

RELACIONES SILICE/ALUMINA Y SILICE/SESQUIOXIDOS Y SU IMPORTANCIA EN LA GENESIS DE ALGUNOS SUELOS DE COLOMBIA

Por. Octavio Mosquera V.
Alveiro Vargas D., y
Adel González M. *

I. INTRODUCCION

El reconocimiento y determinación de compuestos que ayuden a clarificar los procesos de formación del suelo y su clasificación, son tareas por realizar en las regiones tropicales de América.

El trabajo persigue reunir información sobre el contenido y las relaciones del hierro, silicio y aluminio en suelos agrícolas y potencialmente agrícolas de Colombia.

II. MATERIALES Y METODOS

A. Origen de las muestras.

Las muestras de las regiones montañosas de Mondomo, Cerro Alto y la Buitre-ra (bosque húmedo sub-tropical) son de suelos latosólicos; las de Villarica y Jamundí (bosque húmedo tropical) de suelos aluviales ácidos y las de la Facultad y algunas de Rozo (bosque seco tropical) de suelos normales.

Las muestras de la región montañosa de Cáceres (bosque húmedo sub-tropical) se caracterizan por el alto contenido de cenizas volcánicas. Las muestras de las terrazas bajas de Palmaseca, Candelaria y Rozo (27, 28, 30 y 31) son de suelos salinos. La terraza media de Calá se clasifica como bosque muy húmedo tropical.

B. Preparación de las muestras.

Las muestras se molieron, tamizaron y secaron a 105-110°C durante 12-16 horas. A 0.1070 g.s. se adicionaron 10 mls. de Na OH del 15 o/o y se fundieron a 900°C. Se lavó repetidamente con agua desmineralizada. Se agregó 20 mls. de HCl 6N y se llevó a volúmen. Las soluciones se almacenaron en frascos plásticos.

* Sres. O. Mosquera V. y A. Vargas D., estudiantes de pre-grado.

Dr. A. González M. I. A., M.Sc. profesor Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira

Extractó: H. Quintero V.

C. DETERMINACIONES

1. Silicio, por el método colorimétrico del silicomolibdato (Kilmer, 6).
2. Aluminio, por el método colorimétrico del aluminón (Jackson, 3).
3. Hierro total con el espectrofotómetro de absorción atómica del Laboratorio de Suelos de Popayán (Cauca).
4. Color en seco con la tabla de Munsell.
5. pH, con el potenciómetro en una pasta 1:1.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Contenido total de Al, Si e Fe (Tabla I)

B. Relaciones sílice/Alúmina y Sílice sesquióxidos en suelos amarillos y rojos (Tabla II).

A excepción del suelo de Mondomo, la relación $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ disminuyó con la profundidad lo cual sugiere remoción de sílice y acumulación relativa de sesquióxidos. La diferencia encontrada en Mondomo se puede deber a la variación en el contenido de materiales por condiciones del lugar.

Como el contenido de Al fué constantemente mayor en el horizonte B, la relación sílice/sesquióxidos fué menor en este horizonte. A pesar de que Marbut, considera que en estos casos ocurre podsolización, Jenny (4) aclara que es aventurado definir dicho proceso como una simple lixiviación o eluviación, puesto que difícilmente podría decirse que un suelo no hubiera sufrido podsolización.

Por otra parte Hardy (2), anota que aparentemente la podsolización ocurre en suelos de Colombia y Java que se han formado a más de 1.000 m.s.n.m., y temperatura media menor de 25°C.

Bajo condiciones más calidas y periodos alternos de precipitación y sequía, se presenta el horizonte B de colores rojos y amarillos. Aparentemente los suelos empiezan a sufrir la latosolización.

En la Tabla VI se observa que los colores de amarillo a pardo se presentan comunmente en las regiones de mayor precipitación. En vista de que se ha asociado el color rojo y amarillo con el proceso de laterización, podría decirse que los suelos de estas zonas son lateríficos.

De acuerdo a la clasificación de Aubert (1), los suelos de Mondomo y Calá corresponderían al grupo de los ferralíticos típicos, (ricos en sesquióxidos y de relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ generalmente inferior a 1.7); los de Cerro Alto y La Buitrera

TABLA I
CONTENIDO TOTAL DE Al, Si e Fe (EN PORCENTAJE)

LOCALIDAD	No.	Profundidad (cms.)	Al	Si	Fe
Mondomo (Cauca)	1	0-30	35.51	20.33	3.64
Mondomo (Cauca)	2	30-70	20.56	15.89	5.28
Cerro Alto (Cauca)	3	0-25	18.69	20.79	4.11
Cerro Alto (Cauca)	4	25-50	23.36	11.68	5.28
Villarrica (Cauca)	5	0-35	22.43	21.49	3.64
Villarrica (Cauca)	6	35-70	31.77	17.52	3.36
Jamundí (Valle)	7	0-20	26.17	24.77	2.57
Jamundí (Valle)	8	20-60	26.17	17.99	6.87
Jamundí (Valle)	9	60-120	16.82	20.33	6.12
Facultad	10	0-40	26.17	24.77	2.87
Facultad	11	48-90	28.04	24.77	4.34
Rozo (Valle)	21	0-40	16.17	20.79	3.64
Rozo (Valle)	22	40-80	33.64	21.49	4.81
Palmaseca (Valle)	15	0-25	31.77	20.33	3.36
Palmaseca (Valle)	16	40-70	28.04	17.99	2.29
Palmaseca (Valle)	17	70-150	26.17	14.95	2.01
Rozo (Valle)	27	8-30	26.17	10.05	4.11
Rozo (Valle)	28	30-50	29.91	12.15	3.13
Rozo (Valle)	30	0-30	23.36	23.36	2.01
Rozo (Valle)	31	40-60	22.43	21.49	1.68
Candelaria (Valle)	32	0-40	23.36	15.89	2.01
Candelaria (Valle)	33	40-60	28.04	16.82	2.87
Candelaria (Valle)	36	60-80	14.95	20.33	3.88
Cáceres (Roldanillo)	34	0-40	18.69	16.35	0.98
Cáceres (Roldanillo)	35	40-80	35.51	15.42	0.98
Cáceres (Roldanillo)	39	80-180	7.48	15.55	5.70
Cáceres (Roldanillo)	40	180-190	16.82	16.82	1.35
Cáceres (Roldanillo)	41	190-200	16.82	14.02	2.57
Calá (Llanos Or.)	43	0-25	23.36	19.63	1.35
Calá (Llanos Or.)	44	25-45	29.91	15.89	2.01
La Buitrera (Valle)	46	0-30	15.89	17.99	3.88
La Buitrera (Valle)	47	30-80	15.89	6.54	7.06
La Buitrera (Valle)	CONCRECIONES		2.80	3.74	11.91

TABLA II

RELACIONES SILICE/ALUMINA Y SILICE/SESQUIOXIDOS EN
SUELOS AMARILLOS Y ROJOS

LOCALIDAD	No.	Profundidad (cms.)	pH	Relación Molar	
				SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃
Mondomo (Cauca)	1	0-30	4.43	1.100	1.048
Mo ndomo (Cauca)	2	30-70	4.92	1.485	1.325
Cerro Alto (Cauca)	3	0-25	4.98	2.145	1.932
Cerro Alto (Cauca)	4	25-50	4.78	0.960	0.866
Villarrica (Cauca)	5	0-35	4.63	1.841	1.707
Villarrica (Cauca)	6	35-70	5.33	1.059	1.008
Jamundí (Valle)	7	0-20	4.85	1.819	1.736
Jamundí (Valle)	8	20-60	6.88	1.321	1.172
Jamundí (Valle)	9	60-120	6.50	2.322	1.975
Calá (Llanos Or.)	43	0-25	4.75	1.615	1.571
Calá (Llanos Or.)	44	25-45	4.91	1.021	0.989
La Buitrera (Valle)	46	0-30	4.91	2.175	1.945
La Buitrera (Valle)	47	30-80	5.10	0.672	0.569
La Buitrera (Valle)	CONCRECIONES			2.566	0.840

pertenecerían al grupo de los ferruginosos tropicales lixiviados (horizonte B rico en Fe_2O_3) y los de Villarrica y Jamundí estarían dentro del grupo de los debilmente ferralíticos (relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ cercana a 2.0 y superior a 1.7).

Observando los contenidos de Fe y Si (Tabla I), se nota que el silicio es mayor en Calá que en La Buitrera, mientras que el hierro presenta contenidos superiores en La Buitrera. Esto indica que el proceso de latosolización ha sido más intenso en La Buitrera. La presencia de concreciones férricas en el perfil de este suelo relieván esta observación. La diferencia en la intensidad del proceso se puede explicar por desigualdades en el clima y en el material parental.

Existen diferentes opiniones sobre la utilización de la relación $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ó $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ para caracterizar los productos de la laterización (Mohr y Van Baren, 7). Como la variación de la razón sílice/sesquióxidos a sílice/alúmina (Tabla II) es pequeña, debido a los contenidos relativamente bajos de Fe, se puede usar una u otra relación. Las concreciones presentan un carácter marcadamente sesquioxídico pero contienen cierta cantidad de sílice.

C. Relaciones sílice/alúmina y sílice/sesquióxidos en un suelo con alto contenido de cenizas volcánicas (Tabla III).

Los contenidos de Fe y Al cambian bruscamente en los diferentes horizontes lo que dificulta la clarificación del proceso de formación. Sin embargo, su contenido de hierro es menor que el de los suelos de Mondomo y Cerro Alto (influenciados también por cenizas volcánicas), lo cual indica menor grado de meteorización, y formación más reciente.

Por otra parte, los pHs y los colores obtenidos enmarcan estos suelos dentro del grupo de los Andosoles cuyas características peculiares se atribuyen a la presencia de materiales amorfos, probablemente alofana, en cantidades hasta de 50o/o.

D. Relaciones sílice/alúmina y sílice/sesquióxidos en suelos normales. (Tabla IV).

El contenido de sílice es ligeramente superior en el suelo Facultad que en el de Rozo. Esto se explicaría en base a la variación de la solubilidad de sílice en el pH.

Los contenidos de sílice son aproximadamente iguales en los horizontes A y B de cada suelo y los de hierro y aluminio son ligeramente superiores (Tabla I), en el horizonte B, lo cual dá idea de escaso lavado de sílice y acumulación de sesquióxido. La anterior característica sumada al pH y al color concuerda con la descripción de algunos suelos del Valle del Cauca realizada por Jenny (5).

TABLA III

RELACIONES SILICE/ALUMINA Y SILICE/SESQUIOXIDOS EN UN
SUELO CON ALTO CONTENIDO DE CENIZAS VOLCANICAS

LOCALIDAD	No.	Profundidad (cms.)	pH	Relación Molar	
				SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃
Cáceres (Roldanillo)	34	0-40	5.80	1.631	1.639
Cáceres (Roldanillo)	35	40-80	6.45	0.834	0.823
Cáceres (Roldanillo)	39	80-180	6.20	3.480	2.544
Cáceres (Roldanillo)	40	180-190	5.80	1.922	1.850
Cáceres (Roldanillo)	41	190-200	5.60	1.602	1.492

TABLA IV

RELACIONES SILICE/ALUMINA Y SILICE/SESQUIOXIDOS
EN SUELOS NORMALES

LOCALIDAD	No.	Profundidad (cms.)	pH	Relación Molar	
				SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃
Facultad	10	0-40	6.41	1.819	1.727
Facultad	11	40-90	6.70	1.697	1.579
Rozo (Valle)	21	0-40	7.75	1.527	1.430
Rozo (Valle)	22	40-80	7.60	1.228	1.148

E. Relaciones sílice/alúmina y sílice/sesquióxidos en suelos salinos (Tabla V).

El contenido de hierro total en estos suelos parece ser bajo y corresponder, casi en su totalidad, a hierro estructural como lo indican las reducidas cantidades de hierro libre encontradas. Esta condición es análoga a la de los suelos normales cuya meteorización no es tan intensa.

En las zonas a las cuales pertenecen estos suelos predominan arcillas montmorilloníticas y vermiculíticas mientras que en las de suelos amarillos y rojos las predominantes son las caolínicas lo que también indica que la meteorización no ha sido tan intensa (González *).

Como las relaciones $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ no parecen tener importancia en la aclaración de los procesos de formación de suelos normales y salinos, se intentó observar si guardaban alguna conexión con el tipo de arcilla, sabiendo que las dominantes son del tipo 2:1. Los resultados no muestran claramente ésta asociación, sin embargo, las relaciones $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ son ligeramente inferiores en los suelos afectados por sales.

F. Relación sílice/sesquióxidos, color y precipitación (Tabla VI).

IV. CONCLUSIONES

1. En la mayoría de los suelos las relaciones sílice/alúminas y sílice sesquióxidos fueron mayores en el horizonte A.
2. El mayor porcentaje encontrado, en términos generales, fué el de Aluminio y el más bajo el de Hierro.
3. Las relaciones sílice/alúmina y sílice/sesquióxido parecen jugar un papel importante en la caracterización de suelos rojos y amarillos más no en la de normales y salinos.
4. Las concreciones presentan un carácter marcadamente sesquioxídico, principalmente por su contenido de hierro.
5. La información obtenida con las relaciones no es suficiente para una definición del proceso de formación pero sumada a otras características presentadas (color, pH, precipitación), dá base para decir que 14 de las muestras estudiadas pertenecen a suelos en mayor o menor grado laterizados.

(*) GONZALEZ M., A. Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Comunicación personal.

6. En suelos salinos las razones sílice/alúmina y sílice/sesquióxidos, se deben acompañar del conocimiento del contenido y tipo de arcillas, para relacionarlas con el grado de meteorización.

TABLA V
RELACIONES SILICE/ALUMINA Y SILICE/SESQUIOXIDOS EN
SUELOS AFECTADOS POR SALES

LOCALIDAD	No.	Profundidad (cms.)	pH	Relación Molar	
				SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃
Palmaseca (Valle)	15	0-25	7.70	1.229	1.170
Palmaseca (Valle)	16	40-70	8.48	1.233	1.186
Palmaseca (Valle)	17	70-150	8.10	1.098	1.059
Rozo (Valle)	27	8-30	7.75	0.738	0.686
Rozo (Valle)	28	30-50	7.60	0.780	0.743
Rozo (Valle)	30	0-30	7.60	1.921	1.845
Rozo (Valle)	31	40-70	7.75	1.841	1.777
Candelaria (Valle)	32	0-40	8.43	1.307	1.255
Candelaria (Valle)	33	40-60	8.85	1.153	1.098
Candelaria (Valle)	36	60-80	8.65	2.603	2.321

TABLA VI
RELACION SILICE/SESQUIOXIDOS, COLOR DEL SUELO
Y PRECIPITACION

LOCALIDAD	No.	Precipitación (mm.)	Color en seco	SiO ₂ /R ₂ O ₃
Calá (Llanos Or.)	43	2200-3000	Pardo amarillento	1.571
Calá (Llanos Or.)	44	2200-3000	Amarillo rojizo	0.989
Villarrica (Cauca)	5	1400-2200	Pardo amarillento	1.707
Villarrica (Cauca)	6	1400-2200	Amarillo	1.008
Jamundí (Valle)	8	1400-2200	Pardo amarillento claro	1.736
Jamundí (Valle)	9	1400-2200	Amarillo	1.975
Mondomo (Cauca)	1	1200-2000	Pardo oscuro	1.048
Mondomo (Cauca)	2	1200-2000	Amarillo	1.325
Cerro Alto (Cauca)	3	1200-2000	Pardo oscuro	1.932
Cerro Alto (Cauca)	4	1200-2000	Amarillo rojizo	0.866
Cáceres (Roldanillo)	34	1200-2000	Pardo grisáceo muy oscuro	1.639
Cáceres (Roldanillo)	35	1200-2000	Pardo muy pálido	0.823
Cáceres (Roldanillo)	39	1200-2000	Amarillo rojizo	2.544
Cáceres (Roldanillo)	40	1200-2000	Amarillo pálido	1.850
Cáceres (Roldanillo)	41	1200-2000	Amarillo	1.452
La Buitrera (Valle)	46	1000-1400	Pardo	1.945
La Buitrera (Valle)	47	1000-1400	Pardo fuerte	0.569
Facultad	10	800-1200	Pardo grisáceo oscuro	1.727
Facultad	11	800-1200	Pardo	1.579
Candelaria (Valle)	32	800-1200	Oliva pálido	1.255
Candelaria (Valle)	33	800-1200	Gris oliva claro	1.098
Candelaria (Valle)	36	800-1200	Amarillo pálido	2.321
Palmaseca (Valle)	15	700-1100	Gris	1.170
Palmaseca (Valle)	16	700-1100	Gris oliva claro	1.186
Palmaseca (Valle)	17	700-1100	Gris oliva claro	1.059
Rozo (Valle)	21	700-1100	Pardo pálido	1.430
Rozo (Valle)	22	700-1100	Pardo pálido	1.148
Rozo (Valle)	27	700-1100	Gris oliva claro	0.686
Rozo (Valle)	28	700-1100	Gris	0.743
Rozo (Valle)	30	700-1100	Gris	1.845
Rozo (Valle)	31	700-1100	Gris oliva	1.777

V. RESUMEN

Se determinaron los contenidos de silicio, hierro y aluminio en el total del suelo, en 33 muestras de diferentes regiones de Colombia, y se calcularon las relaciones molares sílice/alúmina y sílice/sesquióxidos.

Los suelos se agruparon de acuerdo al color, pH y a ciertas posiciones geomorfológicas, que permiten una aproximación de los procesos traslocativos y acumulativos de SiO_2 y $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Los resultados obtenidos permitieron establecer que en 6 de las regiones estudiadas el proceso de formación predominante es laterización, pero no fueron suficientes para aclarar el proceso formativo en las regiones de suelos afectados por sales.

VI. SUMMARY

Silicon, iron and aluminum contents in 33 soil samples from different regions of Colombia, were determined. Molar silica/alumina and silica/sesquioxides ratios were calculated.

Soils were grouped according to color, pH and geomorphologic distribution related to traslocative and accumulative processes pertaining to SiO_2 and $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.

According to the results, in six of the studied regions the predominant processes is laterization, but it was not possible to stablish what the formative process was salt affected soils in those regions.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AUBERT, G. Classification des soils. *Cohiers O.R.S.T. O.M.* 3(3): 269-88 1965 (Série Pédologie).
2. HARDY, F. Suelos tropicales pedología tropical con énfasis en América. México, Herrero Hnos., 1970 334 p.
3. JACKSON, M.L. Análisis químico de suelos. Trad. José Beltrán M., 2a. ed. Barcelona, Omega, 1970. 662 p.
4. JENNY, M. Factors of soil formation a system of quantitative pedology. New York, McGraw-Hill, 1941 281 p.

5. ——— Great soils groups in the equatorial regions of Colombia, South - América. *Soil Science*. 66:5-28. 1948.
6. KILMER, V.J. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. 959 p. (Series Agronomy No. 9).
7. MOHR, E.C. y VAN BAREN, F.A. *Tropical soils a critical study es related to climate, rock and vegetation*. Londo, Interscience, 1954. 498 p.