

SINTESIS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La comparación de los eventos pretéritos con el flujo reciente de lodo en la zona de Armero , presentados en las Figuras 1 y 2, indica que se trata de fenómenos naturales, relativamente comunes dentro del marco de evolución geomorfológica de la tierra y de cuya acción se derivan materiales que favorecen rápidamente la formación de los suelos.

La estabilidad de las formas asociadas con estos eventos, su evolución posterior y el tiempo que transcurra entre ellos, constituyen criterios para la utilización de las superficies que originan, ya sea como asentamientos humanos o como tierras cultivables.

La comparación de algunas características y propiedades de los suelos resultantes de eventos pasados, especialmente del ocurrido en 1845, con los sedimentos actuales, permite generar criterios útiles tanto para conocer la potencialidad de las tierras desde un punto de vista agrícola, como para deducir procesos evolutivos de los suelos.

Previamente se han presentado las características y propiedades químicas , físicas y mineralógicas de los suelos y del lodo que los sepultó . Debe aclararse que para la comparación se utilizan los datos disponibles de los conjuntos Limonera y La Vuelta (60% de los suelos del área de la Terraza aluvial, hoy sepultada por el lodo), en relación con el promedio de los resultados analíticos y de campo de muestras del lodo actual .

En base a esta comparación resaltan las siguientes conclusiones :

Composición Mineralógica

En el informe del IGAC(1979) se presentan los resulta-

dos analíticos del principal suelo de la zona (Limonera), que abarcaba el 40% de la misma .

Al comparar estos resultados con los encontrados para el lodo actual, sobresalen las siguientes diferencias :

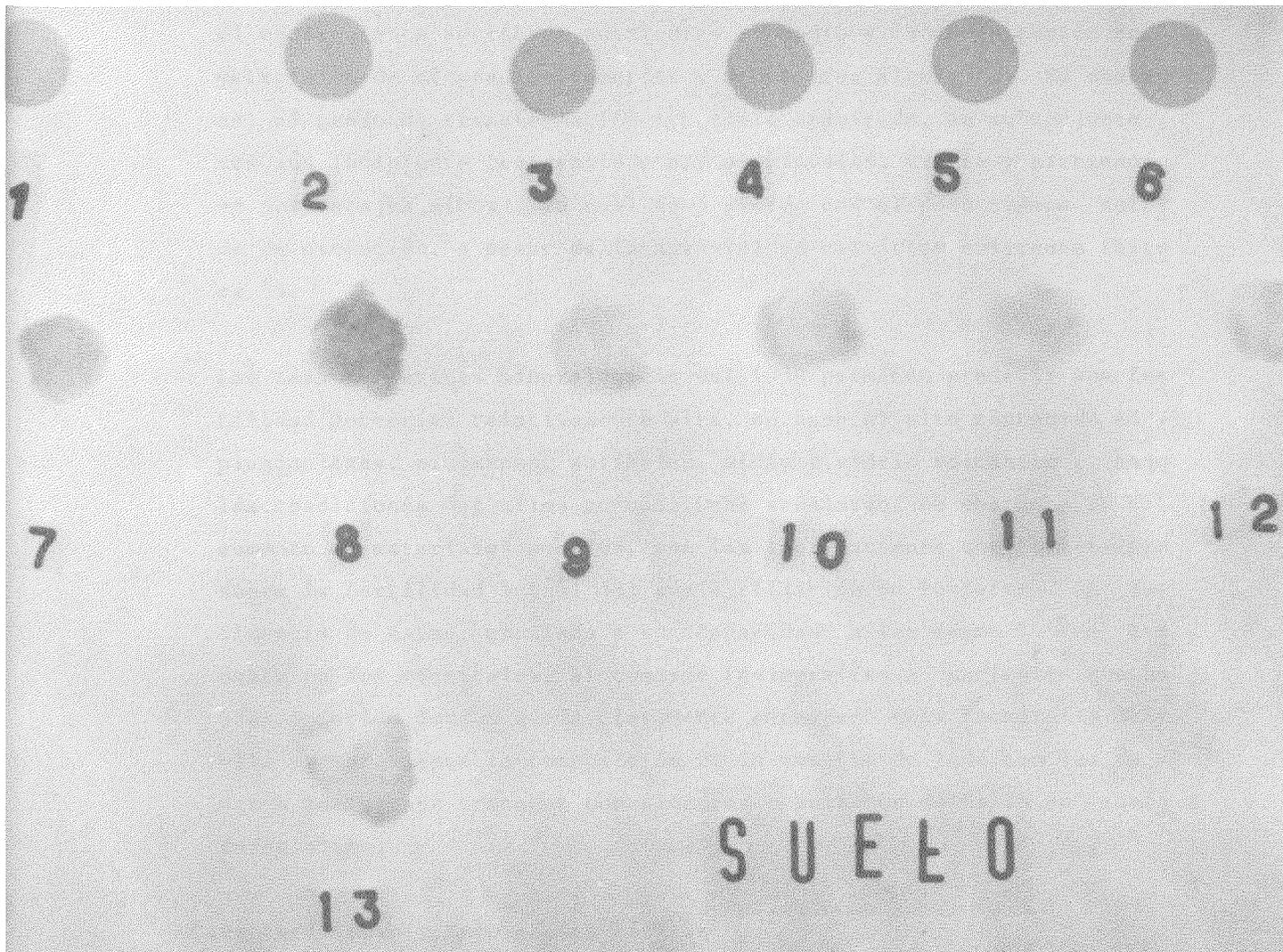
- Si bien ambos cuerpos presentan minerales alterables, aún en el caso del suelo sepultado , asociados a grados bajos de alteración, es evidente la transformación sufrida por el suelo Limonera evidenciada por :

Fracción arenosa . Alteración del vidrio volcánico y de los feldespatos, : el lodo presenta 19.3% de vidrio y 40.4% en feldespatos, comparado con 7% y 29% , respectivamente del suelo enterrado.

Los granos alterados aumentan en el suelo sepultados notoriamente (43.7%) si se comparan con los del lodo (4.5%).

En la subfracción densa las transformaciones mayores se han realizado dentro de los piroxenos , en el lodo se presentan en proporción del 59.8% y en el conjunto Limonera sólo en 9.3%. En el caso de los anfíboles se presenta una disminución, aproximadamente a la mitad de su contenido (9.1 contra 5%) . En el lodo, el contenido en micas es mucho más pronunciado (16.9%) que en el suelo sepultado (trazas a 4%).

Fracción arcillosa. En el suelo sepultado predominan los materiales amorfos sobre los cristalinos, esencialmente integrados por Montmorillonita ; en cambio, en el lodo, las cantidades y relaciones entre ellos son equivalentes (15-30% de c/u) . Es muy posible pensar en el origen de los materiales amorfos del suelo como resultado de la transformación del vidrio volcánico y, en menor proporción, de los feldespatos inicialmente presentes en el material que originó el suelo sepultado.



Fotografía 3. RADIOGRAFIAS TOMADAS AL LODO DE ARMERO Y A SUELOS CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CLORUROS Y SULFATOS DE BARIO. LAS MUESTRAS HAN SIDO PREPARADAS A DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD.

- | | |
|------------------------------|---|
| 1 - SUELO | 8 - LODO DE ARMERO A MITAD DE SATURACION |
| 2 - SUELO CON 1% DE SO_4Ba | 9 - SUELO SATURADO |
| 3 - SUELO CON 2% DE SO_4Ba | 10 - SUELO SATURADO CON 8.544 ppm DE Ba COMO CL_2Ba |
| 4 - SUELO CON 1% DE CL_2Ba | 11 - SUELO SATURADO CON 4.272 ppm DE Ba COMO CL_2Ba |
| 5 - SUELO CON 2% DE CL_2Ba | 12 - SUELO SATURADO CON 3.814 ppm DE Ba COMO SO_4Ba |
| 6 - LODO DE ARMERO | 13 - SUELO SATURADO CON 7.628 ppm DE Ba COMO SO_4Ba |
| 7 - LODO DE ARMERO SATURADO | |

Nota: Las muestras tomadas en la zona afectada por el flujo no muestran radioactividad.

- Las diferencias encontradas permiten inferir que el grado de transformación es relativamente alto, en función del clima de la zona, con el consiguiente aporte de nutrientes al medio y la constitución de materiales de alteración (amorfos y compuestos alterados). No obstante, el grado de transformación del suelo sepultado, en su conjunto, era aún incipiente (evidenciado por plagioclasas, vidrio y piroxenos en porcentajes altos), lo cual está acorde con el poco tiempo sufrido de evolución, a pesar de la agresividad climática existente (Figura 3).
- Las características mineralógicas del lodo permiten predecir una fertilidad potencial relativamente alta, en base al alto contenido en plagioclasas, piroxenos, anfíboles, micas y vidrio volcánico, bajo las condiciones del clima actual. Debe señalarse, no obstante, un aumento en materiales amorfos, con las implicaciones que determinan sobre la fertilidad actual del suelo (fijación de fosfatos). La influencia de éstos, asociada a su "capacidad" a los rayos X, fué evidente en los hospitales, al tomarse radiografías a pacientes que habían ingerido lodo y queda claramente expresado en la Fotografía 3. En ella se manifiesta la composición de la muestra de lodo con las de otros suelos aún tratados con cloruros y sulfatos de Bario en cantidades altas.

Características y Propiedades Físicas

- El flujo de lodo, como ya se anotó, presenta una composición granulométrica, referida a su tierra fina, con predominio casi constante de las arenas (71%) y sólo 10% de arcillas. Los análisis de los suelos sepultados indican aproximadamente 63% de arenas y cerca al 16% de arcillas.

La similitud entre los valores es notoria y las diferencias parecen asociarse al proceso de alteración, el cual al actuar sobre materiales lábiles fomenta el aumento en la fracción arcillosa. La compa-

ración con fragmentos gruesos (mayores a las arenas) es más difícil, debido a la evidencia de los actuales, no así en los suelos enterrados, donde las prácticas culturales (despiedre) dificultan la comparación.

- La humedad aprovechable por las plantas, tomando como parámetros los contenidos de humedad a capacidad de campo y a punto de marchitamiento permanente es ligeramente inferior en el lodo (9.6%) comparada con los análisis disponibles de los conjuntos Limonera y La Vuelta (60% del área con valores entre 10.5 y 13.3%). Tanto los valores de Capacidad de Campo como del Punto de Marchitamiento Permanente son menores en el lodo (16.8 y 7.2%, respectivamente), comparados con los de los suelos sepultados (21.1 a 27.2% y 8.1 a 9.9%, respectivamente).
- No se presentan valores que puedan ser comparados en relación con densidades, porosidad, índices de plasticidad y valor n.
- El color, tanto de los suelos sepultados como del lodo, se caracteriza por presentar dominancia del negro y estar afectado por manchas hidromórficas.

Características Químicas

Las principales características químicas que permiten comparación con los suelos sepultados son :

- pH . La acidez se incrementa notoriamente en el lodo (pH 4.3 promedio) si se compara con la de los suelos enterrados, de los cuales solo el Conjunto Limonera manifiesta características ácidas (pH 4.2 a 5.4), mientras que los demás integrantes de la Asociación se acercan a la neutralidad (pH 6.1-7.1).

El aluminio de cambio promedio en el lodo es de 0.6 -

me/100 g con una saturación, también promedio, del 7.3%. Ello contrasta con el del suelo sepultado en el cual el aluminio varía entre 0.2 y 1.6 me/100 g ; la saturación del complejo varía entre 1.7 y 4.4% en horizontes superficiales y 16.3% en profundidad.

La saturación de bases presenta interpretaciones variables, ya que en el lodo es alta, a pesar del pH ácido, debido a la baja Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Similar comportamiento se encuentra en el suelo sepultado (Conjunto Limonera).

- **Materia orgánica.** Los suelos sepultados tienen un contenido de 1.8% de Carbono Orgánico en los horizontes A y 0.27% en los Bw y C. En el lodo el contenido es sensiblemente inferior (0.2-0.4% de Carbono Orgánico) en las muestras analizadas.
- **Capacidad de Intercambio de Cationes (CIC).** La CIC es inferior en el lodo (promedio de 9.1 me/100 g) comparada con la del suelo sepultado (14.6 me/100 g. en horizontes A y 10.4 me/100 g en los horizontes Bw). Esto fundamentalmente se relaciona con su menor evolución y menor porcentaje tanto de arcillas como de materiales amorfos y orgánicos.
- **Fertilidad General.** La fertilidad actual del lodo ya se ha comentado previamente. Aparte de los problemas de acidez y salinidad, el contenido de elementos (P, K, Ca, Mg) está en rangos medianos a bajos. El principal nutriente mayor que se considera limitante es el nitrógeno.
- **Salinidad.** En los suelos sepultados la salinidad (Conductividad eléctrica: 1.8 - 2.9 mmhos/cm) sólo se presenta en forma ligera en el Conjunto Limonera. En el lodo los valores son superiores (promedio de 3.7 mmhos/cm). Ello se atribuye a la contaminación e influencia del Azufre (S) cuyas sales (sulfatos) dominan entre las que lo

BIBLIOGRAFIA

- ARCILA, P. J. Y VALENCIA, G. A. Daños provocados en cafetales por emanaciones del volcán Nevado del Ruiz. Feder. Nal. Cafet. Colombia. Chinchiná. Cenicafé. Avances técnicos. 127 : 4. 1985.
- GONZALEZ, H. La Gran Crónica de la vida y muerte de Armero. Las bonanzas del Tolima y las lavas de la Fertilidad. El Espectador. 10 y 11 de febrero de 1986.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos. 3a ed. Bogotá. Subdirección Agrológica 1973. 172 p.
- _____. Estudio Semidetallado de Suelos de la parte plana de los municipios de Armero, Honda y General de Guaduas, Villeta, Sasaima, Albán y parte de Facatativá. Departamentos del Tolima y Cundinamarca. Bogotá. Subdirección Agrológica. 1979. 669 p.

A N E X O S

Anexo 1. Fraccionamiento de Fósforo en lodos de Armero.

No. campo	Prof. cm.	No. Lab.	P. Total ppm	P. Orgán. ppm	P. Lábil ppm	P-Ca ppm	P-Al ppm	P-Fe ppm	P.Inorg. ppm	P. Bray II ppm
M-5	0-30	2-57.618	331	58	0	165	15	75	255	33
M-7	25-65	625	466	133	0	210	20	100	330	50
M-9	0-30	632	458	163	0	175	20	100	295	40
A.Volc.		636	302	42	10	190	25	35	260	47

Anexo 2. Contribución de las diferentes formas de fósforo al fósforo total del suelo.

No. campo	Prof. cm	No. Lab.	P. Total ppm	P. Lábil %	P. Ca %	P. Al %	P. Fe %	P. Organ. %	P. Inorg. %
M-5	0-30	2-57.618	331	0	49.8	4.5	22.7	17.5	82.5
M-7	25-65	625	466	0	45.0	4.3	21.4	28.5	71.5
M-9	0-30	632	458	0	38.2	4.4	21.8	35.5	64.5
A.Volc.		636	302	3	62.9	8.3	11.6	13.9	86.1

ANEXO 3. Resultados de análisis químicos de cenizas, suelos, tejidos vegetales y ajustes en la zona de Arazero*, realizados por el Instituto de Estudios Nucleares **.

Muestras	Ce (ppm)	Co (ppm)	Cy (ppm)	Ca (ppm)	Va (ppm)	Hg (ppm)	Zn (ppm)	Se (ppm)	Ti (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Sc (ppm)	Th (ppm)	Ky (ppm)	U ₂₃₈ (ppm)	U ₂₃₅ (ppm)	La (ppm)	Na (%)	Al (ppm)	Ca (ppm)	Mn (ppm)	V (ppm)	Cu (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppm)	Sr (ppm)		
CENIZAS																												
Entre el pasto	31	17	237	-	-	-	-	-	-	-	4.16	16.5	4.7	-	8	13	2.47	-	1.9	1.1	239	N.D	19	-	-	-	-	-
Borde de campo	32	30	392	-	-	-	-	-	-	-	4.34	23.2	2.2	-	2	9	2.46	-	2.0	2.8	335	N.D	13	-	-	-	-	-
SUELOS (todo)																												
Salida borde	33	31	387	-	-	-	-	-	-	-	3.05	17.2	3.9	-	3	19	2.43	-	1.8	2.3	371	N.D	20	-	-	-	-	-
Lecho 1	34	10	127	5.0	-	-	-	-	-	107	3.66	17.2	10.7	-	7	-	-	-	2.6	7210	147	N.D	35	-	-	-	-	-
Lecho 2	35	159	4.7	-	-	-	-	-	-	78	4.10	18.4	11.5	-	9	-	-	-	2.7	8310	154	N.D	67	-	-	-	-	-
Lecho 4	36	19	113	2.3	2.1	-	-	-	-	75	3.75	18.2	4.6	-	12	-	-	-	2.9	8874	173	N.D	39	-	-	-	-	-
TEJIDO VEGETAL																												
Vegetación nativa																												
Sal (gramos)																												
Hoja																												
Tallo																												
Envaina																												
AGUAS RESIDUALES DE PLAZO																												
Muestra 1	N.D	N.D	N.D																									
Muestra 2	N.D	N.D	N.D	2																								

* Muestras tomadas por el Ing. Rubén D. Quintana entre el Km 3 y el Km 8 de Arazero, por la entrada de Guayabal.

** Técnicas empleadas: Activación neutrónica, absorción atómica, emisión con plasma ICP. Fechas: agua y tejido vegetal en marzo 4; suelos y cenizas: diciembre 27 de 1985.

N.D.: No se detectó. Límites de detección: V (0.75 ppm); Cu (0.03 ppm); Mn (0.3 ppm); Ni (1.5 ppm); Co (0.15 ppm); Sr (1.5 ppm); Cs (0.06 ppm); Ba (1 ppm); Pb (50 ppm); Hg (3 ppm); Ag (5 ppm).