

15,8 ton/ha. La cantidad que ingresa al suelo aumenta con la edad de la plantación.

Los contenidos de potasio y nitrógeno, en los residuos vegetales bajo plantaciones de café varían entre 0,43 y 1,01% para el K y entre 1,3 y 2,1% para el N. La riqueza de calcio y fósforo aumentó con el grado de descomposición de los residuos.

FERTILIDAD

Equilibrio de materia orgánica en plantaciones de café a la sombra.

Para conocer los contenidos de materia orgánica y nitrógeno, la acumulación anual de materia vegetal en plantaciones de café y la velocidad de descomposición de la materia orgánica, se realizó un experimento en 21 municipios colombianos, en diferentes altitudes y latitudes dentro de la zona cafetera.

Como se puede observar en la tabla 16, se encontró que los niveles de materia orgánica para los diferentes suelos de la zona cafetera varían entre 4,1 y 14,8% y los de nitrógeno entre 0,17 y 0,70%. La relación carbono/nitrógeno (C/N) varía de 9,8 a 14,3.

La mayor producción de café por unidad de superficie se obtuvo en la zona central, en la cual se registraron los mayores valores de materia orgánica y nitrógeno. Los más bajos rendimientos fueron localizados en los departamentos de Huila, Santander y Santander del Norte, y en general al norte y sur del país, áreas en las cuales se registraron los mínimos valores de materia orgánica y nitrógeno, 3 y 0,2% respectivamente. La relación C/N varía de 10,4 a 12,8%.

En relación con la acumulación anual de materia vegetal en plantaciones de café se encontraron algunos hechos importantes:

- La cantidad de residuos vegetales en descomposición, seca en estufa, varía de 4,9 a

La acumulación del material orgánico vegetal varía de acuerdo con la localidad y el año, entre 4 y 15 ton/ha/año. La distribución mensual del material orgánico fue más o menos uniforme para cada área. La tasa de descomposición (relación piso orgánico/acumulación anual) fue cercana a 1, es decir, la descomposición elimina el piso cada año.

Se encontró que la velocidad de la descomposición de la materia orgánica es muy rápida; en seis meses se descompuso más del 50% y en un año cerca del 70%. El proceso se cumple más o menos completo cuando la relación C/N está entre 11 y 16.

Efecto de la pulpa de café como abono.

Para evaluar el efecto fertilizante de la pulpa de café descompuesta, se efectuó un ensayo en el cual se incluyeron cuatro tratamientos: a) testigo, suelo unidad Chinchiná. b) suelos unidad Chinchiná fertilizados con N, P, K. c) 50% de suelo unidad Chinchiná y 50% de pulpa descompuesta en fosas (descomposición aerobia). d) 50% de suelo unidad Chinchiná y 50% de pulpa descompuesta bajo agua (descomposición anaerobia).

Se llenaron macetas de barro de 25 cm de diámetro por 40 cm de profundidad con los respectivos tratamientos y se sembró maíz (4 gramos por maceta). Se cosechó la parte aérea de las plantas a los 40 días.

TABLA 16.- CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NITROGENO DE ALGUNOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA. 1952.

Municipio	Número muestras analizadas	N orgánico Total (‰) (Promedio)	Materia orgánica total (‰) (promedio)	Relación C/N*
Fredonia (Antioquia)	33	0,288	5,48	11,02
Medellín (Antioquia)	8	0,261	5,21	11,61
Moniquirá (Boyacá)	9	0,260	5,20	11,62
Aguadas (Caldas)	13	0,344	7,22	12,20
Chinchiná (Caldas)	162	0,260	6,24	13,92
Chinchiná (Caldas)	260	0,709	14,89	12,18
Palestina (Caldas)	20	0,355	8,52	13,95
Pereira (Risaralda)	22	0,401	6,82	9,87
Santa Rosa (Risaralda)	9	0,515	10,71	12,17
Fusagasugá (Cundinamarca)	7	0,216	5,32	14,31
Tibacuy (Cundinamarca)	6	0,266	6,86	11,94
Neiva (parte cafetera, Huila)	12	0,281	5,34	11,04
La Unión (Nariño)	4	0,273	6,00	12,77
Sandoná (Nariño)	4	0,246	5,16	12,19
Chinácota (N. de Santander)	6	0,288	5,75	11,55
Salazar (N. de Santander)	6	0,228	4,11	10,44
Rionegro (Santander)	12	0,179	3,76	12,21
Fresno (Tolima)	4	0,365	9,17	11,24
Libano (Tolima)	5	0,380	7,22	11,24
La Victoria (Valle)	9	0,415	8,71	12,20
Sevilla (Valle)	6	0,588	12,35	12,18

* El cálculo del carbono se hizo dividiendo el contenido de materia orgánica por el factor 1,72.

Se observó mayor crecimiento en el suelo fertilizado con N, P y K, debido a la adición de fósforo; le siguió el tratamiento con pulpa descompuesta en forma aerobia; luego la pulpa descompuesta en forma anaerobia y por último el testigo.

El tratamiento N, P, K acidificó el suelo de 5,2 (testigo) a 4,4. Los tratamientos con pul-

pa elevaron el pH. El suelo con adición de pulpa se enriqueció notoriamente en calcio, magnesio y potasio. La nitrificación fue nula al principio, en el tratamiento con pulpa descompuesta bajo agua. Luego se inició hasta conseguir resultados normales a los 40 días, aunque inferiores a la nitrificación conseguida con pulpa descompuesta en forma aerobia.

Efecto de los fertilizantes en suelos de cenizas volcánicas.

Se realizaron varios ensayos para conocer el efecto que tienen algunos fertilizantes sobre las condiciones químicas del suelo, con el fin de llamar la atención sobre la aplicación continuada de algunos de estos fertilizantes y orientar el empleo de fuentes que enriquezcan el suelo en elementos indispensables y que no desmejoren las condiciones naturales del mismo.

Dentro de los fertilizantes fosfóricos, tanto los superfosfatos (fuentes de fósforo de alta solubilidad), como las "escorias Thomas" (fuentes de baja solubilidad), tuvieron aparentemente el mismo poder residual a corto plazo, debido a la alta capacidad de fijación de fósforo de los suelos estudiados (unidad Chinchiná, Andept).

Para suelos con pH inferiores a 5,6, se recomienda en aplicaciones simples de fósforo, emplear las "escorias Thomas" en lugar del superfosfato, pues en Colombia el valor de éste es muy superior al de las "escorias Thomas".

Se observó el poco efecto acidificante de los fertilizantes en una sola aplicación (hasta 200 kg del elemento/ha), debido al alto poder amortiguador de este suelo. Por lo tanto, el índice de acidez no es fiel reflejo de las transformaciones químicas causadas en el suelo por la adición de fertilizantes.

Se destacó el alto poder de desplazamiento del ión NH_4^+ sobre los cationes Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ del suelo; medio de los iones Ca^{++} y Mg^{++} ; y bajo del ión K. En lo posible, se debe utilizar en lugar del ión NH_4^+ , el ión NO_3^- u otra fuente de menor efecto drástico que el ión NH_4^+ .

Se observó, para el ión K^+ cómo el poder de equilibrio del suelo en las fases soluble-intercambiable-insoluble, se cumple perfectamente en ambas direcciones.

Se relievó la importancia de las aplicaciones de K en forma de fertilizante simple, el cual tiene un poder residual varias veces superior al del fertilizante completo (a igual tenor de potasio).

Lixiviación de los fertilizantes potásicos en un suelo derivado de cenizas volcánicas (Dystrandept).

Se estudió la pérdida de K por lixiviación en microlisímetros, desarrollados en Cenicafé, utilizando tres fuentes de potasio.

Sobre 400 gramos de suelo derivado de cenizas volcánicas (Andepts), en base seca, se aplicaron los fertilizantes KCl, K_2SO_4 y KNO_3 (10 g de K_2O por columna). Posteriormente, estos suelos fueron sometidos a 25 lavados sucesivos, de 22 mm que dan una lámina de agua total de 550 mm.

Después de los nueve primeros lavados, se encontró que se perdía del 94 al 95% del potasio procedente del KCl y del KNO_3 , mientras sólo se perdía el 26,4% del K procedente del K_2SO_4 . Se encontró una pérdida del 39,3% del Cl procedente del KCl; una pérdida del 46,6% de SO_4 procedente del K_2SO_4 ; y una pérdida del 68,2 al 72,2% del NO_3 procedente del KNO_3 .

Al final de los 25 lavados hubo una pérdida del 98% del K procedente del KCl y del KNO_3 y un 72% de pérdida del K procedente del K_2SO_4 . Se perdió el 47% del Cl procedente del KCl y el 47,5% del SO_4 procedente del K_2SO_4 y del 83,7 al 91,2% del NO_3 procedente del KNO_3 .

Con los lavados efectuados a estos suelos se perdieron otros elementos nutritivos para las plantas (Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+). En el testigo, sin adiciones de potasio, también hubo pérdidas de estos nutrimentos.

El pH se incrementó en 0,5 a 0,8 con la adición de K_2SO_4 y KNO_3 , respectivamente y

disminuyó en 0,3 con la adición de KCl. En el testigo la disminución fue de 0,3.

El Ca en todas las muestras se redujo y el Mg se mantuvo casi constante.

Lixiviación de dos fertilizantes potásicos en un suelo de la unidad Chinchiná con y sin el intercambiador iónico Zeo-plus.

Debido a la alta lixiviación del ión K de los fertilizantes potásicos se probó un intercambiador iónico comercial (Zeo-plus), para observar si su utilización reducía la pérdida de este elemento.

Se utilizaron los microlisímetros desarrollados en Cenicafé con columnas de PVC de 5,5 cm de diámetro. Se colocaron 400 gramos de suelo en base seca, y sobre su superficie 10 gramos de K_2O procedente de cloruro o sulfato de potasio solos o mezclados con 20 gramos de Zeo-plus. Los testigos fueron: suelo solo, Zeo-plus solo y Zeo-plus mezclado con fertilizantes.

La eficiencia de Zeo-plus- K_2SO_4 se comparó con arena micácea - K_2SO_4 . La mezcla Zeo-plus- K_2SO_4 retuvo un 28% de K, mientras que la mezcla Zeo-plus-KCl retuvo un 4% de K. Cuando se utilizó arena micácea con fertilizantes o suelo con fertilizantes se encontró la misma tendencia anterior, en donde el sulfato de potasio se retiene más que el cloruro de potasio.

El suelo sin fertilizar aporta cantidades pequeñas de K, Ca, Mg, Na, $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$. Al adicionar KCl al suelo hay un desplazamiento de 9,6 me de los otros cationes, en su orden $Na^+ > N-NH_4^+ > Mg^{++}$. Al adicionar K_2SO_4 al suelo hay desplazamiento de 6,6 me de los otros cationes, en su orden $Mg^{++} > Ca^{++} > Na^+$. En consecuencia no hay ninguna ventaja en la utilización de Zeo-plus.

Fósforo inorgánico y orgánico.

Con el fin de determinar el grado de aprovechabilidad del fósforo en suelos de la unidad Chinchiná, se tomaron muestras con cantidades apreciables de fósforo aprovechable. Dichas muestras se fertilizaron con 0, 25, 50, 100, 200, 1.500 y 3.000 ppm de fósforo. En estos suelos se sembraron plantas de café y se cosecharon a los 10 meses. El suelo se sometió a diversos procesos analíticos para determinar: fósforo soluble en agua; fósforo aprovechable, por el método Cenicafé (NH_4F 0,5N - HCl 0,1N); fósforo retenido por sexquióxidos de Al y Fe y fósforo orgánico, por varios métodos.

Se comprobó la alta fijación de fósforo por este suelo, pues el P soluble en agua solo fue el 0,7% del fósforo aplicado, y el P recuperado por soluciones ácidas diluidas fue de 7%. No hubo retención aparente de P por la fracción orgánica cuando se aplicó P hasta 200 ppm (o sea hasta 2 ton de P_2O_5 del 45% por ha). En cambio, el fósforo retenido por los sexquióxidos de Al y Fe tuvo valores que fluctuaron entre el 60 y 80% del fósforo aplicado, aún en el caso de aplicaciones de 15 y 30 ton de superfosfato del 45% de P_2O_5 por hectárea.

Fijación de fósforo.

Se determinó la capacidad de fijación de fósforo en seis unidades de suelos derivados de cenizas volcánicas.

En la tabla 17 se presentan los resultados de fósforo extraído, calculado mediante análisis de suelos. Estos valores se relacionaron con las diferentes cantidades de fósforo agregado al suelo para cada uno de los tratamientos. En las curvas resultantes, las cuales se presentan en la figura 3, se calculó el primer punto de inflexión (cambio de pendiente) para las unidades estudiadas. Estos puntos corresponden a la capacidad de fijación de fósforo en el suelo.

TABLA 17.- FOSFORO EXTRAIDO EN SEIS UNIDADES DE SUELOS (ANDEPTS) DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA POR EL METODO DE MELISH, 1974.

Fósforo agregado al suelo (ppm)	Fósforo extraído (ppm)					
	Chinchiná	Quindío	Montenegro	Malabar	Fondeva	Fresno
0	0	0	0	0	0	0
500	32	102	69	122	64	26
1.000	60	199	142	252	150	66
1.500	116	339	226	356	237	115
2.000	208	436	303	485	310	168
2.500	288	566	382	589	370	217

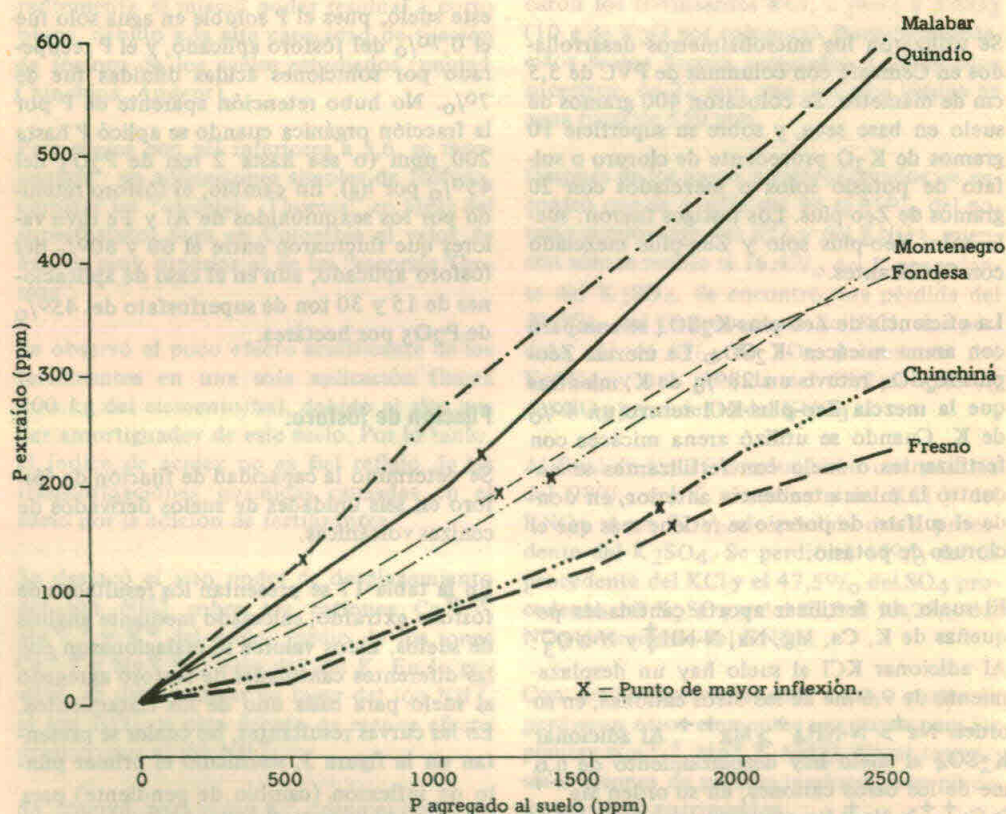


FIGURA 3.- Relación comparativa del P extraído mediante análisis de suelo y el grado de P aplicado a suelos cafeteros derivados de cenizas volcánicas, 1974.

El orden de fijación de fósforo de mayor a menor fue el siguiente: unidad Fresno 1.900 ppm; unidad Chinchiná 1.800 ppm; unidad Montenegro 1.300 ppm; unidad Fondesa 1.200 ppm; unidad Quindío 1.100 ppm; unidad Malabar 600 ppm.

Efecto del KCl y K₂SO₄.

Con el fin de observar la influencia de dos fuentes de potasio (sulfato y cloruro) en la fertilidad de los suelos derivados de cenizas volcánicas, se hizo un muestreo de suelos al finalizar un ensayo sobre el efecto del tipo de fertilización potásica en el crecimiento del café. Los tratamientos de dicho ensayo se presentan en la tabla 18.

Los portadores de fertilizante utilizados fueron: urea, superfosfato simple, cloruro y sulfato de potasio.

De acuerdo con los tratamientos, a cada café se le aplicó, en total, durante los cuatro años que duró el experimento, entre 300 y 1.500 gramos de potasio (K₂O) lo que equivale a 3 y 15 toneladas de potasio por hectárea.

En cada uno de los tratamientos se tomaron varias submuestras de suelos para formar muestras compuestas. Las muestras de suelos se tomaron en la mitad de la gotera del árbol (aproximadamente a 30 cm del tronco), y hasta una profundidad de 30 cm.

En general, al comparar los resultados de los análisis de suelos de los tratamientos correspondientes a cada una de las fuentes de potasio, cloruro y sulfato, cuando se aplicaron solas, no se aprecian diferencias importantes en ninguna de las características analizadas.

TABLA 18.- TRATAMIENTOS INCLUIDOS EN EL ENSAYO "EFECTOS DEL TIPO DE DOS FUENTES DE K EN LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS". 1975.

Tratamientos	A ñ o s (Gramos/planta/aplicación)			
	1º	2º	3º	4º
1. KCl (60% K ₂ O)	5,0	10,0	15,0	20,0
2. KCl (60% K ₂ O)	7,1	14,2	21,3	28,4
3. KCl (60% K ₂ O)	9,2	18,3	27,5	36,6
4. KCl + (N, P, Mg) 12-12-12-2	25,0	50,0	75,0	100,0
5. KCl + (N, P, Mg) 12-12-17-2	25,0	50,0	75,0	100,0
6. KCl + (N, P, Mg) 12-12-22-2	25,0	50,0	75,0	100,0
7. K ₂ SO ₄ (50% K ₂ O)	6,0	12,0	18,0	24,0
8. K ₂ SO ₄ (50% K ₂ O)	8,5	17,0	25,5	34,0
9. K ₂ SO ₄ (50% K ₂ O)	11,0	22,0	33,0	44,0
10. K ₂ SO ₄ + (N, P, Mg) 12-12-12-2	25,0	50,0	75,0	100,0
11. K ₂ SO ₄ + (N, P, Mg) 12-12-17-2	25,0	50,0	75,0	100,0
12. K ₂ SO ₄ + (N, p, Mg) 12-12-22-2	25,0	50,0	75,0	100,0

Los valores de pH son muy similares con el uso de cualquiera de las dos fuentes y están entre 4,7 a 5,5, valores que normalmente se encuentran para los suelos de Naranjal (Chinchiná, Caldas).

En los tratamientos en los cuales el potasio se aplicó junto con los elementos nitrógeno, fósforo y magnesio, el pH tiende a disminuir un poco, por la influencia de los portadores de estos elementos, especialmente el del nitrógeno.

En general, el contenido de aluminio para los diferentes tratamientos estuvo entre 1 y 2 me/100 g de suelo, el cual puede ser perjudicial para algunos cultivos, pero todavía no se sabe si lo es para el café.

El contenido de potasio en el suelo fue menor en los tratamientos en los cuales el potasio se aplicó con el nitrógeno, fósforo y magnesio, en comparación con los tratamientos en los cuales se aplicó solo.

Esto se debe a que el potasio ha sido desplazado por la acción de los portadores de nitrógeno, fósforo y magnesio, o a una mayor extracción de potasio por parte del cultivo.

En los tratamientos en que se aplicó magnesio, el contenido en el suelo resultó ligeramente superior al de los tratamientos en que no se aplicó este elemento, pero la diferencia no fue significativa.

Los demás elementos analizados, materia orgánica, N, P, Ca, Mn, Zn, ClC, permanecieron sensiblemente iguales en todos los tratamientos.

Efecto del encalamiento.

En un lote experimental de café, el cual se había fertilizado por 12 años con N, P, K, Mg y materia orgánica, se tomaron muestras de suelos y se efectuaron encalamientos con

0, 1, 2, 4 y 8 toneladas de carbonato de calcio por hectárea, incubación "insitu" por tres meses, determinaciones de pH y pruebas de mineralización a 35 °C durante 8 días.

La fertilización continuada, por 12 años, modificó el pH del suelo y su fertilidad. Esto influyó en la nutrición mineral del café. Un ejemplo de ello fue el manganeso foliar, el cual para el testigo fue de 50 ppm, que se considera bajo, con un pH de 4,8. Los tratamientos con carbonato de calcio (CaCO_3) elevaron el pH a 6,1 con una consiguiente reducción del manganeso foliar a 35 ppm. La fertilización con sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ rebajó el pH a 4,4 y elevó el manganeso foliar a 140 ppm. En suelos con poco Mn intercambiable y fácilmente reducible, las aplicaciones de carbonato de magnesio o de carbonato cálcico deben ser pequeñas para evitar deficiencias de manganeso.

El encalamiento e incubación "in situ" modificó en forma mínima el pH del suelo. La primera tonelada elevó el pH en 0,37 unidades en promedio. Los encalamientos superiores, hasta 8 ton/ha, modificaron en forma mínima el pH en virtud de la gran capacidad "buffer" del suelo.

Los encalamientos no tuvieron efecto sobre la nitrificación, cuando se sometieron las muestras a incubación en estufa a 35 °C por 8 días. Parece por consiguiente, que el pH y la cantidad de Ca natural son adecuados para propiciar la mineralización del N, aunque ésta, en virtud del complejo materia orgánica-alófana, no sea muy alta en estos suelos.

Donde se aplicó por 12 años sulfato de amonio, se presentó menor nitrificación en todos los casos. El efecto perjudicial del ión NH_4 rebajó la mineralización del nitrógeno natural, cerca de un 50%.

Por otra parte se analizaron muestras de suelos de otro experimento sobre encalamiento que incluía los siguientes tratamientos: 1)

testigo (150 gramos/árbol/aplicación de 12-12-17-2 + 50 gramos de urea, cuatro veces al año). 2) 250 gramos de cal por árbol/año + fertilización del testigo. 3) 500 gramos de cal/árbol/año + fertilización del testigo. 4) 250 gramos de cal/árbol/año, sin aplicar fertilizante. 5) 500 gramos de cal/árbol/año, sin aplicar fertilizante. La cal utilizada tiene un 47,7% de CaO.

Las muestras para los análisis de caracterización se tomaron año tras año, durante cinco años. Los datos de los análisis del primero y cuarto año se presentan en la tabla 19.

En estos resultados se observó que el pH en el suelo se incrementó año tras año del experimento y este incremento ha sido mayor al aumentar las dosis de cal.

En todos los años del ensayo se observó que al aumentar las dosis de cal se redujo considerablemente el aluminio intercambiable en el suelo, y es así como para el cuarto año los valores son de cero.

El contenido de calcio intercambiable se incrementó en el suelo; esto se observó en todos los años, especialmente en el último año, en el cual llegó hasta 12,4 me/100 g de suelo. Esto indica que el calcio fue ocupando más sitios de intercambio en el complejo coloidal al neutralizar el aluminio, haciendo que éste se precipitara en forma de $Al(OH)_3$.

Lo anterior significa que la práctica del encalamiento es favorable en suelos de cenizas volcánicas con pH bajos (menores de 5,0) y con niveles significativos de aluminio, para contrarrestar la acidez activa del suelo, año a año y disminuir o corregir los problemas nutricionales causados principalmente por elementos menores.

El magnesio intercambiable se incrementó ligeramente a través del tiempo del experimento, especialmente a medida que se aumentaron las dosis de cal.

Las bases totales se incrementaron a través del tiempo de encalamiento. Aproximadamente el 85% de saturación de éstas se debe al calcio.

Respecto a los elementos menores se observó que el hierro en los cuatro años fue menor en los tratamientos con mayor dosis de cal debido a que al incrementarse los valores de pH en el suelo por la acción del encalado, el hierro se va insolubilizando.

Con el manganeso ocurrió lo mismo que con el hierro, ya que los menores contenidos corresponden a los tratamientos que llevan las mayores dosis de cal, probablemente porque el manganeso se insolubilizó por efecto del encalamiento.

Los demás elementos analizados: sodio, CIC, zinc, nitrógeno y materia orgánica permanecieron en el suelo sensiblemente iguales en los diferentes tratamientos. El fósforo tuvo una variación amplia.

Fertilidad de los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andepts) en Caldas y Tolima.

El estado del nitrógeno en suelos volcánicos está regido principalmente por la precipitación y la temperatura.

TABLA 19.- RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE CARACTERIZACION DE MUESTRAS DE SUELOS TOMADAS INMEDIATAMENTE ANTES DE CADA NUEVA APLICACION DE CAL. DATOS AGRUPADOS SEGUN DOSIS DE CAL. CENICAFE, 1974-1979.

Muestreo	Tratamientos (g cal/árbol/año)	pH	Al	Ca	Mg	K	Bases T.	C.I.C.	p p m			
									Fe	Mn	Zn	P
Dic./75	0	3,6	4,2	1,2	0,45	0,57	6,5	13,7	727	18,5	3,7	154
	250	4,5	2,7	2,2	0,45	0,47	5,9	14,1	686	16,5	4,5	157
	500	4,8	1,8	3,2	0,53	0,48	5,6	13,9	654	16,0	4,6	133
Dic./76	0	3,7	3,8	1,7	0,65	0,59	6,8	15,9	742	23,2	9,9	123
	250	4,4	1,7	3,6	0,78	0,54	6,8	16,6	708	21,1	17,9	224
	500	4,9	1,4	4,9	0,83	0,52	7,3	17,8	519	16,5	11,0	172
Dic./77	0	4,2	3,2	1,4	0,50	0,50	5,8	13,6	678	16,3	5,6	134
	250	5,3	0,9	4,4	0,80	0,57	6,9	13,2	525	15,0	10,2	106
	500	6,0	0,1	7,4	0,90	0,61	9,1	13,5	444	13,8	7,7	105
Dic./78	0	4,5	1,8	1,8	0,70	0,60	5,0	13,8	1.005	21,0	5,6	263
	250	5,6	0,2	6,1	1,20	0,61	8,3	14,5	833	17,9	6,5	234
	500	6,3	0,0	9,8	1,30	0,66	11,8	13,2	751	15,2	5,4	222
Dic./79	0	4,3	2,7	1,6	0,60	0,56	2,9	13,8	765	17,5	10,4	198
	250	5,6	0,2	8,0	1,20	0,66	10,0	14,8	496	12,8	9,0	194
	500	6,3	0,0	12,4	1,40	0,90	14,9	14,5	348	13,0	9,1	171

Al estudiar una sola vertiente de la cordillera Central, en Caldas y Tolima, fue posible aislar estas dos variables para estudiar sus efectos sobre la constitución de la materia orgánica, como también sobre otras transformaciones de las cenizas volcánicas en suelos de distinto potencial de fertilidad. En efecto, se consideró la vertiente occidental de la cordillera Central de 4.000 a 1.000 m.s.n.m. y se observaron transformaciones por aumento de temperatura, desde los 8 hasta los 24 °C, y dentro del clima cafetero (alrededor de los 20 °C o sea 1.350 m.s.n.m.). Se suceden en una corta extensión de 100 km precipitaciones de 2.800 a 1.700 mm, que también provocan distintas transformaciones del suelo.

En la zona cafetera, dentro de un margen de temperatura de 18 a 22 °C, existe una buena nitrificación de la materia orgánica, pues la temperatura, la humedad y las buenas condiciones físicas del suelo la propician.

Los cultivos, en suelos con contenido de materia orgánica de 8% o menos, responden muy bien a las aplicaciones nitrogenadas. Entre 8 y 12% de materia orgánica, la respuesta también es positiva, aunque a veces incierta. Por encima del 12% de materia orgánica se puede considerar que no debe haber respuesta pues existe abundante nitrificación.

Las fertilizaciones nitrogenadas, en suelos de amplia precipitación pluvial, deben efectuarse con base en aniones (nitratos), en lugar de cationes (amonio), o en su defecto a base de urea, de rápida asimilación por las plantas y de mediana velocidad de descomposición en el suelo.

En general, la ceniza volcánica aporta cantidades aceptables de fósforo (300 a 800 ppm, o sea 600 a 1.600 kg de fósforo/ha) a los primeros 20 cm de suelo.

Un estudio sobre el contenido de fósforo en un suelo de la unidad Chinchiná, mostró los siguientes valores promedios: fósforo total,

750 ppm; fósforo orgánico, 590 ppm y fósforo mineral 160 ppm. Es decir, que un 78% del fósforo total corresponde a fósforo orgánico, de escasa disponibilidad inmediata para los cultivos. De las 160 ppm del fósforo mineral, se determinaron con solución extractora ácida (0,08N de H₂SO₄), únicamente 8 ppm de fósforo asimilable. Así, los óxidos libres de Al y Fe son responsables de la retención de fósforo.

En suelos de alta fijación fosfórica, se recomienda el empleo de "escorias Thomas", en lugar de superfosfatos, para evitar la alta fijación inmediata de estos últimos.

Para estudiar el potasio en el suelo, se simuló la ocurrencia de los dos tipos de situaciones de clima: verano con 100 mm de lluvia mensual, e invierno con más de 400 mm de lluvia mensual. Se tomó suelo y se le adicionaron 0; 50 y 100 ppm de K.

El potasio adicionado, fue fácilmente lixiviado hasta en un 94%, lo cual indica el bajo poder de retención de potasio de estos suelos.

En los suelos volcánicos de Caldas y Tolima, no hay problemas de acidez.

Al tratar de modificar el pH con aplicaciones de cal se pueden provocar deficiencias de manganeso. En la mayoría de los suelos estudiados, el manganeso intercambiable era de 5 ppm. En los casos en que era inferior a 1 ppm se presentó deficiencia de este elemento.

Otra deficiencia que se presenta temporalmente en estos suelos, en época de escasa lluvia, es la de boro, la cual es más acentuada en áreas con poco contenido de materia orgánica.

En suelos con cantidades de magnesio menores de 1,0 me/100 g de suelo, se presentan deficiencias de este elemento. Se pueden corregir con aplicaciones anuales de 100 g de carbonato de magnesio por árbol de café.

Cuando existe buen contenido de magnesio en el suelo (unos 5 me/100 g de suelo) a veces se pueden presentar deficiencias de este elemento asociadas con deficiencias de nitrógeno. En tales casos, la deficiencia de magnesio desaparece al corregir la deficiencia de nitrógeno.

Fertilidad de suelos con diferente material de origen.

Este trabajo se hizo teniendo en cuenta las características de los suelos representativos de la zona cafetera, reconocidos por el Programa de Desarrollo y Diversificación de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, con el objeto de orientar el manejo de la fertilidad, principalmente para el cultivo del café.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de caracterización de las diferentes unidades de suelos, se observa que:

Las características físico-químicas y de fertilidad de los suelos de una misma unidad varían dentro de límites similares, dependiendo del estado de desarrollo y pedogénesis de los que constituyen la unidad. De ahí, la importancia de definir dentro de la unidad las sub-unidades.

Las características físico-químicas y de fertilidad de los suelos pueden diferir ampliamente de acuerdo con los minerales presentes en el material de origen, su estado de alteración, la influencia del clima, la vegetación, los organismos y el tiempo que intervienen en su pedogénesis.

Al hablar de un material de origen en forma genérica no se puede diagnosticar la fertilidad de un suelo.

En las tablas 20 a 23 se presentan algunos ejemplos de la fertilidad de los suelos, formados a partir de esquistos pizarrosos, are-

niscas y cenizas volcánicas, de varias regiones cafeteras del país.

Zonificación de la fertilidad de los suelos de la zona cafetera.

La zonificación de la fertilidad de los suelos de la zona cafetera, se hace con base en la determinación de grupos análogos, es decir, aquellos en los que se esperan respuestas biológicas semejantes, cuando se les somete a igual manejo. La agrupación preliminar se hizo con base en el material de origen y las condiciones físico-químicas de los suelos reconocidos.

Hasta el momento se han agrupado los suelos correspondientes a 11 departamentos cafeteros (Antioquia, Caldas, Cauca, Cesar, Cundinamarca, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle). Se han obtenido 13 grupos de unidades de suelos con características afines para el cultivo del café, que agrupan 61 unidades reconocidas.

En la tabla 24, se presentan las unidades que conforman los grupos análogos y los departamentos en que se encuentran.

En el futuro se tomarán muestras de suelos en cada uno de los grupos que se han formado, con el fin de ajustar más la zonificación y poder elaborar el mapa de fertilidad de los suelos de la zona cafetera. Además, se pretende dar recomendaciones de fertilización del café, con base en experimentos que se realicen en estos suelos.

Efecto de la aplicación reiterada de un fertilizante completo.

Con el fin de observar los cambios en la fertilidad de un suelo, causados por la aplicación reiterada de un fertilizante completo, se tomaron muestras de suelos (unidad Venecia-Antioquia, formado por areniscas con ligeras

TABLA 20.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE ALGUNOS SUELOS CAFETEROS.

Material de origen	Departamento	Municipio	Capas	Profundidad cm.	o/o Arena	o/o Limo	o/o Arcilla	Textura*	Relación aire/agua	
Esquistos pizarrosos "Piso de Villeta"	Cundinamarca	Villeta	I	15	23	41	36	FAr	Baja	
			II	20	26	39	45	FAr	Baja	
	Cundinamarca	Villeta	III	X	-	-	-	Roca	Media	
			I	30	-	-	-	FL	Baja	
Tolima	Villarrica	II	30	-	-	-	-	ArL	Baja	
		I	35	26	28	46	Ar	Baja		
		II	35	22	12	66	Ar	Muy baja		
		II	10	43	700	0,08	0,0	FA	Alta	
Areniscas	Cundinamarca	Pasca	I	30	49	42	9	FA	Alta	
			II	15	59	37	4	FA	Alta	
			III	X	73	24	3	AFAr	Muy alta	
			I	30	52	25	23	FArA	Media	
Cenizas volcánicas	Nariño	Fusagasugá	II	20	52	25	23	FArA	Media	
			I	10	60	33	7	FA	Alta	
			II	15	40	26	34	FAr	Baja	
			III	20	32	22	46	Ar	Baja	
Cenizas volcánicas	Nariño	Tambo	IV	X	36	21	43	Ar	Baja	
			I	20	33	0,32	0,022	0,0	FA	Alta
			II	40	61	31	8	FA	Alta	
			II	15	48	37	15	F	Media	
Cenizas volcánicas	Nariño	La Unión	I	25	56	23	21	FArA	Media	
			II	10	38	21	41	Ar	Baja	
			III	X	38	25	37	FAr	Baja	
Cenizas volcánicas	Tolima	Fresno	I	50	72	26	2	AF	Muy alta	
			II	X	76	22	2	AF	Muy alta	
Cenizas volcánicas	Caldas	Chinchiná	I	40	54	40,5	5,5	FA	Alta	
			II	20	66	30	4	FA	Alta	

* F = Franco; A = Arenoso; L = Limoso; Ar = Arcilloso.

TABLA 21.- FERTILIDAD DE ALGUNOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA.

Material de origen	Departamento	Municipio	Capas	Profundidad cm.	pH	M.O. o/o	N o/o	P ppm	K me/100 g.	CIC me/100 g.	
Esquistos pizarrosos "Piso Villeta"	Cundinamarca	Villeta	I	15	8,3	0,80	0,103	0,0	0,07	14,50	
			II	20	8,1	2,50	0,132	0,0	0,12	10,50	
	Cundinamarca	Villeta	III	X	7,7	1,50	0,115	0,0	0,14	6,00	
			I	30	4,9	3,20	0,210	4,8	0,49	12,50	
	Tolima	Villarrica	II	30	5,2	0,25	0,050	3,1	0,40	10,00	
			I	35	4,2	6,73	0,299	3,8	0,19	31,50	
			II	45	4,3	1,85	0,106	0,0	0,25	15,20	
			I	30	6,4	7,30	0,402	2,7	0,86	18,40	
	Areniscas	Cundinamarca	Pasca	II	15	6,4	6,10	0,396	0,0	0,09	21,90
				III	X	6,7	1,40	0,071	0,0	0,06	15,80
Cundinamarca		Vianí	I	30	5,5	1,90	0,127	3,9	0,90	10,00	
			II	20	5,4	0,50	0,033	0,0	0,18	5,30	
Fusagasugá		Fusagasugá	I	10	4,3	3,20	0,149	1,5	0,19	15,14	
			II	15	4,7	1,00	0,066	0,0	0,06	15,64	
			III	20	4,6	0,50	0,044	0,0	0,06	15,90	
			IV	X	4,6	0,30	0,033	0,0	0,05	13,00	
Nariño		Tambo	I	40	5,5	13,10	0,350	0,0	0,06	25,20	
			II	15	6,9	3,70	0,187	0,0	0,04	30,41	
Nariño	La Unión	I	25	6,3	0,07	0,111	3,1	0,74	11,29		
		II	10	6,4	0,12	0,111	0,0	2,00	21,72		
Cenizas volcánicas	Tolima	Fresno	III	X	6,4	0,12	0,053	0,0	0,85	27,80	
			I	50	5,5	18,20	0,510	0,0	0,09	58,40	
Caldas	Chinchiná	Chinchiná	II	X	6,6	1,00	0,053	0,0	0,05	33,80	
			I	40	4,9	9,60	0,560	8,0	0,13	18,00	
			II	20	5,5	2,30	0,130	3,0	0,43	19,40	

TABLA 22.- BASES DE CAMBIO DE ALGUNOS SUELOS CAFETEROS.

Material de origen	Departamento	Municipio	Capas	Profundidad cm.	pH	K me/100 g	Ca me/100 g	Mg me/100 g	C.I.C. me/100 g
Esquistos pizarrosos "Piso Villeta"	Cundinamarca	Villeta	I	15	8,3	0,07	47,10	0,40	14,50
			II	20	8,1	0,12	41,00	0,80	10,50
			III	X	7,7	0,14	71,80	1,60	6,00
		Villeta	I	30	4,9	0,49	3,10	2,60	12,50
			II	30	5,2	0,40	3,10	2,60	10,00
			I	35	4,2	0,19	4,00	0,70	31,50
	Tolima	Villarrica	I	45	4,3	0,25	0,80	0,30	15,20
			II						
		Pasca	I	30	6,4	0,86	10,80	1,90	18,40
			II	15	6,4	0,09	5,60	1,60	21,90
			III	X	6,7	0,06	1,30	0,80	15,80
			I	30	5,5	0,90	1,90	1,00	10,00
Areniscas	Cundinamarca	II	20	5,4	0,18	0,50	0,00	5,30	
		I	10	4,3	0,19	1,60	0,30	15,14	
		II	15	4,7	0,06	0,50	0,00	15,64	
	Fusagasugá	III	20	4,6	0,06	0,30	0,00	15,90	
		IV	X	4,6	0,05	0,10	0,00	13,00	
Cenizas volcánicas	Nariño	Tambo	I	40	5,5	0,06	0,50	0,10	25,20
			II	15	5,5	0,06	0,60	0,20	30,41
			I	25	6,3	0,74	3,40	0,90	11,29
		La Unión	II	10	6,4	2,00	5,20	1,30	21,72
			III	X	6,4	0,85	5,40	1,00	27,80
			I	50	5,5	0,09	2,50	2,00	58,40
	Caldas	Fresno	II	X	6,6	0,05	0,30	0,40	33,80
			I	40	4,9	0,13	2,00	0,40	18,00
			II	20	5,5	0,43	0,90	0,60	19,40
		Chinchiná							

TABLA 23.- RELACION DEL pH DEL SUELO CON EL Al, Fe Y Mn, EN ALGUNOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA.

Material de origen	Departamento	Municipio	Profundidad		pH	Al me/100 g.	Fe ppm	Mn ppm
			Capas	cm.				
Esquistos pizarrosos "Piso de Villeta"	Cundinamarca	Villeta	I	15	8,3	0,00	20,00	14,50
			II	20	8,1	0,00	42,00	9,70
			III	X	7,7	0,05	38,70	8,90
	Tolima	Villarrica	I	30	4,9	3,12	410,00	79,00
			II	30	5,2	3,10	410,00	65,00
			I	35	4,2	7,66	650,00	1,80
Areniscas	Pasca	Pasca	II	45	4,3	19,76	92,00	1,00
			I	30	6,4	0,03	75,00	6,00
			II	15	6,4	0,10	75,00	3,00
	Cundinamarca	Viani	I	30	5,5	0,28	225,00	200,00
			II	20	5,4	0,59	59,00	21,50
			I	10	4,3	4,12	560,00	10,00
Fusagasugá	Fusagasugá	II	15	4,7	6,34	70,00	1,00	
		III	20	4,6	8,34	46,50	0,60	
		IV	X	4,6	7,89	25,20	0,20	
		I	40	5,5	0,78	110,00	2,50	
Nariño	La Unión	II	15	6,9	0,07	110,00	2,50	
		I	25	6,3	0,07	220,90	35,90	
		II	10	6,4	0,12	240,30	19,80	
		III	X	6,4	0,12	183,20	75,70	
Cenizas volcánicas	Tolima	Fresno	I	50	5,5	0,30	112,00	2,20
			II	X	6,6	0,10	101,00	1,80
Caldas	Chinchiná	Chinchiná	I	40	4,9	0,91	153,00	3,40
			II	20	5,5	0,06	97,00	0,70

TABLA 24.- GRUPOS DE UNIDADES DE SUELOS CON CARACTERÍSTICAS ANALOGAS PARA EL CULTIVO DEL CAFE. 1978-1979.

Grupo No	Unidades de suelos	Material de origen	Departamentos
1	Chinchiná, El Carmelo, Fresno, Libano, Los Robles, Monterredondo, Piendamó, Pubenza, Sucre, Tambo, Timbío.	Cenizas volcánicas.	Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Nariño, Quindío, Risaralda, Tolima, Valle.
2	Doña Juana, Mayo, Montenegro.	Cenizas volcánicas, tobas volcánicas.	Nariño, Quindío.
3	Cajibío, Malabar, Sandomá.	Cenizas volcánicas.	Cauca, Nariño, Risaralda, Valle.
4	Fondesa	Cenizas volcánicas.	Valle.
5	Ancuyá, 200, El Palmar, La Victoria, Mondomo, Veracruz.	Basalto, Diabasa, Gneís.	Caldas, Cauca, Cesar, Nariño, Norte de Santander, Tolima, Valle.
6	Amagá, 60.	Anfibolitas.	Antioquia, Caldas, Valle.
7	El Encanto, La Laguna, Villeta.	Lutitas.	Cesar, Cundinamarca, Norte de Santander, Tolima.
8	Catarina, Cinera, Combeima, Gualí, Guenque, La Quiña, Puelito, Salgar, Tacueyo.	Esquisto actinolítico, esquisto arcilloso, esquisto margoso, esquisto moscovítico, esquisto pizarroso, filita.	Antioquia, Cauca, Nariño, Norte de Santander, Tolima, Valle.
9	Cartagenita, Guadalupe, Guaduas, La Loma, La Mutis, San Calixto, Sargento, Seguengue, Venecia.	Arcillolita, Arcillas, areniscas, calizas fosilizadas, conglomerados, lutitas.	Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Nariño, Norte de Santander, Tolima.
10	Bodega, Cabaña, Colón, Junín, La Herradura, Norte, Salinas, San Simón, Villanueva.	Cuarzo-diorita, granito biotítico, granito feidespático, granito hornbléndico, granito moscovítico, riolodasta, sienita, stenita hornbléndica.	Antioquia, Cauca, Nariño, Norte de Santander, Tolima.
11	Tambillo, Titríbi.	Andesita, andesita hornbléndica.	Antioquia y Nariño.
12	Suroeste.	Aglomerados - conglomerados.	Antioquia.
13	El Vergel.	Brechas volcánicas calcáreas.	Nariño.

deposiciones de cenizas volcánicas) en un lote sembrado con café de la variedad Caturra, al cual se habían aplicado 1.200 g/cafeto/año del fertilizante 12-12-17-2 (3 ton/ha/año) durante 14 años, lo que da un total de 16.800 g/planta.

Se observó una disminución del pH del suelo aproximadamente en 1/2 unidad.

Los contenidos de N, P, K, Mg, se incrementaron en el suelo aproximadamente en 0,3^o/_o; 40 ppm; 0,5 me/100 g y 0,3 me/100 g de suelo, respectivamente.

Los contenidos de Fe, Mn y Zn se incrementaron con relación al testigo, debido a la disminución del pH o a las trazas de estos elementos que lleva el fertilizante aplicado.

La concentración de Al intercambiable se aumentó con la reducción del pH. Los demás elementos analizados (Ca, Na, Bases totales, CIC) no sufrieron mayores alteraciones con la fertilización.

Localización de los fertilizantes, P-32.

Se estudió cuál era el lugar más conveniente para la aplicación de los fertilizantes al café, usando fósforo radioactivo (P-32), en fertilizante de grado 14-14-14, a razón de 75 g/planta. Este ensayo se realizó en Cenicafé en 1961, en cafetos de la variedad Borbón.

La efectividad de los tratamientos se midió por el número de desintegraciones atómicas de P-32 que se observaron en muestras de hojas, tomadas periódicamente en el campo experimental. La mayor absorción del isótopo se consiguió cuando se incorporó al suelo superficialmente, a 30 centímetros del tronco. Este mismo sitio, parece ser el más indicado para aplicaciones de fertilizantes al café, según la distribución de las raíces.