

## EFFECTOS DE LAS QUEMAS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SUELOS

Alfonso Uribe H.\*

Fernando Suárez de Castro\*\*

Alvaro Rodríguez G.\*\*\*

### INTRODUCCION

En Colombia y en casi todos los países del mundo, el fuego ha sido una práctica tradicional en las labores del cultivo de las plantas. En general esta costumbre ha dado buenos resultados bien sea porque abarata los costos de explotación y facilita las operaciones de limpieza de los terrenos o porque aumenta la fertilidad de los suelos y la productividad de las cosechas. Esta práctica de cultivo es comunmente aceptada como eficaz y benéfica por los agricultores. Sin embargo en el campo de la técnica siempre ha existido controversia sobre sus efectos en la vegetación y su influencia en las características y propiedades de los suelos.

La literatura sobre este tema ofrece un sinnúmero de argumentos en uno y otro sentido y se dan conceptos, algunos de ellos antagónicos, sobre diversos tópicos de la manera como actúan las quemadas en el suelo.

Con respecto a la influencia que ejercen las quemadas sobre la vegetación algunos autores dicen lo siguiente:

Hensel (10) : "Las quemadas aumentan la producción de forraje".

Har, Guilbert y Goss (9) : "El contenido del fósforo en los pastos aumenta cuando estos son quemados".

\* Jefe de la Sección de Conservación de Suelos del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia.

\*\* Subdirector del Centro de Enseñanza e Investigación, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica.

\*\*\* Director División de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros, Bogotá, Colombia.

Neal y Becker (15) : "En los potreros quemados se aumenta el contenido de proteínas y minerales de los pastos".

Greene (8) : "La cantidad de forraje se duplica y se aumenta la proteína de los pastos cuando estos son quemados".

Wahlenberg, Greene y Reed (29) : "Las quemas anuales aumentan tanto la cantidad como la calidad de los pastos".

Elwel, Daniel y Fenton (5) : "Los potreros quemados producen menos forraje".

Sampson (22) : "La quema aumenta la cantidad de forraje utilizable para pastoreo".

Pechanec y Stewart (18) : "En los potreros quemados hubo un aumento de un 69% en la capacidad de sostenimiento".

Lemon (13) : "La quema controlada aumenta la cantidad de forraje y anticipa la madurez de los pastos".

Cohen (4) : "La quema de los pastos produce una flora rica y bien balanceada".

Killinger y Stokes (12) : "Los pastos en las parcelas previamente quemadas contenían más proteínas y fósforo que en las sin quema".

Stebbing (23) : "El fuego regulado es conveniente en muchos bosques de áreas tropicales húmedas".

Garren (7) : "Las quemas de invierno son esenciales en el mantenimiento de bosques de pinos en la región sureste de Estados Unidos".

Perry, Rachie y Martínez (19) : "La quema tuvo efectos benéficos sobre la cosecha de maíz produciendo aumentos sustantivos".

Varios autores efectuaron estudios sobre la influencia de la quema en la composición química del suelo concluyendo lo siguiente:

Hess (11) : "Las quemas tienen un efecto benéfico sobre la reacción y composición del suelo".

Garren (7) : "Las quemas disminuyen la acidez y aumentan el nitrógeno, la materia orgánica y el calcio intercambiable".

Focan, Kuezarow y Laudelot (6) : "Las sales solubles, el fósforo, las bases intercambiables y el nitrógeno aumentan al quemar el suelo".

Trutnev y Bylinkina (27) : "Después de la quema se comprobó un aumento del fósforo y el potasio solubles del suelo".

Vlamis, Biswell y Schultz (28) : "La quema aumentó el nitrógeno en

los dos suelos estudiados. En uno de ellos aumentó el fósforo y en el otro no se encontró cambios apreciables debido a su poder de fijación”.

Plata y Guitian (20) “:El quemado aumenta considerablemente el fósforo asimilable, el pH y el grado de saturación y poco el calcio y el potasio intercambiables. Con la quema disminuyen bastante la materia orgánica, la capacidad de cambio y poco el nitrógeno total”.

Nye y Greenland (17) : “Después de la quema de la vegetación se aumentaron el potasio, el calcio y el magnesio intercambiables en el suelo. Hubo un marcado aumento del pH y un pequeño aumento del nitrógeno atribuible a la mezcla de partes de la vegetación del suelo”.

En cuanto a los efectos de las quemas sobre las propiedades físicas y la actividad microbiana del suelo varios investigadores señalan lo siguiente:

Bonnet, Abruña y López (2) : “Las pérdidas de suelo por erosión fueron once veces mayores en las parcelas quemadas. No hubo diferencias en pérdidas de agua de escorrentía entre los tratamientos con quema y sin quema”.

Biswell y Schültz (1): “No existe ninguna indicación que pueda relacionar las pérdidas de suelo y agua en terrenos quemados, con la quema misma.

Burgy Scott (3) : “La quema de la vegetación no deteriora y puede mejorar la capacidad de infiltración del suelo. Sin embargo la erosión y la escorrentía no se incrementan con la quema”.

Norton McGarity (16) : “Cualquier influencia que pueda tener la temperatura producida por la quema de los pastos sobre la materia orgánica, los microorganismos o las semillas sería sobre una delgada capa debajo del suelo. Es de poca importancia el efecto sobre el suelo del calor producido por la quema de la vegetación. Si los pastos se mejoran con la quema es posiblemente debido al aporte de ceniza”.

Meiklejohn (14) : “La quema de la vegetación disminuye el número de microorganismos y de hongos del suelo. Las bacterias aerobias fijadoras de nitrógeno mueren debido a la quema y las bacterias nitrificantes mueren o se reduce su número”.

Trutnev y Bylinkina (27) : “Después de la quema se comprobó un aumento rápido en la población microbiana del suelo y las condiciones se hicieron más favorables para el desarrollo de las bacterias nitrificantes y amonificantes”.

Focan, Kuczarow y Laudelot (6) : “Observaron un aumento inmediato e importante de la microflora del suelo, después de la quema”.

Los trabajos correspondientes al presente estudio se iniciaron en el año de 1951 para determinar el efecto de las quemas sobre algunas características de los suelos y sobre las cosechas. A partir de esta fecha se sacaron conclusiones parciales sobre el resultado de los experimentos hasta el año de 1956 y se hicieron algunas publicaciones (21, 24, 25, 26). La investigación se continuó por varios años más y se complementó con observaciones en otros tipos de suelos y en otros lugares del país.

En este artículo se presentan los resultados definitivos hasta la finalización de los ensayos experimentales.

#### MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en cuatro sitios correspondientes a tres lugares diferentes:

Centro Nacional de Investigaciones de Café en Chinchiná, Departamento de Caldas (Chinchiná, Lote 1 y Lote 2 ).

Sub-Estación Experimental de El Rosario en Venecia, Departamento de Antioquia (El Rosario).

Granja Esteban Jaramillo en Venecia, Departamento de Antioquia (Esteban Jaramillo).

**Cuadro 1.** Características de los suelos estudiados.

Lugares	pH	Nitrógeno total %	MO %	ME/100 gramos			Bases Totales	p pfm	Textura
				Ca	Mg	K			
Chinchiná	4.9	0.660	14.2	1.9	0.7	0.25	2.85	5.0	Franco-arenoso
El Rosario	4.7	0.693	15.7	1.4	1.0	0.33	2.73	7.4	Franco
E. Jaramillo	5.1	0.260	4.6	7.1	4.5	0.57	12.17	6.1	Arcilloso

Como planta indicadora de la productividad se tomó el maíz. Los tratamientos que se compararon fueron los siguientes:

#### QUEMA SENCILLA

Corte con machete de la vegetación natural, quema y siembra del maíz.

#### QUEMA DOBLE

Corte con machete de la vegetación natural, adición de igual cantidad de vegetación, quema y siembra del maíz.

#### SIN QUEMA

Corte con machete de la vegetación natural, remoción del suelo con azadón y siembra del maíz.

El efecto de los tratamientos se midió teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- 1.- Número de microorganismos (bacterias y hongos) en la capa 0-10 centímetros del suelo.
- 2.- Número de macroorganismos (lombrices, larvas de insectos, miriápodos y arácnidos).
- 3.- Permeabilidad del suelo y estabilidad de los agregados.
- 4.- Temperatura del suelo a varias profundidades.
- 5.- Pérdidas de suelo por erosión, aguas de escorrentía y elementos nutritivos.
- 6.- Composición bromatológica del maíz.
- 7.- Fertilidad en la capa 0-20 centímetros del suelo.
- 8.- Producción del maíz.

En el lugar de Chinchiná se localizaron dos sitios experimentales correspondientes al lote 1 con diez por ciento de pendiente y al lote 2 con cincuenta por ciento de pendiente. Las determinaciones del 1 al 6 se tomaron únicamente en estos dos sitios.

Para determinar las pérdidas de suelo y agua de escorrentía se instalaron parcelas delimitadas con láminas metálicas. La escorrentía es captada por un embudo colocado en la parte inferior de la parcela de donde pasa a unos tanques de sedimentación a través de una serie de ranuras que dividen el agua en partes alícuotas. Después de cada lluvia se pesa el agua de escorrentía que cortienen los tanques y se toman muestras para el laboratorio en donde se determina la cantidad de suelo, agua y elementos nutritivos perdidos. Cerca del lugar hay una estación meteorológica.

El diseño experimental corresponde a bloques al azar con cinco repeticiones.

Los datos de producción de maíz corresponden a 12 cosechas para el lote 1 de Chinchiná, 11 cosechas para el lote 2 de Chinchiná, 8 cosechas para Esteban Jaramillo y 5 cosechas para El Rosario. Cada cosecha equivale a un año de duración del experimento.

Las observaciones de temperatura se hicieron mediante elementos termostáticos de lectura remota y con intervalos de un minuto en los primeros 10 minutos y luego con intervalos un poco más amplios hasta la media

hora de la iniciación de las quemas. Es decir las primeras lecturas se verificaron cuando el material estaba quemado. El número de microorganismos se determinó por el método de dilución.

Para los macroorganismos se extrajeron 10 bloques de suelo de 0.1 x 0.1 x 0.1 metros en cada parcela y se determinaron en cada uno de ellos las lombrices, las larvas de insectos y los miriápodos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### MICROORGANISMOS Y MACROORGANISMOS EN EL SUELO

Estas determinaciones se hicieron una semana después de la quema.

Según las conclusiones publicadas por Suárez y Rodríguez (24) el número de microorganismos y macroorganismos fue sensiblemente igual antes y después de la quema. Es decir no se pudo determinar influencia de ninguna clase, favorable o desfavorable, de las quemas sobre la población micro y macroscópica del suelo.

### PERMEABILIDAD DEL SUELO Y ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS

En otras publicaciones Suárez y Rodríguez (21, 24, 25, 56) establecen para este mismo experimento que la quema produce un aumento notable en la cantidad de agua infiltrada en 5, 10, 30 y 60 minutos y que los agregados estables al agua, del tamaño mayor de 0.25 milímetros, también aumentan.

Estos mismos autores señalan que buena parte de los aumentos en producción de maíz obtenidos con las quemas, pueden atribuirse a su influencia sobre la agregación de la capa superficial del suelo. Desde entonces se suspendieron estas determinaciones.

### TEMPERATURA DEL SUELO DURANTE LA QUEMA

En el cuadro 2 aparecen las temperaturas del suelo tomadas durante la quema a diferentes tiempos y profundidades. Estos datos corresponden al promedio de cuatro determinaciones hechas en 4 años sucesivos.

Según puede apreciarse la temperatura no sufrió variaciones o se modificó muy levemente a las diferentes profundidades del suelo y tiempos desde la iniciación de las quemas. Tomando los datos individualmente para cada año de observaciones, se nota un pequeño descenso de la temperatura del suelo durante la quema. Podría concluirse que las quemas, por lo menos

**Cuadro 2.** Temperatura del suelo durante la quema a diferentes tiempos y diferentes profundidades. Grados centígrados. Minutos. Centímetros.

Chinchiná Lote - 1																
Tratamientos	Profundidad	Minutos desde la iniciación de la quema														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
Quema Doble	5	25.3	25.3	25.4	25.4	25.4	25.5	25.5	25.5	25.4	25.3	25.1	25.2	24.0	25.8	25.4
	10	25.0	24.8	24.9	24.8	25.0	25.1	25.1	24.9	24.9	25.0	24.8	24.8	23.1	25.3	24.7
	20	24.8	24.5	24.7	24.6	24.6	24.7	24.8	24.9	24.8	24.8	24.6	24.6	23.2	24.3	24.6
Quema Sencilla	5	25.3	25.2	25.3	25.5	25.4	25.4	25.4	25.3	25.3	25.3	25.2	25.2	23.6	24.2	25.0
	10	25.0	24.8	25.0	25.0	25.0	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.8	23.4	24.0	24.8
	20	25.3	25.2	25.1	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	24.9	24.9	23.8	24.6	24.9

  

Chinchiná Lote - 2																
Quema Doble	5	28.4	28.2	29.1	28.3	29.2	28.3	28.4	29.2	28.4	29.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.7
	10	28.9	28.5	29.2	28.5	29.3	28.5	28.5	29.4	28.4	29.4	28.2	28.1	28.2	28.2	28.1
	20	28.6	27.2	28.8	27.9	28.7	27.9	27.8	28.6	27.8	28.8	27.7	27.7	27.4	27.4	27.3
Quema Sencilla	5	28.2	28.1	27.9	27.7	28.1	28.3	28.6	28.2	28.8	28.2	29.0	28.7	28.8	30.6	28.9
	10	27.6	27.8	28.1	27.5	28.3	27.5	27.5	28.3	27.5	28.4	27.5	27.7	27.2	27.7	28.1
	20	27.0	26.4	27.1	25.8	26.9	26.5	26.8	27.1	26.7	27.0	26.4	26.4	25.8	25.8	26.3

para la intensidad del calor producido en este ensayo, no tuvieron ninguna influencia sobre la temperatura del suelo.

#### PERDIDAS DE SUELO, AGUAS DE ESCORRENTIA Y ELEMENTOS NUTRITIVOS

Las pérdidas de suelo por erosión y de aguas de escorrentía aparecen en los cuadros 3 y 4 para los lotes 1 y 2. En el lote 1 aparecen determinaciones para 12 años y para el 2 en 7 años consecutivos.

Puede observarse para ambos casos que las pérdidas anuales de suelo fueron mayores, con pocas excepciones, para las parcelas quemadas. En los años en que aparecen mayores las pérdidas de suelo para el tratamiento sin quema se debe a que se efectuaron labores de cultivo que coincidieron con fuertes lluvias. Esta explicación también es válida para los casos en que se observaron fuertes pérdidas de suelo como las ocurridas en el año de 1953 en el lote 2. En esta ocasión se efectuó una desyerba a azadón y a los dos días cayó una lluvia de características en cantidad e intensidad fuera de lo normal en la región, que causó pérdidas de 39.8 toneladas por hectárea para las parcelas con quemas.

En general las pérdidas de suelo pueden considerarse bajas si se tiene en cuenta la clase de cultivo, la pendiente del terreno en el cual se llevó a cabo el experimento y la abundante precipitación pluvial del lugar. Sin duda alguna ello se debió a las características físicas de los suelos en estudio, especialmente a su alto contenido de materia orgánica.

La mayor erosión ocasionada en las parcelas quemadas era lógica esperarla ya que en estas parcelas el terreno queda desnudo de vegetación y en las sin quema la vegetación protege el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia y el posterior efecto de arrastre.

Las pérdidas de agua por escorrentía están relacionadas en forma directa con las pérdidas de suelo, es decir a mayor escorrentía mayor pérdida de suelo. Por consiguiente hubo más cantidad de escorrentía para el tratamiento de quema. Sin embargo para los tres primeros años del lote 1 la escorrentía fue menor para las parcelas con quema lo que puede estar relacionado con la mejor permeabilidad encontrada para este tratamiento. Además es muy posible que la mayor capacidad de infiltración del agua en el suelo en las parcelas quemadas haya evitado una mayor escorrentía y como consecuencia se haya presentado una menor erosión.

Las cantidades de elementos nutritivos perdidos en las aguas de escorrentía son menores para las parcelas que no recibieron quema. En los cuadros 5 y 6 se dan los datos para los lotes 1 y 2.

**Cuadro 3.** Pérdidas de suelo y agua de escorrentía. Chinchiná Lote 1.

Años	Tratamientos	Suelo perdido Kilogramos x Ha	Escorrentía milímetros de lluvia
1951	Quema doble	1635.0	211.9
	Sin quema	1459.0	485.3
1952	Quema doble	562.0	191.9
	Sin quema	428.0	401.7
1953	Quema doble	2635.6	190.6
	Sin quema	1617.7	360.9
1954	Quema doble	246.0	75.6
	Sin quema	137.6	54.9
1955	Quema doble	858.2	303.4
	Sin quema	199.3	81.0
1956	Quema doble	964.3	374.4
	Sin quema	3894.5	193.7
1957	Quema doble	140.5	188.0
	Sin quema	77.7	117.0
1958	Quema doble	250.3	27.0
	Sin quema	48.8	25.0
1959	Quema doble	293.9	22.2
	Sin quema	25.9	20.0
1960	Quema doble	420.4	69.4
	Sin quema	40.7	39.4
1961	Quema doble	1160.0	44.0
	Sin quema	98.3	39.1
1962	Quema doble	319.7	26.0
	Sin quema	53.1	20.0
Totales	Quema doble	9485.9	2.124.4
	Sin quema	8080.6	1.838.0
Promedio	Quema doble	790.5	177.0
	Sin quema	673.4	153.2

**Cuadro 4.** Pérdidas de suelo y agua de escorrentía. Chinchiná Lote 2.

Años	Tratamientos	Suelo perdido Kilogramos x Ha	Escorrentía milímetros de lluvia
1953	Quema doble	46.548.9	17.7
	Sin quema	16.6	8.6
1954	Quema doble	49.7	11.6
	Sin quema	14.7	9.9
1955	Quema doble	213.6	21.8
	Sin quema	6.7	16.3
1956	Quema doble	2.356.6	17.2
	Sin quema	11.2	8.2
1957	Quema doble	159.5	2.0
	Sin quema	54.0	1.6
1958	Quema doble	983.3	7.1
	Sin quema	3.9	2.4
1959	Quema doble	85.2	9.3
	Sin quema	92.0	6.4
Totales	Quema doble	50.396.8	86.7
	Sin quema	199.1	50.7
Promedio	Quema doble	6.299.6	10.8
	Sin quema	24.9	6.3

Es muy posible que la quema haya propiciado un aumento de los elementos nutritivos en el suelo, especialmente de bases, lo que unido a una mayor escorrentía explique las mayores pérdidas de nutrientes para ese tratamiento. Sin embargo las cantidades de elementos nutritivos perdidos en la escorrentía pueden considerarse en general como muy pequeñas.

**Cuadro 5.** Pérdidas de elementos nutritivos en la escorrentía. Kilogramos por hectárea. Chinchiná, Lote 1.

Años	Tratamientos	Nitrógeno total	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
1952	Quema doble	3.60	0.10	8.1	16.9	13.1
	Sin quema	5.98	0.20	13.5	35.2	26.5
1953	Quema doble	2.57	0.10	2.4	8.2	4.8
	Sin quema	6.50	0.20	6.9	20.4	5.5
1954	Quema doble	1.11	0.02	1.7	1.9	3.0
	Sin quema	0.77	—	0.7	1.4	1.6
1955	Quema doble	5.23	0.20	11.4	2.3	3.9
	Sin quema	1.33	0.10	2.3	1.1	1.1
1956	Quema doble	6.34	0.10	5.1	2.1	1.1
	Sin quema	3.91	—	3.1	1.4	0.5
1957	Quema doble	1.96	—	1.5	1.3	0.7
	Sin quema	0.89	—	0.5	0.8	0.3
1958	Quema doble	0.53	0.02	0.4	0.2	0.1
	Sin quema	0.38	0.01	0.3	0.2	0.1
1959	Quema doble	0.79	0.01	0.5	0.2	0.1
	Sin quema	0.58	0.01	0.3	0.2	0.1
1960	Quema doble	3.53	0.17	1.0	0.7	0.6
	Sin quema	1.45	0.02	0.3	0.3	0.3
1961	Quema doble	5.07	0.07	1.4	0.7	0.7
	Sin quema	1.85	0.01	0.3	0.4	0.3
1962	Quema doble	1.79	0.01	0.6	0.2	0.2
	Sin quema	0.75	0.01	0.2	0.1	—
Totales	Quema doble	32.52	0.80	34.1	34.7	28.3
	Sin quema	24.39	0.56	28.4	61.5	36.3
Promedio	Quema doble	2.96	0.07	3.1	3.2	2.6
	Sin quema	2.22	0.05	2.6	5.6	3.3