos con cal (2-3-4-5)	3,6	10,5	6,5	13,4**
D.M.S. (0,05) (0,01 para/79)	1,2	1,7	1,6	3,4

\*\* Presenta diferencia estadística. (P = 0,01)

**TABLA 8. Efecto de la aplicación de Cal agrícola al suelo en un cafetal. CENICAFE.**

Determinación	Modificación
pH	4,1 a 6,3
Ca intercambiable	1,5 a 12,4 me/100 g
Mg intercambiable	0,6 a 1,4 me/100 g
Bases totales	5,4 a 14,9 me/100 g
Al intercambiable	3,1 a 0,0 me/100 g
Mn intercambiable	19,3 a 13,0 ppm
Fe soluble	783 a 348 ppm
Contenido foliar	Sin cambio

Otros beneficios del encalado de los suelos son:

- Neutralización del exceso de manganeso
- Aumento de la disponibilidad de fósforo nativo
- Disminución de la fijación de  $P_2O_5$  aplicado como abono
- Favorece el suministro de nitrógeno, azufre y boro para las plantas por mayor mineralización de la materia orgánica debido al aumento de la actividad microbiana del suelo, y
- Mejora la estructura del suelo

Es importante destacar que no debe aplicarse cal en suelos con pH mayor de 5,5 ni con calcio mayor de 4,0 miliequivalentes/100 gramos de suelo y con escaso manganeso intercambiable. Esto significa que la decisión sobre cualquier aplicación de cal en el suelo del cafetal debe hacerse de acuerdo con los resultados del análisis de suelos.

**Otras alternativas** Es conveniente tener en cuenta el efecto que el fósforo parece tener en la reducción de la pérdida de amonio y de potasio, según estudio hecho por Carrillo (3) en microlisímetros en suelo Typic dystrandep con adiciones de humus, amonio, fosfatos, potasio, calcio y magnesio. En presencia de fosfatos, el potasio y el amonio fueron re-

tenidos en el suelo en mayor proporción que cuando no se adicionaron fosfatos. Esto podría significar además que la presencia de fosfatos en la fertilización ayuda a una mejor respuesta al nitrógeno y al potasio.

No se puede olvidar que un buen sistema de cultivo debe, entre otras cosas, mantener la fertilidad del suelo.

## LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ, O.J. Interpretación de análisis de suelos y bases para la aplicación de fertilizantes. Bogotá. (Colombia), FEDERACAFE, 1979. 32 p.
2. BRAVO, G.E. Efecto del uso continuo y reiterado de fuentes nitrogenadas sobre la fertilidad de los suelos de la zona cafetera. CHINCHINA (COLOMBIA). CENICAFE 1986 (Proyecto FT-1.2. Informe en preparación).
3. CARRILLO, P.I.F. Comportamiento del potasio adicionado a un Typic dystrandep. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 14(1): 244-251. 1984.
4. CHICA, J.; LOTERO, C.J. Influencia de fuentes y dosis de nitrógeno en el pH de un suelo aluvial. Revista ICA (Colombia) 4(2):31-49. 1969.
5. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná (Colombia). Suelos. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1982. 72 p. (40 años de investigación Vol 1).
6. GUERRERO, R.R. Bases técnicas para la fertilización de cultivos. In: Fertilización de cultivos en clima medio. 159 p. 1986.
7. GUERRERO, R.R. Hacia la formulación de un modelo suelo-planta. In: SILVA, MF (ed). Fertilidad de suelos. Diagnóstico y Control. Ed. Bogotá (Colombia) Sociedad Colombiana del Suelo. Bogotá, 1980. 420 p.
8. LOPEZ, A.,M. Cambios químicos provocados en el suelo Chinchiná franco-arenoso con la aplicación de distintas fuentes y dosis de fertilizantes. Cenicafé (Colombia) 16(3):55-76. 1965.



9. LOTERO, C.J.; MONSALVE, S.A. Efecto de fuentes y dosis de aplicación de nitrógeno en las propiedades químicas de un suelo. Revista ICA (Colombia) 5(3):199-220. 1970.
10. SUAREZ DE C., F.; RODRIGUEZ, G.,A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1962. 473 p.
11. VALENCIA A., G.; GOMEZA., A.; BRAVO G., E. Efecto de diferentes portadores de nitrógeno en el desarrollo del café y en la fertilidad de los suelos. Cenicafé (Colombia) 26(3):131-142. 1975.
12. VALENCIA A., G.; BRAVO G., E. Influencia del encalamiento en la producción de cafetales establecidos. Cenicafé (Colombia) 32(1):3-14. 1981.