

EROSION

Resistencia de los suelos a la erosión.

Se estudió el índice de erosión de varios suelos sometiendo muestras sin disturbar a la acción de las lluvias, mediante simuladores que permitieron controlar intensidad, duración y frecuencia de los aguaceros aplicados. Se tomaron las pérdidas de suelo que ocurrieron en este proceso, como medida de resistencia relativa a la erosión.

Al estudiar la composición química de las muestras de 19 suelos, se observaron grandes diferencias en el contenido de bases de cambio (Ca, Mg, K), pero no se encontró relación con los valores de agua de escorrentía y pérdida de suelo.

Por otra parte, el estudio de los datos de las características físicas de los suelos (porcentajes de arena, limo, arcilla y coloides; equivalente de humedad; relación de dispersión; relación coloide a equivalente de humedad y relación de erosión), tampoco mostró ninguna tendencia definida.

Los resultados en cuatro unidades de suelos, en forma general, demostraron que los suelos más resistentes a la erosión tenían una relación de dispersión menor. Igualmente, los valores correspondientes a la relación coloide-equivalente de humedad y relación de erosión fueron más pequeños.

En otro experimento, se encontró que para determinar el grado de susceptibilidad del suelo a la erosión, se debía tener en cuenta: el desarrollo, grado, tipo y estabilidad de la estructura; la uniformidad de las características físico-mecánicas; las profundidades y el régimen hídrico del suelo. Estas características dependen de las propiedades mecánicas del material de origen y su pedogénesis.

En la tabla 25 se presentan los grados de susceptibilidad de un suelo a la erosión determinados con base en el reconocimiento y la caracterización de los suelos.

Efecto de la lluvia en la erosión.

Se ha encontrado que los totales y los promedios de las lluvias no caracterizan suficientemente un régimen pluviométrico, en especial si éste se analiza con relación a la erosión y el balance hídrico de los suelos. De ahí,

que se requiera determinar y fijar sus características, especialmente en cuanto a intensidad, duración y frecuencia.

La precipitación normal en la zona cafetera, varía entre 1.000 y 3.000 mm anuales con un total de 350 a 730 aguaceros al año. El porcentaje de horas de lluvia con intensidades mayores de 3 mm en 5 minutos es bajo (3 a 19%). La distribución e intensidad de las lluvias es muy similar en las diferentes regiones cafeteras. Las intensidades máximas más frecuentes son de 55 a 62 mm/hora.

TABLA 25.- GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD DE UN SUELO A LA EROSION.

Grado	Características*
1,0	MUY RESISTENTE: Estructura fuerte, muy estable, abundante contenido de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos uniformes y profundos con permeabilidad moderada.
2,0	RESISTENTES: Estructura moderada, estable, alto contenido de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos uniformes y profundos con permeabilidad moderada.
3,0	MEDIANAMENTE RESISTENTES: Estructura moderada, medianamente estable, medio contenido de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos uniformes o medianamente uniformes, profundos o medios, con permeabilidad moderadamente rápida.
4,0	SUSCEPTIBLE: Estructura débil o sin estructura, de baja estabilidad, contenido medio de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos de mediana a baja uniformidad, mediana a baja profundidad, con permeabilidad muy rápida a lenta.
5,0	MUY SUSCEPTIBLE: Estructura débil o sin estructura, de muy baja estabilidad, muy bajo contenido de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos de baja uniformidad, mediana a baja profundidad, con permeabilidad muy rápida o muy lenta.
*Para calificar la estabilidad debe observarse también el comportamiento del suelo al laboreo, la acción de las aguas de escorrentía por efectos erosivos, la presencia de surquillos, cárcavas y derrumbes y la estabilidad de los taludes en los caminos, carreteras, canales, cauces naturales, al igual que el fondo de las cunetas, canales y drenajes naturales.	

Las intensidades críticas horarias, con 70^o/o de probabilidad de escorrentía, se encontraron dentro de un intervalo de 16 a 24 mm/hora. Un 50 a 57^o/o del total de los aguaceros producen escorrentía y un 8 a 10^o/o son responsables de 80 a 90^o/o de las pérdidas de suelo.

Estos aguaceros erosivos son intensos, su magnitud generalmente no sobrepasa los 60 mm/hora (5 a 7 mm en 5 minutos) y la lluvia total caída es superior a los 15 mm.

El cálculo de las obras agrícolas de ingeniería para evacuar el agua de escorrentía, se debe hacer con base en las lluvias de intensidad más probable (70^o/o), que ocurren en un período mínimo de 10 años, según los estudios meteorológicos de una región. Solo se justifica el uso de intensidades máximas absolutas cuando se trata de protección de viviendas, construcciones costosas y obras especiales de ingeniería.

Índice de erosión pluvial de Fournier, aplicado a la zona cafetera colombiana.

La erosión hídrica (pluvial y por escurrimiento) es la forma de erosión más significativa de la zona cafetera.

Para determinar la influencia de los aguaceros en el proceso erosivo, se emplean principalmente los índices de Wischmeier y Fournier, conocidos como índices de agresividad de la lluvia o erosión pluvial (erosividad). En la zona cafetera se encontró una regresión lineal con un coeficiente de correlación de 0,92 altamente significativo, entre los índices de Wischmeier y Fournier.

La agresividad de la lluvia (erosividad) en la zona cafetera colombiana se determina mediante el índice de erosión pluvial de Fournier, debido a la simplicidad en el cálculo y la facilidad en la consecución de los datos de pluviómetros. El índice se define como la re-

lación entre el cuadrado de la precipitación máxima, expresada en mm, ocurrida en la unidad de un período dado y la precipitación total de ese período.

Las pruebas realizadas en Cenicafé indican que el período más adecuado para calcular la agresividad de la lluvia, con este objeto, es de 10 días. Los valores anuales de agresividad se obtienen sumando los índices decadales de cada año.

La relación encontrada entre los índices calculados con base en las precipitaciones anuales, y los cálculos con valores decadales es de 0,7:1. Para determinar el valor de la agresividad de la lluvia en una región, en función del índice de Fournier, se divide por 70 este valor cuando se calcula con datos anuales y por 100 cuando se calcula con base en valores decadales.

El grado de agresividad de la lluvia (A) se obtiene calificándolo de acuerdo con los valores dados en la tabla 26.

Coefficiente de escorrentía.

$C = \frac{\text{agua de escorrentía (mm)}}{\text{agua lluvia (mm)}}$. El coeficiente de escorrentía, junto con la intensidad de la lluvia más probable, permite conocer la cantidad de agua que se debe evacuar de un lote. Este valor es necesario para seleccionar y calcular obras de desvío de aguas, para contrarrestar el poder erosivo de la escorrentía.

En estudios realizados durante varios años, en los predios de escorrentía de Cenicafé, en suelos coluviales (muy permeables e inestables) y de cenizas volcánicas (de permeabilidad moderada y muy estable), con pendientes que varían de 20 a 70^o/o y con cultivos limpios, pasto y café, se han obtenido algunos valores del coeficiente de escorrentía (tabla 27).

TABLA 26.- ESCALA DE CALIFICACION DE LA AGRESIVIDAD DE LAS LLUVIAS (A), CON BASE EN EL INDICE DE FOURNIER. CENICAFE, 1975.

Indice de Fournier			Agresividad		Características de la precipitación
F ₁ *	Decadal	F ₂ **	A***	Grado	
Menor de 140	Menor de 5,0	Menor de 200	Menor de 2,00	Leve	LLluvias leves, frecuentes, bien distribuidas.
140 a 210	5,0 a 8,0	200 a 300	2,00 a 3,00	Baja	Lluvias de baja intensidad, frecuentes, bien distribuidas.
210 a 280	8,0 a 10,0	300 a 400	3,00 a 4,00	Media	Lluvias de mediana intensidad, frecuentes, de buena o regular distribución.
280 a 350	10,0 a 14,0	400 a 500	4,00 a 5,00	Alta	Lluvias fuertes, frecuentes o no, de buena o mala distribución.
Mayor de 350	Mayor de 14,0	Mayor de 500	Mayor de 5,00	Muy alta	Lluvias fuertes o muy fuertes, frecuentes o no, de buena o mala distribución.

F₁*: Calculado con base en la precipitación anual máxima, en un período mínimo de 10 años.

F₂** : Calculado con base en los valores decadales, en un período mínimo de 10 años.

***: $A = \frac{F_1}{70}$; $A = \frac{F_2}{100}$

TABLA 27.- COEFICIENTES DE ESCORRENTIA MAS FRECUENTES EN LOS MESES LLUVIOSOS, OBTENIDOS EN CENICAFE (1949-1973). PRECIPITACION ANUAL PROMEDIO 2.550 MILIMETROS.

Pendiente (°/o)	Cultivo	Permeabilidad del suelo	
		Alta Suelo coluvial	Moderada Suelo cenizas volcánicas
20	Limpio	0,25	0,45
	Pastos	0,15	0,25
	Café al sol	- *	0,15
	Café con sombrío	0,07	- *
40	Limpio	0,35	0,60
	Pastos	0,20	0,40
	Café al sol	- *	0,20
	Café con sombrío	0,10	0,10
60	Limpio	0,40	0,70
	Pastos	0,30	0,50
	Café al sol	- *	0,30
	Café con sombrío	0,10	0,15

- *: No se ha investigado.

Grado de erosión en función de la pérdida anual de suelos.

Para calificar la peligrosidad de la pérdida superficial de suelos causada por erosión debida a diferentes factores, se elaboró una escala, la cual se presenta en la tabla 28.

Efecto de la pendiente de un terreno en la erosión.

La pendiente tiene dos factores principales que influyen en la erosión: la inclinación (grado) y la longitud.

En suelos coluviales, en lotes de igual área pero con pendientes y longitudes variables, se encontraron, durante siete años de observaciones en cultivos de maíz, los datos de erosión que se presentan en la tabla 29.

La inclinación (grado) de un terreno no se puede variar fácilmente. En ocasiones no es técnico y es muy costoso; de allí, que las prácticas de conservación en los suelos de la

dera de la zona cafetera, deben buscar disminuir el volumen y la energía del agua de escorrentía, cortando la longitud de la pendiente.

Efecto de las coberturas en el movimiento del agua.

Para tener un mejor conocimiento del manejo del agua disponible que permita aumentar la cosecha y evitar los daños que ocasiona la erosión, se realizaron en Cenicafé estudios con lisímetros monolíticos. Se midieron las pérdidas de agua lluvia por evapotranspiración, transpiración, percolación, evaporación y escorrentía, para distintos tratamientos. De estos estudios se puede concluir que:

Las pérdidas de agua por percolación, son mayores en un suelo desnudo que con cobertura muerta. Las menores pérdidas se observaron en suelos con cobertura viva.

Existe una relación estrecha entre la lluvia y las cantidades de agua percolada.

TABLA 28.- GRADO DE EROSION EN FUNCION DE LA PERDIDA ANUAL DE SUELO. CENICAFE, 1978.

Pérdida anual de suelos*		Grado de erosión	Pérdida del espesor cm/100 años
ton/ha	Espesor, mm.		
Menor de 1,0	Menor de 0,1	Natural	Menor de 1
1,0 a 3,0	0,1 a 0,3	Baja	1 a 3
3,0 a 5,0	0,3 a 0,5	Media	3 a 5
5,0 a 10,0	0,5 a 1,0	Alta	5 a 10
10,0 a 20,0	1,0 a 2,0	Muy alta	10 a 20
20,0 a 30,0	2,0 a 3,0	Severa (grave)	20 a 30
Mayor de 30,0	Mayor de 3,0	Muy severa (muy grave)	Mayor de 30

* 1 ton/ha/año para suelos con densidad aparente de $1,0 \text{ ton/m}^3$, equivale a la pérdida de un espesor de suelo de $0,1 \text{ mm/año}$.

TABLA 29.- EFECTO DEL GRADO Y LONGITUD DE LA PENDIENTE EN LA EROSION DE UN SUELO DE ORIGEN COLUVIAL DESYERBADO CON AZADON. CENICAFE (1949-1956). PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL, 2.701 MILIMETROS.

Grado (o/o)	Longitud (m)	Pérdida total de suelo (ton/ha)
23	20	119
43	20	327
25	5	152
25	10	207
25	20	306

La cantidad de agua percolada está asociada con el mes de mayor número de días lluviosos y de mayor duración de los aguaceros.

El agua de escorrentía es mayor en un suelo desnudo que en aquel con una capa de "mulch" o con cobertura vegetal.

El contenido de humedad de un suelo está determinado por la capacidad del mismo para almacenar y retener agua, por unidad de peso o de volumen. La humedad almacenada es menor en un suelo con coberturas vivas que con coberturas muertas (mulch) o suelo desnudo.

En conclusión, en regiones cafeteras con períodos largos de sequía, el uso de plantas de coberturas se debe limitar a la época de lluvias del año y deben cortarse al entrar el verano para que ellas actúen durante ese tiempo como cobertura muerta o "mulch". Con este manejo se evita el peligro de que la vegetación protectora compita por agua con los cafetos. Además, disminuye la evaporación del agua almacenada al establecer una capa protectora sobre el terreno.

Efecto protector del sombrío.

Se comparó la fuerza con que las gotas de lluvia golpean el suelo dentro de un cafetal con sombrío y a plena exposición, con el ob-

jeto de determinar cuál es la acción defensiva real del sombrío de los cafetales al interceptar la lluvia.

Se encontró que dicha fuerza es mayor dentro de un cafetal con sombrío. La pretendida acción defensiva del sombrío, por intercepción directa de las gotas de lluvia, no existe.

El efecto protector del sombrío dentro de un cafetal se debe explicar, especialmente, por la formación de un colchón de residuos vegetales sobre el suelo, formando "mulch" que amortigua el impacto de las gotas de lluvia y las que escurren del sombrío; a la vez este "mulch" incrementa la retención de agua en el suelo, disminuyendo el volumen y la energía erosiva del agua de escorrentía. De ahí, que no toda planta de sombrío de un cafetal sirve como práctica de conservación.

Pérdidas de nutrimentos del suelo por acción de la escorrentía.

La escorrentía arrastra generalmente gran cantidad de nutrimentos minerales. En suelos de origen coluvial o desyerbados con azadón, estas pérdidas son mayores.

En la tabla 30 se presentan las pérdidas de suelo y nutrimentos en diferentes suelos y con varios tratamientos de uso y manejo.

TABLA 30.- PERDIDAS DE SUELO Y NUTRIENTOS, DEBIDOS A LA EROSION, EN SUELOS DE DIFERENTE ORIGEN CON VARIOS TRATAMIENTOS DE USO Y MANEJO. CENICAFE (1949-1965). PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL 2.618 MILIMETROS.

1. Suelo coluvial (45% de pendiente)	N u t r i e n t o s p e r d i d o s (k g / h a / a ñ o)					
	Suelo perdido (kg/ha)	Nitrógeno total	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Tratamientos						
Suelo desnudo (desyerbas con azadón)	31.200	25,2	0,98	24,0	238,6	151,6
Potrero pasto Micay	250	6,6	0,15	5,6	25,8	26,4
Cafetal con sombrero denso (desyerbas con azadón)	4.760	8,6	0,06	2,1	4,7	5,1
Cafetal joven sombrero denso, cobertura añil rastrero (desyerba con machete)	560	2,2	0,08	2,4	5,3	4,9
2. Suelos derivados de cenizas volcánicas (60% de pendiente)						
Tratamientos						
Café Borbón (desyerba con azadón)	4.349	15,7	0,35	10,9	7,5	2,3
Café Borbón con barreras vivas de limonci- llo (desyerbas con azadón)	1.664	13,7	0,33	11,6	8,7	2,6
Café Borbón con cobertura de añil brasilero	683	8,1	0,22	5,6	6,8	1,7
Café Borbón con cobertura añil rastrero	348	4,0	0,19	3,7	3,3	0,9
Café Borbón con cobertura de pasto Micay	326	4,3	0,26	5,4	3,7	0,1

Pérdidas de nutrimentos del suelo por efecto de la lixiviación.

Es frecuente la pérdida de nutrimentos minerales por lixiviación, debido al volumen de agua percolada. Este lavado se ve favorecido por la destrucción de las coberturas vegetales.

Se encontró en un ensayo en Cenicafé, que las mayores cantidades de nutrimentos se perdieron en los suelos desnudos o con "mulch" y las menores pérdidas ocurrieron en los suelos con coberturas vivas.

Las raicillas de las coberturas ofrecen un amarré a las partículas del suelo, que disminuye la posibilidad de lavado de los nutrimentos minerales.

En suelos de texturas gruesas, sin estructura, uniformes y profundos, es mayor la pérdida de nutrimentos por efecto de la lixiviación que por la escorrentía, aún en pendientes del 20^o/o.

En la tabla 31 se muestra la cantidad de nutrimentos lixiviados en lisímetros monolíticos con diferentes tratamientos superficiales.

Pérdida de profundidad de los suelos por la erosión.

En el proceso de erosión se pierde espesor de los suelos y nutrimentos, lo cual disminuye la fertilidad y la profundidad efectiva.

El mantenimiento de la fertilidad natural y su enriquecimiento con procesos y materiales biológicos, es una de las formas como la conservación contribuye a reducir los costos de fertilización o al menos mantenerlos, lo que permite conservar el nivel de productividad de los suelos.

En la tabla 32 se observa el efecto de la pérdida de suelo y grado de erosión en la producción de maíz, durante cuatro cosechas contínuas.

Pérdida de suelos y agua en cafetales y potreros.

Con el objeto de medir las pérdidas de agua y suelo, se establecieron durante el año de 1949, dos lotes de escorrentía localizados en suelos de la unidad Chinchiná.

Uno de los lotes con área de 6.000 m², estaba ocupado con café en buenas condiciones de sombrío (guamo macheto); el otro, con área de 2.500 m² estaba ocupado con potrero de pasto micay, también en buenas condiciones. Ambos lotes tienen topografía ondulada. La parte superior de los lotes (una tercera parte del área total) tiene una pendiente moderada del 10 al 20^o/o; el resto tiene una pendiente del 45 al 60^o/o.

En el cafetal se perdieron 17,46 toneladas de suelo por hectárea en 1951 y 3,44 en 1952, en tanto que en el potrero se perdieron 0,55 toneladas de suelo por hectárea en 1951 y 0,54 en 1952. Llama la atención las grandes diferencias entre pérdidas de suelo ocurridas en 1951 y en 1952, en el cafetal. Asimismo, también son notables las diferencias en escorrentía que se observaron en el potrero (tabla 33).

Los totales de lluvia fueron similares en los dos años. Sin embargo, tanto su distribución mensual como sus intensidades máximas fueron muy diferentes.

La escorrentía fue, en los dos años, mayor en el potrero. Las pérdidas de suelos fueron, en contraste, muy pequeñas con la cobertura de pasto. Es decir, la cobertura de pasto suministró buena protección al suelo, a pesar de haber permitido una menor infiltración de agua.

El pasto forma un colchón sobre la superficie del suelo, que absorbe la fuerza de las gotas de lluvia y las deja llegar suavemente al suelo.

TABLA 31.- NUTRIMENTOS LIXIVIADOS EN LISIMETROS MONOLITICOS CON DIFERENTES TRATAMIENTOS SUPERFICIALES. SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS. PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL 2.751 MILIMETROS. CENICAFE (1952-1955).

Tratamiento	Pérdidas de nutrientes (kg/ha/año)				
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Suelo desnudo	362	0,29	235	983	269
"Mulch"	305	0,15	191	760	213
Añil rastrero	76	0,11	115	711	208

TABLA 32.- PRODUCCION RELATIVA DE MAIZ CULTIVADO EN SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS CON DIFERENTES GRADOS DE EROSION. CENICAFE (1949-1951).

Grado de erosión	Producción relativa (0/0) (Promedio de 4 cosechas)
Suelo levemente erodado (Pérdidas de unos 3 a 5 cm de la capa orgánica)	100,0
Suelo severamente erodado (Pérdida total de la capa orgánica y 5 a 10 cm de la segunda capa).	26,7

TABLA 33.- LLUVIAS, EROSION Y ESCORRENTIA DE UN CAFETAL Y UN POTRERO. CENICAFE, (1951-1952).

Año	Lluvia (mm)		Erosión (kg/ha)		Escorrentía (mm)	
	Cafetal	Potrero	Cafetal	Potrero	Cafetal	Potrero
1951	2.604,6	2.907,6	17.457	546	247	546
1952	2.447,3	2.576,1	3.438	540	240	400

Las raíces de las gramíneas compactaron el suelo y permitieron una mayor escorrentía. En el cafetal, los restos vegetales que llegan al terreno, suministrados por los árboles de sombrío, le impartieron mayor permeabilidad al suelo. Esto fue confirmado con los índices de permeabilidad, los cuales fueron de 21,3 para el cafetal, y 6,2 para el potrero.

Se comparó la escorrentía en los dos lotes y se observó que ésta alcanzó más rápidamente su nivel máximo en el potrero. En el cafetal, no sólo fue más lento el incremento, sino que también fue más baja la intensidad máxima, y más prolongado el período total de escorrentía.

Un potrero bien manejado ofrece mayor protección contra la erosión que un cafetal o un bosque. De allí la importancia de mantener en el cafetal una cobertura baja, que actúe en forma similar al pasto del potrero, pero que no sea competitiva con el café.

La defensa de los suelos de los cafetales debe basarse en el establecimiento de coberturas vivas nobles y en el reemplazo del azadón por el machete en las labores de cultivo.

Pérdidas de suelo en café, yuca, maíz y pasto.

Se compararon en Cenicafé, las pérdidas de suelo y agua que ocurrieron a través de varios años (1951-1965) en los cultivos de maíz, yuca, pasto y café, con diferentes modalidades de manejo y sistemas de defensa de los suelos.

Las mayores pérdidas de suelos se presentaron en cafetales al sol, sin prácticas de conservación de suelos y desyerbas con azadón.

Las menores pérdidas de suelo ocurrieron en potreros bien establecidos con pastoreo moderado.

En cultivos anuales como el maíz y la yuca, las barreras vegetales de vetiver (*Vetiveria*

zizanoides) fueron muy efectivas en el control de la erosión.

Las mayores pérdidas de suelos fueron producidas por unas pocas lluvias de gran intensidad.

Las coberturas vegetativas, en cafetales al sol, son una buena práctica de conservación de suelos.

El sombrío de los cafetales no sirve por sí solo para la conservación del suelo. Es necesario establecer coberturas vegetativas e impedir el arrastre de materia orgánica que se desprende de los árboles de sombrío.

No hubo diferencia entre los sistemas de renovación de cafetales, en relación con la pérdida de suelo.

En la tabla 34 se presenta para cada uno de los tratamientos las pérdidas de suelo (en orden descendente), las pérdidas de agua por escorrentía y los porcentajes de lluvia.

Las pérdidas de agua por escorrentía fueron mayores para los terrenos con cobertura vegetativa que para los suelos desnudos.

Pérdidas de suelo en cafetales al sol.

Al analizar los resultados obtenidos en 10 años de observaciones (1956-1965) sobre el efecto de las barreras vivas, tres coberturas vegetativas diferentes (*Indigofera endecaphylla*, *Arachis* sp., y *Axonopus micay*) y suelo desnudo, en la pérdida de suelo, elementos nutritivos y producción en cafetales al sol, se obtuvieron los resultados que se presentan en la tabla 35

Las pérdidas de suelo fueron menores para las coberturas vegetativas que para las barreras vivas o suelo desnudo. Dentro de las coberturas vivas, la menor pérdida de suelo correspondió al pasto micay (*Axonopus micay*).

TABLA 34.- PERDIDAS DE SUELO Y PERDIDAS DE AGUA POR ESCORRENTIA, PARA DIFERENTES CULTIVOS CON VARIOS SISTEMAS DE MANEJO. CENICAFE (1951-1965).

Tratamientos	Suelo perdido (kg/ha)	Relación %	Escorrentía mm agua/ha Promedio anual	% Lluvia
Café al sol, desyerba con azadón. Renovación total.	4,882	100	90	3,6
Café con sombrío.	2,170	44,4	143	5,6
Maíz y yuca, desyerba con azadón Barreras vegetativas.	1,940	39,8	80	3,0
Café al sol coberturas vegetativas. Renovación total.	509	10,4	175	7,0
Café al sol, coberturas vegetativas. Renovación parcial.	483	9,9	125	4,9
Pastos	285	5,8	242	9,0

TABLA 35.- PERDIDAS PROMEDIO ANUAL DE SUELO Y DE ELEMENTOS NUTRITIVOS CAUSADAS POR LA ESCORRENTIA EN SUELOS DE LA UNIDAD CHINCHINA, CON CULTIVOS DE CAFE BORBON AL SOL, EN PENDIENTE DEL 60%. CENICAFE (1956-1965). PRECIPITACION ANUAL PROMEDIO: 2.618,7 MILIMETROS.

Tratamientos	Suelo perdido kg/ha	Nitrógeno total kg/ha	Fósforo kg/ha	Potasio kg/ha	Calcio kg/ha	Magnesio kg/ha
Suelo desnudo (desyerba con azadón).	4.349	15,73	0,35	10,89	7,45	2,32
Barreras vivas (a 3 m), suelo desnudo (desyerbas con azadón).	1.664	13,68	0,33	11,64	8,74	2,60
Añil brasilero cobertura (no compite).	683	8,14	0,22	5,59	6,83	1,74
Añil rastrero. cobertura (no compite).	348	4,04	0,19	3,67	3,31	0,88
Pasto Micay cobertura (no compite con café).	326	4,28	0,26	5,44	3,70	0,12

Con las barreras vivas se perdió menos suelo que en el terreno desnudo.

Las pérdidas de agua por escorrentía guardaron una estrecha relación con respecto a las pérdidas de suelo. Las coberturas vivas retuvieron más agua que las barreras vivas y el suelo desnudo. A su vez, con las barreras se perdió menor cantidad de agua que en el terreno desnudo.

Las cantidades de elementos nutritivos perdidos fueron mayores en los tratamientos con barreras vivas y suelo desnudo. En los suelos con cobertura se perdió un 55,40% menos de nutrimentos.

Las mayores pérdidas correspondieron al nitrógeno total y las menores al fósforo. No hubo diferencia en producción de café entre los distintos tratamientos al compararlos individualmente.

Esto mismo ocurrió cuando se compararon las producciones al reunir los tratamientos en dos grupos, de acuerdo con la semejanza de sus características o sea barreras vivas y suelo desnudo comparados con las coberturas.

El lote con cobertura de pasto micay dió la menor producción de café y se observó que el ciclo bienal de producción fue más acentuado.

Comparación de sistemas de desyerba.

Al comparar las desyerbas con azadón y con machete, en predios de escorrentía, se determinó que la desyerba con machete reduce significativamente las pérdidas del suelo, como se puede observar en la tabla 36.

El ideal en cuanto a la conservación de suelos se refiere, es cortar las yerbas a tres o cinco centímetros del nivel del suelo y hacer un plateo a mano alrededor de cada cafeto.

Coberturas vegetales protectoras del suelo.

Se estudiaron las diferentes malezas presentes en un cultivo de café, con el objeto de definir cuáles se pueden recomendar como coberturas vegetales protectoras y con poca competencia con el cultivo.

TABLA 36.- SUELO PERDIDO EN TERRENOS DESYERBADOS CON MACHETE Y AZADON, TONELADAS POR HECTAREA. CENICAFE (1949-1950).

Tratamientos	Suelo perdido (ton/ha)	
	1949	1950
Terreno desyerbado con azadón, cada tres meses.	327,66	531,49
Terreno desyerbado con machete, cada tres meses.	1,31	1,60
Cafetal joven desyerbado con azadón cada cuatro meses.	24,76	4,58
Cafetal joven, con añil rastrero, desyerbado con machete, cada cuatro meses.	0,89	0,34

Se encontró que existe un grupo de malezas dentro de la plantación de café, cuya presencia en las calles se puede considerar como protectora del suelo con poca competencia para el cafeto. Ellas son:

- Todas las leguminosas rastreras.
- La coneja o golondrina (*Pseudochinolaena polystachia* H. B. K. Staff.).
- La suelda con-suelda, cohite de puerto rico o cohite de flor blanca o morada (*Commelina* sp. o *Tradescantia* sp.).
- La panameña, zebra o cohite morado (*Callisia monandra*, *Zebrina perdulada*, *Tradescantia zebrina*).

Existe otro grupo de plantas cuyo crecimiento en las calles es perjudicial para el cafeto. Entre ellas sobresalen:

- Todas las plantas trepadoras.
- Todas las gramíneas (exceptuando la coneja o golondrina y las especies utilizadas como barreras vivas).

Hay que reducir la cantidad de malezas perjudiciales en el cafetal y estimular las plantas protectoras del suelo, manteniendo libre de toda vegetación el área que rodea cada cafeto (plateo). Esto se logra mediante programas de desyerbas selectivas, eliminando las gramíneas y demás plantas indeseables.

Erosión en cafetales bajo diferentes sistemas de manejo.

Se han realizado 29 experimentos sobre diferentes modalidades de manejo de cafetales, a plena exposición solar y a la sombra, en los cuales se han determinado las pérdidas de suelos por erosión y las aguas de escorrentía. En la tabla 37 aparecen reunidos estos valores.

En general, se puede concluir lo siguiente:

- Los dos primeros años de establecimiento de un cafetal al sol son críticos desde el punto de vista de la erosión, ya que se requiere mayor control de malezas mediante desyerbas periódicas (pérdidas de 6.000 a 20.000 kg/ha/año). Pero cuando se toman precauciones para la conservación de los suelos (fajas de pasto, coberturas, desyerbas selectivas), las pérdidas de suelo por erosión se reducen considerablemente aún en cafetales densos al sol (150 a 1.500 kg/ha/año).
- Al soquear un cultivo de café al sol, denso (1 x 1 m), tomando precauciones para la conservación del suelo (esparcimiento de ramillas y hojarascas), las pérdidas por erosión son muy bajas (50 a 800 kg/ha/año). Se requieren menos desyerbas y de menor intensidad en el primer año.
- Las menores pérdidas de suelo por hectárea se presentan en los cafetales con cobertura vegetal, tanto al sol como a la sombra, con árboles que proporcionan "mulch" de hojarasca (guamos). En el caso del plátano como sombrío, el "mulch" es muy pobre; de ahí que su valor de conservación sea bajo. Al comparar los tratamientos 7 y 26, después de 6,5 años, las pérdidas son casi el doble en el cafetal sombreado con plátano con respecto al cafetal al sol.
- Los experimentos en cafetales a plena exposición solar, muestran como el manejo, la densidad de siembra, la intensidad de la cobertura, el mantenimiento de la misma y el complemento con otras prácticas de conservación de suelos, están muy relacionadas con la intensidad de los fenómenos erosivos. Los resultados indican que con buen uso y manejo de los suelos, se pueden tener cultivos intensivos a plena exposición solar sin causar pérdidas muy significativas del suelo.

TABLA 37.- PERDIDAS DE SUELO POR EROSION Y AGUA DE ESCORRENTIA EN CAFETALES CON DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO. CENICAFE (1949-1978).

Sistemas de manejo de cafetales	Pendiente		Precipitación promedia (mm/año)	Observación (Nº años)	Suelo perdido promedio (kg/ha/año)	Escorrentía promedia (% lluvia/año)
	Longitud m	Grado °/o				
I. A LA SOMBRA						
1 Cafetal viejo con sombrío denso de guamo y sin prácticas de conservación de suelos, desyerbas con azadón y ploteo a mano (3,00 x 3,00 m al cuadro: 1.111 plantas/ha, Típica). Suelo coluvial.	10	53	2.701	8,0	1.125	3,1
2 Cafetal viejo con sombrío denso de guamo, terrazas individuales y cajuelas, desyerbas y ploteo a mano (3,00 x 3,00 m al cuadro: 1.111 plantas/ha, Típica). Suelo coluvial	10	53	2.701	8,0	216	2,8
3 Cafetal joven con sombrío denso de guamo y sin prácticas de conservación de suelos, desyerbas con azadón y ploteo a mano (3,00 x 3,00 m al cuadro: 1.111 plantas/ha, Típica). Suelo coluvial.	20	45	2.701	8,0	4.758	6,6
4 Cafetal joven con sombrío denso de guamo, terrazas individuales y cajuelas, desyerba con machete y ploteo a mano (3,00 x 3,00 m al cuadro: 1.111 plantas/ha, Típica). Suelo coluvial.	20	45	2.701	8,0	1.920	16,7
5 Cafetal joven con sombrío denso de guamo, añil rastrero entre calles ploteo y limpia a mano de los cafetos, desyerba con machete (3,00 x 3,00 m al cuadro: 1.111 plantas/ha, Típica). Suelo coluvial.	20	45	2.701	8,0	561	6,6
6 Cafetal joven con sombrío denso de guamo, terrazas individuales y añil rastrero, desyerbas con machete (3,00 x 3,00 m al triángulo: 1.285 plantas/ha, Típica). Suelo coluvial.	20	45	2.701	8,0	92	4,8
7 Cafetal con sombrío de plátano hartón (7,5 x 7,5 m al triángulo), se favorece la cobertura natural, desyerbas con azadón y machete (2 años), luego con machete y ploteo a mano (1,5 x 1,5 m al triángulo: 5.132 plantas/ha, Caturra). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	70	70	2.750	6,5	3.568	18,0
II. A SEMI-SOMBRA						
8 Cafetal con sombrío de guamo a distancias variables. Desyerbas con machete y ploteo a mano (3,00 x 3,00 m al cuadro, 1.111 plantas/ha, Típica). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	70	60	2.563	15,0	2.170	5,6

Continúa ...

En el momento que existe un grupo de maletas En general se puede concluir lo siguiente:
 Antes de la plantación la café, café: pichón
 de su tallo de...
 Los días previos al...
TABLA 37.- PERDIDAS DE SUELO POR EROSION Y AGUA DE ESCORRENTIA EN CAFETALES CON DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO. CENICAFE (1949-1978) Continuación.

Sistemas de manejo de cafetales	Pendiente		Precipitación promedio (mm/año)	Observación (Nº años)	Suelo perdido promedio (kg/ha/año)	Escorrentía promedio (°/o lluvia/año)
	Longitud m	Grado °/o				
III. AL SOL						
9 Cafetal viejo, desyerbas con machete y plateo a mano, renovación por soca, sistema 1-3-2-4 (3,00 x 3,00 m al triángulo: 1.285 plantas/ha, Típica). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	70	60	2.643	11,0	965	4,4
10 Cafetal con barreras vivas de piña, cada 10 m, desyerbas con azadón, renovación total al 5º año (fajas dobles 1,00 x 1,00 x 3,50 m en curvas a nivel y al triángulo: 4.444 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	70	70	2.562	11,0	4.278	3,6
11 Cafetal con cobertura vegetativa, pasto yaraguá-gordura, desyerbas con machete y plateo a mano, renovación total al 7º año (fajas dobles 0,80 x 0,80 x 3,0 m, en curvas a nivel y al triángulo: 6.580 plantas/ha, Caturra). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	70	70	2.652	11,0	480	6,3
12 Cafetal con cobertura vegetativa, pasto micay, desyerbas a machete y plateo a mano (fajas dobles 1,00 x 1,00 x 3,00 m, en curvas a nivel y al triángulo: 5.000 plantas/ha, Borbón). Renovación parcial cada año por el sistema de soca y por terceras partes en surcos alternos al 5º año. Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	25	70	2.539	13,0	439	4,7
13 Café con cobertura añil rastrero, desyerba selectiva a mano (3,00 x 3,00 m, al triángulo: 1.285 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	2.618	10,0	348	3,0
14 Cafetal con cobertura pasto micay desyerbas con machete (3,00 x 3,00 m al triángulo: 1.285 plantas por ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	2.618	10,0	325	3,3
15 Cafetal con cobertura añil brasileño, desyerba selectiva a mano y plateo (3,00 x 3,00 m, al triángulo: 1.285 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	2.618	10,0	683	6,1

TABLA 37.- PERDIDAS DE SUELO POR EROSION Y AGUA DE ESCORRENTIA EN CAFETALES CON DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO. CENICAFE (1949-1978) Continuación.

Sistemas de manejo de cafetales	Pendiente		Precipitación promedio (mm/año)	Observación (Nº años)	Suelo perdido promedio (kg/ha/año)	Escorrentía promedio (‰ lluvia/año)
	Longitud m	Grado ‰				
16 Cafetal con barreras vivas de limoncillo, desyerba con azadón (3,00 x 3,00 m, al triángulo: 1.285 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	2.618	10,0	1.663	7,1
17 Cafetal desyerbado con azadón (3,00 x 3,00 m, al triángulo: 1.285 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	2.618	10,0	4.348	7,4
18 Cafetal con cobertura de pasto pangola, desyerbas con machete y ploteo a mano (3,00 x 3,00 m, al cuadrado: 1.111 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	2.409	2,5	353	6,1
19 Cafetal con mulch de pasto elefante (3,00 x 3,00 m, al cuadrado: 1.111 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	2.409	2,5	101	2,0
20 Cafetal con cobertura natural, desyerbas con machete y ploteo a mano (3,00 x 3,00 m, al cuadrado: 1.111 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	1.409	2,5	43	1,5
21 Cafetal desyerbado con herbicidas suelo completamente desnudo (3,00 x 3,00 m, al cuadrado: 1.111 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	2.409	2,5	7.645	10,9
22 Cafetal desyerbado con azadón, suelo completamente desnudo (3,00 x 3,00 m, al cuadrado: 1.111 plantas/ha, Borbón). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	9	60	2.409	2,5	2.770	2,1
23 Cafetal desyerbado con machete y azadón, cuando el cultivo lo requiere, altas densidades de siembra (1,00 x 1,00 m, al cuadrado: 10.000 plantas/ha, Caturra). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	70	60	2.670	7,0	5.970	15,0

Continúa ...

TABLA 37.- PERDIDAS DE SUELO POR EROSION Y AGUA DE ESCORRENTIA EN CAFETALES CON DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO. CENICAFE (1949-1978). (Continuación).

Sistemas de manejo de cafetales	Pendiente		Precipitación promedia (mm/año)	Observación (Nº años)	Suelo perdido promedio (kg/ha/año)	Escorrentía promedia (% lluvia/año)
	Longitud m	Grado o/º				
24 Cafetal en suelo totalmente desnudo antes de la siembra. Desyerba 1º y 2º año, con machete esporádicamente, ya que la plantación se cierra (1,00 x 1,00 m, al cuadro: 10.000 plantas/ha, Caturra). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná). El cultivo se soqueó a partir del 7º año.	10	60	2.860	9,1	4.796	16,0
25 Cafetal con rosería del pasto antes de la siembra, ampliación del plato eliminando pasto y cepas (sacando las mismas con azadón), desyerbas selectivas, favoreciendo cambio de gramíneas a malezas nobles, desyerbas con machete hasta 30 meses (la plantación se cierra) (1,00 x 1,00 m, al triángulo: 11.500 plantas/ha, Caturra). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	25	60	2.860	4,0	698	6,0
26 Cafetal, se favorece la cobertura natural con desyerbas selectivas con azadón y machete (dos-años) luego machete y ploteo a mano (1,50 x 1,50 m, al triángulo: 5.132 plantas/ha, Caturra). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	70	70	2.750	6,5	2.121	7,5
27 Cafetal con rosería del pasto antes de la siembra, ampliación del plato eliminando pasto y cepa (sacada de las mismas con azadón). Desyerba selectiva, favoreciendo cambio de gramíneas a malezas nobles. Desyerbas con machete (1,50 x 1,50 m, al triángulo: 5.132 plantas/ha, Caturra). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	25	60	2.860	4,0	234	5,0
28 Cafetal, se favorece la cobertura natural con desyerbas selectivas con azadón (eliminación de gramíneas), machete y ploteo a mano. Se dejan surcos de pasto entre surcos de café como práctica preventiva de erosión. Estos surcos de pastos se eliminan paulatinamente a medida que crece al café y requiere un ploteo mayor (1,00 x 1,50 m, al cuadro: 6.666 plantas/ha, Caturra). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	25	50-60	2.600	5,6	937,5	7,5
29 Cafetal, se favorece la cobertura natural con desyerbas selectivas con azadón (eliminación de gramíneas), machete y ploteo a mano. Se hizo la misma práctica preventiva de erosión del tratamiento anterior (2,00 x 2,00 m, al cuadro: 5.000 plantas/ha, Caturra). Suelo derivado de cenizas volcánicas (Unidad Chinchiná).	25	50-60	2.600	5,6	2.249	15,0

Establecer y mantener una cobertura vegetal con plantas exóticas es difícil y costoso, si se compara con otras prácticas de conservación. De ahí, la importancia de contar con las coberturas nativas que abundan en la zona cafetera, de sistemas radicales ralos y superficiales o de raíces profundas no fasciculadas, de porte bajo y de poca competencia con el cultivo. Hay que propiciarlas con las desyerbas selectivas para eliminar principalmente las gramíneas que son muy competitivas. Con esta práctica se ha logrado hasta un 95% de eficiencia en la conservación del suelo.

- En zonas secas, las prácticas mecánicas, como terrazas individuales y cajuelas, son valiosos auxiliares para la conservación de los suelos y del agua. En áreas con alta precipitación pluvial, caso en la mayoría de la zona cafetera colombiana, se deben emplear estructuras que en vez de conservar las aguas las lleven lentamente y en forma segura a lugares protegidos; tales estructuras pueden ser acequias, zanjillas y canales de desviación.
- Examinando el conjunto de datos obtenidos, tanto en cafetales viejos como nuevos, al sol y a la sombra, se ve la importancia de dar mayor énfasis en un plan de conservación, a las prácticas culturales y agronómicas.
- El mantenimiento de un buen sombrero (en aquellos suelos susceptibles o muy susceptibles a la erosión), una buena cubierta vegetal, la utilización del machete y la desyerba selectiva, son sistemas que deben servir de base a todo programa de conservación, en terrenos de ladera sembrados con café.
- Al comparar en la tabla 37 los tres tipos de desyerbas: machete (experimento 20), herbicida (experimento 21) y azadón (experimento 22), se puede observar la gran

diferencia que existe entre los tres sistemas, pues la desyerba con machete, cuando se hace bien, trae pérdidas muy pequeñas de suelo (43 kg/ha/año); el uso del azadón causa pérdidas apreciables de tierra (2.770 kg/ha/año) pues remueve y desmorona el suelo superficialmente, quedando en condiciones de ser arrastrado fácilmente por el agua. El uso continuo y reiterado de los herbicidas en suelos de ladera trae grandes pérdidas de suelo (7.645 kg/ha/año) ya que impide el crecimiento de cobertura vegetal, el suelo disminuye en volumen, se compacta y pierde la capacidad de infiltración, favoreciendo la escorrentía. Muchos herbicidas granulan el suelo, lo cual favorece la erosión.

- En cuanto a la densidad de siembra, ésta presenta cierta relación con la intensidad de la erosión, ya que la distancia de siembra del cafeto juega un papel importante en el desarrollo y abundancia de cobertura vegetal.

En cafetales al sol, sembrados a 1,00 x 1,00 y 1,50 x 1,50 metros, con prácticas sencillas de conservación de suelos, las pérdidas de suelo son relativamente bajas, menores de 1.300 kg/ha/año. Las menores pérdidas se obtuvieron en los cafetales sembrados a 1,50 x 1,50 metros.

En lotes de café al sol, con densidad de siembra de 2,00 x 2,00 metros las pérdidas de suelo por erosión son mayores de 2.000 kg/ha/año, ya que requieren mayor número e intensidad de desyerbas.

En ocasiones, se hace necesario el uso del azadón para eliminar gramíneas que se ven favorecidas por la mayor luminosidad dentro del cafetal.

Efecto de las quemas.

Se realizaron varios ensayos, en diferentes suelos de Caldas y Antioquia, con el fin de

observar el efecto de las quemas en la erosión, la fertilización y la producción de maíz. las conclusiones de estos ensayos fueron las siguientes:

- Las quemas produjeron un aumento en la escorrenfía en todos los ensayos.
- Las pérdidas de suelo por erosión fueron mayores en los terrenos quemados, debido a su efecto sobre la estabilidad de los agregados.
- Hubo pérdidas de elementos nutritivos debidas a la erosión.
- Las quemas influyeron en la composición química del suelo, ya que las cenizas aportaron bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na), que aumentaron el pH.
- Las quemas incrementaron la producción de maíz en los suelos de baja fertilidad inicial. En los suelos fértiles esta aparente ventaja no se notó.
- En los lotes con aplicaciones de fertilizantes se pueden obtener mayores rendimientos económicos que en aquellos quemados, sin adiciones de fertilizantes. Habrá también en aquellos menor peligro de erosión.

Efecto de la variedad de café en la erosión de los suelos.

En ocasiones, se cree que una variedad de café puede favorecer la erosión de los suelos, es decir, que tiene un efecto de desprotección mayor que otras variedades.

Se ha encontrado que no hay una relación entre la variedad de café y la erosión, sino entre el sistema de siembra, manejo del cultivo y la erosión, como puede apreciarse en la tabla 38.

Los datos de pérdida de suelo, tanto en el café Borbón como en el Caturra, son mayores cuando se desyerban con azadón que con machete. Para las dos variedades los datos de erosión, para ambos tratamientos de desyerbas, son relativamente iguales.

Valor de conservación de los cultivos.

Cada grupo de cultivos, debido a la exigencia de labores culturales y a la cobertura vegetal que forma, tiene un determinado grado de desprotección al suelo.

Para saber el grado de desprotección de un cultivo a establecer se analiza en qué grupo se podría clasificar. Con este objeto los diferentes cultivos se han reunido en los grupos que se presentan en la tabla 39, con su respectivo grado de desprotección. Estos valores son cualitativos o de orientación y han sido determinados por la investigación realizada, parte por Cenicafé y parte por otros institutos de otras latitudes.

El uso y el manejo de los suelos juega un papel importante en la erosión y si se hacen técnicamente, constituyen factores temperantes, amortiguando el efecto de los factores activos que influyen en la erosión del suelo.

Hay cultivos que son exigentes en desyerbas o labores, por lo cual ofrecen poca protección (cultivos limpios, cultivos perennes en establecimiento). También hay cultivos que permiten una conservación mayor debido a las coberturas y "mulch" como los semibosques en producción, y otros que ofrecen alta protección como los pastos y los bosques. En la tabla 40 se presenta el efecto del tipo de cultivo sobre la erosión en terrenos de igual suelo (cenizas volcánicas) y pendiente (60%) durante varios años. El primer año de establecimiento en algunos cultivos es el período más crítico, ya que se requieren desyerbas muy frecuentes. En los años siguientes, los

TABLA 38.- EROSION EN SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS CON DIFERENTES VARIETADES DE CAFE Y SISTEMAS DE DESYERBAS. CENICAFE (1958-1973).

Variedad	Sistema de siembra	Desyerba	Pérdida de suelo (kg/ha/año)
Borbón	Surcos dobles al sol (1 metro entre plantas y 3 metros entre surcos).	Azadón	4.279
		Machete	439
Caturra	Surcos dobles al sol (0,8 m entre plantas y 3 m entre surcos).	Azadón	4.750
		Machete	480

TABLA 39.- GRADO DE DESPROTECCION DE LOS GRUPOS DE CULTIVO DEFINIDO POR EL GRADO DE COBERTURA VEGETAL QUE FORMAN Y LA EXIGENCIA DE LABORES CULTURALES QUE REQUIEREN. CENICAFE, 1975.

Grado	Descripción
1,0	Bosques comerciales y proteccionistas.
1,0 a 1,5	Pastos.
1,5 a 2,0	Cultivos densos (caña, pastos, citronela, ramio, fique, etc)
2,0 a 3,0	Cultivos de simi-bosque (café y cacao con sombrío, etc.) Cultivos perennes y semilimpios al sol, ya establecidos y con cobertura vegetal.
3,0 a 4,0	Cultivos semilimpios (plátano, frutales, etc., con desyerbas drásticas). Cultivos perennes al sol, en establecimiento.
4,0 a 5,0	Cultivos limpios (hortalizas, maíz, piña, frijol, yuca, etc.).

TABLA 40.- PERDIDAS DE SUELO POR EROSION EN PREDIOS DE ESCORRENTIA EN SUELOS ORIGINADOS DE CENIZAS VOLCANICAS CON DIFERENTES USOS Y MANEJOS. PENDIENTE 60%/o. CENICAFE (1973-1977).

	Suelo perdido (kg/ha)					Indice relativo de erosión				
	1º año	2º año	3º año	4º año	5º año	1º año	2º año	3º año	4º año	5º año
C u l t i v o										
Café Caturra al sol, 1 x 1 m, primer año desyerba con azadón cada dos meses. Segundo año desyerbas con azadón y machete cada tres o cuatro meses. A los 24 meses cierra el cultivo, desyerbas por las calles con machete	6.819	5.628	849	768	129	88,55	75,67	11,03	9,97	1,67
Yuca, 1 x 1 m, desyerba con azadón cada dos meses durante los seis primeros meses, cosecha a los 12 ó 13 meses. Nueva siembra a los dos meses de cosecha.	8.053	2.307	2.318	1.448	3.473	104,58	29,96	30,10	18,80	45,10
Caña de azúcar en surcos en contorno, se desyerba con azadón cada 1 ó 1 1/2 meses durante los primeros 4 ó 5 meses. Se cosecha a los 16 meses, se deja la soca.	714	434	697	323	77	9,27	5,63	9,05	4,19	1,00
Piña perolera, en surcos dobles en contorno, a 30 cm entre plantas y 60 cm entre surcos, (50.000 plantas/ha). Los primeros seis meses desyerbas con azadón, luego con machete.	1.176	624	1.480	1.504	255	15,27	8,10	19,22	19,10	3,31
Pasto Pangola corte cada 10 días con machete. Se saca el pasto cortado.	626	428	707	531	207	8,13	5,55	9,18	6,90	2,69

cultivos perennes requieren menos desyerbas y su follaje y sistema radical permiten una acción positiva en la disminución de la erosión.

Los datos de la tabla 40, muestran que el pasto y la caña de azúcar son cultivos protectores del suelo.

La piña a altas densidades de siembra, 50.000 plantas por hectárea y sembrada en contorno, funciona como barrera viva, con gran eficacia, siempre y cuando se desyerbe ligeramente entre las calles, o la desyerba sea selectiva. Pero la producción y calidad de la fruta se ven muy afectadas.

Cuando se hacen desyerbas más drásticas, mejora la producción de piña y la calidad de la fruta (tamaño, sabor, succulencia y uniformidad) pero las pérdidas de suelo por erosión se incrementan significativamente. Esto demuestra que el cultivo de la piña es un cultivo eminentemente limpio, no admite coberturas vegetales entre los surcos o barreras, ya que la distancia de siembra es muy corta.

El cultivo de la yuca presenta las mayores pérdidas de suelo, principalmente en los días siguientes a la cosecha (80%). No se debe establecer en suelos de ladera, debido a su alto poder erosivo. El cultivo del café tiene una etapa crítica de desprotección en los primeros años de vida (siembras o renovación por soqueo), debido a la preparación del lote (ahoyada, siembra y desyerba continua en la etapa de desarrollo), cuando no se toman medidas preventivas de erosión.

La caña de azúcar es un cultivo altamente proteccionista, se adapta muy bien a la zona cafetera. Se recomienda su cultivo en suelos de ladera susceptibles a la erosión.

Los cultivos de pastos son muy proteccionistas. No se deben sobrepastorear. Se requiere un programa de alternación de potreros en suelos de ladera.

Eficiencia relativa de algunas prácticas de conservación de suelos.

La aplicación de una práctica de conservación de suelos ya sea de cultivo o mecánica, depende de la clase de suelo, la topografía del terreno, el cultivo y su manejo.

Nunca se debe planear una práctica mecánica si es posible obtener los mismos resultados con prácticas agronómicas, basadas en el uso de la vegetación y los métodos de cultivo.

En la tabla 41, se presenta la eficiencia de algunas prácticas de conservación de suelos.

Uso y manejo de los suelos de ladera. Sistema I.U.M.

Con base en diferentes estudios de conservación de suelos se ideó el sistema I.U.M. (Índice de Uso y Manejo), para determinar el uso y manejo de los suelos de ladera, como alternativa de las ocho clases agrológicas americanas, las cuales presentan limitaciones para aplicar en las áreas agrícolas de ladera en las zonas andinas.

El sistema I.U.M., se basa en la ecuación universal de erosión e integra los factores activos, pasivos y temperantes que influyen en la erosión y producción, facultando al técnico para la determinación del uso y manejo de los suelos de ladera, agrupados en unidades de vocación, uso o capacidad de explotación a nivel regional o de fincas.

Con este sistema se busca evitar al máximo la relatividad y variación de conceptos. Es un sistema cualitativo de orientación.

El sistema I.U.M. define la potencialidad de una unidad de suelos y el manejo que requiere con base en la determinación del índice de uso y manejo de los grupos de cultivos, en

TABLA 41.- EFICIENCIA DE ALGUNAS PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS. CENICAFE, (1949-1976).

Prácticas	Eficiencia máxima (0/0)	Observaciones
Siembra en contorno.	30	Debe usarse siempre en pendientes mayores del 5 ^o /0, entre 5-10 ^o /0 sola; en pendientes mayores del 10 ^o /0, debe combinarse con otras prácticas.
Siembra en contorno con zanjillas.	10-85	Las zanjillas deben tener pendientes menores de 0,5 ^o /0.
Coberturas vegetales.	95	No deben ser competitivas con el cultivo, se deben eliminar en el plateo del cafeto. Las desyerbas se deben hacer con machete y efectuar una selectividad manual de las malezas.
Barreras vivas.	60	Se deben cortar periódicamente en altura y ancho. Se debe complementar con coberturas vegetales. Las gramíneas utilizadas son susceptibles a la palomilla.

función de la erosión potencial y el factor de desprotección del cultivo.

El sistema I.U.M., requiere:

La determinación de la agresividad de la lluvia (factor activo); la cual se calcula por medio del índice de Fournier, a partir de valores anuales o decadales de lluvia.

El grado de susceptibilidad del suelo a la erosión (factor pasivo). Para esto se tiene en cuenta el desarrollo, grado y estabilidad de la estructura; uniformidad físico-mecánica, profundidad y régimen hídrico del suelo. Estas características dependen de las propiedades mecánicas del material de origen y su pedogénesis.

La obtención del índice de erosión potencial (interacción de los factores activo y pasivo), con base en los índices anteriores.

La desprotección que ofrecen al suelo los diferentes grupos de cultivo, en función de la cobertura vegetal que forman y el tipo y frecuencia de labores de cultivo que requieren.

Con estos factores se determina el I.U.M. Luego se estudia dentro de cada grupo potencial de cultivos, las especies que se pueden establecer con base en sus requerimientos ecológicos. Esta definición de cultivos permite determinar programas a corto, mediano o largo plazo de acuerdo con la demanda, mercados y centro de acopio; infraestructura, vías, crédito disponible, mano de obra y conocimiento técnico del agricultor.

Se aplicó el sistema I.U.M. para determinar el uso y manejo de los suelos de la zona cafetera del departamento del Tolima y para ello se analizaron las lluvias de 10 estaciones meteorológicas durante los años 1969 a 1973,

que fue un período crítico, debido a que se presentaron valores extremos para los años 1971 y 1973. Se aplicó el sistema a 10 unidades de capacidad de explotación, formadas a partir de diferentes materiales de origen (ígneos, metamórficos y sedimentarios).

En general la agresividad de la lluvia según los índices anuales de lluvia de Fournier, estuvo entre alta a muy alta. Las unidades de suelos variaron desde muy resistentes (cenizas volcánicas) hasta muy susceptibles a la erosión (esquistos pizarrosos). Con el producto del índice de erosión pluvial y el grado de susceptibilidad del suelo a la erosión, se obtuvieron los índices potenciales de erosión (de muy bajo a muy alto). El índice de uso y manejo en función de los índices potenciales de erosión y desprotección de los grupos de cultivo, no dió limitaciones de uso para las unidades de suelos derivados de cenizas volcánicas, dentro de sus límites ecológicos, las cuales requieren prácticas sencillas de conservación de suelos.

Las demás unidades de suelo presentan limitaciones para establecer cultivos limpios y semilimpios; los cultivos de semibosques densos y pastos requieren prácticas de conservación de suelos. Los usos potenciales establecidos en las diferentes unidades de suelos con el sistema I.U.M., coinciden, en general, con los propuestos por la Federación Nacional de Cafeteros en el estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento del Tolima. Esta alta correlación demostró la viabilidad del sistema I.U.M.

Con los índices decadales de Fournier, se calcularon las épocas apropiadas para realizar labores de cultivo con menor riesgo de erosión. El período analizado fue muy corto (5 años), debido a la limitación de datos meteorológicos, pero en general, se observa gran variación en la distribución de las épocas apropiadas para realizar labores de cultivo, tanto en las localidades como a través del año.

Épocas apropiadas para realizar labores de cultivo.

Se propone definir estas épocas con base en los índices decadales de Fournier menores de 10, con 60% o más de probabilidad, los cuales corresponden a una agresividad de lluvia leve a media, que permite realizar prácticas culturales con menor riesgo de erosión. Con el fin de que la ocurrencia de períodos benéficos sea la más probable, se deben determinar, en un período largo (10 a 20 años). Para frecuencias de 60-70, 71-80, 81-90 y 91-100% recibirán respectivamente valores de 1, 2, 3, 4, lo cual significa que a mayor valor habrá mayor probabilidad de ocurrencia con menor peligro de erosión.

Para mayor seguridad se sugiere ponderar estos valores con la frecuencia de la década siguiente, aumentándolos en 1, 2 y 3, etc., si ésta es de 60-70, 71-80, etc., o disminuyéndola en 1, 2, 3, 4, 5 ó 6 si es de 59-60, 49-40, etc., respectivamente. Con esto se busca que las labores realizadas en una década estén protegidas durante la década siguiente. Las épocas apropiadas para las labores tendrán valores positivos de 2 a 8. En caso de valores menores de 2 o negativos se considera época crítica para las labores.

Efecto del Krilium sobre la productividad de los suelos y el control de la erosión.

Se trató de definir el efecto de los acondicionadores del suelo (Krilium), a dos niveles sobre algunas propiedades físicas de los suelos de la unidad Chinchiná (Dystrandep), el desarrollo de las plantas, el rendimiento de la cosecha, la escorrentía y la erosión del suelo. Los tratamientos fueron: 300 y 500 kilogramos de Krilium por hectárea y el testigo. Se empleó como planta índice el pasto Imperial.

No hubo respuesta en la producción de forraje con ninguno de los tratamientos.

Las pérdidas de suelo y agua, en algunos años, fueron superiores en los tratamientos con Krilium.

En suelos de la unidad Chinchiná, el Krilium no mostró un efecto benéfico sobre la productividad de dichos suelos, ni sobre el control de la erosión.

En general la erosión de la lluvia según los índices anuales de lluvia de Bogotá, tuvo un efecto muy negativo en las unidades de cultivo desde que se iniciaron los trabajos (ver anexos) hasta muy recientemente a la erosión (ver anexos). Con el primer término, en un período largo (40 a 50 años) la frecuencia de 60-70, 71-80, 81-90 y 91-100% respectivamente representaron valores de 1, 2, 3, 4, 5 en cual significa que a mayor valor habrá mayor probabilidad de ocurrir con menor peligro de erosión.

La mayor seguridad se sugiere ponderar los valores con la frecuencia de las pérdidas, aumentándose en 1, 2 y 3 etc. a esta de 60-70, 71-80, etc. a disminuir de 1, 2, 3, 4, 5 a 3, 2, 1 etc. respectivamente. Con esto se tomarán las labores realizadas en una década para proteger durante la década siguiente. Los valores positivos de 1 a 5 en los años anteriores de 5 o negativos se considerarán críticos para las labores.

El efecto del Krilium sobre la productividad de los suelos y el control de la erosión se hizo de definir el efecto de los tratamientos del suelo (Krilium) a los niveles de algunas propiedades físicas de los suelos de la unidad Chinchiná (ver anexos) y el efecto de las plantas, el rendimiento de la cosecha, la erosión y la pérdida del suelo. Los tratamientos fueron: 300 y 500 Kg. más de Krilium por hectárea y el control simple como planta dulce al pasto (anexo).

En general la erosión de la lluvia según los índices anuales de lluvia de Bogotá, tuvo un efecto muy negativo en las unidades de cultivo desde que se iniciaron los trabajos (ver anexos) hasta muy recientemente a la erosión (ver anexos). Con el primer término, en un período largo (40 a 50 años) la frecuencia de 60-70, 71-80, 81-90 y 91-100% respectivamente representaron valores de 1, 2, 3, 4, 5 en cual significa que a mayor valor habrá mayor probabilidad de ocurrir con menor peligro de erosión.

La mayor seguridad se sugiere ponderar los valores con la frecuencia de las pérdidas, aumentándose en 1, 2 y 3 etc. a esta de 60-70, 71-80, etc. a disminuir de 1, 2, 3, 4, 5 a 3, 2, 1 etc. respectivamente. Con esto se tomarán las labores realizadas en una década para proteger durante la década siguiente. Los valores positivos de 1 a 5 en los años anteriores de 5 o negativos se considerarán críticos para las labores.

BIBLIOGRAFIA

- BRAVO G., E. Fertilización potásica en café. Memorias del Coloquio de Suelos, 5. Potasio y Micronutrientes en la agricultura colombiana. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 9(2):68-75. 1978.
- BRAVO G., E. Manejo de la fertilidad de algunos suelos de la zona cafetera. In: Reunión Nacional de Suelos, 6. Manizales. Noviembre 15 al 17 de 1978. Resúmenes. Manizales. Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1978. p.8.
- BRAVO G., E.; GÓMEZ A., A. Capacidad de fijación de fósforo en seis unidades de suelos andosólicos de la zona cafetera colombiana. Cenicafé (Colombia) 25(1):19-29. 1974.
- CARRILLO P., I.F. Experiencias del laboratorio de Química Agrícola de Cenicafé en los análisis de suelos de la zona cafetera. In: Reunión Nacional de Suelos, 6. Manizales. Noviembre 15 al 17 de 1978. Resúmenes. Manizales. Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía. 1978. p.6.
- CARRILLO P., I.F.; GÓMEZ A., A. Métodos de Yuan y espectrofotómetro de absorción atómica (E.A.A.) para determinación de aluminio intercambiable en suelos cafeteros colombianos. Cenicafé (Colombia) 27(1):26-33. 1976.
- CHAVES, R. Estudio preliminar sobre fijación de potasio en suelos de la Serie 10 (Caldas, Colombia). Boletín Informativo (Colombia) 2(22):28-33. 1951
- CHAVES, R. Fijación de fosfatos en el suelo. Boletín Informativo (Colombia) 12:36-40. 1950.
- ECHEVERRI E., S. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Breve reseña. Revista Cafetera de Colombia 18(145):53-68. 1969.
- ECHEVERRI L., M.; GARCIA R., F. Efecto de varias dosis y frecuencias de aplicación de fertilizante en la producción de plátano. Cenicafé (Colombia) 27(3):104-114. 1976.
- ECHEVERRI L., M.; GARCIA R., F. Efecto del potasio en la corrección del amarillamiento prematuro y la producción de plátano. Cenicafé (Colombia) 25(4):95-103. 1974.
- FAJARDO P., N.F.; GÓMEZ A., A. Aplicación del sistema I.U.M. para determinar el uso y manejo de los suelos cafeteros del departamento del Tolima. Cenicafé (Colombia) 26(2):87-100. 1975.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café. 1975. 267 p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual del Cafetero Colombiano. 4a. edición. Chinchiná. Centro

- Nacional de Investigaciones de Café. 1979. 209 p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. Cuarenta años de investigación en Cenicafe. Chinchiná (Colombia). Federacafé-Cenicafe. 1982. 68 p. (Volumen 1. Suelos).
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. PROGRAMA DE DESARROLLO Y DIVERSIFICACION DE ZONAS CAFETERAS. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento del Cauca. Bogotá. Federacafé-Programa de Desarrollo. 177 p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. PROGRAMA DE DESARROLLO Y DIVERSIFICACION DE ZONAS CAFETERAS. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento del Cesar. Bogotá. Federacafé-Programa de Desarrollo. 1976.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. PROGRAMA DE DESARROLLO Y DIVERSIFICACION DE ZONAS CAFETERAS. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento de Cundinamarca. Bogotá (Colombia). Federacafé-Programa de Desarrollo. 1.974
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. PROGRAMA DE DESARROLLO Y DIVERSIFICACION DE ZONAS CAFETERAS. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento de Nariño. Bogotá. Federacafé-Programa de Desarrollo. 1975. 52 p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. PROGRAMA DE DESARROLLO Y DIVERSIFICACION DE ZONAS CAFETERAS. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento del Norte de Santander. Bogotá. Federacafé-Programa de Desarrollo. 1978. 68 p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. PROGRAMA DE DESARROLLO Y DIVERSIFICACION DE ZONAS CAFETERAS. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento del Tolima. Bogotá. Federacafé-Programa de Desarrollo. 1973. 93 p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. PROGRAMA DE DESARROLLO Y DIVERSIFICACION DE ZONAS CAFETERAS. GOBERNACION DE ANTIOQUIA. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del suroeste de Antioquia. Bogotá. Federacafé-Programa de Desarrollo. Secretaría de Agricultura y Fomento. 1972. 71 p
- FERNANDEZ B., O.; LOPEZ D., S. Fertilización de plántulas de café y su relación con la incidencia de la mancha de hierro (Cercospora coffeicola Berk. y Cooke). Cenicafe (Colombia) 22(4):95-108. 1971.
- FERNANDEZ B., O.; MESTRE M., A.; LOPEZ D., S. Efecto de la fertilización en la incidencia de la mancha de hierro (Cercospora coffeicola) en frutos de café. Cenicafe (Colombia) 17(1):5-16. 1966.
- FRANCO A., H.F.; GOMEZ A., A. Métodos de análisis de aluminio de cambio en suelos andosólicos colombianos. Cenicafe (Colombia) 26(3):109-122. 1975.
- GARCIA R., F. Corrección del amarillamiento prematuro de las hojas de plátano (Musa paradisiaca L.) Cenicafe (Colombia) 22(2):72-80 1970.
- GARCIA R., F.; CASTILLO Z., J. Primeros resultados en la fertilización de la caña de azúcar en suelos con alto contenido de materia orgánica. Cenicafe (Colombia) 13(1):23-32. 1962.
- GARCIA R., F.; PARRA H., J. Influencia de la materia orgánica en el aprovechamiento de los fertilizantes minerales. Ensayo con repollos (Brassica oleracea L.). Cenicafe (Colombia) 20(3):110-117. 1969.
- GOMEZ A., A. Algunas unidades de suelos de la zona cafetera. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFE. 1977. 3p. (Avances Técnicos, Cenicafe No. 70).
- GOMEZ A., A. La conservación de suelos como instrumentos para la tecnificación de la agricultura y el aumento de la producción de alimentos en América Latina. Roma. FAO. 1979. 35 p.
- GOMEZ A., A. Erosión en cafetales, bajo diferentes sistemas de manejo. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFE. 1972. 4p. (Avances Técnicos, Cenicafe No. 19).

- GOMEZ A., A. Erosión y conservación de suelos en la zona cafetera colombiana. Reunión Taller sobre conservación de suelos y manejo de tierras. Lima, Perú. FAO-SIDA. 1977. 15 p.
- GOMEZ A., A. La extensión agrícola y la conservación de los suelos. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, 7. San José, Costa Rica. 1980. 16 p.
- GOMEZ A., A. Pérdidas de suelo por erosión en cafetales con diferentes sistemas de manejo. In: Reunión Nacional de Suelos, 6 Manizales. Noviembre 15 al 17 de 1978. Resúmenes. Manizales. Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía. 1978. p. 14.
- GOMEZ A., A. Sistema I.U.M. para determinación del uso y manejo de los suelos de ladera. Cenicafé (Colombia) 26(2):72-86. 1975.
- GOMEZ A., A.; ALARCON C., H.; LOPEZ A., R. La caficultura moderna en Colombia y su relación con la erosión de los suelos. Bogotá. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1978. 14 p.
- GOMEZ A., A.; BRAVO G., E. Utilización de fertilizantes simples para el abonamiento del cafeto. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFE. 1978. 24 p. (Mimeografiado).
- GOMEZ A., A.; SUAREZ S., J.V. Clima y suelo para el cafeto. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFE. 1979. 6p. (Avances Técnicos, Cenicafé No. 86).
- GRISALES G., A. Las rocas ígneas en la formación de dos series de suelos de la zona cafetera colombiana. Cenicafé (Colombia) 15(1):18-25. 1964.
- GRISALES G., A.; URIBE H., A. Efecto del nitrógeno aplicado al suelo y al follaje sobre la producción y el contenido de proteína del pasto pangola (*Digitaria decumbens*). Cenicafé (Colombia). 17(4):132-141. 1966.
- HENRON O., A.; VALDES S., H. Respuesta a la aplicación de fertilizante en dos proyectos de cafeto bajo sombra. Cenicafé (Colombia) 17(4):142-146. 1966.
- HUERTA S., A. Composición mineral foliar, fertilización y producción del café. Cenicafé (Colombia) 13(4): 195-210. 1962.
- INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI". Levantamiento agrológico de la zona cafetera central de Caldas. Bogotá. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi"- Federacafé. 1962. 48 p. (Publicación No. LD-6).
- LEGUIZAMON C., J. Deficiencia de boro en cultivos de plátano en el Valle del Cauca. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFE. 1975. 3p. (Avances Técnicos, Cenicafé No. 39).
- LOPEZ A., M. Cambios químicos en el suelo ocasionados por adición de materia orgánica. Su Valor residual y su efecto sobre plántulas de Café hasta un año de edad. Cenicafé (Colombia) 17(4): 121-131. 1966.
- LOPEZ A., M. Cambios químicos provocados en el suelo Chinchiná franco-arenoso con la aplicación de distintas fuentes y dosis de fertilizantes. Cenicafé (Colombia) 16:55-76. 1965.
- LOPEZ A., M. Determinación de fósforo aprovechable en suelos tropicales. Cenicafé (Colombia) 9(5-6):109-120. 1958.
- LOPEZ A., M. Determinación de magnesio por medio de fotómetro de llama en muestras de tejidos vegetales, suelos y aguas. Boletín Informativo (Colombia) 6(70):366-379. 1955.
- LOPEZ A., M. Estudio biológico del suelo de la serie 250. "Informe de progreso" del proyecto QA-10 para esta serie de suelo. Boletín Informativo (Colombia) 6(61):37-39. 1955.
- LOPEZ A., M. Fertilización con cloruro de potasio y con sulfato de potasio en plantaciones de café. I. Verificación de la absorción de iones K, Cl y S por medio de análisis foliar. Cenicafé (Colombia) 18(2): 47-54. 1967.
- LOPEZ A., M. Problemas de fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. Cenicafé (Colombia) 20(2):55-67. 1969.
- LOPEZ A., M. Respuesta al encalado de un suelo derivado de cenizas volcánicas. Cambios en el pH y la nitrificación. Cenicafé (Colombia) 20(4):131-142. 1969.

- LOPEZ A., M. Selección de un método apropiado para determinar "Hidrógeno de cambio" en suelos de la zona cafetera de Colombia. Boletín Informativo (Colombia) 4(43):17-25. 1953.
- LOPEZ A., M. Valoración de las formas de fósforo, orgánica e inorgánicas de un suelo de la zona cafetera de Colombia. Cenicafé (Colombia) 11(7):189-204. 1960.
- LOPEZ A., M.; CALLE V., H. Valor comparativo de la pulpa de café descompuesta como abono. Boletín Informativo (Colombia) 7(81):285-297. 1956.
- LUNA Z., C.; SUAREZ V., S. El potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas. Memorias del Coloquio de Suelos, 5. Potasio y Micronutrientes en la Agricultura Colombiana. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 9(2): 37-44. 1978.
- MACHADO S., A. Algunos resultados experimentales con fertilizantes en cafetos. Cenicafé (Colombia) 9(7-8): 157-198. 1958.
- MACHADO S., A. Cálculo y comprobación de la bondad de los abonos para cultivos especiales. I. Plátano Dominic (Musa regia). Boletín Informativo (Colombia) 3(28):24-32. 1952.
- MACHADO S., A. Los fertilizantes para el café y el diagnóstico foliar. Cenicafé (Colombia) 7(76):123-136. 1956.
- MACHADO S., A. Proyecto de experimentación No. 10(3) de la sección de Agronomía del Centro: Diario de nutrición del café. Boletín Informativo 3(27):39-40. 1952.
- MESTRE M., A. Ajuste de la ecuación de Mitscherlich para la interpretación económica de experimentos con fertilizantes. Cenicafé (Colombia) 16:77-91. 1965.
- MESTRE M., A. Determinación de la rata óptima de fertilización en plantaciones de café sin sombrío. Cenicafé (Colombia) 28(2): 51-60. 1977.
- MESTRE M., A. Evaluación de la pulpa de café como abono para almácigos. Cenicafé (Colombia) 28(1):18-26. 1977.
- MESTRE M., A. Utilización de la pulpa en almácigos de café. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café-CENICAFE. 1973. 2p. (Avances Técnicos, Cenicafé No. 26).
- PARRA H., J. Controles biológicos en suelos de la serie 80. Informe de progreso del proyecto experimental No. QA-10. Cenicafé (Colombia) 4(47):24-28. 1953.
- PARRA H., J. Controles biológicos en suelos de la serie 120. Informe de progreso del proyecto experimental No. QA-10. Boletín Informativo (Colombia) 5(49):20-24. 1954.
- PARRA H., J. Correlaciones entre los contenidos de nitrógeno y fósforo del suelo y la composición del tejido vegetal en café y pasto. Cenicafé (Colombia) 22(1):18-26. 1971.
- PARRA H., J. Correlaciones entre peso seco de café y pasto y análisis de suelos. Cenicafé (Colombia) 22(3): 83-92. 1971.
- PARRA H., J. Las chapolas de café en el estudio de los suelos. Boletín Informativo Colombia) 4(42):15-26. 1953.
- PARRA H., J. El encalamiento de cinco cultivos en suelos de cenizas volcánicas. Experimentación en la zona cafetera. Cenicafé (Colombia) 20(3):91-103. 1969.
- PARRA H., J. Fabricación de "compost" a partir de basuras. Planta convertidora de Manizales. Cenicafé (Colombia) 13(2):51-68. 1962.
- PARRA H., J. Fertilidad de los suelos de la zona cafetera de Caldas. Boletín Informativo (Colombia) 5(56): 22-31. 1954.
- PARRA H., J. Fertilidad en la serie de suelos Chinchiná. Boletín Informativo (Colombia) 3(27):30-38. 1952.
- PARRA H., J. Interferencias en fotometría. Cenicafé (Colombia) 8(1):28-31. 1957.

- PARRA H., J. Métodos micro-analíticos de tejido vegetal. Boletín Informativo (Colombia) 7(79):214-220. 1956.
- PARRA H., J. Métodos prácticos para acelerar la producción de compost. Cenicafé (Colombia) 15(2):70-81. 1964.
- PARRA H., J. El valor fertilizante de la pulpa de café. Cenicafé (Colombia) 10(10):441-460. 1959.
- PARRA H., J. Los suelos del Quindío. Propiedades físicas, químicas y fertilidad. Cenicafé (Colombia) 11(11): 323-355. 1960.
- PARRA H., J.; McCORMICK N., A. Como aprovecha el café los fertilizantes. Estudio con radiofósforo. Cenicafé (Colombia) 14(2):95-110. 1963.
- PARRA H., J.; McCORMICK N., A.; ARCILA O., F. Sitio óptimo para fertilizar el café. Cenicafé (Colombia) 13(3):115-124. 1962.
- PARRA H., J.; PERDOMO C., M.A. Absorción con el follaje de fósforo 32 y rubidio 86 en café y cacao. Cenicafé (Colombia) 20(4):143-150. 1969.
- PAZ M., R.; ARIAS H., A.; LEGARDA B., L. Estudio fisicoedáfico de la zona cafetera de La Unión, Nariño, Colombia. Cenicafé (Colombia) 27(3):115-134. 1976.
- RODRIGUEZ G., A. Efecto de la quema sobre los suelos de la serie Chinchiná. Boletín Informativo (Colombia) 3(30):34-46. 1952.
- RODRIGUEZ G., A. Sistemas de conservación de suelos en plantaciones de café al sol. Cenicafé (Colombia) 9(11-12):277-290. 1958.
- RUBIO U., J.; GUTIERREZ O., E. Fertilización y rotación de potreros en la ceba de novillos en la zona cafetera colombiana. Cenicafé (Colombia) 21(4):127-134. 1970.
- SALAZAR A., N. Respuesta de plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Cenicafé (Colombia) 28(2):61-86. 1977.
- SCHAUFELBERGER, P. Pedología y geología. II. Conceptos geológicos y pedológicos en relación con la formación del suelo. Boletín Informativo (Colombia) 7(77):157-169. 1956.
- SUAREZ De C., F. Algunas observaciones sobre el sistema radicular del *Coffea arabica* L. Boletín Informativo (Colombia) 1(8):34-38. 1950.
- SUAREZ De C., F. Algunos efectos de las quemas sobre el suelo y las cosechas. Boletín Informativo (Colombia) 4(41):9-32. 1953.
- SUAREZ De C., F. Conservación de suelos. Barcelona, España. Salvat Editores S.A. 1956. 298 p.
- SUAREZ De C., F. Potencialidad erosiva de las lluvias dentro de un cafetal y al aire libre. Boletín Informativo (Colombia) 3(32): 21-31. 1952.
- SUAREZ De C., F. Resultados obtenidos en algunas investigaciones sobre conservación de suelos y agua. Boletín Informativo (Colombia). 2(14):27-33. 1951.
- SUAREZ De C., F.; RODRIGUEZ G., A. Efectos del nitrógeno, el fósforo y el potasio sobre la producción de maíz. Cenicafé (Colombia) 10(11):485-495. 1959.
- SUAREZ De C., F.; RODRIGUEZ G., A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Bogotá. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1962. 473 p.
- SUAREZ V., S. Características físicas de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas de la zona cafetera. In: Reunión Nacional de Suelos, 6. Manizales. Noviembre 15 al 17 de 1978. Resúmenes. Manizales. Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1978. p.3.
- SUAREZ V., S. Caracterización física de algunos suelos derivados de materiales volcánicos del departamento del Tolima. Cenicafé (Colombia) 29(4):100-114. 1978.
- SUAREZ V., S. Estudio de adaptación y fijación simbiótica de nitrógeno de algunas leguminosas tropicales. Cenicafé (Colombia). 26(1):27-37. 1975.

- SUAREZ V., S. Suelos pesados de la zona cafetera. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café-CENICAFE. 1977. 4p. (Avances Técnicos, Cenicafé No. 71).
- SUAREZ V., S.; CARRILLO P., I.F. Descomposición biológica de leguminosas y otros materiales de la zona cafetera Colombiana. Cenicafé (Colombia) 27(2):67-77. 1976.
- SUAREZ V., S.; CARRILLO P., I.F. Volatilización de amoníaco durante la mineralización del mulch de Stylosantes guyanensis. Cenicafé (Colombia) 27(3):95-103. 1976.
- SUAREZ V., S.; GOMEZ A., A. Efecto de la destrucción de cementantes en el análisis textural de suelos volcánicos. Cenicafé (Colombia) 25(2):51-61. 1974.
- SUAREZ V., S.; GOMEZ A., A. Efecto de la histeresis en el análisis textural de suelos derivados de cenizas volcánicas. Cenicafé (Colombia) 25(3):78-83. 1974.
- SUAREZ V., S.; GOMEZ A., A. Eficiencia de dispersantes químicos en el análisis de textura de suelos derivados de cenizas volcánicas. Cenicafé (Colombia) 27(1):34-44. 1976.
- URHAN, M. Análisis de hojas. Su aplicación en la investigación de la nutrición mineral de las plantas. Boletín Informativo (Colombia) 3(33):18-26. 1952.
- URHAN, M. El análisis de hojas y la respuesta de los cafetos a algunos fertilizantes. Boletín Informativo (Colombia) 4(42):36-38. 1953.
- URIBE A., H.; QUICENO H., G. Comportamiento de algunas progenies de Coffea arabica L., bajo diferentes condiciones de sombro y fertilización. Cenicafé (Colombia) 9(5-6):121-124. 1958.
- URIBE H., A. Conservación de suelos en plantaciones de café sin sombra. Cenicafé (Colombia) 17(1):17-29. 1966.
- URIBE H., A. Erosión y conservación de suelos en café y otros cultivos. Cenicafé (Colombia) 22(1):1-17. 1971.
- URIBE H., A.; GRISALES G., A. Efecto de la fertilización nitrogenada en pasto pangola (Digitaria decumbes). Cenicafé (Colombia) 17(3): 99-107. 1966.
- URIBE H., A.; MESTRE M., A. Efecto del nitrógeno, el fósforo y el potasio sobre la producción de café. Cenicafé (Colombia) 27(4):158-173. 1976.
- URIBE H., A.; QUICENO H., G. Efecto de la frecuencia de corte y la fertilización en el rendimiento y composición química de tres pastos. Cenicafé (Colombia) 12(3):107-126. 1961.
- URIBE H., A.; SUAREZ De C., E.; RODRIGUEZ G., A. Efectos de las quemas sobre la productividad de los suelos. Cenicafé (Colombia) 18(4): 116-135. 1967.
- VALDES S., H. Los agrónomos y la técnica del café en Colombia. Agricultura Tropical (Colombia) 26(8):569-639. 1970.
- VALENCIA A., G. La deficiencia de boro en el cafeto y su control. Cenicafé (Colombia) 15(3):115-125. 1964.
- VALENCIA A., G. Deficiencias minerales en el cafeto y manera de corregirlas. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de café-CENICAFE. 1974. 16p. (Boletín Técnico No. 1).
- VALENCIA A., G. Fertilización foliar en almórgos de café. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café-CENICAFE. 1975. 2p. (Avances Técnicos, Cenicafé No. 49).
- VALENCIA A., G.; ARCILA P., J. Toxicidad por boro en el cafeto. Chinchiná (Colombia). Centro Nacional de Investigaciones de Café-CENICAFE. 1975. 2p. (Avances Técnicos, Cenicafé No. 45).
- VALENCIA A., G.; GOMEZ A., A.; BRAVO G., E. Efecto de diferentes portadores de nitrógeno en el desarrollo del cafeto y en la fertilidad de los suelos. Cenicafé (Colombia) 26(3):131-142. 1975.
- VALENCIA A., G.; MESTRE M., A.; DURAN G., M. Respuesta a la aplicación de boro y zinc en un cafetal de Fredonia (Antioquia), Cenicafé (Colombia) 19(3):95-101. 1968.
- VALENCIA A., G.; MESTRE M., A.; DURAN G., M. Respuesta a la aplicación de boro y zinc en un cafetal de Fredonia (Antioquia), Cenicafé (Colombia) 19(3):95-101. 1968.