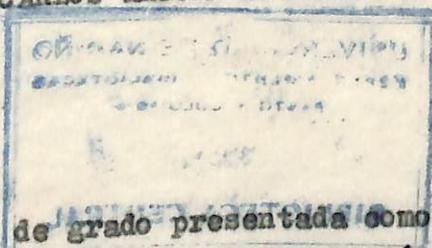


ESTUDIO DE SESQUIOXIDOS Y SUS RELACIONES MOLECULARES
EN SUBSOS DE NARIÑO

POR

EDGAR AMEZQUITA COLLAZOS

CARIOS ARTURO FIGUEROA REALPE



Tesis de grado presentada como requisito
parcial para optar al título de
INGENIERO AGRONOMO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
INSTITUTO TECNOLOGICO AGRICOLA
Pasto - Colombia

1.970

FIN

T

631.46

7513

"Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son de responsabilidad exclusiva de sus autores".

Artículo 10. del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

DEDICADO
RODAR ADEQUITA OJALAZOS

A MIS PADRES
A MI ESPOSA
A MIS HERMANOS
A MIS FAMILIARES
A MIS AMIGOS

DEDICO
CARLOS ANTONIO FIGUEROA REALPE
DEDICO
EDGAR AMEZQUITA COLLAZOS

RECONOCIMIENTOS A:

ELABORADO POR LA COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DEL CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DEL GOBIERNO NACIONAL

FRANCISCO CORTES DE LA ESPINOLA,

A MIS PADRES
A MIS HERMANOS
A MIS AMIGOS

A LA BUENA MUJER DE PASO,

TODAS LAS PERSONAS QUE EN UNA U OTRA
FORMA COLABORARON EN EL DESARROLLO
DEL PRESENTE TRABAJO.

DEDICO

CARIOS ARTURO FIGUEROA REALPE

RECONOCIMIENTOS A:

MARIO BLASCO LAMENCA I.A., Ph. D.

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA.

A LA ZONA MINERA DE PASTO.

TODAS LAS PERSONAS QUE EN UNA U OTRA
FORMA COLABORARON EN EL DESARROLLO
DEL PRESENTE TRABAJO.

CONTENIDO

Pág.

Pág.

3.2.8	Carbonos orgánicos	
I.	INTRODUCCION.....	1
III.	REVISION DE LITERATURA	2
4.2.1	Generalidades	2
4.2.2	SiO ₂	3
V.	4.2.3 Al ₂ O ₃	5
4.2.4	Fe ₂ O ₃	7
4.2.5	Razones moleculares	9
VI.	4.2.6 Suelos nariñenses estudiados	11
NUMER	2.6.1 Suelos derivados de cenizas volcánicas	12
VII.	BIBLIOGRAFIA	57
2.6.2	Laterita o latosol	14
2.6.2.1	Suelos ferruginosos	15
2.6.2.2	Ferrallitas	16
2.7	Mineralogía de suelos colombianos	16
III.	MATERIALES Y METODOS	18
3.1	Materiales	18
3.1.1	Descripción general del área.....	18
3.2	Métodos	18
3.2.1	Humedad	22
3.2.2	pH	22
3.2.3	Textura	22
3.2.4	Estructura	22
3.2.5	Color	22
3.2.6	Capacidad catiónica de cambio ...	22
3.2.7	Cationes cambiables	22

ILUSTRACIONES

Pág.

3.2.8	Carbono orgánico	22
Figura No. 3	Localización geográfica de Mariño en Colombia	22
3.2.9	Análisis de óxidos	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	24
Figura No. 4	4.1 Suelos derivados de cenizas volcánicas ...	24
4.2	Suelos tropicales ricos en sesquióxidos ..	39
V.	CONCLUSIONES	53
Figura No. 5	5.1 Suelos derivados de cenizas volcánicas ...	53
5.2	Suelos ricos en sesquióxidos	53
VI.	RESUMEN	55
SUMMARY	56
VII.	BIBLIOGRAFIA	57
Figura No. 5	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil "Guaitara"	36
Figura No. 6	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil "Junín"	49
Figura No. 7	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil "Navico"	50
Figura No. 8	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil "Panamá"	51

ILUSTRACIONES

Pág.

Figura No. 1	Localización geográfica de Narifio en Colombia	20
Figura No. 2	Localización de los lugares de toma de muestras	21
Figura No. 3	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil de "Botana"	34
Figura No. 4	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil "Túquerres"	35
Figura No. 5	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil "Guátara"	36
Figura No. 6	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil "Junín"	49
Figura No. 7	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil "Diviso"	50
Figura No. 8	Porcentaje de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en el perfil "Tunaco"	51

TABLAS

Pág.
Pág.

Tabla	XII.	Análisis de óxidos del perfil de	41
Tabla	I.	Características generales de los lugares de toma de muestras	19
Tabla	XIII.	Razones moleculares del perfil de	42
Tabla	II.	Algunas características del perfil de Botana	25
Tabla	XIV.	Algunas características del perfil	43
Tabla	III.	Análisis de óxidos del perfil de Botana	26
Tabla	XV.	Análisis de óxidos del perfil de	44
Tabla	IV.	Razones moleculares del perfil de Botana	27
Tabla	XVI.	Razones moleculares del perfil de	45
Tabla	V.	Algunas características del perfil de Túquerres	28
Tabla	XVII.	Algunas características del perfil	46
Tabla	VI.	Análisis de óxidos del perfil de Túquerres	29
Tabla	XVIII.	Análisis de óxidos del perfil de	47
Tabla	VII.	Razones moleculares del perfil de Túquerres	30
Tabla	XIX.	Razones moleculares del perfil de	48
Tabla	VIII.	Algunas características del perfil de Guátara	31
Tabla	IX.	Análisis de óxidos del perfil de Guátara	32
Tabla	X.	Razones moleculares del perfil de Guátara	33
Tabla	XI.	Algunas características del perfil de Junín	40

Tabla XII.	Análisis de óxidos del perfil de Junín	41
Tabla XIII.	Razones moleculares del perfil de Junín	42
Tabla XIV.	Algunas características del perfil de El Diviso	43
Tabla XV.	Análisis de óxidos del perfil de El Diviso	44
Tabla XVI.	Razones moleculares del perfil de El Diviso	45
Tabla XVII.	Algunas características del perfil de Tumaco	46
Tabla XVIII.	Análisis de óxidos del perfil de Tumaco	47
Tabla XIX.	Razones moleculares del perfil de Tumaco	48

ESTUDIO DE SESQUIOXIDOS Y SUS RELACIONES MOLECULARES EN SUELOS DE NARIÑO (+)

Por

EDGAR AMEZQUITA COLLAZOS

CARIOS ARTURO FIGUEROA REALPE

I. INTRODUCCION

El material inorgánico de los suelos está constituido, en su mayor parte, por cuatro elementos: Oxígeno, Silicio, Aluminio y Hierro. El estudio de estos elementos en su forma de óxidos, es esencial para conocer la pedogénesis de los suelos.

No obstante su importancia, son escasos los datos que se tienen en suelos colombianos, pudiéndose decir que sus relaciones moleculares en óxidos, son prácticamente desconocidas.

Dos de las relaciones más importantes de los óxidos y sesquióxidos, son las que corresponden a los suelos netamente tropicales, que han sufrido el proceso de laterización y a los suelos derivados de cenizas volcánicas. Precisamente estas dos condiciones, dentro de los suelos nariñenses, son las que se han contemplado en la siguiente investigación.

(+) Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Mario Blasco L., I.A., Ph. D.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades

Dentro de la fracción inorgánica de los suelos, los minerales clasificados como arcillas (minerales cristalinos de arcillas, minerales accesorios y materiales inorgánicos amorfos), son los que determinan, con los coloides orgánicos, la mayoría de las propiedades del suelos (Mitchell et al, 50).

De acuerdo a Mela (48), la sílice, los sesquióxidos de hierro y aluminio, y el agua, por lo general representan el 90% del peso total de la arcilla; los óxidos de calcio, magnesio y potasio, varían entre 1 y 3%; los óxidos de sodio y titanio entre 0.1 y 2%, y la materia orgánica alrededor del 6%.

Esta composición en óxidos de las arcillas es un reflejo de la constitución de la corteza terrestre, cuyos porcentajes, según Holmes (34), son:

Óxido	Porcentaje	Óxido	Porcentaje
SiO_2	59,07	Si	27,69
Al_2O_3	15,22	Al	8,07
Fe_2O_3	3,10	Fe	5,05
FeO	3,71		
CaO	5,10	Ca	3,65
Na_2O	3,71	Na	2,75
K_2O	3,11	K	2,58

MgO siliceo 3,45 Mg 2,08
 TiO₂ 1,03 Ti cuarzo 0,62
 H₂O 1,30 H (94), indi. 0,14
 siliceo amorfo presente en los suelos, 0 se debe a 46,71

2.2. SiO₂

El anhídrido silícico, bióxido de silicio o sílice, cuya fórmula correcta sería (SiO₂)_n, existe en tres formas cristalinas: cuarzo, tridimita y cristobalita. En todas sus formas, el silicio está unido tetraedralmente a cuatro átomos de oxígeno que son comunes a dos tetraedros (Lee y Van Orden, 41).

La sílice puede presentarse también en formas hidratadas no cristalinas (SiO₂.nH₂O), como calcedonia, ágata, jaspe, sílex, ópalo (v.gr. tierra de sílice, fitolitos, etc), y geles coloidales (Klockmann y Randohr, 38; Bear, 7).

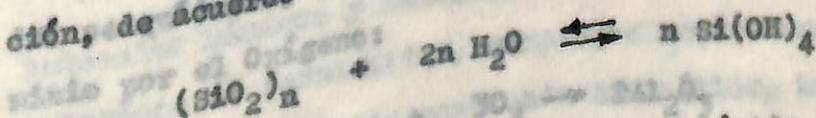
La ocurrencia de sílice amorfo está relacionada con suelos derivados de cenizas volcánicas, aunque también ha sido reportado en otros suelos, v. gr. derivados de granito, suelos alcalinos degradados, loess, etc. (Mitchell et al, 50) Birrel (12), indica que la distribución de partículas en los suelos derivados de cenizas volcánicas, no tiene mucho valor debido a la presencia de coloides amorfos, que tienen un elevado punto isoelectrico y a la presencia de óxidos hidratados que inducen la coprecipitación.

La sílice amorfa puede con el tiempo formar calcedonia criptocristalina y eventualmente cuarzo secundario (Holmes, 34). Por otra parte, Russell (54), indica que la sílice amorfa presente en los suelos, se debe a la deposición biológica de las plantas. De acuerdo a Besoain (10), la sílice amorfa podría originarse como producto de la meteorización de vidrios volcánicos, feldespatos y minerales básicos.

Si bien es cierto que el cuarzo tiene grado de meteorización muy bajo, según Fieldes and Swindale (24), también puede cambiar a formas secundarias como ópalo o calcedonia por acción del ácido silícico.

Todos estos cambios tienen que ver con la solubilidad de la sílice. Wey y Siffert (66), establecieron que la solubilidad de los distintos compuestos que contenían sílice, disminuía en el orden: sílice amorfo, ópalo, cristobalina y cuarzo.

Según Millet (49), la solubilidad de la sílice, está regida por la ley de polimerización y de despolimerización, de acuerdo a la reacción:



que forma con el agua monomoléculas del ácido silícico. La solubilidad de la sílice en el agua, es prácticamente independiente de la reacción del suelo hasta pH 9.0; a partir de

este punto el ácido monosilícico se disocia y la solubilidad aumenta. En cambio, la reactividad del cuarzo y, por tanto, su disolución aumenta a medida que disminuye su tamaño (Wahl, 62).

En general, el contenido de SiO_2 en los suelos varía entre 50 y 70%, correspondiendo porcentajes más bajos a los suelos tropicales debido a su mayor lixiviación (Bear, 7).

Los menores porcentajes de sílice en los suelos tropicales se deben según Duchaufour (22), a un proceso de hidrólisis alcalina explicado así: las aguas de infiltración son pobres en CO_2 y en ácidos orgánicos solubles con un pH próximo a 7.0 que permiten la rápida liberación de bases, produciendo la disociación y ulterior migración de la sílice de la roca en curso de alteración. Inversamente Al_2O_3 y Fe_2O_3 se encuentran próximos a su punto isoelectrico, insolubilizándose.

De acuerdo a Lee y Van Orden (41), la formación del sesquióxido, se debe a la gran afinidad que tiene el aluminio por el Oxígeno:

$2Al_2 + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$

Por otra parte, Lee (40), indica que la alúmina, puede provenir de la deshidratación del hidróxido de aluminio.



El aluminio se comporta como ión anfótero; en medio ácido actúa como catión (Al^{+++}) y en medio alcalino como anión $\text{Al}(\text{OH})_4^-$. (Duchaufour, 22).

En forma cristalina, se presenta principalmente en los suelos como gibbsita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ o $\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$) y bohemita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ o $\delta\text{-AlOOH}$) (Sivarajasingham et al, 55). Según Bear (7), el diásporo, AlOOH , es muy poco común, estando relacionado con acciones hidrotermales de baja temperatura. La bauxita es una gran acumulación de bohemita y gibbsita. La existencia de bayerita ($\alpha\text{-Al}(\text{OH})_3$), no se ha comprobado con certeza en los suelos y el único óxido natural es el corindón (Al_2O_3) (Klockmann y Ramdehr, 38).

El aluminio también se encuentra como material inorgánico amorfo en los suelos, bien solo, formando cliachinita o alumogel ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), o combinado formando alófana ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), que se discutirá después, o evansita ($\text{Al}_3\text{PO}_4(\text{OH})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). (Sivarajasingham et al, 57).

Tamini, Kanehiro y Sherman (63), encontraron en latosoles húmicos y latosoles hidrohúmicos de Hawaii, la presencia de taranakitas, complejos amorfos relativamente insolubles, de amonio combinado con sílice, hierro hidratado, óxidos de aluminio y fósforo. Es posible que en los minerales intergradientes, el aluminio esté presente en formas

amorfos, con una fórmula general $(Al(OH)_x(H_2O)_{3-x})^{+(3-x)}$; x: varía con el pH del suelo. (Brown, 19; Klages y White, 37; Rich, 52).

Teniendo en cuenta la característica anfótera del aluminio, el $Al(OH)_3$ es soluble en medio ácido, dando origen a los cationes Al^{+3} , y es también soluble en medio alcalino formando aniones $AlO_3H_2^-$. La mayor abundancia del catión se registra entre pH de 5 a 4 y la del anión entre pH 6 y 7 (Wey y Siffert, 66; Millot, 49).

De acuerdo a Bétrancieux (11), el hierro forma con $2.4 Fe_2O_3$ en medio ácido y rico en materia orgánica, se forman complejos órgano-férricos, mientras que los óxidos de hierro presentes en los suelos generalmente se derivan de la meteorización de las rocas férricas (Bear, 7). Millot (49), considera que en el suelo existen como formas cristalinas, esencialmente dos hidróxidos: gohetita o $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, y lepidocrocita ($\gamma-FeOOH$), y dos óxidos: la hematita u oligisto ($\alpha-Fe_2O_3$) y la maghemita ($\beta-Fe_2O_3$); en suelos húmedos se encuentra stilpnosiderita ($Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$). Según Bear (7), la martita (Fe_2O_3) tiene una estructura similar a la hematita.

Otras formas cristalinas de hierro, tales como la magnetita (Fe_2O_3) y la siderita ($FeCO_3$), pueden considerarse más bien, como minerales constitutivos de rocas, antes que del suelo (Russell, 54; Baber y Lehman, 5). Existen óxidos amorfos de hierro, siendo el mejor

determinado la limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). La limonita es una gohetita hidratada finamente dividida (Bear, 7). Sin embargo, Millet (49), considera que la limonita es una roca que consiste de agregados microcristalinos de óxidos férricos. Otras formas amorfas del hierro son la hisingerita, combinación de óxidos de hierro y sílice ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) y la azovakita, que es un fosfato de hierro hidratado ($\text{Fe}_3\text{PO}_4(\text{OH})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (Sivarajasingham et al, 57).

De acuerdo a Bétrémieux (11), el hierro forma complejos pseudosolubles. En medio ácido y rico en materia orgánica, se forman complejos órgano-férricos, mientras que en suelos débilmente ácidos y pobres en materia orgánica, se forman complejos ferro-silícicos.

Según Kononova (39), los complejos órgano-minerales poseen alta movilidad en los suelos, siendo superior la de los compuestos de hierro que la de los de aluminio, debido a la más fuerte atracción de los ácidos crónicos por este elemento. Por otra parte, Bloomfield (16), señala que los compuestos orgánicos son más importantes que el humus coloidal en la migración de los sesquióxidos.

El hierro es más soluble en medios reductores ácidos, generalmente ricos en materia orgánica e hidrónórficos, aumentando la solubilidad a medida que disminuye el pH (Hodgson (33), Duchaufour, (22)).

en sílice y 2.5 Razones moleculares (1, 30):

Las relaciones que se establecen entre los distintos óxidos, son esenciales para el estudio pedogenético del suelo. De acuerdo a Jenny (36), las siguientes razones y símbolos son los más empleados:

$$\frac{SiO_2}{Al_2O_3} = \text{valor } K_i \text{ (Harrassowitz)} = s_a \text{ (Marbut)}$$

$$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3} = \text{valor } s_f \text{ (Marbut) sugerido un factor } \frac{1}{3} \text{ de lixiviación consistente en la relación:}$$

$$\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} = \text{Relación sílice-sesquióxidos}$$

$$\frac{K_2O + Na_2O + CaO}{Al_2O_3} = \text{valor } b_a \text{ (Harrassowitz)}$$

$$\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3} = \text{valor } b_{a1}$$

$$\frac{CaO + MgO}{Al_2O_3} = \text{valor } b_{a2}$$

La manera de calcular las razones moleculares se realiza dividiendo el porcentaje del óxido encontrado en el suelo por el porcentaje del óxido de referencia. Los valores próximos a 2,0 son indicativos de la pro-

análisis por su peso molecular (Hall, 30):

a) $\frac{SiO_2}{Al_2O_3} = \frac{58,9}{60,0} = 0,982$

b) $\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} = \frac{17,3}{102,0} = 0,170$

c) $\frac{SiO_2/Al_2O_3}{Al_2O_3/Fe_2O_3} = \frac{0,982}{0,170} = 5,78$

Así mismo Jenny (36), ha sugerido un factor β de lixiviación consistente en la relación:

$$\beta = \frac{ba_1 \text{ del horizonte lixiviado}}{ba_1 \text{ del material parental}}$$

Estas relaciones señalan la formación mineralógica de los suelos. Barshad (6), indica que cuando, por ejemplo, la proporción de $SiO_2/Al_2O_3 + Fe_2O_3$, va desde 2,0 a más de 4,0 y hay abundancia de bases cambiables y solubles, se forman arcillas del tipo montmorillonítico. Pero si esa misma relación es 2,0 o menos, y el contenido de bases cambiables y solubles es bajo, predominarán las arcillas caoliniticas.

Alexandre et al, (3) y González (29), dicen que cuando la relación SiO_2/Al_2O_3 , alcanza valores entre 4,0 y 4,5 cae dentro de los límites de la montmorillonita, mientras que valores próximos a 2,0 son indicativos de la pre-

sencia de caolinita.

A medida que los valores de la razón molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ disminuye en los suelos, está señalando la disminución de cuarzo; cuando la relación es inferior a 2,0 denota la presencia en cantidades apreciables de óxidos hidratados (Hoyos y Pérez, 35).

Relaciones $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ próximas a 1,0 se consideran como indicativas de la presencia de alófana o imogolita en los suelos (Besoain, 9). Sin embargo, esta relación para la alófana no es siempre 1:1. Aguilera (1) y McGonaghy (44), reportan relaciones mucho más amplias, posiblemente debidas a un mayor contenido de sílice en la alófana.

De acuerdo a Cobb, citado por Jemmy (36), la relación $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, a medida que disminuye, está señalando una mayor evolución pedogenética del suelo. En general, esa relación es 1,0 o más en las rocas, y en los suelos bien meteorizados tiene un valor menor de 0,2.

2.6 Suelos narifenses estudiados

Teniendo en cuenta, que los suelos narifenses estudiados han sido derivados de cenizas volcánicas (Altiplano de Pasto, Túquerres y Cañón del Guáitara), o han sido originados por procesos de laterización (Región del Pacífico), a continuación, se hará énfasis sobre el significado de suelo volcánico y suelo laterítico.

cantidades 2.6.1. Suelos derivados de cenizas volcánicas

Las estructuras. La retención de potasio y sodio parece depender grandemente del anión acompañante. Por otra parte, en Colombia, se hallan a alturas comprendidas entre 1.300 y 3.000 m.s.n.m. Según Bescaín (9), la principal característica de las cenizas volcánicas, en su inestabilidad, lo cual produce una alta meteorización, promoviendo una rápida remoción de elementos solubles bajo condiciones adecuadas de drenaje.

desarrollan la secuencia: Alófana (B, B₂, A) → Metalloysita → Metalloysita → Metalloysita. Los andosoles de Narifio parecen contener un alto porcentaje de material dacítico-andesítico, conteniendo las arenas un alto porcentaje de cuarzo y, en menor proporción, feldespatos alcalinos y hornblenda o hiperestena. En el primer horizonte domina la alófana y en los horizontes subyacentes la metalloysita (Luna, 43).

Físicamente los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen una densidad aparente baja (por debajo de 1 gr. por ml.), mientras que la porosidad es alta (hasta 80%). La superficie específica es muy alta, presentando así propiedades de adsorción alta de materia orgánica, iones, partículas y agua. Al tacto son jabonosos. (Swindale, 62; Alcayaga, 2).

Químicamente tienen reacción ácida (pH entre 5,0 y 5,5). La Capacidad Catiónica de Cambio es alta cuando es medida con acetato de amonio, reduciéndose cuando se emplea el método del cloruro de calcio. La saturación de bases, es muy variable. Estos suelos son capaces de fijar grandes

cantidades de fosfatos, molibdatos y otros aniones de similar estructura. La retención de potasio y amonio parece depender grandemente del anión acompañante. Por otra parte, el material humificado en los suelos de cenizas volcánicas es de difícil descomposición microbiológica. (Swindale 62; Birrell 12; Bornemisza y Pineda 18; Fox 28; Schenkel 56).

De acuerdo a Fieldes (24), las cenizas volcánicas desarrollan la secuencia: Alófana (B, Ab, A) → Halloysita-metalloysita → Halloysita.

Según Besocain (9), es posible que la alófana, compuesto inorgánico amorfo ($n \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y \text{H}_2\text{O}$), se forme principalmente por medio de coprecipitación de soluciones o de formación directa a partir de vidrios y feldespatos desordenados. La relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ se aproxima a 1:1.

El mismo autor indica que la imogolita parece derivarse de una ordenación de la alófana, por condensación de una cadena octaédrica de alúmina a una de alófana de razón Si-Al 1:1, poseyendo un bajo grado de cristalinidad.

Colnet-Daage (20), asocia la evolución de los derivados de cenizas volcánicas con la pluviosidad. En regiones tropicales de pluviosidad elevada, evapotranspiración reducida, se observa una gran formación de sustancias alofánicas. En regiones de pluviosidad moderada, con una evapotranspiración seca pronunciada al lado de la alófana aparece la halloysita y en las regiones más secas hay formación, además, de montmorillonita.

De acuerdo a Swindale and Sherman (61), los suelos volcánicos presentan un perfil tipo A-C o A(B)C, con un horizonte A friable.

Flach (27), indica que la característica más marcada de los andosoles, es su thixotropismo, es decir cuando son apretados, aparece una especie de resina, que desaparece al soltarse el suelo.

En cuanto a la intemperización de los materiales volcánicos, Fielde y Swindale (24), indican que los feldespatos y vidrio volcánicos se convierten en óxidos amorfos hidratados alterándose luego a alófana o a minerales caoliniticos.

Similar opinión comparten Amine y Wada (4), que señalan que la alófana pasa primero a Halloysita hidratada.

Loganathan and Swindale (42), indican que la cantidad de alófana disminuye a medida que aumenta la intemperización de los suelos.

2.6.2 Laterita o latosol

Esencialmente, el fenómeno de laterización o latosolización consiste en la meteorización drástica por hidrólisis principalmente, del material parental, dando origen a un suelo altamente meteorizado, rico en formas secundarias de aluminio y hierro, pobre en humus, con un bajo contenido de bases y sílice, que tiene una cantidad muy baja de mine-

rales primarios, y está sujeto a endurecimiento cuando se expone a ciclos alternados de secamiento y humedecimiento (Si varajasingham et al, 57).

En una laterita o latosol tipo, durante los períodos lluviosos el nivel freático sube, liberando por hidrólisis diferentes compuestos. En la estación seca la meteorización hidrolítica puede seguir como consecuencia del fenómeno de capilaridad, permitiendo a la solución del suelo ser oxidada, precipitándose el hierro y cristalizándose el aluminio (Morrh y Van Baren, 51).

Duchaufour (22), "Clasificación francesa de 1962", denomina a las lateritas, suelos ricos en sesquióxidos, clasificándolos en:

2.6.2.2 Suelos ferruginosos

Se caracterizan por un dominio de los óxidos de hierro, que a menudo están parcialmente deshidratados y son de estructura cristalina. La relación molecular SiO_2/Al_2O_3 de las arcillas es superior a 2,0. La caolinita es dominante, aunque puede encontrarse algo de illita.

El posible equivalente de los suelos ferruginosos en la Séptima Aproximación Norteamericana (Soil Survey Staff, 58), es el de alfisol. Similares a los suelos ferruginosos son también los suelos rojos mediterráneos.

de todos ^{los} 2.5.2.3. Ferrallitas 10% de sílice y alúmina ^{son}

los coincidiendo con Mejía et al (47), en la presencia de alúmina en ^{estos} suelos.

Son suelos en los cuales la sílice y las bases están totalmente lixiviadas, permaneciendo solamente los sesquióxidos de hierro y aluminio. No se puede producir síntesis de caolinita por falta de sílice.

Su equivalente en la Séptima Aproximación es el de orisol (Acrox).

Por otra parte, Sivarajasingham et al (57), indican que físicamente las lateritas son suelos porosos (vesiculares) perforados por un sinnúmero de cavidades más o menos tubulares que pueden estar vacías o llenas con productos capilínicos u otros materiales. En los perfiles aparecen series de nódulos o concreciones, que cuando están cementados por materiales ferruginosos se denominan piscolitos.

2.7 Mineralogía de suelos colombianos

Muy pocos estudios se han realizado, para conocer los minerales primarios o secundarios característicos de los suelos colombianos.

De acuerdo a Mejía et al (47), la alófana es predominante en los suelos volcánicos del Viejo Caldas. Esta alófana se transforma generalmente en halloysita cuya presencia aumenta con la profundidad del suelo.

Blasco et al (5), encontraron que las fracciones arcillosas del Valle del Cauca eran muy variables, contenien

do todas ellas, por lo menos un 10% de sílice y alúmina amorfos coincidiendo con Mejía et al (47), en la presencia de alófana en estos suelos.

Los suelos rojos que rodean el Valle del Cauca son altos en caolinita, las terrazas intermedias en illita y vermiculita y las terrazas bajas tienen abundancia en montmorillonita. Los suelos de Buenaventura tienen alta cantidad de caolinita-halloysita, con abundancia de gibbsita y gohetita. En la fracción de arenas domina el cuarzo seguido de la hornblenda y limonita (Blasco et al, 18).

La selección de las partículas de estos suelos es bien definida de acuerdo con el análisis de la fracción de arena que comprende desde las arenas gruesas y medias hasta la vertiente del límite limfina, mostrando los tipos subtropical y tropical, en los que el proceso de la desilicación se evidencia. Algunos característicos de estas arenas, señalando los límites de selección, se presentan en la Tabla I.

3.2. Sílice

Los suelos se separan en cada horizonte de los distintos perfiles seleccionados y se secaron al aire. Una parte de las muestras de suelos seleccionados malla No. 100, para el análisis de los límites y otra parte se trató con malla No. 20, para los análisis seleccionados.

TABLA I

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS LUGARES DE TOMA DE MUESTRAS

Lugar	Altitud mts.	Temp. Prom.	mm. Precip. Prom.	Relieve	Formación Ecológica	Distancia al Volcán más cercano en Kms.
BOTANA	2.975	12,5°C	784	Ondulado	bs-MB	10
GUATARA	1.890	24°C	750	Quebrado	bs-SF	22
TUQUERRES	3.120	10-12°C	661	Ondulado	bh-M	15
JUMIN	1.100	17-24°C	4.000	Quebrado	bp-SF	52
DIVISO	750	24°C	6.869	Quebrado	bmh-T	63
TUMACO	5	26°C	2.849	Plano	bh-T	142

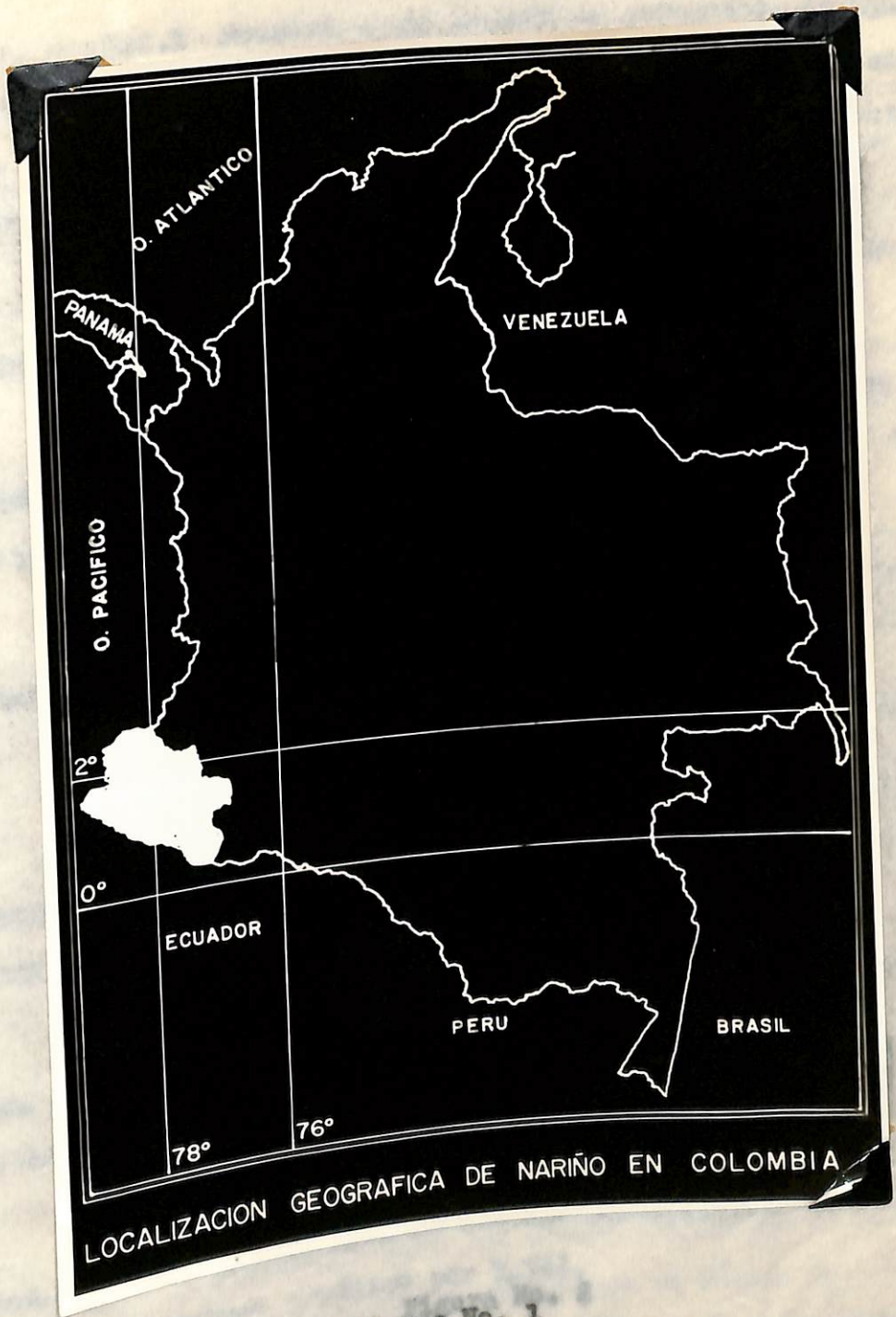
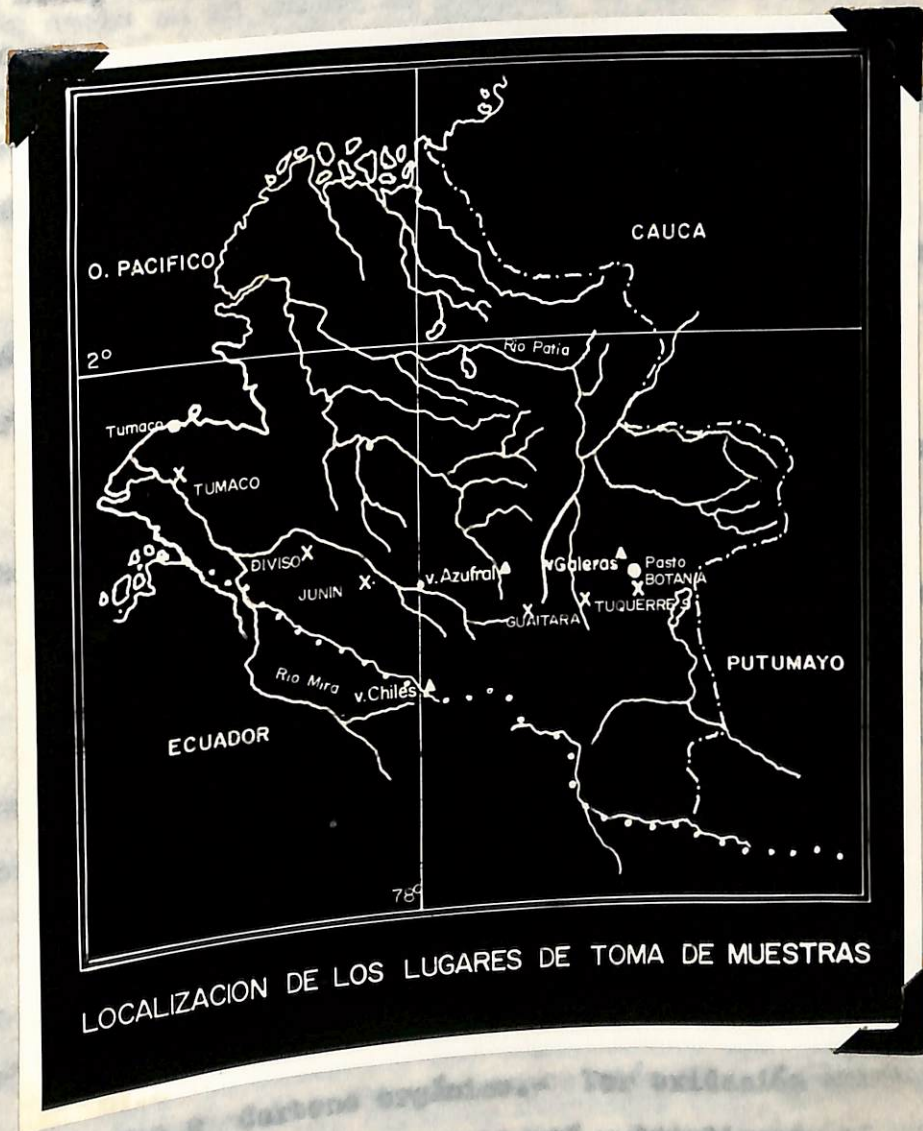


Figura No. 1

... de la ... al porcentaje de agua ...
... por el resto, por diferencia de peso, expresado en ...
... la muestra en la escala a 100° C durante ...



... de la materia orgánica ...
... de la materia orgánica se calcula multiplicando ...
... para el análisis de los ...
... descrita por Vogel (1971), con ...

Figura No. 2

3.2.1 Humedad.- Se calculó el porcentaje de agua retenida por el suelo, por diferencia de peso, expresado en base seca, desecando la muestra en la estufa a 105°C durante 24 horas.

3.2.2 pH.- Método del potenciómetro, empleando una relación suelo/agua: 1:1.

3.2.3 Textura.- Se determinó por el método del hidrómetro de Bouyoucos, basado en la velocidad de caída de las partículas en medio acuoso.

3.2.4 Estructura.- Por observación directa en el campo.

3.2.5 Color.- Por comparación con Tablas Munsell.

3.2.6 Capacidad catiónica de cambio.- Según el método Schollenberger y Simon, empleando acetato de amonio normal y neutro.

3.2.7 Cationes cambiables.- En el extracto obtenido anteriormente, se determinaron los cationes por medio de un espectrofotómetro de llama Coleman.

3.2.8 Carbono orgánico.- Por oxidación sulfocrómica. La materia orgánica se calculó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por 1,724.

3.2.9 Para el análisis de los óxidos se siguió la marcha analítica descrita por Vogel (65), cuyo esquema utili

zando cuatro muestras de suelo se describe a continuación:

Muestra 1.- Pérdida por ignición: se pesa un gramo de suelo en un crisol de platino, se lleva a horno y se eleva la temperatura hasta 1.000 C, durante 20 minutos. Luego por diferencia se hacen los cálculos de pérdida de peso en porcentaje.

Muestra 2.- SiO₂ descomposición HCl --- precipitación --- deshidratación --- H₂SO₄; HF --- evaporación --- gravimetría.

Muestra 3.- Se fundió 0,5 gr. de la muestra con hidróxido de sodio, preparándose una solución patrón de 250 ml.

Fusión con NaOH

Al₂O₃: ebullición + NaOH --- filtración --- lavado del precipitado con carbonato de sodio --- Oxima en ácido acético --- determinación del oxinato por gravimetría.

Fe₂O₃: Tioocianato --- colorimetría.

Muestra 4.- Por descomposición HF - H₂SO₄: Na₂O, K₂O, CaO, MgO. Fotometría de llama.

IV DISCUSION Y RESULTADOS

4.1 Suelos derivados de cenizas volcánicas

Los resultados obtenidos se muestran en las Tablas II a X, estando representados gráficamente en la Figuras 3, 4 y 5.

Uno de los primeros aspectos que indican los datos provenientes de la fusión de los suelos volcánicos nariñenses, es su baja intemperización.

Esta característica de baja intemperización, aparece relacionada con la juventud de las deposiciones volcánicas, muchas de ellas dentro del siglo actual. Es de advertirse que todavía los volcanes del área estudiada, Galeras y Azufral, aún muestran algún signo de actividad.

Los resultados más llamativos son las razones moleculares SiO_2 / Al_2O_3 que oscilan entre 2,5 (Botana 138-200 cm) y 6,1 (Túquerres 5 - 113 cm).

Estos valores son mayores que los reportados para muchos suelos volcánicos (Birrell y Fieldes, 14; Egawa, 23; Besoain, 10). No obstante, hay concordancia con algunos otros estudios. Así por ejemplo, McGonaghy (46), obtuvo relaciones por encima de 2,0 para los suelos volcánicos de la Pequeñas Antillas, y en suelos volcánicos de México se reportan relaciones hasta de 4,2 Aguilera (1).

TABLA II

ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL PERFIL DE BOTANA

Características	Profundidad en centímetros		Estructura observada
	0 - 96	96 - 138 138 - 200	
			Columnar
Color en seco	44, 50	10YR 4/1	Migajosa
Color en húmedo	18, 75	5YR 2/2	Granular
% Arenas	44, 23	10YR 5/8	10YR 5/4
% Arcillas	5, 15	62, 88	10YR 4/3
% Limos	9, 12	13, 40	16, 23
Textura	1, 19	23, 72	51, 40
pH	0, 57	0, F-A	32, 37
Calcio de cambio ppm.	5, 40	5, 70	Ar, 13
Magnesio de cambio ppm.	1, 39	28, 11	4, 80
Potasio de cambio ppm.	0, 76	56, 22	698, 74
Sodio de cambio ppm.	106, 60	129, 31	170, 13
C.C.C. m,e/100 gra.	26, 65	42, 17	78, 98
% Humedad	22, 05	29, 38	42, 53
	21, 14	20, 56	29, 29
			21, 52

TABLA IV

TABLA III

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL DE BOYANA

	Profundidad en centímetros		
	0 - 103	96 - 138	138 - 200
SiO ₂	44,55%	38,06%	40,04%
Al ₂ O ₃	19,75,219	24,56	26,93
Fe ₂ O ₃	5,15	7,66	5,33
MgO	1,19	2,08	0,44
CaO	0,53	0,79	0,48
Na ₂ O + CaO	1,39	0,51	0,25
K ₂ O	0,76	0,03	0,17
Pérdida por ignición	25,65	23,43	24,05
Total por ciento	98,97%	97,12%	97,68%

1 26 1

TABLA V

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DE TUQUERRES

Características	Profundidad en centímetros					
	0 - 5	5 - 113	113 - 148	148 - 174	174 - 200	
Estructura observada	Migajosa	Columnar	Granular	Laminar	Columnar	
Color en seco	10YR 3/2	5YR 3/2	10YR 2/2	10YR 3/3	10YR 3/4	
Color en húmedo	5YR 2/1	5YR 2/1	5YR 2/1	5YR 3/1	10YR 2/2	
% Arenas	52,02	46,23	44,22	40,00	41,64	
% Arcillas	13,80	17,77	21,40	17,77	19,77	
% Limos	34,18	36,00	34,37	42,23	32,59	
Textura	FA-F	F	F	F	F	
pH	6,75	5,20	5,30	5,30	5,10	
% Carbono orgánico	9,17	2,28	2,09	1,97	1,88	
Calcio de cambio ppm.	3039,90	731,04	1577,74	1364,27	1688,89	
Magnesio de cambio ppm.	164,18	95,17	136,01	153,96	185,66	
Potasio de cambio ppm.	1182,06	427,68	184,97	425,17	527,03	
Sodio de cambio ppm.	42,68	47,58	124,04	177,52	179,67	
C.C.C. m.e/100 grs.	49,25	29,78	35,25	36,38	44,96	
% Humedad	19,45	11,96	8,81	9,58	9,58	

TABLA VI

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL DE TUQUERRES

	Profundidad en centímetros				
	0 - 5	5 - 113	113 - 148	148 - 174	174 - 200
SiO ₂	39,89%	51,73%	41,78%	41,15%	43,66%
Al ₂ O ₃	12,44	14,38	16,23	18,52	13,04
Fe ₂ O ₃	4,65	5,79	5,58	5,45	6,75
MgO	0,56	0,74	0,61	0,73	0,71
CaO	0,69	0,55	0,46	0,50	0,25
K ₂ O	1,00	1,01	0,67	0,93	0,88
Na ₂ O	1,09	1,22	1,03	1,22	1,35
Pérdida por ignición	37,18	23,51	31,09	29,18	31,91
Total por ciento	97,50%	98,73%	97,49%	97,68%	98,54%

TABLA VII

RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL DE TUCUERRES

		Profundidad en centímetros			
		5 - 113	113 - 148	148 - 174	174 - 200
<u>SiO₂</u>	en peso	6.113	4.350	3.769	5.587
<u>Al₂O₃</u>	en peso				
<u>SiO₂</u>	en moles	23.944	19.886	20.176	17.333
<u>Fe₂O₃</u>					
<u>SiO₂</u>		4.870	3.569	3.176	4.282
<u>Fe₂O₃ + Al₂O₃</u>					
<u>K₂O + Na₂O + CaO</u>		0.332	0.201	0.212	0.277
<u>Al₂O₃</u>					
<u>Na₂O + CaO</u>		0.231	0.149	0.163	0.242
<u>Al₂O₃</u>					
<u>Na₂O + CaO</u>		0.217	0.148	0.149	0.173
<u>Al₂O₃</u>					

ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL PERFIL DE GUATARA

Características	Profundidad en centímetros	
	0 - 48	48 - 200
<p>Estructura observada</p> <p>Color en seco</p> <p>Color en húmedo</p> <p>% Arenas</p> <p>% Arcillas</p> <p>% Lías</p> <p>Textura</p> <p>pH</p> <p>% Carbono orgánico</p> <p>Calcio de cambio ppm.</p> <p>Magnesio de cambio ppm.</p> <p>Potasio de cambio ppm.</p> <p>Sodio de cambio ppm.</p> <p>C.C.C. m.e./100 gts.</p> <p>% Humedad</p>	<p>0 - 48 Columnar</p> <p>5YR 5/1</p> <p>10YR 2/1</p> <p>50,33</p> <p>17,77</p> <p>31,90</p> <p>F 6,60</p> <p>5,70</p> <p>3,70</p> <p>135,85</p> <p>147,92</p> <p>184,95</p> <p>25,36</p> <p>20,50</p> <p>5,66</p>	<p>48 - 200 Columnar</p> <p>10YR 5/3</p> <p>10YR 4/4</p> <p>60,33</p> <p>13,77</p> <p>25,90</p> <p>F 6,60</p> <p>5,90</p> <p>0,92</p> <p>1249,62</p> <p>94,83</p> <p>177,74</p> <p>85,74</p> <p>26,34</p> <p>9,45</p>

BARRIO MOLECULAR TABLA IX PERIL DE GUATARA

ANALISIS DE OXIDOS DEL PERIL DE GUATARA

Profundidad en centímetros

	0 - 48	48 - 200
SiO_2	43,11%	44,14%
Al_2O_3	16,67	13,30
Fe_2O_3	5,13	5,80
MgO	0,60	0,68
CaO	0,70	0,57
Na_2O	1,18	1,10
$K_2O + H_2O$	0,99	1,32
Pérdida por ignición	29,87	31,08
Total por ciento	98,25%	97,99%

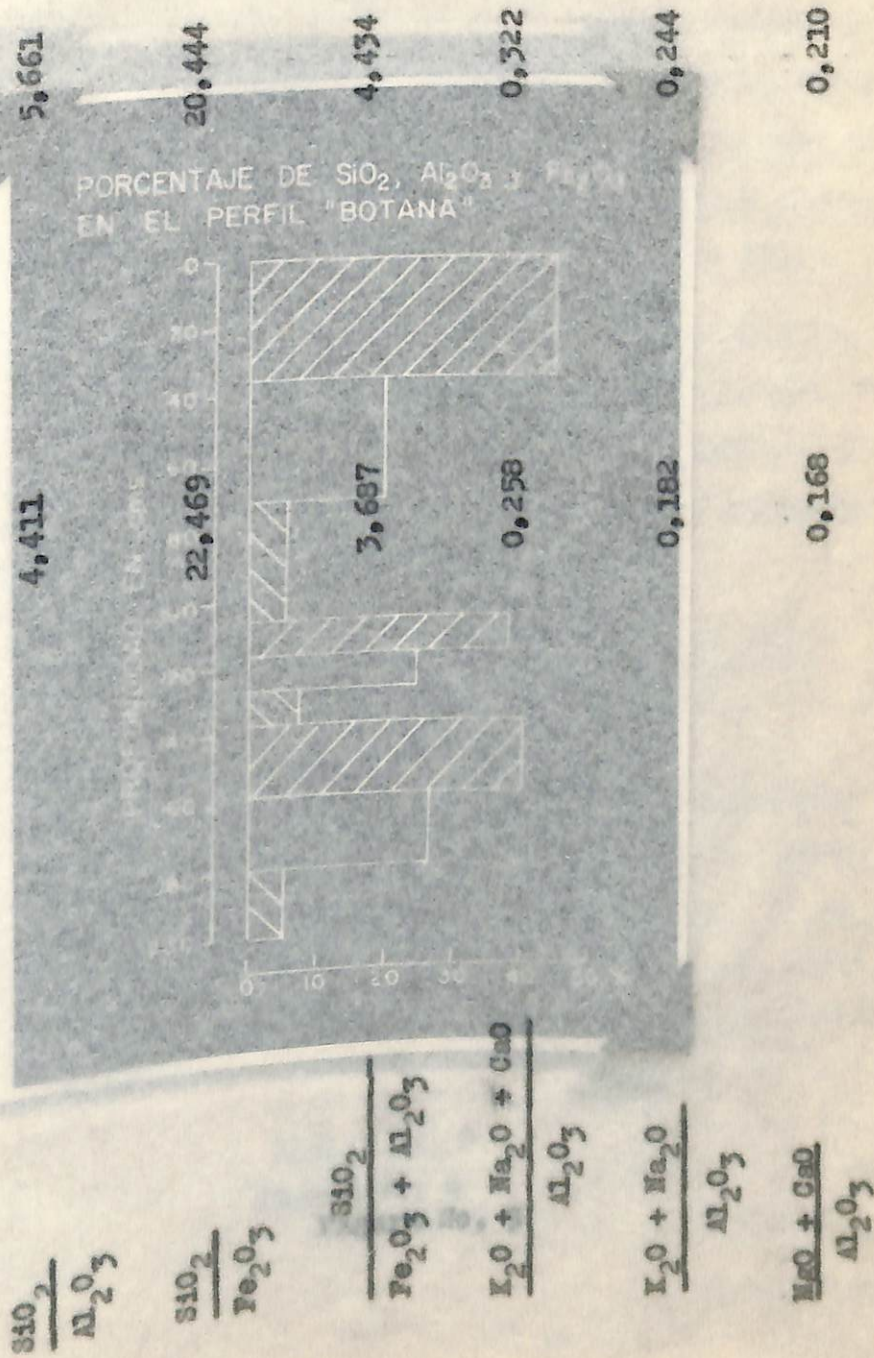
TABLA X

RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL DE GUATARA

Profundidad en centímetros

0 - 48

48 - 200



PORCENTAJE DE SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3
EN EL PERFIL "BOTANA"

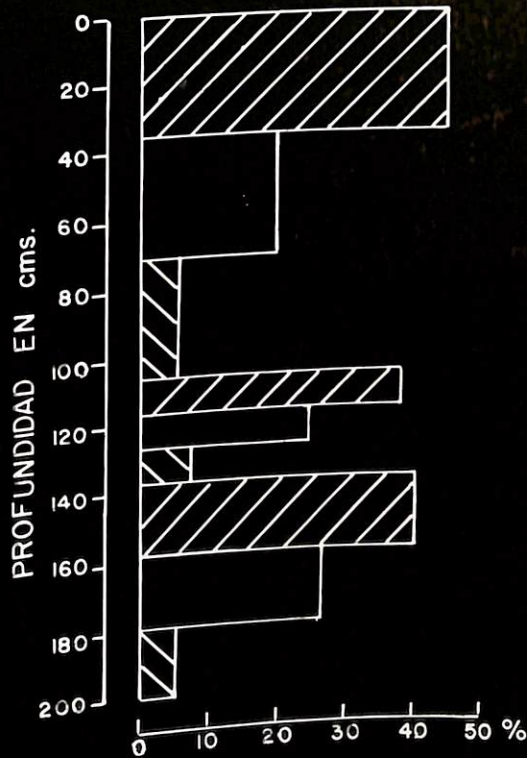


Figura No. 3

PORCENTAJE DE SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3
EN EL PERFIL "TUQUERRES"

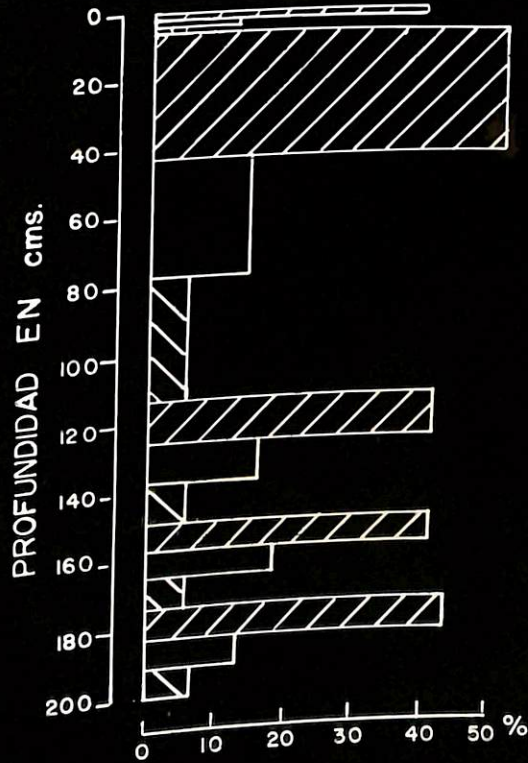


Figura No. 4

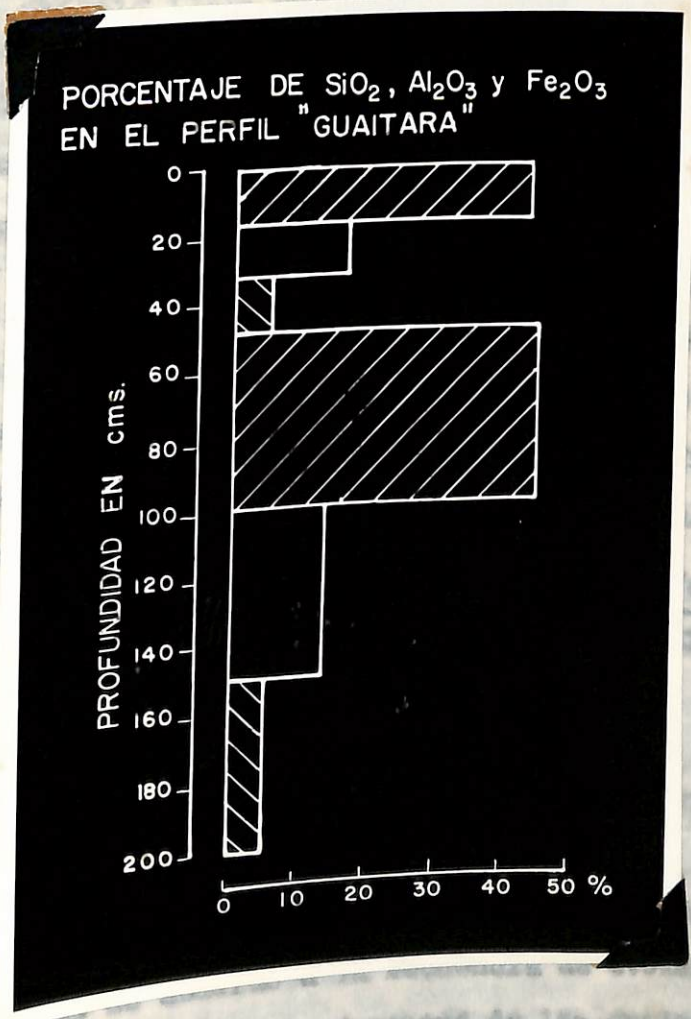


Figura No. 5

parental. Concordando con las explicaciones dadas por Aguilera (1, +), esta relación encontrada en los suelos de Nariño se debería al alto contenido de vidrios volcánicos y cuarzo, o/y a un mayor contenido de sílice en la alófana (alófanas ricas en sílice), y a la presencia de arcillas como halloysita y caolinita. Aunque la presencia de caolinita es rara en los suelos volcánicos nariñenses. En un primer trabajo para los suelos volcánicos nariñenses, lo cual explica la alta relación de sílice es muy resistente, lo cual explica la alta relación de sílice actual. La meteorización subagüente muy probable-

La composición mineral de los materiales piroclásticos es principalmente sílicea, abundando más el aluminio y el hierro en el perfil de Botana que en los de Guátara y Túquerres, lo cual proporciona en el primer perfil mencionado, una relación $SiO_2/Al_2O_3 + Fe_2O_3$ más estrecha.

Las relaciones $SiO_2/Al_2O_3 + Fe_2O_3$ y $\frac{CaO + Na_2O + K_2O}{Al_2O_3}$

el volcán Galeras, presenta un predominio de oxitrandepts, están indicando que se tratan de suelos jóvenes, porque de acuerdo a la primera relación, se demuestra que no ha ocurrido una fuerte meteorización de sílice. Por otro lado el valor ba o las relaciones entre las bases y alúmina está entre 0,2 y 0,4, que de acuerdo a la secuencia de evolución de Cobb (cit. Jenny, 36), señala la juventud de los suelos.

La observación de las rocas en el campo y el análisis mineralógico, lleva a la conclusión de que el material

(+) Comunicación personal. Universidad de México.

parental de los suelos volcánicos estudiados, es la andesita-dacita.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Hendricks y Whittig (31), acerca de la meteorización de las andesitas, sí puede presuponer la secuencia de meteorización para los suelos volcánicos nariñenses. En un primer estado la sílice es muy resistente, lo cual explica la alta relación SiO_2/Al_2O_3 actual. En meteorización subsiguiente muy probablemente se perderán grandes cantidades de Si, Ca, Na y K siendo más resistente el Mg debido a que se encuentra en fenocristales. En cuanto al hierro y al aluminio, aunque inicialmente pueden tener pérdidas pequeñas, pronto se tornarán estables.

Teniendo en cuenta los principios de la Séptima Aproximación, (Flach, 26), el área de los suelos dominada por el volcán Galeras, presenta un predominio de dystrandeps, que conforme baja al piso subtropical, especialmente hacia Chachagüí cambian a oxio-dystrandeps. En cambio, hacia el área del Guátara hay mayor dominio de los dystrandeps líticos

Por lo que respecta al volcán Azufral, especialmente en la región de Santa Ana, El Espino y la Nariz del Diablo, presenta formaciones de vitrandeps. En las dos zonas, (Galeras y Azufral), a partir del subalpino se encuentran los cryandeps. Obviamente, los dystrandeps y vitrandeps no son privativos de una de las dos zonas.

Siguiendo a Martini (45), los suelos volcánicos estudiados son acumulativos, debido a la deposición periódica de cenizas (el volcán Galeras ha tenido 23 erupciones en el presente siglo). En esta secuencia es fácil encontrar en Nariño regosoles A-C y andosoles A (B) C, siendo (B) horizonte cámbico.

4.2 Suelos tropicales ricos en sesquióxidos

Los resultados obtenidos, se muestran en las Tablas XI a XIX, estando representados gráficamente en las Figuras 6, 7 y 8.

El estudio realizado nos muestra un contenido relativamente alto de sílice, teniendo en cuenta que estos suelos se desarrollan en áreas de alta precipitación y temperatura. Sin embargo, como dice Sivaraasingham et al (57), no hay una relación consistente en los diversos perfiles estudiados, a escala mundial, entre las cantidades relativas de sílice, alúmina y óxido férrico y el grado de desarrollo de las propiedades físicoquímicas de un suelo tropical latosol.

El dato más interesante es la abundancia de alúmina en los suelos, que teniendo en cuenta los porcentajes sugeridos por Barshad (6), estarían indicando un predominio de bayxilitización.

La explicación del alto contenido de sílice puede deberse a la presencia de caolinita, apreciación que también

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DE JUNÍN

Características	Profundidad en centímetros			
	0 - 34	34 - 77	77 - 126	126 - 200
Estructura observada	Prismática	Columnar	Columnar	Granular
Color en seco	10YR 5/3	10YR 3/3	10YR 5/4	10YR 7/4
Color en húmedo	10YR 3/2	10YR 2/2	10YR 3/4	10YR 5/2
% Arenas	44,86	46,86	48,86	67,64
% Arcillas	11,77	11,77	12,00	18,36
% Límos	43,37	41,37	39,14	14,00
Textura	F	F	F	FA
pH	5,20	5,60	3,75	7,70
% Carbono orgánico	10,42	5,31	2,34	1,43
Calce de cambio ppm.	607	1040	194	034
Magnesio de cambio ppm.	69,58	44,27	42,67	32,72
Potasio de cambio ppm.	50,60	67,30	23,17	44,61
Sodio de cambio ppm.	15,18	30,15	26,82	27,36
C.C.C. m.e./100grs.	23,15	33,23	24,38	38,67
% Humedad	26,51	20,22	21,92	18,97

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL DE JUMIN

	Profundidad en centímetros		
	0 - 34	34 - 77	77 - 126
SiO ₂	49,59%	44,23%	38,40%
Al ₂ O ₃	24,49	22,84	24,90
Fe ₂ O ₃	3,40	2,76	5,15
H ₂ O	0,57	0,79	0,55
CaO	0,47	0,77	0,46
Na ₂ O	0,97	1,40	1,44
K ₂ O	0,60	1,02	0,87
Pérdida por ignición	21,60	27,66	32,24
Total por ciento	98,69%	98,47%	98,01%

TABLA XIII

RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL DE JUNIN

	Profundidad en centímetros			
	0 - 34	34 - 77	77 - 126	126 - 200
SiO_2	3,919	3,779	3,458	1,158
Al_2O_3				
SiO_2 en Al_2O_3				
Fe_2O_3	39,381	43,353	20,000	16,214
SiO_2 en Fe_2O_3				
SiO_2				
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$				
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}$				
Al_2O_3				
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$				
Al_2O_3				
$\text{MgO} + \text{CaO}$				
Al_2O_3				

40

ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL PERFIL DE EL DIVISO

Características	Profundidad en centímetros					
	0 - 28	28 - 73	73 - 102	102 - 125	125 - 200	
Estructura observada	Migajosa	Laminar	Granular	Columnar	Cascajosa	
Color en seco	10YR 5/4	10YR 7/4	10YR 6/4	10YR 7/6	2.5YR 7/2	
Color en húmedo	10YR 4/3	10YR 5/8	7.5YR 5/6	10YR 6/8	5Y 5/3	
% Arenas	46,86	43,64	45,63	41,64	61,64	
% Arcillas	21,77	15,77	20,00	25,77	13,77	
% Limos	31,37	40,59	34,36	32,59	24,59	
Textura	F	F	F	F-FAR	FA	
pH	5,00	4,90	5,10	5,20	5,70	
% Carbono orgánico	2,87	0,60	0,29	0,28	0,13	
Calcio de cambio ppm.	12,61	12,08	24,27	34,76	48,63	
Magnesio de cambio ppm.	61,27	66,45	58,99	63,74	60,66	
Potasio de cambio ppm.	83,21	54,36	77,67	81,12	66,17	
Sodio de cambio ppm.	22,69	18,93	23,06	18,54	36,29	
C.C.C. m.e./100grs.	29,12	23,92	26,58	16,92	26,58	
% Humedad	26,08	20,82	21,37	15,89	10,29	

TABLA XV

ANÁLISIS DE OXIDOS DEL PERFIL DE EL DIVISO

	Profundidad en centímetros			
	0 - 28	28 - 75	75 - 102	102 - 125
				125 - 200
SiO ₂	20,42%	43,25%	31,89%	32,42%
Al ₂ O ₃	36,40	32,32	32,20	30,05
Fe ₂ O ₃	5,35	6,69	7,23	7,23
MgO	0,21	0,29	0,31	0,42
CaO	0,22	0,14	0,24	0,49
Na ₂ O	0,29	0,01	1,64	0,26
K ₂ O	0,32	0,02	0,11	0,26
Pérdida por ignición	34,11	17,06	25,04	26,91
Total por ciento	97,32%	99,78%	98,76%	98,04%

TABLA XVI

RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL DE EL DIVISO

Profundidad en centímetros

0 - 28 28 - 75 75 - 102 102 - 125 125 - 200

$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	0,952	2,274	1,683	1,830	2,164
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	10,303	17,167	11,822	12,000	11,955
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3 + Al_2O_3}$	0,872	2,008	1,474	1,588	1,833
$\frac{K_2O + Na_2O + CaO}{Al_2O_3}$	0,033	0,009	0,081	0,054	0,081
$\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3}$	0,022	0,001	0,012	0,024	0,070
$\frac{Na_2O + CaO}{Al_2O_3}$	0,025	0,0315	0,044	0,065	0,069

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DE TUMACO

Características	Profundidad en centímetros		
	0 - 26	26 - 104	
104 - 200			
Estructura observada	Negajosa	Granular	Columnar
Color en seco	2.5YR 5/2	10YR 8/2	10YR 7/1
Color en húmedo	10YR 3/2	10YR 6/3	2.5Y 6/2
% Arenas	16,23	14,88	10,23
% Arcillas	35,77	63,39	56,12
% Idmos	48,00	21,75	33,65
Textura	F. Ar. L.	Ar.	Ar.
pH	6,10	5,80	5,35
% cartono orgánico	3,40	0,13	0,08
Calcio de cambio ppm.	3006,52	2383,36	21794,00
Magnesio de cambio ppm.	169,86	174,10	129,96
Potasio de cambio ppm.	72,47	39,31	73,86
Sodio de cambio ppm.	47,06	107,83	145,17
C.C.C. m.e/100grs.	39,86	41,67	43,50
% Humedad	13,24	12,32	10,50

TABLA XVIII

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL DE TOMACO

	Profundidad en centímetros		
	0 - 26	26 - 104	104 - 200
SiO_2	36,97%	38,89%	36,02%
Al_2O_3	13,91	21,41	28,24
Fe_2O_3	5,15	7,23	6,66
MgO	0,56	0,56	0,55
CaO	0,47	0,36	0,39
Na_2O	0,78	1,32	0,82
K_2O	0,59	0,73	0,55
Pérdida por ignición	38,95	27,89	25,01
Total por ciento	97,38%	98,39%	98,24%

TABLA XIX

RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL DE TUMACO

	Profundidad en centímetros		
	0 - 26	26 - 104	104 - 200
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	4,529	3,085	2,166
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	19,250	14,400	14,286
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3 + Al_2O_3}$	3,667	2,541	1,881
$\frac{K_2O + Na_2O + CaO}{Al_2O_3}$	0,200	0,168	0,095
$\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3}$	0,138	0,138	0,069
$\frac{MgO + CaO}{Al_2O_3}$	0,165	0,097	0,075

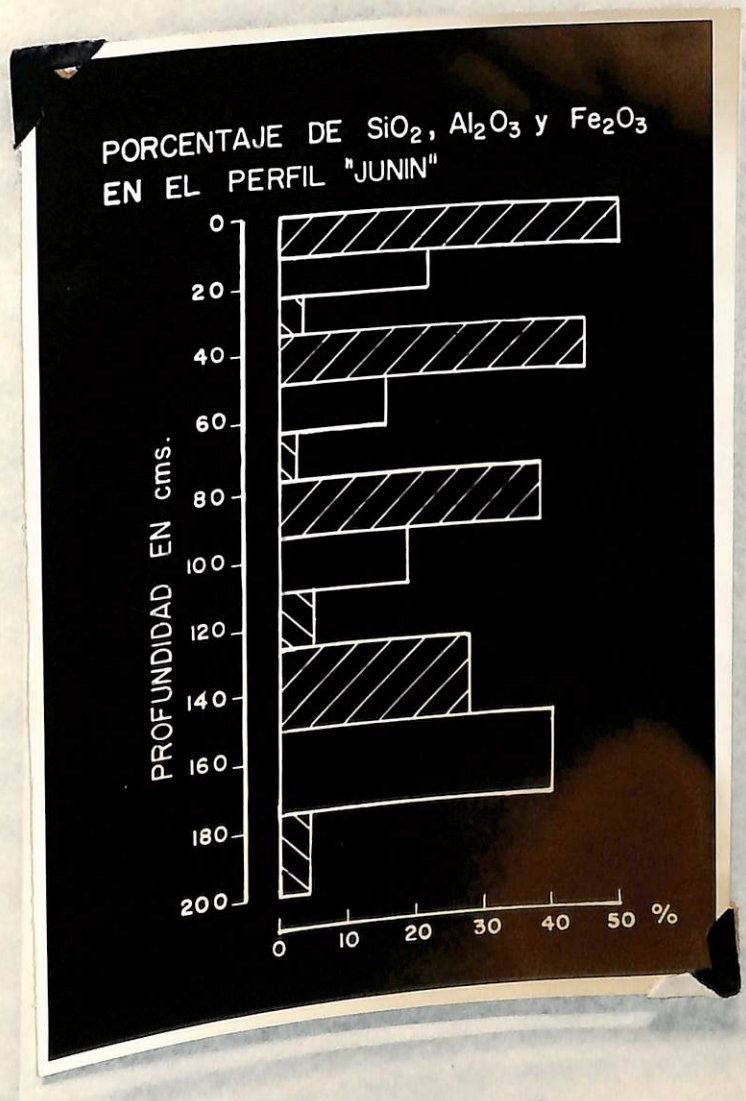


Figura No. 6

PORCENTAJE DE SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 .
EN EL PERFIL "DIVISO"

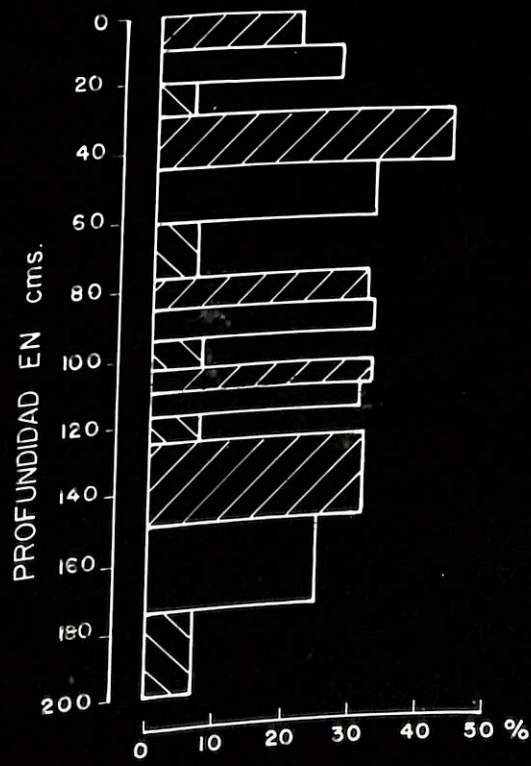


Figura No. 7

se desprende de los estudios de Alexander y Goff (cit. Sivo-
wainghan et al, 57; Hambrook, 59).

Todas las muestras tienen más de 20% de R_2O_3 libre,
aumentando a más de 30% en la mitad de las muestras estudia-
das. Este porcentaje de R_2O_3 libre en los

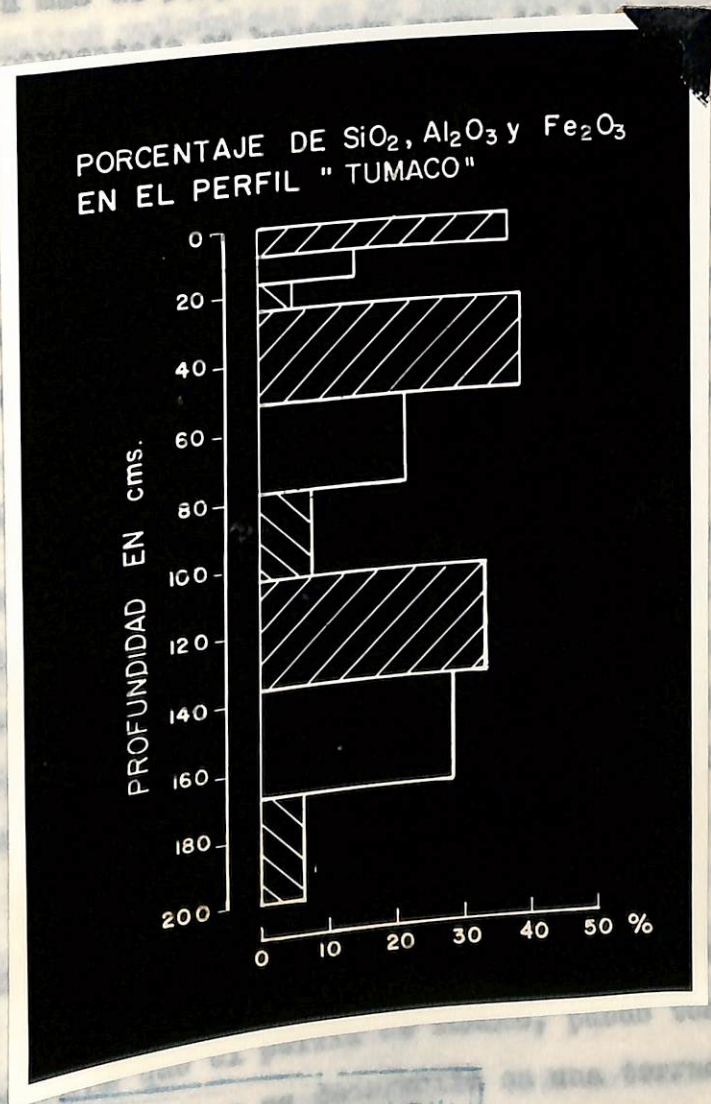


Figura No. 8
BIBLIOTECA CENTRAL

se desprende de los estudios de Alexander y Gadi (cit. Sivasingham et al, 57; Sombroek, 59).

Todas las muestras tienen más de 20% de R_2O_3 libre, aumentando a más de 30%, en la mitad de las muestras estudiadas. Este porcentaje es bastante mayor del 14% de R_2O_3 libre encontrado por Bornemissa e Igu e (17), para distintos suelos tropicales latinoamericanos.

Los porcentajes de los óxidos de Ca, Na, K y Mg son en estos suelos más bajos que en los suelos derivados de cenizas volcánicas. La relación $K_2O + Na_2O + CaO/Al_2O_3$ es 0,2 o inferior, lo cual está señalando que constituye suelos con un desarrollo pedogenético avanzado.

De los perfiles estudiados, el más característico es el de El Diviso. La relación SiO_2/R_2O_3 es inferior al 1,0 en el primer horizonte. Sube a 2,0 en el segundo (28-75 cm.), estabilizándose luego alrededor de 1,5 en el resto del perfil. Además es el suelo que presenta el menor contenido de óxidos de Ca, Na, K y Mg.

El perfil de Junín muy probablemente está más influenciado que los de El Diviso y Tumaco, por materiales volcánicos, mientras que el perfil de Tumaco, puede tener algunas variaciones debido a su desarrollo en una terraza marina.

V CONCLUSIONES

3.- Todas las muestras estudiadas tienen más de 20% de R_2O_3 .

5.1.1 Suelos derivados de cenizas volcánicas de las muestras.

1.- La característica general de los suelos derivados de cenizas volcánicas en el Departamento de Nariffo, es su baja intemperización.

2.- La razón molecular SiO_2/Al_2O_3 de los suelos volcánicos es relativamente amplia, variando entre 2,5 y 6,1.

3.- La amplitud en la razón anterior se debe al alto contenido de vidrios volcánicos y cuarzo, o/y a un mayor contenido de sílice en la alófana. También a la presencia de arcillas como halloysita y caolinita.

4.- Las relaciones SiO_2/R_2O_3 y $CaO + Na_2O + K_2O/Al_2O_3$ señalan que los suelos volcánicos estudiados son jóvenes.

5.2 Suelos ricos en sesquióxidos

5.- Los suelos tropicales ricos en sesquióxidos (latosoles), muestran un contenido relativamente alto de sílice. La alúmina es mucho más abundante que los óxidos de hierro, demostrando cierto proceso de bauxitización.

6.- La explicación para el alto contenido de sílice debe relacionarse con los altos contenidos de caolinita.

7.- La relación $K_2O + Na_2O + CaO/Al_2O_3$ es 0,2 o inferior, demostrando un desarrollo pedogenético avanzado.

8.- Todas las muestras estudiadas tienen más de 20% de R_2O_3 libre, aumentando hasta un 30%, en el 50% de las muestras.

Este estudio se realizó sobre determinaciones de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , H_2O y Na_2O , y sus relaciones en muestras seleccionadas de dos áreas, volcánica y tropical de Marifé, S.O. de Colombia.

En los suelos derivados de cenizas volcánicas se encontró una relación SiO_2/Al_2O_3 con un rango que varía de 2,6 hasta 6,1, probablemente debido a la presencia de cenizas altamente silíceas. El material predominantemente de cenizas volcánicas ha originado suelos derivados. Los suelos tropicales tienen un alto contenido de SiO_2 y Al_2O_3 (insaturación); en todos los ejemplos el R_2O_3 es más alto que el 20%.

VI RESUMEN

Este estudio se realizó sobre determinaciones de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O y Na_2O , y sus relaciones correspondientes, en perfiles seleccionados de dos áreas, volcánica y tropical de Nariño, S.O. de Colombia.

En los suelos derivados de cenizas volcánicas se encontró una relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ con un rango que varía desde 2,6 hasta 6,1, probablemente debido a la presencia de materiales altamente silíceos. El material predominante de las cenizas volcánicas ha originado suelos dacíticos. Los suelos tropicales tienen un alto contenido de SiO_2 y Al_2O_3 (bauxitización); en todos los ejemplos el R_2O_3 es más alto que el 20%.

VII MINIOGRAFIA
SUMMARY

1. Aguilera, N. 1963. Distribución geográfica y caracterización de los suelos de la zona de Nariño, S.W. of Colombia. This study was carried out to determine SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O and Na_2O (and the corresponding ratios), in selectid profiles of two areas, volcanic and tropical, of Nariño, S.W. of Colombia.

2. Alcazar, A. U. de. 1965. Relaciones entre algunas propiedades de los suelos derivados de cenizas volcánicas, it was found a ratio SiO_2/Al_2O_3 which ranged between 2,6 and 6,1, probably due to the presence of materials highly siliceous. Most of the volcanic ashes are dacitic. The tropical soils showed a high content of SiO_2 and Al_2O_3 (bauxitization); in all samples the R_2O_3 was higher than 20%.

biol. 21: 117-122.

4. Acosta, S., and E. Vada. 1962. Differential weathering of volcanic ash and junco, resulting in formation of hydrated halloysite. American Mineralogist. 47: 1024-1048.

5. Baber, J., and A. Lehmann. 1955. General College Chemistry. Third edition. Thomas y Crowell Company. New York. 800 p.

6. Barahona, I. 1963. Formación del suelo. La Química del Suelo. Ed. Pirasa B. Bar. Trad. por José de la Haza. Madrid. 1-61.

197. Bear, F. B. 1965. Chemistry of the soil. Second ed.
VII BIBLIOGRAFIA
Ed. by Firman E. Bear. New York. 315 p.

1. Aguilera, N. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de México. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, A.C.
2. Alcayaga, A. U. de. 1965. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas. Agricultura técnica. (Chile) 25: 9-18.
3. Aleixandre, V., J. García Vicente y T. Aleixandre. 1962. Estudio de la composición mineralógica de las arcillas de los suelos volcánicos españoles. An. Edafol. Agrobiol. 21: 117-182.
4. Aomine, S., and K. Wada. 1962. Differential weathering of volcanic ash and pumice, resulting in formation of hydrated halloysite. American Mineralogist. 47: 1024-1048.
5. Baber, J. and A. Lehman. 1953. General College Chemistry. Third edition. Thomas y Crowell Company. New York. 800 p.
6. Barshad, I. 1963. Formación del suelo. En Química del suelo. Ed. Firman E. Bear. Trad. por José de la Rúa Pacheco. Madrid. 1-62.

7. Bear, F. B. 1965. Chemistry of the soil. Second ed. Edilt. by Firman B. Bear. New York. 515 p.
8. Bennema, J. 1963. The red and yellow soils of the tropical and subtropical uplands. Soil. Sci. 95: 250-257.
9. Besoain, E. 1969. Imogolite in Volcanic soils of Chile. Geoderma. 2: 151-169.
10. _____ 1969. Mineralogía de las arcillas de suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. B.l. Turrialba, B.7.
11. Betremieux, R. 1951. Stude expérimentale de l'évolution du fer et du manganèse dans les sols. Ann. Agr. 3: 193-295.
12. Birrell, K. S. 1964. Some properties of volcanic ash soils. Report on the "Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic Ash". World Soil Resources Report No. 14. FAO. Rome, 1965.
13. _____ 1961. Ion fixation by allophane. N. Z. Jour. Sci. 4: 393-414.
14. _____ and M. Fieldes. 1952. Allophane in volcanic ash soils. Jour. of soil Sci. 3: 157-166.

15. Blasco, M. L., A. H. Weir, J. A. Catt and E. C. Omerot. 1969. Mineralogy of the soils of the Rio Cauca Valley, Colombia. Turrialba. 19: 332-339.

16. Bloomfield, C. 1965. Leaf Leachates as a Factor in podogenesis. J. Sci. Food Agric. 6: 641-643.

17. Bornemisza, E. y K. Igue. 1967. Oxidos libres de hierro y aluminio en suelos tropicales. Turrialba. 17: 23-30.

18. _____ y R. Pineda. 1969. Minerales amorfos y mineralización del nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. B.7.

19. Brown, G. 1954. Soil morphology and mineralogy. Aquilative study of some gleyed soils from North West England. Jour. Soil Sci. 5: 145-155.

20. Colment-Daage, F. y P. Lagache. 1965. Caracteristiques de quelques groupes de soils derives de roches volcaniques aux Antilles Francaises. Cahier. ORSTOM. Série Pedologie. 2: 91-121.

21. De la Cámara, M. 1958. Manual de Geología. 3a. ed. Edit. Manuel Marín & Cía. Barcelona, 374 p.

22. Duchaufour, P. 1965. Précis de pédologie. Deuxième édition. Masson & Cía. Paris. 481 p.

23. Ngawa, T. 1964. Mineralogical properties of volcanic ash soils in Japan. Report on the "Meeting on the Classification and Correlation of soils from Volcanic Ash". World Soil Resources Report No. 14. FAO, Rome. 1965.
24. Fieldes, M., L. D. Swindale, and J. P. Richardson. 1952. Relation of colloidal hydrous oxides to the high cation-exchange capacity of some tropical soils of the Cook Islands. Soil Sci. 74: 197-205.
25. _____ and L. De. Swindale. 1954. Chemical Weathering of Silicates in soil formation. New Z. J. Sci. and Techn. Wellington. 36: 195-210.
26. Flach, K. W. 1969. The use of the 7th Approximation for the classification of soils from volcanic ash. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. A. 7.
27. _____ 1964. Genesis and morphology of ash derived soils in the United States of America. Report on the "Meeting on the Classification and Correlation of soils from Volcanic Ash". World Soil Resources. Report No. 14. FAO. Rome, 1965.
28. Fox, R. L. 1969. Fertilisation of volcanic ash soils in Hawaii. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. C. 6.

29. González, P. J. 1962. Composición mineralógica de algunos suelos del Pirineo de Huesca. An. Edafol. Agrobiol. 21: 300-302.
30. Hall, A. D. 1948. Estudio científico del suelo. Trad. por José García Vicente. Edit. Aguilar. Madrid. 333 p.
31. Hendricks, D. M. and L. D. Whittig. 1968. Andesite weatherings. Mineralogical Transformations from andesite to saprolite. Jour. Soil Sci. 19: 135-146.
32. _____ 1958. Andesite Weathering. Geochemical Changes from Andesite to Saprolite. Jour. Soil Sci. 19: 147-153.
33. Hodgson, J. F. 1963. Micronutrients in soils. Adv. in Agr. Acad. Press. New York. 15: 119-159.
34. Holmes, A. 1952. Geología física. Traducido por Rafael Candel y Joaquina Comas de Candel. 2a. ed. Omega S.A.
35. Moyos de Castro, A. y L. Pérez. 1959. Composición mineralógica y formación de algunos suelos en la Guinea Continental Española. An. Edafol. y Fisiol. 12: 97-135.
36. Jenny, H. 1941. Factors of soil formation. A. System of Quantitative Pedology. First ed. McGraw Hill Book Company. Inc. New York. 281 p.

37. Klages, M. G. and I. White. 1957. Chlorite-like mineral in Indiana Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21: 16-24

38. Klockmann, F. y P. Ramdohr. 1947. Tratado de mineralogía. Trad. por Francisco Pardillo. 12a. ed. Barcelona. 702 p.

39. Kononova, M. 1961. Soil Organic Matter. Its nature, role in soil formation and in soil fertility. Trad. por T. Z. Nowakowsky. Pergamon press. Oxford 450 p.

40. Lee, J. 1966. Concise inorganic Chemistry. 3a. ed. Edit. D. Van Nostrand Company. London. 263 p.

41. _____ and H. Van Orden. 1968. Química General. Trad. por Ma. Teresa Toral. 2a. ed. Edit. Interamericana S.A. México. 706 p.

42. Loganathan, P. and L. D. Swindale. 1969. The properties and Genesis of Four Middle Altitude Dystrandepts Volcanic ash Soils from Mauna Kea Hawaii. Pacific Science. 23: 161-171.

43. Iama, C. 1969. Aspectos Genéticos de "Andosoles" en Colombia. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. A. 3.

44. Malherbe, I. 1964. Soil Fertility. 5a. ed. Oxford University Press. London. 304 p.
45. Martini, J. A. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Centroamérica y México. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. A. 6.
46. McConaghy, S. 1969. Geographic distribution and characteristics of volcanic ash soils in the Antilles. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. A. 4.
47. Mejía, G., H. Kohnke and J. L. White. Clay Mineralogy of Certain Soils of Colombia. 1968. Soil Science Society of América Proceedings. 22: 665-670.
48. Nela, P. 1954. Tratado de Edafología y sus distintas aplicaciones. Edit. Dossat S.A. Madrid. 583 p.
49. Millot, G. 1964. Géologie des Argiles. Masson y Cie. París. 499.
50. Mitchell, B. D., V. G. Farmer and W. J. McHardy. 1964. Amorphous inorganic material in soil. Adv. in Agr. 16: 327-382 p.
51. Morh, E. G. and F. A. Van Baren. 1954. Tropicals Soils. Interscience Publ. Inc. New York. 498 p.

52. Rich, C. I. 1960. Aluminium in interlayers of vermiculite. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24: 26-33.
53. Roeder, M. y E. Bornemisza. 1968. Algunas propiedades de suelos de la Región Amazónica del Estado de Maranhao, Brasil. *Turrialba*. 18: 39-44.
54. Russell, W. E. 1961. Soil conditions and plant Growth Ninth ed. Longmans, Green and Co. London. 688 p.
55. Saenz, A. 1969. El perfil químico Andosólico de Costa Rica. *Universidad de Costa Rica*. No. 196. 10 p.
56. Schenkel, G. 1969. Problemas de la acidez en suelos chilenos derivados de cenizas volcánicas. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. *Turrialba*. B. 9.
57. Sivarajasingham, S., L. T. Alexander, J. G. Cady and H. G. Cline. 1962. Laterite. *Adv. in Agron.* 14: 10-59.
58. Soil Survey Staff. 1960. Soil classification. A comprehensive system. 7th Approximation. U.S.A. Dept. Agric. Washington. 230 p.
59. Sombroek, W. G. 1966. Amazon Soils. Wageningen, Centre for Agricultural Publications and Documentation. 292 p.
60. Swindale, L. D. 1964. The Properties of soils derived from volcanic ash. Report on the "Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic Ash".

- World soil Resources Report No. 14. FAO. Rome, 1965.
61. Swindale, L. D. and G. D. Sherman. 1964. Hawaiian soils from volcanic ash. Report on the "Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic ash". World Soil Resources. Report No. 14. FAO. Rome, 1965.
62. _____ . 1969. Properties of volcanic ash soils. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. B. 10
63. Tamini, Y. N., Kanehiro, Y. and Sherman, G. D. 1963. Ammonium fixation in amorphous Hawaiian Soils. Soils Sci. 95: 426-430.
64. Wahl, F. M. 1965. High - Temperature Phases of Three-layer Clay minerals and Their interactions with common Ceramic Materials. Amer. Ceramic. Soc. Bull. 44: 676-681.
65. Wambeke, A. van 1962. Criteria for classifying tropical soils by age. J. Soil Sci. 13: 124-132.
66. Wey, R. et B. Siffert. 1961. Réactions de la silice monomoléculaire en solution avec les ions Al^{3+} et Mg^{2+} . Genèse et syngèse des argiles. Coll. Intern. C. N. R. S. 105: 11-23.

67. Vogel, A. I. 1964. Quantitative inorgánico analysis.
3a. ed. Longmans Green and Co. London. 1.216 p.
68. Zambrano, F. D., L. Eraso y W. Nichols. 1969. Atlas
Agrológico del Departamento de Nariño. Pasto. Ing
tituto Tecnológico Agrícola. Universidad de Nariño.
Tesis de Grado. 257 p.

ANT
631.46
A513
Ej. A

19597

Amezquita Collazos, Edgar.

Estudio de Sesquioxidos y sus relaciones moleculares en suelos		VENCE
NOMBRE	Martha Revolo	
No. del Carnet		
NOMBRE	Aguero legarda	
No. del Carnet	25161256	
NOMBRE		
No. del Carnet		

AN

T

631.46

A513

Ej. A

19597

19597