

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA METEORIZACION,
EL DESLAVE Y LA EDAD DE LOS SUELOS EN CUATRO REGIONES
VOLCANICAS DEL SUR DE COLOMBIA

POR

TIBERIO LOPEZ IRAGONRI

ALVARO RODRIGUEZ GARCIA

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

Presidentes de Tesis

JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A.

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

81870

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
INSTITUTO TECNOLOGICO AGRICOLA

Pasto - Colombia

1.970

631.4
1864

h

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

Artículo 1o. del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Maricao.

005-18

UNIVERSIDAD

DE MARICAO

A LOS SACRIFICIOS DE MIS PADRES

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

DEDICO

TIBERIO LOPEZ IRAGORRI.

AGRADECIMIENTOS A:

JOAQUIN GARCIA JAMES S.A.
MARIO ELADIO ESCOBAR S.A., PR. D.
FRANCISCO GONZALEZ DE LA ESPERANZA

A LOS SACRIFICIOS DE MIS PADRES

A MI HERMANA

A MIS AMIGOS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRICOLAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA PLATA

ESTE LIBRO SE DEDICA A
MIS PADRES ALVARO RODRIGUEZ GARCIA

AGRADECIMIENTOS A:

JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A.

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

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

Personal del Laboratorio de Suelos del Instituto Tecnológico Agrícola.

Zona Minera de Pasto.

Todas las personas que en una u otra forma colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades	4
2.1.1 Volcán Puracé	4
2.1.2 Volcán Galeras e de Pasto ...	5
2.1.3 Volcán Cumbal	6
2.1.4 Volcán Doña Juana	6
2.2 Suelos volcánicos estudiados	7
2.3 Indices de Higglí y factores de deg lave	11
2.4 Principales características crista- lográficas, físicas y químicas de los óxidos estudiados	16
2.4.1 SiO ₂	19
2.4.2 Al ₂ O ₃	20
2.4.3 Fe ₂ O ₃	22
2.4.4 P ₂ O ₅	24
2.4.5 TiO ₂	25
2.4.6 Na ₂ O	25
2.4.7 K ₂ O	26
2.4.8 CaO	27
2.4.9 MgO	28
VII. REVISION DE LITERATURA.....	28
III. MATERIALES Y METODOS	30

INDICE

Pág.

3.1	Materiales	30
3.1.1	Descripción general de las áreas	30
3.2	Métodos	34
3.2.1	Humedad	34
3.2.2	pH	34
3.2.3	Textura	34
3.2.4	Densidad aparente	38
3.2.5	Color	38
3.2.6	Pérdida por ignición	38
3.2.7	Análisis elemental de suelos y rocas	38
3.2.7.1	Sílice	38
3.2.7.2	Fósforo	42
3.2.7.3	Calcio, magnesio, sodio y potasio ..	46
3.2.7.4	Aluminio	51
3.2.7.5	Hierro	52
3.2.7.6	Titanio	53
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	54
V.	CONCLUSIONES	109
VI.	RESUMEN	111
	SUMMARY	112
VII.	BIBLIOGRAFIA	113
	APENDICE	120

	Pág.
pos e' y alk' en los cuatro perfiles I	101
Figura 17 Movimiento de elementos de los grupos si', al' y gn' en los cuatro perfiles I	102
Figura 18 Movimiento de elementos de los grupos e' y alk' en los cuatro perfiles II ...	103

TABLAS

		Pág.
Tabla	I. Porcentajes de óxidos presentes en distintas regiones del mundo	12
Tabla	II. Algunos índices de Niggli, cocientes y factores de deslave en diversas regiones del mundo, (Schaufelberger, 45)	17
Tabla	III. Características generales de los lugares seleccionados	33
Tabla	IV. Algunas características físico-químicas del perfil Puracó I..	56
Tabla	V. Algunas características físico-químicas del perfil Puracó II..	57
Tabla	VI. Algunas características físico-químicas del perfil Galeras I..	58
Tabla	VII. Algunas características físico-químicas del perfil Galeras II.	59
Tabla	VIII. Algunas características físico-químicas del perfil Cumbal I...	60
Tabla	IX. Algunas características físico-químicas del perfil Cumbal II..	61

	Pág.
Tabla X. Algunas características físico-químicas del perfil Doña Juana I.	62
Tabla XI. Algunas características físico-químicas del perfil Doña Juana II.	63
Tabla XII. Análisis de óxidos del perfil P ₁ racó I.	64
Tabla XIII. Análisis de óxidos del perfil P ₂ racó II	65
Tabla XIV. Análisis de óxidos del perfil leras I.	66
Tabla XV. Análisis de óxidos del perfil leras II.....	67
Tabla XVI. Análisis de óxidos del perfil Cumbal I.	68
Tabla XVII. Análisis de óxidos del perfil Cumbal II	69
Tabla XVIII. Análisis de óxidos del perfil Doña Juana I.....	70
Tabla XIX. Análisis de óxidos del perfil Doña Juana II.....	71

		Pág.
Tabla	XX. Razones moleculares del perfil Puracé I.....	72
Tabla	XXI. Razones moleculares del perfil Puracé II.....	73
Tabla	XXII. Razones moleculares del perfil Galeras I.....	74
Tabla	XXIII. Razones moleculares del perfil Galeras II.....	75
Tabla	XXIV. Razones moleculares del perfil Cumbal I.....	76
Tabla	XXV. Razones moleculares del perfil Cumbal II.....	77
Tabla	XXVI. Razones moleculares del perfil Doña Juana I.....	78
Tabla	XXVII. Razones moleculares del perfil Doña Juana II.....	79
Tabla	XXVIII. Indices moleculares del perfil Puracé I.....	82
Tabla	XXIX. Indices moleculares del perfil Puracé II.....	83

		Pág.
Tabla	XXX. Indices moleculares del perfil Galeras I.....	84
Tabla	XXXI. Indices moleculares del perfil Galeras II.....	85
Tabla	XXXII. Indices moleculares del perfil Cumbal I.....	86
Tabla	XXXIII. Indices moleculares del perfil Cumbal II.....	87
Tabla	XXXIV. Indices moleculares del perfil Doña Juana I.....	88
Tabla	XXXV. Indices moleculares del perfil Doña Juana II.....	89
Tabla	XXXVI. Indices de Niggli, cuocientos y factores de deslave de los horizontes del perfil Puracó I..	90
Tabla	XXXVII. Indices de Niggli, cuocientos y factores de deslave de los horizontes del perfil Puracó II....	91
Tabla	XXXVIII. Indices de Niggli, cuocientos y factores de deslave de los horizontes del perfil Galeras I....	92

		Pág.
Tabla	XXXIX. Indices de Niggli, cuocientes y factores de deslave de los horizontes del perfil Galeras II.....	93
Tabla	XI. Indices de Niggli, cuocientes y factores de deslave de los horizontes del perfil Cumbal I	94
Tabla	XII. Indices de Niggli, cuocientes y factores de deslave de los horizontes del perfil Cumbal II	95
Tabla	XLII. Indices de Niggli, cuocientes y factores de deslave de los horizontes del perfil Doña Juana I.....	96
Tabla	XLIII. Indices de Niggli, cuocientes y factores de deslave de los horizontes del perfil Doña Juana II.....	97
Tabla	XLIV. Fórmulas de deslave en los perfiles de las cuatro regiones volcánicas estudiadas.....	104
Tabla	XLV. Algunas características físico-químicas de las rocas madres estudiadas.....	108

a cantidad de elementos presentes en la roca madre, pueden variar notablemente según los factores preponderantes que incidieron en su formación.

Los suelos formados sobre materiales de tipo ígneo extrusivo son muy comunes en los países latinoamericanos y su predominio ha dado margen para que se los estudie con bastante atención. Esto ha permitido que se conozcan muchos aspectos sobre sus características, ya sean de tipo físico-químico o biológico.

Siendo el sur de Colombia una región netamente volcánica, de acuerdo al programa de suelos trazado por el Instituto Tecnológico Agrícola para las regiones volcánicas del Departamento de Nariño, se proyectó el presente trabajo que tiene como objetivos específicos los siguientes:

1.- Determinar los porcentajes de los óxidos de silicio, fósforo, aluminio, hierro, titanio, calcio, sodio, potasio y magnesio en la roca madre y en los distintos horizontes en dos perfiles de cada una de las zonas de influencia de los volcanes Puracé (Cauca), Gale-ras, Cumbal y Doña Juana (Nariño);

2.- Con base en los índices moleculares, siguiendo las instrucciones propuestas por Niggli, citado por Schaufelberger (45), determinar los factores de

II. REVISION DE REVISIONES

deslave;

3.- De acuerdo a las relaciones propuestas

para éstos óridos por Jenny (25), determinar los pro-
cesos de meteorización que puedan señalar la juventud
o vejez de los suelos estudiados;

4.- Dar una clasificación tentativa del ti-
po de roca ígnea que actúa como roca madre.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades.

10
De acuerdo a Rodríguez (42), el Departamento de Nariño se caracteriza por presentar el mayor número de volcanes de Colombia, en total suman 23. El Departamento del Cauca, aunque tiene menor número de volcanes, ofrece cierta similitud en cuanto a este aspecto.

Entre los principales volcanes se pueden nombrar el Galeras, Azufral, Cumbal, Animas, Doña Juana y Chiles en Nariño, y el Puracé, Sotará y Coconuco en el Cauca. Entre estos se destacan los siguientes:

2.1.1 Volcán Puracé.

Megyesi (29), señala que el Puracé es el único volcán en actividad dentro de un grupo de volcanes pliocénicos del batholito Cauca-Patía, en la Cordillera Central de Colombia. Las erupciones son explosivas y las rocas eyectadas son andesitas-augitas. El cono superior del volcán está constituido por lavas andesíticas, bombas, lapillis y cenizas, y el inferior por tobas de andesita y dacita.

Según Hubach y Alvarado (21), el volcán Puracé está situado a 5.750 m.s.n.m. y forma la cima de una serie volcánica conocida como Sierra de Coconucos y

llamada también, la Sierra del Puracé, ya que el volcán Sotará tiene 4.850 metros de altura. Ochenta kilómetros al sureste se halla el cono volcánico de Pan de Azúcar con 4.650 m.s.n.m., el cual parece estar completamente apagado. La Sierra del Puracé se extiende más o menos 25 kms. hacia el sureste; la última cima del sur es el Pico de Paletará con 4.482 metros de altura. En esta parte de Colombia tienen origen sus más grandes ríos.

Oppenheim (35), anota que el Puracé existió desde la época del Plioceno y evidentemente ha sido activo dentro del tiempo histórico; Humboldt menciona por primera vez sus actividades volcánicas en 1.801 y más tarde Boussingault en el año de 1.831, pero ninguno de los dos dejaron descripción alguna. De los datos disponibles acerca de la actividad del Puracé durante más de un siglo, se deduce que el volcán ha disminuído ligeramente su carácter explosivo, según se aprecia en las últimas erupciones registradas.

2.1.2 Volcán Galeras.

Según Ramírez (41), está situado a 1° 10' latitud norte y 77° 18' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Su altura es de 4.262 m.s.n.m. El cono del volcán que yace dentro del cráter tiene una altura de 150 metros y está constituido por capas de lava, ceniza y material piroclástico.

Anota Daniel (15), que tiene cierta semejanza con el Vesubio en su forma general, ya que dentro del cráter principal tiene otro secundario. A pesar de que la ciudad de Pasto se halla construída al pie del volcán, se encuentra como preservada a causa de que la boca está dirigida hacia el lado opuesto.

2.1.3 Volcán Cumbal.

Ramírez (41), señala que está situado a $0^{\circ} 59'$ latitud norte y $77^{\circ} 53'$ longitud oeste del meridiano de Greenwich. Tiene una altura de 4.890 metros, permanece cubierto de nieve y ostenta varios cráteres con bastante actividad de fumarolas. Se caracteriza por algunos cráteres secundarios, por sus antiguos ríos de lava, grietas radiales y sus ricas minas de azufre.

El Cumbal forma, en concepto de algunos, un inmenso arco volcánico con el Cerro Negro, el Doña Juana y el Chiles, con los cuales puede tener comunicación subterránea (Zambrano et al, 48).

2.1.4 Volcán Doña Juana.

Afirma Ramírez (41), que sus coordenadas son: $10^{\circ} 31'$ latitud norte y $75^{\circ} 36'$ longitud oeste del meridiano de Greenwich. Su altura es de unos 4.250 metros y tiene un cráter de 4 Kms. de diámetro, aproximadamente. Está constituido por rocas andesíticas con horblenda y

biotita.

Este volcán todavía da una señal de actividad y sus tobas han cubierto vastas regiones de las hoyas hidrográficas del Mayo y del Juanambú (Zambrano et al, 48).

En las regiones aledañas a éstos cuatro volcanes se desarrollan explotaciones agrícolas y pecuarias, siendo sus laderas aprovechadas especialmente en ganadería y cultivos de papa, trigo, cebada y en menor escala maíz.

En cuanto a los aspectos ecológicos de las zonas estudiadas, la falta de estaciones meteorológicas no ha permitido suministrar datos precisos sobre precipitación, temperatura, etc. En términos generales, de acuerdo a Blasco (8), la precipitación oscila entre los 700 y 1.200 milímetros anuales, y la temperatura entre los 10 y 13 grados centígrados.

2.2 Suelos volcánicos estudiados.

* Los diferentes estudios geológicos indican que la roca madre dominante en éstas zonas es la andesita. El reciente trabajo de Amézquita y Figueras (2), demostró que éste material puede clasificarse como una andesita-dacita, de acuerdo a las características que presentó la roca madre de las laderas de los volcanes Ga-

leras y Azufral.

La andesita es el equivalente volcánico de las dioritas. Es una roca ígnea muy semejante por su aspecto a la traquita, que sólo se diferencia porque no contiene ortoclasa sino plagioclasa, presentando además hornblenda, mica y augita. Según el color predominante, se clasifica en andesita de hornblenda, andesita micacítica y andesita augítica; las más difundidas son las dos primeras que contienen ordinariamente cristales de plagioclasa con brillo vítreo y presencia de hojitas de biotita y hornblenda en prismas negros, en una masa fundamental gris o parda. Pueden presentarse en forma compacta y en algunos casos algo porosas (Branks, 10).

Las dacitas constituyen el equivalente volcánico de las dioritas cuarcíferas o tonalitas. Son de color gris, pardo o casi negro, y se presentan en diques o coladas como riolitas y traquitas (Maldonado, 26).

Es bastante escasa la literatura que trata sobre los distintos componentes de la roca madre y de su movimiento en el perfil del suelo. Mohr (32), en 1.932 trabajó con suelos ecuatoriales y analizó los óxidos de las rocas que dieron origen a los suelos de Timor (Indonesia). Posteriormente, el mismo autor en compañía de Van Baren (33), efectuó un extenso estudio sobre los sug

los tropicales, analizando las rocas madres más influyentes, tales como granitos, andesitas y basaltos.

En su Tratado de Pedología, Joffe (24), presenta los análisis de cinco perfiles hasta una profundidad de 300 pulgadas en suelos del Brasil. Jenny (23), da los porcentajes de óxidos de un podzol y una laterita. En el este central de Java, Dames (14), efectuó estudios similares, con énfasis en suelos provenientes de rocas ígneas de tipo extrusivo.

Existen también algunos datos de los óxidos componentes del horizonte A en suelos de los países latinoamericanos, entre éstos Colombia, efectuados en 1.916 por la United Fruit Company (47), en los Departamentos del Valle, Bolívar y Magdalena. Por otro lado, McConaghy (28), presenta datos sobre suelos derivados de cenizas volcánicas en Martinica (Antillas Menores).

En Costa Rica se conocen los análisis de algunas regiones cuyos suelos son derivados de cenizas volcánicas, tales como la región de Juan Vinas; éstos datos son presentados por Saens (44). Otros datos para la América Central son los aparecidos en el estudio de Schaufelberger (45), en donde figuran los porcentajes de los óxidos presentes en las cenizas del volcán Santa María (Guatemala), en su erupción de 1.928.

Los trabajos efectuados por Aguilera (1), en la zona volcánica de México, proporcionan un interesante material de discusión y comparación en lo referente a los óxidos presentes en perfiles cuyas rocas madres son andesitas, traquiandesitas y dacitas. Otros estudios que se pueden nombrar son los de Prescott y Pendleton (39), sobre los suelos de Ceylán, y los de Brunhs y Randohr (11), sobre los componentes de una dacita en Nevada, Estados Unidos.

En Colombia, Schaufelberger (45), es posiblemente quien más ha estudiado éstos aspectos, ya que efectuó un trabajo de notorio interés sobre los aspectos geológicos y pedológicos de la zona cafetera de nuestro país. Además, se conoce el estudio de Rojas y Barshad (43), en el cual se presentan algunos análisis de la roca madre que dió origen a un podzol en la Sabana de Bogotá. El reciente trabajo de Amézquita y Figueroa (2), en regiones muy similares a las de éste estudio, sobre sesquióxidos en las localidades de Botana (Nariño), influenciada por el volcán Galeras, y de Tíquerrres (Nariño), por los volcanes Azufral, Cumbal y Chiles, permitirá hacer las comparaciones del caso.

Para mayor facilidad en las comparaciones que se pretendan hacer, los datos de los diversos estudios

enumerados anteriormente se agruparon en la Tabla I.

2.3 Indices de Niggli y Factores de Deslave.

En lo referente a la caracterización de los cambios químicos que ocurren durante el proceso de meteorización, se conocen varias técnicas. Jenny (23), propone las relaciones entre la suma de los óxidos de las bases monovalentes potasio y sodio y el óxido de aluminio, y la de las bases divalentes calcio y magnesio y el óxido de aluminio; el resultado de éstas dos relaciones lo denomina ba_1 y ba_2 , respectivamente. Sugiere además, un factor de lixiviación B que resulta de dividir el ba_1 del horizonte lixiviado o en estudio por el ba_1 del material parental. De ésta manera, el cociente que resulta de dividir la suma de las bases por el aluminio nos da un índice de la evolución pedogenética del suelo. En las rocas, su valor promedio puede ser de 1 o más, mientras que en el suelo tiene un valor menor de 0,2. Si la relación disminuye indica que se presentó una mayor evolución.

También existen las relaciones entre el óxido de silicio y el de aluminio, el óxido de silicio y el de hierro, el óxido de silicio con la suma del de aluminio y hierro, y la suma de los óxidos de potasio, sodio y calcio con el de aluminio, propuestas por Marbut y Ha-

TABLA I

PORCENTAJES DE OXIDOS PRESENTES EN DISTINTAS REGIONES DEL MUNDO

REFERENCIA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
Podzol									
Horizonte A (23)	52,95	7,04	1,08	0,50	0,15	2,06	0,40	0,66	0,13
Volcán Santa María (Ceniza), Guatemala (45)	65,56	19,85	1,92	5,97	1,15	0,84	4,70	0,39	0,12
Podzol									
Horizonte A ₁ , Colombia (45)	69,10	18,00	3,02	3,09	2,32	0,28	2,67	1,17	-----
Podzol									
Horizonte B ₂ , Colombia (45)	53,20	33,65	9,00	0,72	0,93	0,35	0,76	1,29	-----
Roca: dacita México (1)	65,29	19,10	1,36	4,37	2,04	1,78	4,27	0,72	0,16
Roca: traquiandesita México (1)	56,00	15,01	7,78	7,49	1,88	1,85	3,98	0,86	0,07

TABLA I

PORCENTAJES DE OXIDOS PRESENTES EN DISTINTAS REGIONES DEL MUNDO

(Continuación)

REFERENCIA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
Ceniza volcánica Martinica (28)	60,00	17,50	7,70	6,80	2,80	0,90	3,40	0,50	0,50
Horizonte A ₁	77,10	14,40	5,02	0,52	2,40	2,15	1,77	0,04	---
Botana, Mariño, Colombia (2)	44,55	19,75	5,15	0,53	1,19	0,76	1,59	---	---
Horizonte A	52,45	22,40	5,66	2,32	3,02	0,89	2,56	4,07	0,75
Túquerres, Mariño, Colombia (2)	39,89	12,44	4,65	0,69	0,56	1,00	1,09	---	---
Horizonte A	19,70	3,25	14,50	---	0,82	---	---	2,97	---
Guátara, Mariño, Colombia (2)	43,11	16,67	5,13	0,70	0,60	0,99	1,18	---	---
Lava andesítica Colombia (45)	55,27	20,79	9,01	0,85	0,18	3,02	9,64	0,15	---

TABLA I

PORCENTAJES DE OXIDOS PRESENTES EN DISTINTAS REGIONES DEL MUNDO
(Continuación)

REFERENCIAS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	P ₂ O ₅
Roca: dacita									
Nevada, Estados Unidos (10)	63,08	15,74	4,94	4,10	1,38	3,39	3,16	0,71	0,17
Roca: granito									
Timor, Indonesia (32)	77,10	12,40	0,61	0,51	1,40	2,15	2,77	0,06	----
Horizonte A									
Hawaii (32)	52,45	11,48	3,66	10,32	5,81	0,89	2,44	4,07	0,38
Horizonte B									
Hawaii (32)	32,00	35,28	11,80	0,22	0,14	0,30	0,61	2,13	0,04
Horizonte A									
Costa Rica (44)	19,70	38,50	14,50	----	0,82	----	----	2,09	----
Material parental									
Australia (44)	75,03	9,11	3,87	6,49	1,92	1,69	0,26	0,68	0,12

TABLA I
PORCENTAJES DE OXIDOS PRESENTES EN DISTINTAS REGIONES DEL MUNDO
(Continuación)

REFERENCIAS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
Horizonte A Rusia (24)	60,64	11,53	5,09	8,07	1,94	2,32	1,65	---	0,05
Horizonte C Rusia (24)	73,17	10,00	4,08	1,43	1,05	2,68	1,75	---	0,09

Prassowits, citado por Jenny (23).

Niggli, citado por Schaufelberger (45), reunió los nueve óxidos más comunes de las rocas, separándolos en cinco grupos que denominó Índices: si' para la suma de los óxidos de silicio, fósforo y titanio; al' para el de aluminio; fm' para la suma de los óxidos de hierro (ferroso) y magnesio; c' para el de calcio y alk' para la suma de los óxidos de sodio y potasio. Los índices moleculares se obtienen previamente al dividir el porcentaje de peso del óxido por su correspondiente peso molecular, y al dividir los índices de los diferentes horizontes del perfil por los índices de la roca madre respectiva, se obtiene el factor de deslave Q, que da la pauta para determinar el lavado o no de los óxidos presentes.

Algunos factores de deslave, de acuerdo a esta técnica, presentados por Schaufelberger (45), para las principales rocas ígneas y en distintas regiones del mundo, aparecen en la Tabla II.

2.4 Principales características cristalográficas, físicas y químicas de los óxidos estudiados.

TABLE II

ALGUNOS INDICES DE NIGGLI, CUOCIENTES Y FACTORES DE DESLAVE EN DIVERSAS REGIONES DEL MUNDO
(SCHAUFELBERGER, 45)

Q = $\frac{\text{suelo}}{\text{roca madre}}$	si'	al'	fm'	c'	alk'	Factor de deslave
HAWAII						
Suelo: laterita	6	58	40	0,5	1	-si +al -fm -c -alk
Roca: lava	136	19,5	44,5	28,5	7,5	
Cuociente	0,04	2,99	0,9	0,17	0,13	
GUINEA FRANCESA						
Suelo: laterita	43	7	90	2	1	
Roca: basalto	125	19,5	46	28,5	6	-si -al -fm -c -alk
Cuociente	0,34	0,36	1,96	0,07	0,16	
GUINEA FRANCESA						
Suelo: laterita	2	59,5	40	0,5	0	
Roca: diabasa	107	15,5	56,5	24,5	3,5	-si +al +fm -c -alk
Cuociente	0,02	3,62	0,71	0,02	0	

TABLA II

ALGUNOS INDICES DE NICOLI, CUOCIENTES Y FACTORES DE DESLAVE EN DIVERSAS REGIONES DEL MUNDO
(Continuación)

Q = $\frac{\text{suelo}}{\text{roca madre}}$	si'	al'	fm'	o'	alk'	Factor de deslave
RUSIA						
Suelo: suelo	417	52,5	14	10	23,5	
Roca: diorita	189	43,5	25	21	10,5	+si +al -fm -o +alk
Cuociente	2,2	1,2	0,56	0,48	2,24	
Chinchiná, COLOMBIA						
Suelo: suelo	25,5	34	31	17	18	
Roca: andesita	20,5	32	35	13	20	+si +al -fm +o -alk
Cuociente	1,15	1,10	0,89	1,31	0,90	
Chinchiná, COLOMBIA						
Suelo: suelo	575	42,5	14	1	42,5	
Roca: granito	314	40,5	16,5	4,5	38,5	+si +al -fm -o +alk
Cuociente	1,83	1,05	0,85	0,22	1,10	
CHILE						
Suelo: suelo	248	59	34	2	5	
Roca: andesita	183	34	33	21	12	+si +al +fm -o -alk
Cuociente	1,29	1,74	1,03	0,09	0,42	

2.4.1 SiO₂

La sílice, bióxido de silicio o anhídrido silíceo, cuya fórmula correcta sería (SiO₂)_n, incluye al cuarzo y la tridimita como formas cristalinas; la calcedonia, semicristalina; el sílex, que es amorfo, y al ópalo, hidratado (Mela, 31).

El cuarzo es parte componente de las rocas eruptivas ácidas, sobre todo de los granitos, así como de muchas rocas metamórficas y sedimentarias (gravas, arenas). Es un mineral muy difundido en la corteza terrestre. Tiene dureza 7 (el acero no lo raya); peso específico 2,6; cristaliza en los sistemas hexagonal y trigonal; el brillo es vítreo en las facetas del cristal, y en la fractura, grasoso. Su color es muy variado: blanco (lechoso), grisáceo, amarillento, rosado, violeta, negro, etc., pero lo más frecuente es que el cuarzo sea incoloro, tenga la transparencia del agua y aspecto cristalino. La fractura es concoidea y, en ciertos casos (en las masas compactas y densas), astillosea e irregular. Es infusible con el soplete; insoluble en casi todos los ácidos, ya que sólo lo disuelve muy lentamente el fluorhídrico y es de doble refracción positiva. La exfoliación es en extremo incierta (Charigüín, 13).

Según Bear (5), el contenido de SiO_2 en los suelos varía del 50 al 70%, porcentaje que puede ser más bajo en los suelos húmedos tropicales que han sufrido mayor lixiviación.

Aubert (3), afirma que en condiciones tropicales y al alterarse la roca en forma avanzada, generalmente la sílice sufre lavado, presentándose una acumulación de hierro, manganeso, aluminio y titanio en los horizontes del perfil.

2.4.2 Al_2O_3

Después del oxígeno y el silicio, el aluminio es el elemento más abundante en la corteza terrestre y en la mayoría de rocas y suelos. Expresado en base de Al_2O_3 , el contenido de aluminio de los suelos está frecuentemente entre el 2 y el 12%, pero pueden ocurrir valores más altos (Bear, 5).

El aluminio se presenta en forma cristalina como gibcita y bohemita, siendo la bauxita $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ una gran acumulación de las dos y el mineral básico del aluminio. Tiene dureza de 1 a 3, dependiendo de las mezclas; peso específico 2,3 a 3,5 y es amorfo. Se presenta bajo la forma de agrupaciones compactas, esponjosas y colóideas (Chariguán, 13).

Daniel (15), anota que el único óxido natural es el corindón Al_2O_3 , con densidad 4, dureza 9, brillo vítreo intenso y color azulado o gris. La fractura es irregular; cristaliza en el sistema trigonal; forma cristales barriliformes y fusiformes. Se electriza fuertemente por el frotamiento, es insoluble e infusible.

Sivarajasingham, citado por Améscua y Figueroa (2), señala que el aluminio también se encuentra en los suelos como material inorgánico amorfo, bien solo, formando eliaquinita o alumogul ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$), o combinado formando alófana ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot nH_2O$) y evansita ($Al_3PO_4(OH)_6 \cdot nH_2O$).

Es probable que la alófana no se forme mediante uno sino a través de dos o más mecanismos en el suelo, pero básicamente éstos incluirán coprecipitación de soluciones o geles o formación directa a partir de vidrios y feldespatos desordenados. Las condiciones de intemperización en ambientes húmedos determinan que las cenizas volcánicas, bajo condiciones adecuadas de drenaje, desarrollen con el tiempo, casi invariablemente una serie mineralógica que comienza con alófana, continúa con halloysita-metahalloysita y termina con euglinita (Bessonin, 6; Mirrell y Fieldes, 7).

Bear (5), afirma que debido a una intensa lixiviación que ha removido muchos de los minerales primarios y elementos nutricionales, los suelos alófanicos son generalmente infértiles, ya que la alófana confiere a los suelos una estructura porosa estable, predisponiéndoles alta permeabilidad, completa lixiviación y por consiguiente infertilidad.

Por su parte, Mejía et al (30), encontraron que la alófana predomina en los suelos volcánicos del Viejo Caldas, transformándose generalmente en halloysita, cuya presencia aumenta con la profundidad del suelo.

2.4.3 Fe_2O_3

Labor y Lehrman (4) señalan que en el suelo pueden existir como formas cristalinas, esencialmente dos hidróxidos: la gohetita $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ y la lepidocrocita $FeOOH$, y dos óxidos: la hematita u oligisto Fe_2O_3 y la maghemita Fe_2O_3 .

La hematita Fe_2O_3 posee una estructura similar a la hematita (Bear, 5).

El hierro también puede presentarse en otras formas cristalinas, tales como la magnetita o hierro magnético Fe_3O_4 y la siderita o espato de hierro.

ro FeCO_3 , que más bien pueden considerarse como minerales constitutivos de rocas, antes que del suelo. Además, hay algunos óxidos amorfos de hierro, siendo la limonita $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ una gohetita hidratada finamente dividida (Babor y Lehrman, 4).

Pirsson (38), anota que la magnetita tiene dureza de 5,5 a 6,5; peso específico de 4,9 a 5,2 y brillo metálico. La fractura en las variedades cristalinas es concoidea, y en las masas compactas, granular. No acusa exfoliación; cristaliza en el sistema regular formando octaedros. Actúa sobre la aguja magnética y es el mejor mineral de hierro.

Según el mismo autor, la siderita tiene dureza de 3,5 a 4,5; peso específico de 3,7 a 3,9; cristaliza en el sistema trigonal, presentando los cristales la forma de drusas y romboedros torcidos. Se descompone en los ácidos con efervescencia.

En cuanto a la limonita, Daniel (15), señala que el peso específico es de 3,6 a 4; la dureza de las variedades compactas llega hasta 5,5 y en las terrosas, hasta 1. Posee brillo mate (metálico apagado); fractura terrosa; estructura criptonetálica y amorfa. Frecuentemente se presenta como mineral de hierro de los pantanos y en sedimentos lacustres.

2.4.4 P_2O_5

De acuerdo a Bear (5), en los suelos ácidos se cree que el fósforo está asociado con compuestos de hierro y aluminio, y en menor grado con minerales arcillosos. En tales suelos predomina la dufrenita $Fe_2(OH)_3 \cdot PO_4$, la vivianita $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ y la wavelita $(AlOH)_3(PO_4)_2 \cdot 5H_2O$. También son de cierta importancia una serie de dihidroxi-dihidrógenos fosfatados de hierro y aluminio, como la estrengita, la variscita y la barrandita. En regiones de suelos neutros o con pH altos, principalmente en regiones subhúmedas a subáridas, el fósforo se presenta en forma de apatita o sus compuestos y de fosforita.

La apatita $Ca_5(Cl,F)(PO_4)_3$, tiene dureza 5; peso específico 3,2; brillo grasoso y fractura irregular, concóidea. La exfoliación es imperfecta; cristaliza en el sistema hexagonal y los cristales son aculeiformes o prismas hexagonales. Se utiliza como un bono mineral y sus principales formas son las de fluorapatita, cloroapatita, apatita carbonatada, hidroxapatita y oxapatita (Chariguín, 13).

Pirsson (38), anota que la fosforita en el sentido químico se aproxima a la apatita. Tiene peso específico de 3,2; brillo mate; anorfo; fractura

granulada, irregular y se emplea como mineral de fósforo y abono (superfosfato).

2.4.5 TiO_2

El titanio aparece en los suelos y arcillas sedimentadas como cristales de rutilo TiO_2 y anatasio TiO_2 . El primero puede provenir de las rocas, mientras que el segundo se forma durante el lavado del suelo; ambos pueden ser separados de las arcillas y aluviones en los cuales están mezclados íntimamente, según estudios recientes. El óxido anorgánico hidratado de titanio es conocido como leucóxeno $TiO_2 \cdot nH_2O$ (Holmes, 20).

Bear (5), señala que la ilmenita $TiFeO_3$ es común en suelos hawaianos derivados de rocas ígneas; la sustitución de titanio por hierro en la magnetita produce la serie titanomagnetita $TiFe_2O_4$ a titanomaghemita $TiFe_2O_5$, las cuales se presentan en los suelos de Hawaii.

2.4.6 Na_2O

Según Horst (34), la disminución en el contenido de sodio en los suelos y rocas sedimentarias refleja el lavado exterior de minerales sódicos relacionados, principalmente feldespatos plagioclásicos.

El alto contenido de sodio del agua de mar indica la lixiviación de suelos minerales.

El sodio puede presentarse como halita o sal gema NaCl , mirabilita o sal admirable de Glauber $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, y algunas veces como Na_2CO_3 y otras sales solubles. La halita tiene dureza 2,5; peso específico de 2,1 a 2,2; brillo cristalino; sabor salado y cristaliza en el sistema cúbico. Es un sedimento químico de los mares y lagunas litorales o un depósito de los lagos salados (Chariguin, 13).

En cuanto a la mirabilita, Daniel (15), anota que su dureza va de 1,5 a 2; peso específico 1,5; cristaliza en el sistema monoclinico y la exfoliación es perfecta. Tiene sabor salado y amargo, y es usada en gran escala en la industria química. El sodio también se encuentra en forma de soda Na_2O y como nitrato o nitrato de Chile NaNO_3 .

2.4.7 K_2O

De acuerdo a Holmes (20), el potasio no se encuentra en la naturaleza como elemento unitario, sino que aparece en forma de compuestos. Los principales compuestos inorgánicos son: silvina o silvita KCl , carnalita $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, caínita $\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

potasa K_2O y salitre KNO_3 , aunque los minerales primarios silicatados que mayor porcentaje de potasio tienen son la muscovita, biotita, ortoclasa y microclina. Los mares constituyen fuentes de inmensas probabilidades para extraer potasio, ya que las aguas marinas contienen alrededor de 0,05% de K_2O . Las algas también son usadas, principalmente en el Japón, como fuentes de potasio.

La silvita o cloruro potásico tiene dureza 2; peso específico 2; cristaliza en el sistema cúbico y la exfoliación es muy perfecta. Se emplea como abono y en la industria de explosivos (Bear, 5).

Según Chariguán (13), la carnalita tiene dureza de 1 a 2; peso específico de 1,6 y ofrece estructura cristalina, aunque los cristales bien conformados son raros. Tiene sabor salado amargo y es muy delicuescente.

2.4.8 CaO

Anota Moret (34), que el calcio de los suelos puede presentarse como calcita o espato calizo $CaCO_3$, aragonito $CaCO_3$, dolomita $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, anhidrita $CaSO_4$ y yeso cristalino $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

La calcita tiene dureza 3, peso especí

fico 2,7 y brillo vítreo; cristaliza en el sistema trigonal y sus cristales transparentes son característicos por la birrefracción. Se utiliza en los microscopios polarizantes y en la industria óptica (Daniel, 15).

En cuanto al yeso, Mela (31), señala que su dureza es de 2, peso específico 2,3 y brillo cristalino. La exfoliación es muy perfecta y cristaliza en el sistema monoclinico; también puede presentarse el yeso incoloro o transparente.

2.4.9 MgO

El magnesio puede ocurrir en los suelos bajo diferentes formas, siendo las principales la dolomita $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, magnesia MgO y magnesita MgCO_3 . (Pirsson, 38).

Según Bear (5), la dolomita tiene dureza de 3,5 a 4; peso específico de 2,8 a 2,9; brillo vítreo y cristaliza en el sistema trigonal. Se utiliza como fundente y material para la construcción; hace efervescencia en contacto con el HCl caliente.

La magnesita en forma cristalina tiene dureza de 3,5 a 4,5; peso específico 3,1; brillo vítreo y cristaliza en el sistema trigonal, formando a veces romboedros. Se asemeja al yeso, caolín y dolomita.

ta, de los cuales se diferencia por su mayor dureza.
Se emplea en la fabricación de ladrillos refractarios
(Charigüín, 13).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales.

3.1.1 Descripción general de las áreas.

El estudio se realizó en los Departamentos del Cauca y Nariño, situados al suroeste de Colombia (Figura 1).

Según Megyesi (29), las coordenadas del Departamento del Cauca son: $0^{\circ} 57'$ - $3^{\circ} 19'$ latitud norte y $77^{\circ} 59'$ - $75^{\circ} 48'$ longitud oeste del meridiano de Greenwich.

De acuerdo a Zambrano et al (48), el Departamento de Nariño está situado entre los $0^{\circ} 37'$ - $2^{\circ} 43'$ latitud norte y $79^{\circ} 3'$ - $76^{\circ} 47'$ longitud oeste del meridiano de Greenwich ($2^{\circ} 34'$ - $4^{\circ} 55'$ longitud oeste del meridiano de Bogotá).

Se escogieron cuatro regiones volcánicas representativas, así: Puracé en el Cauca, y Galeras, Cumbal y Doña Juana en Nariño, seleccionando en cada una de ellas dos perfiles característicos en la zona de influencia del respectivo volcán (Figura 2).

Algunas características generales de estas cuatro regiones se presentan en la Tabla III.

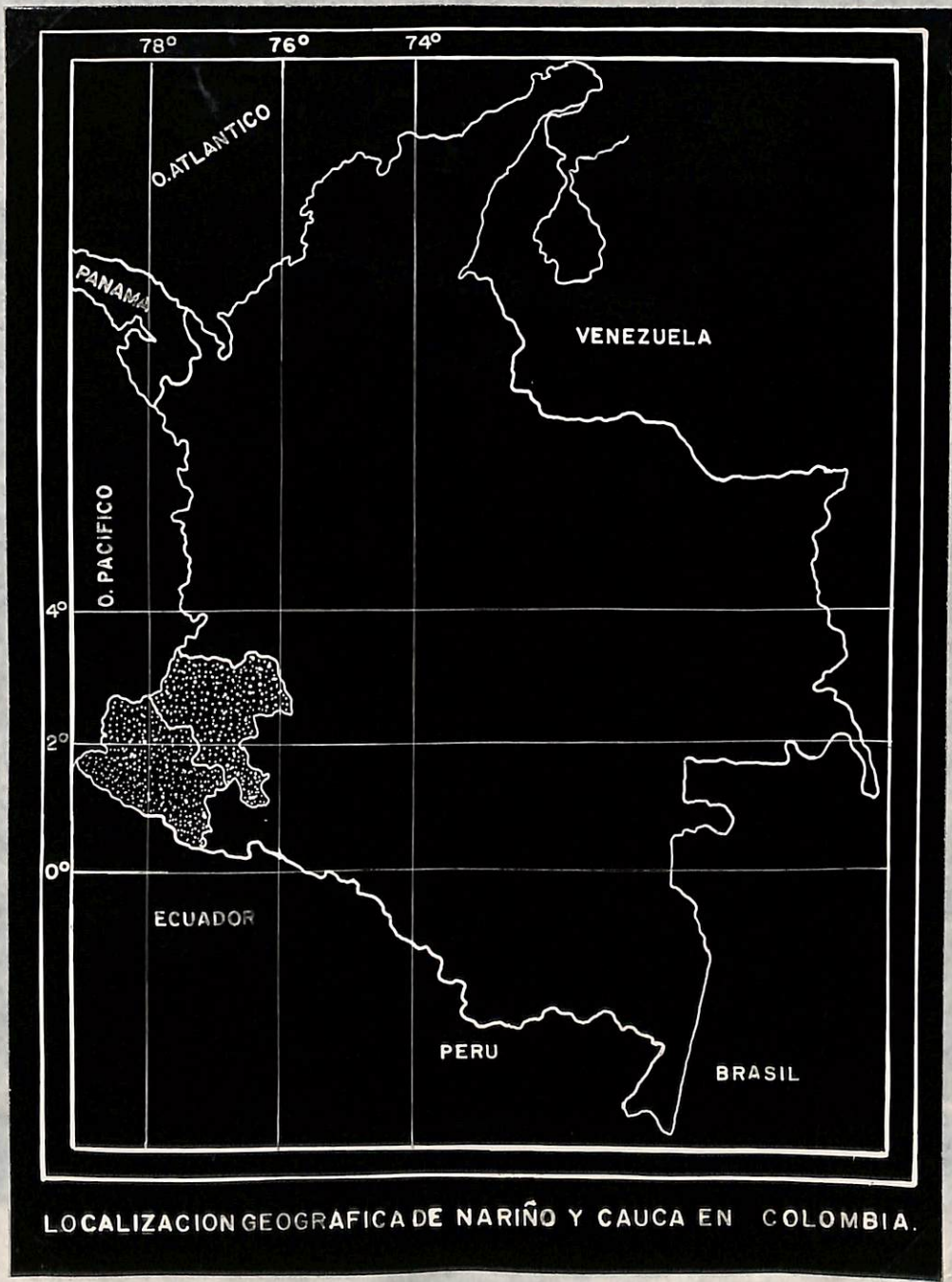
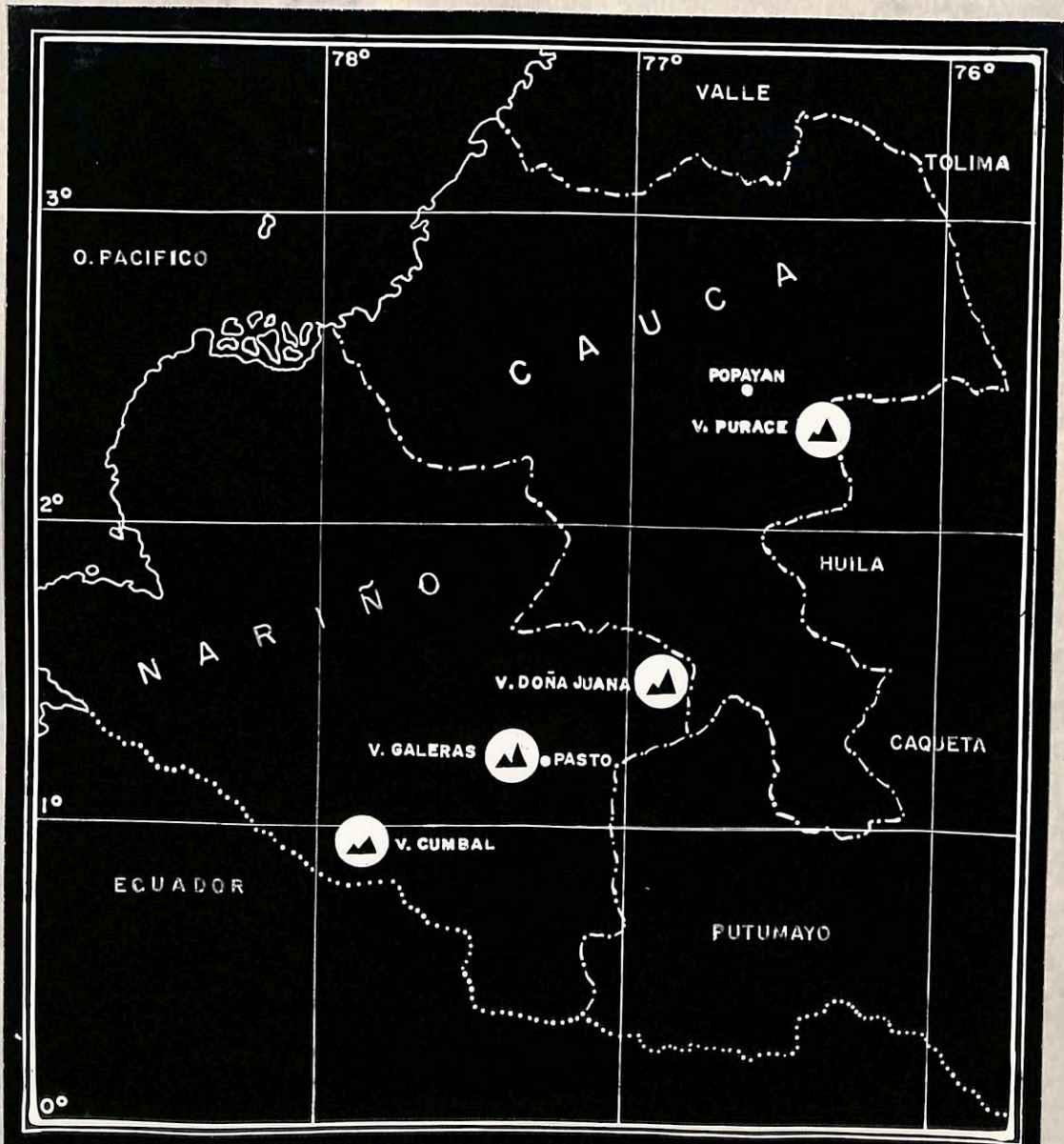


Figura No. 1



LOCALIZACION DE LAS REGIONES VOLCANICAS ESTUDIADAS.

Figura No. 2

TABLA III

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS LUGARES SELECCIONADOS

Perfil	Altitud mts.	Municipio	Dpto.	Relieve	Formación ecológica	Distancia aprox. en Km. al volcán res- pectivo
PURACE I	3.920	Puracé	Cauca	Montafioso	bnh-M	6
PURACE II	3.750	Puracé	Cauca	Montafioso	bnh-M	6,5
GALERAS I	3.650	Pasto	Nariño	Montafioso	bnh-M	5
GALERAS II	3.610	Pasto	Nariño	Montafioso	bnh-M	6
CUMBAL I	3.420	Cumbal	Nariño	Montafioso	bh-M	4
CUMBAL II	3.340	Cumbal	Nariño	Montafioso	bh-M	4,5
DOÑA JUANA I	3.290	El Tablón	Nariño	Montafioso	bp-M	5
DOÑA JUANA II	3.180	El Tablón	Nariño	Montafioso	bp-M	6

En las Figuras 3 a 14 se observan algunas panorámicas de cada volcán y detalles de los perfiles estudiados.

3.2 Métodos.

Las muestras de suelo y roca se tomaron en cada uno de los distintos perfiles seleccionados y se secaron al aire. Las muestras de suelo se tamizaron empleando malla No. 20, y las muestras de roca se trituraron, molieron y luego se tamizaron utilizando malla No. 150.

3.2.1 Humedad.

Se calculó el porcentaje de agua retenida por el suelo o la roca, desecando la muestra en estufa regulada a 105° durante 24 horas y luego por diferencia de peso expresando el resultado en base seca.

3.2.2 pH.

Método potenciométrico, empleando una relación suelo o roca/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.



Figura No. 3
Panorámica del volcán Puracé (Cauca),
al fondo.

Foto: J. Gamboa



Figura No. 4
Porfil Puracé I, a 3.820 m.s.n.m.

Foto: J. Gamboa

3.2.4 Perfil Puracé II.

En este punto se determinó por el método

de la



Figura No. 5

Perfil Puracé II, a 3.750 m.s.n.m.

3.2.4.1 Descripción

Foto: J. Garbón

El perfil Puracé II, a 3.750 m.s.n.m., muestra una estructura de suelo con una capa superior de color oscuro y una capa inferior de color más claro.

La profundidad del perfil es de 1000 cm. Se observó una gran cantidad de materia orgánica en la capa superior.

3.2.4 Densidad aparente.

En las rocas se determinó por el método de la parafina.

3.2.5 Color.

En húmedo y en seco, por comparación con Tablas Munsell.

3.2.6 Pérdida por ignición.

Se calculó por diferencia de pesadas, manteniendo la muestra en mufla regulada a 850°C durante 30 minutos y restando el porcentaje correspondiente a la humedad.

3.2.7 Análisis elemental de suelos y rocas.

Se utilizaron los métodos para análisis de silicatos, propuestos por Jackson (22), combinando procedimientos gravimétricos, volumétricos y espectroscopios fotométricos de absorción y de emisión.

3.2.7.1 Silice.

Se determinó su porcentaje como SiO_2 , mediante volatilización con HF más HClO_4 , a partir de 0,1000 grs. de muestra seca al aire, previa cal



Figura No. 6

Panorámica del volcán Galeras (Nariño).

Foto: J. Gamboa



Figura No. 7
Perfil Galeras I, a 3.850 m.s.n.m.

Foto: J. Garboa

... con los datos anteriores, ...
... y ... por diferencia de ...
...



Figura No. 8
Perfil Galerías II, a 3.810 m.s.n.m.
Foto: J. Gamboa

cinación, pesada, tratamiento con los ácidos anotados, calcinación final, pesada y cálculo por diferencia de peso.

Disolución "A". Obtenida a partir del residuo de la volatilización de la sílice. Previa repetición del tratamiento con HF más HClO_4 y evaporación a sequedad, se recuperó con 5 ml. de HCl 6N, se llevó a volumen de 100 ml. y quedó la solución final 0,3N con respecto al HCl.

3.2.7.2 Fósforo.

Se calculó su porcentaje como P_2O_5 a partir de una alícuota de la disolución "A", pasada a través del reductor de Jones para evitar posteriores interferencias por gasto de reactivo en la reducción del Fe^{+++} a Fe^{++} , al añadir el ácido clorogálico con el fin de desarrollar el color azul del ácido molibdofosfórico. Se empleó el espectrofotómetro Coleman de absorción con red de difracción, modelo Universal 14, a una longitud de onda de 660 mμ., con filtro rojo de interferencia No. 14215. Las lecturas se interpretaron mediante curva elaborada en papel semilogarítmico, preparada a partir de lecturas de soluciones patrones de 0 a 1 ppm. de fósforo.



Figura No. 9
Panorámica del volcán Cumbal (Narifio).

Foto: J. Gamboa



Figura No. 10
Perfil Cumbal I, a 3.420 m.s.n.m.

Foto: J. Gamboa



Figura No. 11

Perfil Gumbal II, a 3.340 m.s.n.m.

Foto: J. Gamboa

Alícuota de disolución "A" 2 ml., agua destilada 5 ml., molibdato amónico al 1,5% 2 ml., ácido bórico 0,5M (para prevenir posibles interferencias de fluoruros) 2 ml., y ácido clorostannoso al 0,12% de $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1 ml.

Volumen final en celda del espectrofotómetro 12 ml.

Para calcular el porcentaje de P_2O_5 y de los demás óxidos estudiados, en base de muestra seca, se aplicaron las fórmulas correspondientes que aparecen en el Apéndice.

Disolución "B". Se obtuvo a partir de 30 ml. de la disolución "A", se agregó 1 gr. de NH_4Cl , se calentó, se añadió 1 ml. de indicador púrpura de bromocresol, NH_4OH 4N hasta pH 6,4, se calentó en baño María a 90°C ., se centrifugó a 1.800 r.p.m. durante 10 minutos, se filtró el sobrenadante, se lavó el precipitado con NH_4NO_3 al 0,5% en caliente y se enrasó a 100 ml., previo agregado de la disolución "C" (resultante del filtrado obtenido al reprecipitar el aluminio, hierro y titanio). Se evaporó a sequedad y se recuperó con 10 ml. de HCl 0,1N.

3.2.7.3 Calcio, magnesio, sodio y potasio.



Figura No. 12
Panorámica del volcán Doña Juana (Maricao).

Foto: J. Gamboa



Figura No. 13
Perfil Dona Juana I, a 3.290 m.s.n.m.

Foto: J. Gamboa



Figura No. 14
Perfil Doña Juana II, a 3.180 m.s.n.m.

Foto: J. Gamboa

Sus porcentajes se determinaron en forma de CaO , MgO , Na_2O y K_2O directamente sobre la disolución "B". Se utilizó el espectrofotómetro de llama Coleman con filtro de interferencia, modelo 21. Las lecturas se interpretaron mediante curvas elaboradas en papel milimetrado, a partir de lecturas obtenidas de soluciones patrones, preparadas en la siguiente forma:

Soluciones patrones	Ca ppm.	Na ppm.	K ppm.	Mg meq/litro
A	0	0	0	0
1	50	0,92	2,34	24,32
2	150	2,30	5,85	60,80
B	300	4,60	11,70	121,60
C	350	11,50	29,25	304,00
D	400	23,00	58,50	608,00

Para el magnesio se concentraron 50 ml. de disolución "B" (previa evaporación a sequedad y recuperación con 10 ml. de HCl 0,01N) a 10 ml., por cuanto el rango de concentración de magnesio en las soluciones no estaba de acuerdo con la sensibilidad del fotómetro empleado.

Disolución "D". A partir del precipitado de $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Ti}(\text{OH})_4$ y $\text{Fe}(\text{PO}_4)$, obtenido al centrifugar y filtrar la disolución "B", proveniente de 30 ml. de disolución "A", mediante tratamiento con 10 ml. de HCl 6N en caliente, reprecipitación, filtración, lavado con solución de NH_4NO_3 al 0,5%, disolución con 3 ml. de HCl 6N, evaporación a sequedad, destrucción de sales amónicas, tratamiento con agua regia, evaporación a sequedad, recuperación con 10 ml. de HCl 6N y dilución a 50 ml. se obtuvo la disolución "D", la cual quedó 0,6N con respecto al HCl.

Disolución "B". La disolución "D" se trató con 10 ml. de NaOH caliente al 25%, se mantuvo durante 5 minutos en baño María, se enfrió a temperatura ambiente, se filtró y lavó con agua caliente. El filtrado se llevó a 100 ml., habiéndose obtenido así la disolución "B".

3.2.7.4 Aluminio.

De la disolución "B" se tomaron 5 ml. de alícuota, se añadieron 15 ml. de HCl 6N, se ajustó el pH a 4,2 y se diluyó hasta 50 ml., obteniéndose así la disolución "B₁".

En balón aforado de 50 ml. se a
ñadieron 10 ml. de solución reguladora de pH a 4,2 ,
se llevó el volumen con agua destilada hasta completar
30 ml., se agregaron 10 ml. de solución de aluminón (a
cido aurín-tricarboxílico) al 0,04%, se añadió una a-
licueta de 5 ml. de la disolución "B₁" y se diluyó con
agua destilada hasta volumen de 50 ml. Al cabo de 25
minutos se tomó la lectura en el espectrofotómetro Co-
leman de absorción con red de difracción, modelo Univox
sal 14, a una longitud de onda de 520 mμ., con filtro
violeta de interferencia No. 14214. Se interpretaron
las lecturas de las disoluciones coloreadas mediante
curva elaborada en papel semilogarítmico y preparada a
partir de lecturas de soluciones patrones de 0 a 40 mμ
crogramos de aluminio en volumen final de 50 ml.

3.2.7.5 Hierro.

Se determinó en forma de Fe_2O_3
a partir del precipitado de hidróxidos obtenido al se-
parar el aluminio de la disolución "D". Este precipita-
do se desecó, calcinó y fundió en sufla, añadiéndole
5 gra. de $K_2S_2O_7$ más 0,05 gra. de NaF; la masa obteni-
da de la fusión se disolvió con 40 ml. de H_2SO_4 2N en
caliente. Se efectuó la reducción del hierro Fe^{+++} a
 Fe^{++} pasando la solución obtenida a través de una colum

na reductora de Jones (amalgama de zinc) y se tituló con KMnO_4 0,05N en caliente.

3.2.7.6 Titanio.

Se calculó su porcentaje como TiO_2 a partir de la solución en la cual se tituló el hierro, se añadieron 5 ml. de H_2SO_4 concentrado, 5 ml. de H_2O_2 al 30% y agua destilada hasta completar un volumen final de 300 ml. Se preparó una serie de blancos y patrones en las mismas condiciones y se leyó la absorción en el espectrofotómetro Coleman empleado en las técnicas anteriores, a una longitud de onda de 420 m μ ., con filtro violeta de interferencia No. 14214. La curva se elaboró en papel semilogarítmico.

IV. DISCUSION Y RESULTADOS

Los resultados presentes en las Tablas IV a XI demuestran que los porcentajes de arenas y limos son muy altos con relación al porcentaje de arcillas. Esto significaría que todos los perfiles estudiados corresponden a formaciones jóvenes, posiblemente al tipo C y como máximo al AC; es decir, que dentro de la secuencia de formación de los suelos volcánicos, en estas zonas se alcanzaría el tipo regosol señalado por Martini (27).

Dentro de la clasificación propuesta por Flach (18), se asemejan más a los vitrandepts, debido a que tienen más del 60% de materiales vítreos y en ninguno de los casos estudiados hay pipedones mólticos.

Según los datos encontrados la textura predominante es franco arenosa o franca. Sin embargo, debe recordarse que los suelos volcánicos son difíciles de dispersar (Swindale, 46). Una dispersión adecuada muy probablemente aumentará el porcentaje de las arcillas.

Los análisis realizados en los distintos perfiles indican que la presencia de SiO_2 es muy abundante, lo cual influye para que las relaciones SiO_2/Al_2O_3

y $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ sean bastante amplias (Tablas XII a XIX). Con respecto a las razones moleculares anteriores puede decirse que, en general, la correspondiente a los óxidos de silicio y aluminio es mucho más alta que la reportada para otros suelos volcánicos (Amézquita y Figueroa, 2; Birrell y Fieldes, 7; Besoain, 6; Egawa, 17), como puede apreciarse en las Tablas XX a XXVII. Se considera que un suelo volcánico bien formado presenta una relación de 1:1, aunque en el caso de ser suelo volcánico joven la relación puede aumentar hasta 3 o 4 (Amézquita y Figueroa, 2; Aguilera, 1; McConaghy, 28). Lo anterior se debe al alto contenido de vidrio volcánico y cuarzo o a la mayor presencia de sílice en la alófana.

Dadas las altas relaciones encontradas en la mayoría de las muestras estudiadas, se podría concebir que ha existido muy poca meteorización de los vidrios volcánicos, y por consiguiente, una formación muy escasa e incipiente de alófana.

Las relaciones $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ y $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ señalan que existe poca meteorización e incluso la relación de las bases con el aluminio (ba) alcanza muchas veces valores de 1 o más, que indica la presencia de material concrecionado de tipo parental en todo el perfil.

CARLA IV

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL PERFIL PURACON I.

Características	Profundidad en centímetros		Boca madre
	0 - 30	90 - 140	
% Arena	57,17	72,17	68,88
% Arcillas	6,04	6,04	10,83
% Limos	36,79	22,79	20,29
Textura	F-A	F-A	F-A
pH	5,80	6,10	6,20
% Humedad	9,71	1,42	7,27
Color en seco	10YR-2/2	10YR-3/2	10YR-5/6
Color en húmedo	5YR-2/1	10YR-2/1	10YR-5/8
Calcio total en ppm.	32.500	35.600	22.700
Magnesio total en ppm.	11.700	13.100	11.900
Potasio total en ppm.	15.400	14.900	8.000
Sodio total en ppm.	14.200	17.600	10.900

F = franco; A = arenoso; Ar = arenoso; L = limoso.

TABLA V

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL PERFIL PORACH II.

Características	Profundidad en centímetros				Hoga madre
	0 - 80	80 - 125	125 - 190	190 - X	
% Arenas	74,61	66,61	66,68	77,17	
% Arcillas	5,12	9,12	16,83	7,12	
% Limos	20,27	24,27	16,29	15,71	
Textura	P-A	P-A	P-A	A-F	
pH	6,40	6,25	6,10	6,45	6,45
% Humedad	1,22	1,47	8,10	1,89	1,68
Color en seco	10YR-2/2	10YR-3/2	2,5Y-6/4	10YR-3/2	10YR-6/1
Color en húmedo	10YR-2/1	7,5YR-2/0	10YR-5/8	10YR-2/1	10YR-3/2
Calcio total en ppm.	23,600	24,800	20,700	43,500	48,900
Magnesio total en ppm.	19,100	8,700	5,000	8,800	10,500
Potasio total en ppm.	19,500	3,800	2,200	2,700	19,600
Sodio total en ppm.	11,600	9,200	52,900	6,700	14,500

F = franco; A = arenoso; Ar = arcilloso; L = limoso.

TABLA VI

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL PERFIL GALERIAS I.

Características	Profundidad en centímetros			Econ. madre
	0 - 190	190 - 230	230 - 270	
% Arenas	70,83	66,83	66,83	30,88
% Arcillas	7,12	7,12	7,12	4,83
% Limos	22,00	24,00	24,00	14,29
Textura	F-A	F-A	F-A	A-F
pH	6,60	6,85	7,10	7,70
% Humedad	1,25	2,15	1,16	4,19
Color en seco	10YR-2/1	2,5Y-4/2	10YR-6/5	2,5Y-5/0
Color en húmedo	2,5Y-2/0	2,5YR-2/0	10YR-5/8	2,5Y-2/0
Calcio total en ppm.	41.100	39.600	39.600	70.000
Magnesio total en ppm.	7.200	8.600	10.700	17.100
Potasio total en ppm.	3.600	1.800	1.700	1.900
Sodio total en ppm.	8.200	6.600	8.900	16.600

F = franco; A = arenoso; Ar = arenilloso; L = limoso.

TABLA VII

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL PERFIL GALERIAS II.

Características	Profundidad en centímetros			Roca madre
	0 - 70	70 - 120	120 - X	
% Arenas	52,61	59,47	65,75	
% Arcillas	7,12	6,04	8,04	
% Limos	40,27	34,49	26,23	
Texture	F-A	F-A	F-A	
pH	6,20	6,70	6,90	7,70
% Humedad	10,53	1,32	1,48	2,14
Color en seco	10YR-3/2	10YR-4/2	10YR-5/6	2,5Y-5/0
Color en húmedo	2,5Y-2/0	10YR-2/1	7,5YR-4/4	7,5YR-3/0
Calcio total en ppm.	20.900	14.000	14.700	40.800
Magnesio total en ppm.	8.400	5.800	7.200	15.100
Potasio total en ppm.	600	400	1.300	1.900
Sodio total en ppm.	8.900	6.500	8.400	16.500

F = franco; A = arenoso; Ar = arcilloso; L = limoso.

ZARLA VIII

II

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL PERFIL CUMBAL I.

Características	Profundidad en centímetros			Mca madre
	0 - 330	230 - 270	270 - 282	
% Arenas	51,75	69,47	32,88	39,17
% Arcillas	6,27	10,53	22,53	14,53
% Limos	42,00	20,00	44,59	46,30
Textura	F-A	F-A	F	F
pH	6,05	6,60	6,55	6,70
% Humedad	10,82	3,25	10,04	1,21
Color en seco	10YR-3/1	10YR-8/3	2,5Y-6/2	10YR-6/3
Color en húmedo	7,5YR-2/0	2,5Y-7/4	2,5Y-4/2	7,5YR-5/8
Calcio total en ppm.	30.100	27.600	20.300	15.300
Magnesio total en ppm.	15.200	18.100	16.900	6.500
Potasio total en ppm.	9.300	6.600	4.000	4.700
Sodio total en ppm.	17.400	24.200	14.700	8.600

F = franco; A = arenoso; Ar = arcilloso; L = limoso.

TABLA II

I
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL PERFIL CUMBAL II.

Características	Profundidad en centímetros		Roca madre
	0 - 160	160 - 220	
% Arenas	55,47	49,47	
% Arcillas	8,27	14,27	
% Límos	38,26	36,26	
Textura	F-A	F	
pH	6,50	6,85	8,85
% Humedad	9,55	1,13	4,88
Color en seco	5Y-2/1	10YR-6/4	7,5YR-5/0
Color en húmedo	2,5Y-2/0	7,5YR-4/4	2,5Y-3/0
Calcio total en ppm.	13,100	16,500	41,100
Magnesio total en ppm.	5,300	9,500	20,900
Potasio total en ppm.	1,600	1,300	10,200
Sodio total en ppm.	9,500	7,500	20,400

F = franco; A = arenoso; Ar = arenilloso; L = limoso.

TAMA X

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL PERFIL DOÑA JUANA I.

Características	Profundidad en centímetros			Roca madre
	0 - 10	10 - 40	40 - X	
% Arenas	52,61	39,17	58,88	
% Arcillas	7,12	6,83	13,12	
% Limos	40,27	54,00	28,00	
Texture	F-A	F-L	F-A	
pH	6,15	6,40	7,50	9,50
% Humedad	9,91	6,76	7,47	3,96
Color en seco	10YR-3/2	7,5YR-6/0	2,5Y-6/2	7,5YR-7/0
Color en húmedo	10YR-2/1	2,5Y-3/0	2,5Y-4/2	7,5YR-4/0
Calcio total en ppm.	15.000	16.100	20.200	17.400
Magnesio total en ppm.	10.700	11.100	12.700	11.000
Potasio total en ppm.	9.500	9.300	14.700	18.000
Sodio total en ppm.	15.200	18.400	23.900	17.000

F = franco; A = arenoso; Ar = arcilloso; L = limoso.

ZARZA XI

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL PERFIL DOÑA JUANA 17.

Características	Profundidad en centímetros		Recs. madre
	0 - 20	20 - 100	
% Arenas	60,88	50,88	76,61
% Arcillas	15,12	15,12	9,12
% Límites	26,00	34,00	14,27
Textura	F-A	F	F-A
pH	6,10	5,70	5,85
% Humedad	1,75	9,95	6,95
Color en seco	10YR-6/3	5Y-7/3	10YR-7/3
Color en húmedo	10YR-3/4	10YR-3/3	10YR-3/3
Calcio total en ppm.	21.600	25.400	23.700
Magnesio total en ppm.	12.800	17.700	12.500
Potasio total en ppm.	19.700	27.500	8.300
Sodio total en ppm.	21.000	25.500	25.100
			2,5Y-6/0
			2,5Y-3/0
			19,300
			13,900
			10,300
			16,800

F = franco; A = arenoso; AF = arcilloso; L = limoso.

TABLA XII

ANÁLISIS DE OXIDOS DEL PERFIL PURACH I.

	Profundidad en centímetros			Boca madre
	0 - 90	90 - 140	140 - X	
% SiO ₂	39,36	42,82	47,72	53,70
% P ₂ O ₅	0,12	0,07	0,14	0,05
% Al ₂ O ₃	17,23	4,35	21,17	15,35
% Fe ₂ O ₃	12,29	7,41	7,50	5,54
% TiO ₂	0,69	0,69	0,81	0,71
% CaO	3,25	3,56	2,27	4,07
% Mg ₂ O	1,42	1,76	1,09	3,11
% K ₂ O	1,54	1,49	0,80	1,06
% H ₂ O	1,17	1,31	1,15	1,09
Pérdida por ignición	21,80%	34,35%	15,39%	13,26%
Total por ciento	98,96	97,81	96,04	98,30

TABLA XIII

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL PULCROS II.

	Profundidad en centímetros				Hoca madre
	0 - 80	80 - 125	125 - 190	190 - X	
% SiO ₂	39,70	39,71	48,42	51,72	47,30
% P ₂ O ₅	0,12	0,06	0,12	0,08	0,08
% Al ₂ O ₃	10,33	11,09	14,44	9,24	7,73
% Fe ₂ O ₃	7,41	8,61	8,81	5,41	8,10
% TiO ₂	0,39	0,50	0,95	0,66	0,54
% CaO	2,36	2,48	2,07	4,35	4,09
% Na ₂ O	1,16	0,92	5,29	0,67	1,45
% K ₂ O	1,05	0,38	0,22	0,27	1,96
% H ₂ O	1,01	0,87	0,50	0,88	1,05
Pérdida por ignición	36,08%	33,37%	17,05%	45,55%	26,42%
Total por ciento	99,61	97,99	97,66	96,83	96,72

TABLA XIV

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL GALERAS I.

	Profundidad en centímetros				Σoca madre
	0 - 190	190 - 230	230 - 270	270 - X	
% SiO ₂	34,55	32,63	42,07	75,49,80	55,80
% P ₂ O ₅	0,09	0,06	0,10	0,01,39	0,38
% Al ₂ O ₃	19,49	5,35	7,05	14,57	15,91
% Fe ₂ O ₃	7,24	8,87	6,80	6,52	6,80
% H ₂ O	0,63	0,71	0,71	0,00,49	0,82
% CaO	4,10	3,96	3,96	7,00	6,28
% K ₂ O	0,82	0,66	0,89	1,66	1,78
% Li ₂ O	0,36	0,18	0,17	0,19	0,14
% H ₂ O	0,72	0,86	1,07	0,71	1,50
Pérdida por ignición	31,73%	45,73%	36,10%	11,51%	9,65%
Total por ciento	99,63	99,01	98,92	94,84	99,06

1 6 1

TABLA IV

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL GALERAS II.

	Profundidad en centímetros			Boca madre
	0 - 70	70 - 120	120 - I	
% SiO ₂	41.25	36.82	39.53	46.17
% P ₂ O ₅	0.14	0.08	0.06	0.05
% Al ₂ O ₃	9.65	11.55	11.72	13.96
% Fe ₂ O ₃	4.75	4.06	5.99	7.01
% MnO ₂	0.52	0.44	0.53	0.70
% CaO	2.09	1.40	1.47	4.08
% Na ₂ O	0.89	0.65	0.84	1.65
% K ₂ O	0.06	0.04	0.13	0.19
% H ₂ O	0.84	0.58	0.72	1.51
Pérdida por ignición	38.75%	44.15%	37.87%	21.39%
Total por ciento	99.09	99.60	98.66	98.71

TABLA XVI

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL CUMBAL I.

	Profundidad en centímetros				Roca madre
	0 - 230	230 - 270	270 - 282	282 - X	
% SiO ₂	53,98	62,41	55,23	44,10	63,25
% P ₂ O ₅	0,07	0,03	0,05	0,13	0,08
% Al ₂ O ₃	13,70	17,19	23,14	17,34	14,33
% Fe ₂ O ₃	5,56	6,98	5,89	9,43	5,15
% TiO ₂	0,86	1,25	1,04	0,84	0,78
% CaO	3,01	2,76	2,03	1,53	3,79
% Mg ₂ O	1,74	2,53	1,47	0,86	2,24
% K ₂ O	0,93	0,66	0,40	0,47	1,35
% Na ₂ O	1,52	1,81	1,69	0,65	1,99
Pérdida por ignición	14,70%	1,37%	6,10%	23,39%	3,91%
Total por ciento	96,07	96,98	97,04	98,74	96,86

TABLA XVII

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL CUMBAL II.

	Profundidad en centímetros		Roca madre
	0 - 160	160 - 220	
% SiO ₂	48,71	30,67	52,67
% P ₂ O ₅	0,04	0,03	0,08
% Al ₂ O ₃	5,75	10,68	18,78
% Fe ₂ O ₃	7,71	8,46	9,76
% TiO ₂	0,54	6,48	0,75
% CaO	1,51	1,65	4,11
% Na ₂ O	0,95	0,75	2,04
% K ₂ O	0,16	0,13	1,02
% MgO	0,55	0,95	2,09
Pérdida por ignición	34,01%	40,08%	5,77%
Total por ciento	99,79	99,86	97,05

TABLA XVIII

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL DOÑA JUANA I.

	Profundidad en centímetros			Boca madre
	0 - 10	10 - 40	40 - X	
% SiO ₂	49,05	55,99	60,31	65,80
% P ₂ O ₅	0,13	0,18	0,16	0,19
% Al ₂ O ₃	7,80	6,33	11,94	9,73
% Fe ₂ O ₃	7,43	6,85	8,42	5,97
% H ₂ O	0,50	0,78	0,59	0,62
% CaO	1,50	1,61	2,01	1,74
% Mg ₂ O	1,52	1,84	2,39	1,70
% K ₂ O	0,95	0,93	1,47	1,80
% Na ₂ O	1,07	1,11	1,27	1,10
Pérdida por ignición	28,05%	22,04%	8,33%	7,84%
Total por ciento	97,99	97,66	96,89	96,49

TABLA XIX

ANÁLISIS DE ÓXIDOS DEL PERFIL DOÑA JUANA II.

	Profundidad en centímetros			Mesa madre
	0 - 20	20 - 100	100 - X	
% SiO ₂	56,70	56,66	54,70	60,00
% P ₂ O ₅	0,22	0,20	0,15	0,15
% Al ₂ O ₃	12,42	17,37	13,06	11,57
% Fe ₂ O ₃	5,42	5,80	5,83	4,67
% SiO ₂	0,51	0,61	0,89	0,64
% CaO	2,16	2,54	2,37	1,93
% Na ₂ O	2,10	2,35	2,51	1,68
% K ₂ O	1,97	2,75	0,83	1,01
% H ₂ O	1,28	1,77	1,25	1,39
Pérdida por ignición	13,53%	6,35%	12,57%	16,19%
Total por ciento	96,31	96,40	94,16	99,23

RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL PURCOS I.

	Profundidad en centímetros			Roca madre
	0 - 90	90 - 140	140 - X	
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	3,899	16,605	3,822	5,967
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	8,519	15,522	12,619	21,829
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3 + Al_2O_3}$	2,656	8,022	2,934	4,686
$\frac{K_2O + Na_2O + CaO}{Al_2O_3} = ba$	0,571	2,512	0,327	0,895
$\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3} = ba_1$	0,229	0,907	0,129	0,407
$\frac{CaO + MgO}{Al_2O_3} = ba_2$	0,512	2,256	0,336	0,667

TABLA XXI

RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL PURAGE II.

	Profundidad en centímetros			Roca madre	
	0 - 80	80 - 125	125 - 190		190 - X
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	6,386	6,075	5,695	5,815	10,237
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	14,022	12,259	14,675	15,559	15,255
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3}$	4,588	4,061	4,096	4,252	6,126
$\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \text{ba}$	0,715	0,679	0,875	1,000	1,559
$\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \text{ba}_1$	0,297	0,275	0,615	0,154	0,579
$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \text{ba}_2$	0,665	0,605	0,345	1,088	1,505

RAZONES MOLECULARES DEL PÉRFIL GARRAS I.

	Profundidad en centímetros			Roca madre	
	0 - 190	190 - 230	230 - 270		270 - X
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	3,916	10,412	10,159	5,804	5,961
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	12,800	9,891	16,302	20,244	21,628
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3 + Al_2O_3}$	2,441	5,084	6,259	4,511	4,673
$\frac{K_2O + Na_2O + CaO}{Al_2O_3} = ba$	0,995	1,615	1,261	0,294	0,910
$\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3} = ba_1$	0,089	0,250	0,232	0,203	0,192
$\frac{CaO + MgO}{Al_2O_3} = ba_2$	0,476	1,769	1,420	0,391	0,961

RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL GALERIAS II.

Boca madre

	Profundidad en centímetros		
	70 - 120	120 - X	
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	7,267	5,704	4,139
$\frac{SiO_2}{FeO}$	22,955	24,560	17,729
$\frac{SiO_2}{FeO} \cdot 2.3$	5,460	4,449	4,316
$\frac{K_2O + Na_2O + CaO}{Al_2O_3} = ba$	0,541	0,518	0,348
$\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3} = ba_1$	0,156	0,097	0,122
$\frac{CaO + MgO}{Al_2O_3} = ba_2$	0,604	0,345	0,384

RAZONES MOLECULARES DEL PEREIL CIMBAL I.

Roca madre

Profundidad en centímetros

282 - X

270 - 282

230 - 270

0 - 230

0,753

4,323

4,057

0,616

6,716

3,293

12,457

2,489

2,368

7,428

6,128

3,209

3,488

4,892

5,325

0,843

0,270

0,282

0,562

0,687

0,353

0,112

0,123

0,272

0,283

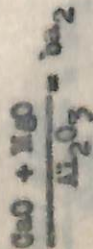
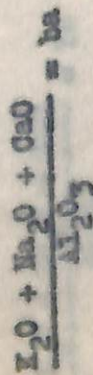
0,843

0,253

0,344

0,556

0,686



RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL CUMBAL II.

Roca madre

	Profundidad en centímetros		
	0 - 160	160 - 220	
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	14,500	4,867	4,772
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	16,917	9,642	14,394
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3 + Al_2O_3}$	7,808	3,234	3,584
$\frac{Li_2O + Na_2O + CaO}{Al_2O_3} = ba$	0,714	0,400	0,636
$\frac{Li_2O + Na_2O}{Al_2O_3} = ba_1$	0,304	0,124	0,239
$\frac{CaO + MgO}{Al_2O_3} = ba_2$	0,643	0,505	0,679

RAZONES MOLECULARES DEL PÉFIL DOÑA JUANA I.

	Profundidad en centímetros			Roza madre
	0 - 10	10 - 40	40 - X	
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	10,763	15,048	8,590	11,547
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	17,783	21,698	18,962	29,649
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3}$	6,705	8,886	5,912	6,311
$\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \text{ba}$	0,803	1,113	0,778	0,811
$\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \text{ba}_1$	0,447	0,645	0,470	0,464
$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \text{ba}_2$	0,711	0,919	0,581	0,621

RAZONES MOLECULARES DEL PERFIL DOÑA JUANA II.

	Profundidad en centímetros			Roca madre
	0 - 20	20 - 100	100 - X	
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	7,746	5,553	7,125	6,850
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	27,794	26,222	25,333	34,483
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3 + Al_2O_3}$	6,058	4,583	5,561	7,042
$\frac{K_2O + Na_2O + CaO}{Al_2O_3} = ba$	0,771	0,659	0,711	0,637
$\frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3} = ba_1$	0,451	0,394	0,383	0,336
$\frac{CaO + MgO}{Al_2O_3} = ba_2$	0,582	0,524	0,570	0,611

tacar el hecho de que Schaufelberger (45), siguiendo teorías existentes, señala que los factores de deslave Q_{si} , Q_{al} , Q_{fm} , Q_c y Q_{alk} son siempre inferiores a 1 en los procesos de laterización. Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que los factores anteriormente citados no son convincentes para determinar el proceso genético del suelo. Evidentemente, en estos suelos los factores de deslave son inferiores a 1 y sin embargo, no existe en absoluto ningún proceso de latosolización en las zonas estudiadas.

En base a lo señalado por las relaciones Q_c , para todos los casos correspondientes a las muestras de los perfiles del Cumbal y Galeras existen lavados, mientras que en las muestras de los perfiles del Puracé y Doña Juana, los factores de deslave de las bases son variables, tal como se observa en la Tabla XLIV. Este hecho ratifica lo anteriormente expuesto en cuanto al mayor grado de meteorización que presentan las regiones influenciadas por los volcanes Cumbal y Galeras sobre las del Puracé y Doña Juana.

Los otros factores de deslave Q_{si}' , Q_{al}' y Q_{fm}' no son consistentes en la comparación de las distintas muestras, ya que el Q_{si}' disminuye en cuatro casos (Puracé II, Cumbal I, Doña Juana I y II), sin

INDICES MOLECULARES DEL PERFIL PURACI I.

	Profundidad en centímetros			Roca madre
	0 - 90	90 - 140	140 - X	
% SiO ₂ / 60 = SiO ₂	0,656	0,714	0,795	0,895
% TiO ₂ / 80 = TiO ₂	0,009	0,009	0,010	0,009
% P ₂ O ₅ / 142 = P ₂ O ₅	0,001	0,001	0,001	0,001
% Al ₂ O ₃ / 102 = Al ₂ O ₃	0,170	0,043	0,208	0,150
% FeO / 72 = FeO	0,154	0,092	0,094	0,082
% MgO / 40 = MgO	0,029	0,033	0,029	0,027
% CaO / 56 = CaO	0,058	0,064	0,041	0,073
% Na ₂ O / 62 = Na ₂ O	0,023	0,028	0,018	0,050
% K ₂ O / 94 = K ₂ O	0,016	0,016	0,009	0,011

1
2
1

INDICES MOLECULARES DEL PERFIL PURAGE II.

	Profundidad en centímetros			Roca madre
	0 - 80	80 - 125	125 - 190	
% SiO ₂ / 60 = SiO ₂	0,645	0,662	0,807	0,778
% TiO ₂ / 80 = TiO ₂	0,005	0,006	0,012	0,007
% P ₂ O ₅ / 142 = P ₂ O ₅	0,001	0,001	0,001	0,001
% Al ₂ O ₃ / 102 = Al ₂ O ₃	0,101	0,019	0,142	0,091
% FeO / 72 = FeO	0,093	0,108	0,110	0,101
% MgO / 40 = MgO	0,025	0,022	0,012	0,022
% CaO / 56 = CaO	0,042	0,044	0,037	0,077
% Na ₂ O / 62 = Na ₂ O	0,019	0,015	0,065	0,023
% K ₂ O / 94 = K ₂ O	0,011	0,015	0,002	0,003

CABELA XXXIX

INDICES MOLECULARES DEL PERFIL PURAGE II.

	Profundidad en centímetros			Roca madre
	0 - 80	80 - 125	125 - 190	
% SiO ₂ / 60 = SiO ₂	0,645	0,662	0,807	0,529
% TiO ₂ / 80 = TiO ₂	0,005	0,006	0,012	0,008
% P ₂ O ₅ / 142 = P ₂ O ₅	0,001	0,001	0,001	0,001
% Al ₂ O ₃ / 102 = Al ₂ O ₃	0,101	0,019	0,142	0,091
% FeO / 72 = FeO	0,095	0,108	0,110	0,068
% MgO / 40 = MgO	0,025	0,022	0,012	0,022
% CaO / 56 = CaO	0,042	0,044	0,057	0,077
% Na ₂ O / 62 = Na ₂ O	0,019	0,015	0,085	0,011
% K ₂ O / 94 = K ₂ O	0,011	0,015	0,002	0,003

! 3 !

INDICES MOLECULARES DEL PERFIL GALBRAS I.

	Profundidad en centímetros				Heca madre
	0 - 190	190 - 230	230 - 270	270 - 320	
% SiO ₂ / 60 = SiO ₂	0,576	0,544	0,701	0,655	0,930
% TiO ₂ / 80 = TiO ₂	0,008	0,009	0,009	0,007	0,010
% P ₂ O ₅ / 142 = P ₂ O ₅	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
% Al ₂ O ₃ / 102 = Al ₂ O ₃	0,191	0,052	0,069	0,115	0,156
% FeO / 72 = FeO	0,089	0,111	0,085	0,075	0,085
% MgO / 40 = MgO	0,018	0,021	0,027	0,024	0,038
% CaO / 56 = CaO	0,073	0,071	0,071	0,066	0,112
% Na ₂ O / 62 = Na ₂ O	0,013	0,011	0,014	0,013	0,029
% K ₂ O / 94 = K ₂ O	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001

INDICES MOLECULARES DEL PERFIL CIMBAL II.

	Profundidad en centímetros		Roca madre
	0 - 160	160 - 220	
% SiO ₂ / 60 = SiO ₂	0,812	0,511	0,878
% H ₂ O / 80 = H ₂ O	0,007	0,081	0,009
% P ₂ O ₅ / 142 = P ₂ O ₅	0,001	0,001	0,001
% Al ₂ O ₃ / 102 = Al ₂ O ₃	0,056	0,105	0,184
% FeO / 72 = FeO	0,096	0,106	0,123
% MgO / 40 = MgO	0,014	0,024	0,052
% CaO / 56 = CaO	0,023	0,029	0,073
% Na ₂ O / 62 = Na ₂ O	0,015	0,012	0,033
% K ₂ O / 94 = K ₂ O	0,002	0,001	0,011

INDICES MOLECULARES DEL PERFIL DOÑA JUANA I.

	Profundidad en centímetros			Roca madre
	0 - 10	10 - 40	40 - 1	
% SiO ₂ / 60 = SiO ₂	0,818	0,933	1,005	1,097
% TiO ₂ / 80 = TiO ₂	0,006	0,010	0,007	0,008
% P ₂ O ₅ / 142 = P ₂ O ₅	0,001	0,001	0,001	0,001
% Al ₂ O ₃ / 102 = Al ₂ O ₃	0,076	0,062	0,117	0,095
% FeO / 72 = FeO	0,093	0,086	0,105	0,074
% MgO / 40 = MgO	0,027	0,028	0,032	0,028
% CaO / 56 = CaO	0,027	0,029	0,036	0,031
% Na ₂ O / 62 = Na ₂ O	0,024	0,030	0,039	0,027
% K ₂ O / 94 = K ₂ O	0,010	0,010	0,016	0,019

INDICES MOLECULARES DEL PERFIL DOÑA JUANA II.

	Profundidad en centímetros			Ioca madre
	0 - 20	20 - 100	100 - X	
% SiO ₂ / 60 = SiO ₂	0,945	0,944	0,912	1,000
% H ₂ O / 80 = H ₂ O	0,006	0,008	0,011	0,008
% P ₂ O ₅ / 142 = P ₂ O ₅	0,002	0,001	0,001	0,001
% Al ₂ O ₃ / 102 = Al ₂ O ₃	0,122	0,170	0,128	0,113
% FeO / 72 = FeO	0,068	0,072	0,075	0,058
% MgO / 40 = MgO	0,032	0,044	0,031	0,035
% CaO / 56 = CaO	0,039	0,045	0,042	0,034
% Na ₂ O / 62 = Na ₂ O	0,034	0,038	0,040	0,027
% K ₂ O / 94 = K ₂ O	0,021	0,029	0,009	0,011

INDICES DE NIGLI, CUOCIENTES Y FACTORES DE DESLAVE DE LOS HORIZONTES DEL PERFIL PURACE I.

	M o l é c u l a s				Factor de deslave
	si'	al'	fm'	o' alk'	
0 - 90 cm.	148,00	37,78	40,67	12,89	8,66
Roca madre	230,38	38,17	27,73	18,58	15,52
Cuociente	0,64	0,99	1,47	0,69	0,56
90 - 140 cm.	263,32	15,58	45,29	23,19	15,94
Roca madre	230,28	38,17	27,73	18,58	15,52
Cuociente	1,14	0,41	1,63	1,25	1,03
140 - I	202,00	52,12	30,83	10,28	6,77
Roca madre	230,28	38,17	27,73	18,58	15,52
Cuociente	0,88	1,37	1,11	0,55	0,44

-si -al +fm -c -alk

+si -al +fm +c +alk

-si +al +fm -c -alk

INDICES DE NICOLI, CUCIENNES Y FACTORES DE DESLAVE DE LOS HORIZONES DEL PERFIL PURCOS II.

	M o l e u l a s				Factor de deslave
	sl'	al'	fn'	o' alk'	
0 - 80 cm.	189,35	34,71	40,55	14,43	10,31
Boca madre	248,75	23,75	39,69	22,81	13,75
Cuciente	0,76	1,46	1,02	0,63	0,75
80 - 125 cm.	213,74	34,82	41,53	14,06	9,59
Boca madre	248,75	23,75	39,69	22,81	13,75
Cuciente	0,86	1,47	1,05	0,62	0,70
125 - 190 cm.	211,34	36,60	31,44	9,54	22,42
Boca madre	248,75	23,75	39,69	22,81	13,75
Cuciente	0,85	1,54	0,79	0,42	1,63
190 - I	197,79	33,45	33,09	20,31	5,15
Boca madre	248,75	23,75	39,69	22,81	13,75
Cuciente	0,80	1,41	0,83	1,24	0,37

1 2 1

TABLA XXXVIII

INDICES DE NICOLI, CUOCIENTES Y FACTORES DE DESLAVE DE LOS HORIZONTES DEL PERFIL CALERAS I.

	N o l ó c u l a s					Factor de deslave
	sl'	al'	fm'	e'	alk'	
0 - 190 cm.	150,77	49,23	27,58	18,81	4,38	
Roca madre	223,99	37,05	29,22	26,60	7,13	
Cuociente	0,67	1,33	0,94	0,71	0,61	-sl +al -fm -e -alk
190 - 230 cm.	206,72	19,40	49,25	26,49	4,86	
Roca madre	223,99	37,05	29,22	26,60	7,13	
Cuociente	0,92	0,52	1,69	0,99	0,68	-sl -al +fm -e -alk
230 - 270 cm.	265,30	25,75	41,79	26,49	5,97	
Roca madre	223,99	37,05	29,22	26,60	7,13	
Cuociente	1,18	0,70	1,43	0,99	0,84	+sl -al +fm -e -alk
270 - I	272,90	46,13	30,32	4,20	9,35	
Roca madre	223,99	37,05	29,22	26,60	7,13	
Cuociente	1,22	1,25	1,38	0,16	1,31	+sl +al +fm -e +alk

TABLA XXXIX

INDICES DE NICOLI, CUOCIENTES Y FACTORES DE DESLAVE DE LOS HORIZONTES DEL PERFIL CALERAS II.

	N o l ó c u l a s				Factor de deslave
	si'	al'	fm'	e'	
0 - 70 cm.	304,82	32,10	35,09	16,23	6,58
Roca madre	222,74	37,53	34,52	20,00	7,95
Cuociente	1,37	1,12	1,02	0,81	0,83
					+si +al +fm -c -alk
70 - 120 cm.	290,19	52,80	30,37	11,68	5,15
Roca madre	222,74	37,53	34,52	20,00	7,95
Cuociente	1,30	1,41	0,88	0,58	0,65
					+si +al -fm -c -alk
120 - I	267,74	46,37	37,50	10,48	5,65
Roca madre	222,74	37,53	34,52	20,00	7,95
Cuociente	1,20	1,24	1,09	0,52	0,71
					+si +al +fm -c -alk

TABLA XL

INDICES DE NIGLI, CUOCIENTES Y FACTORES DE DESLAVE DE LOS HORIZONTES DEL PERFIL CUMBAL I.

	N o l ó c u l a s				Factor de deslave
	sl'	al'	fm'	o'	
0 - 230 cm.	273,87	40,24	32,13	16,22	11,41
Roca madre	286,29	37,63	30,65	18,28	13,44
Cuociente	0,96	1,07	1,05	0,89	0,85
230 - 270 cm.	267,42	42,68	33,33	12,37	11,62
Roca madre	286,29	37,63	30,65	18,28	13,44
Cuociente	0,93	1,13	1,09	0,68	0,86
270 - 282 cm.	229,75	55,77	28,90	8,85	6,88
Roca madre	286,29	37,63	30,65	18,28	13,44
Cuociente	0,80	1,48	0,95	0,48	0,51
282 - I	213,41	48,57	38,29	7,71	5,43
Roca madre	286,29	37,63	30,65	18,28	13,44
Cuociente	0,74	1,29	1,25	0,42	0,40

1 2 1

-si +al +fm -c -alk

-si +al +fm -c -alk

-si +al -fm -c -alk

-si +al +fm -c -alk

TABLA XII

INDICES DE NIGGLI, CUOCIENTES Y FACTORES DE DESLAVE DE LOS HORIZONTES DEL PERFIL CUMBAL II.

	M o l d e n l a s					Factor de deslave
	sl'	al'	fm'	o'	alk'	
0 - 160 cm.	400,00	27,32	55,17	11,22	8,29	
Roca madre	186,55	38,66	36,76	15,34	9,24	
Cuociente	2,14	0,71	1,45	0,73	0,90	+sl -al +fm -o -alk
160 - 220 cm.	214,08	37,91	46,93	10,47	4,69	
Roca madre	186,55	38,66	36,76	15,34	9,24	
Cuociente	1,15	0,98	1,28	0,68	0,51	+sl -al +fm -o -alk

TABLA XLIII

INDICES DE NIGOLI, CUOCIENTES Y FACTORES DE DESLAVE DE LOS HORIZONTES DEL PERFIL DOÑA JUANA I.

	N o l ó c u l a e				Factor de deslave
	al'	fm'	c'	alk'	
0 - 10 cm.	321,01	29,57	46,69	10,51	13,23
Boca madre	403,65	34,67	37,23	11,31	16,79
Cuociente	0,80	0,85	1,25	0,93	0,79
10 - 40 cm.	385,31	25,31	46,52	11,84	16,33
Boca madre	403,65	34,67	37,23	11,31	16,79
Cuociente	0,95	0,75	1,25	1,05	0,97
40 - I	293,62	33,91	39,71	10,44	15,94
Boca madre	403,65	34,67	37,23	11,31	16,79
Cuociente	0,73	0,98	1,07	0,92	0,95

-al -al +fm -c -alk

-al -al +fm +c -alk

-al -al +fm -c -alk

TABLA XLIII

INDICES DE NIGELI, CUOCIENTES Y FACTORES DE DESLAVE DE LOS HORIZONTES DEL PERFIL DOÑA JUANA II.

	H o l é c u l a s				Factor de deslave
	al'	fm'	c'	alk'	
0 - 20 cm.	301,98	31,64	12,34	17,41	
Roca madre	362,95	33,45	12,23	13,67	
Cuociente	0,83	0,95	1,01	1,27	-si -al -fm +c talk
20 - 100 cm.	259,45	29,15	11,31	16,83	
Roca madre	362,95	33,45	12,23	13,67	
Cuociente	0,66	0,87	0,92	1,23	-si +al -fm -c talk
100 - I	286,07	32,20	13,00	15,17	
Roca madre	362,95	33,45	12,23	13,67	
Cuociente	0,79	0,96	1,06	1,11	-si -al -fm +c talk

que esta disminución quiera decir que se presenta un aumento de al' y fn' . En general, los perfiles estudiados muestran heterogeneidad en las distintas deposiciones volcánicas. A causa de esta heterogeneidad y a la juventud de las regiones, en realidad no se puede aún hablar de la existencia de deslave, como se observa en las Figuras 15 a 18 y en las fórmulas de deslave que aparecen en la Tabla XLIV.

Los comportamientos de si' , fn' y al' muestran que los contenidos de hierro más magnésico (fn') y aluminio (al') son bastante similares en las cuatro zonas estudiadas, mientras que las mayores variaciones correspondieron a si' , ya que en los perfiles Cumbal II y Galeras II tiende a aumentar. En el perfil Cumbal I, después de una disminución, alrededor de los 3 metros de profundidad, se mantiene estable, y en los otros casos hay cierta tendencia a la disminución de la sílice, que sería la primera indicación del deslave. Teniendo en cuenta lo anterior se podría conceptuar que, por el momento, en las regiones estudiadas, las características de los materiales depuestos son todavía más importantes que la influencia ambiental.

La abundancia de sílice encontrada en todas las cuatro zonas volcánicas incide para que en los sug

los derivados de cenizas volcánicas, la formación de alúfana se base en éste elemento y la relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ sea siempre mayor que 1. Este aspecto vendría a fortalecer los resultados encontrados por Amézquita y Figueroa (2), para otras regiones volcánicas de Nariño.

Grupo st
Grupo al
Grupo fm

Por otro lado, se puede notar la abundancia de calcio en los materiales parentales de estos suelos, explicándose así el alto porcentaje que se ha encontrado y discutido en muchos suelos nariñenses. Al respecto, debe recalarse que los valores de pH de las rocas son por lo general muy básicos y algunos de ellos alcanzan valores de 9,5 (Perfiles Gumbal I y Doña Juana I). De igual manera, las altas concentraciones de potasio también ratifican los resultados obtenidos por García (19), y Ordóñez (36).

Con relación al contenido de fósforo, los resultados parecen demostrar que el área influenciada por el volcán Gumbal presenta menor cantidad de éste elemento que la del volcán Galeras; en situación intermedia, con mayor cantidad de fósforo que las dos anteriores regiones volcánicas, se encuentran los materiales que han sido depositados por el volcán Puracé. El área influenciada por el Doña Juana es la más rica en fósforo, alcanzan-

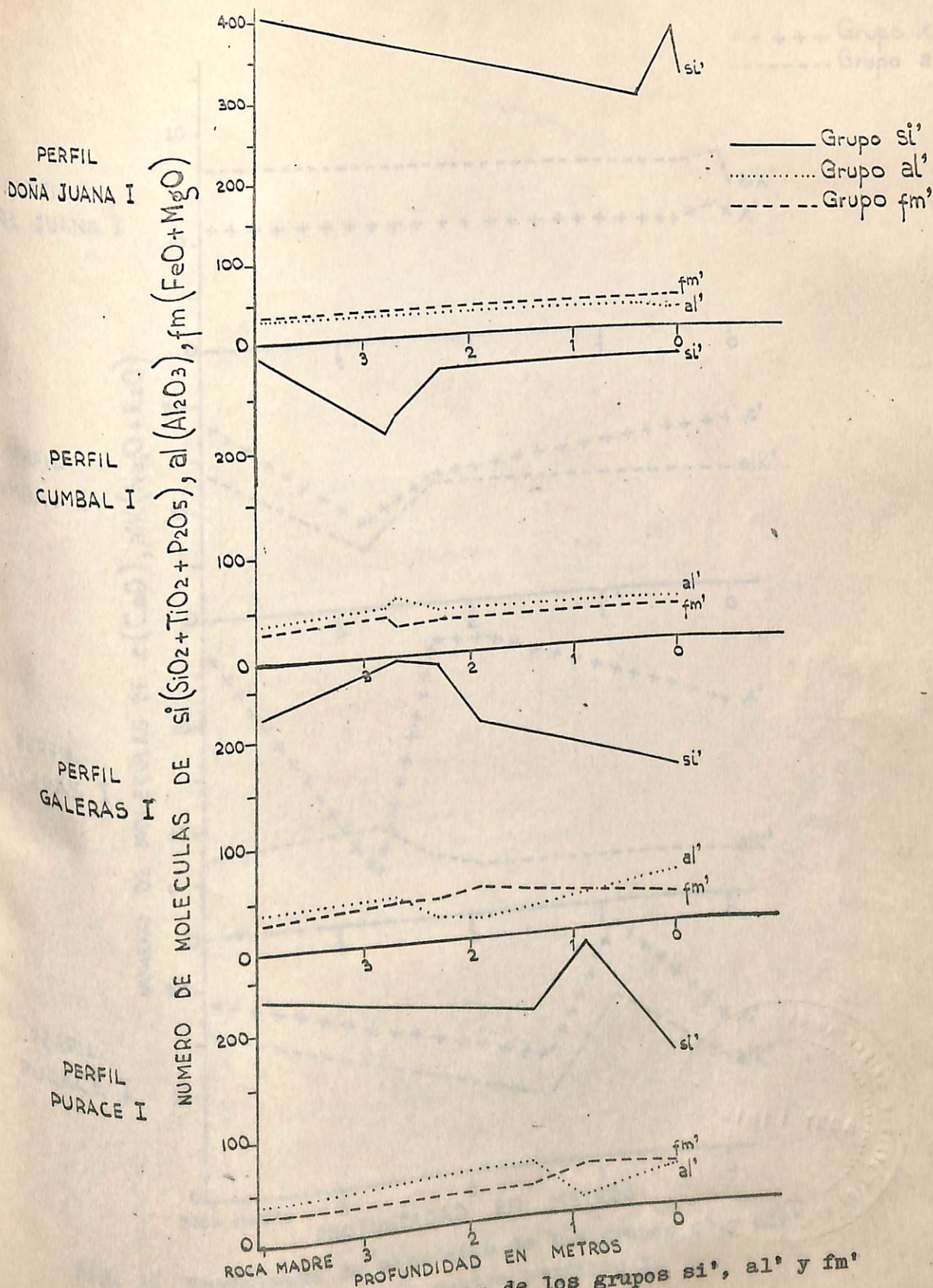
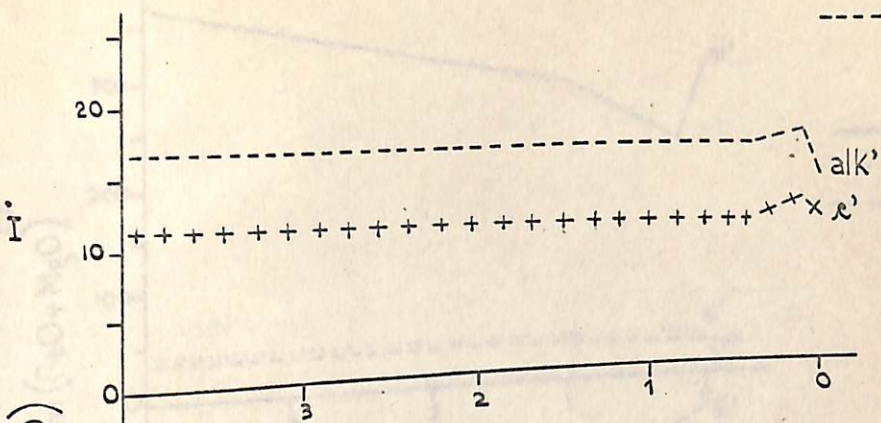


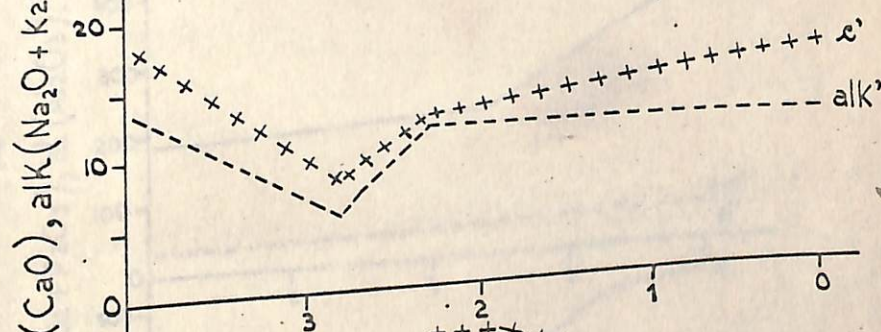
Fig. 15 Movimiento de elementos de los grupos si' , al' y fm' en los cuatro perfiles I.

+++++ Grupo e'
 ----- Grupo alk'

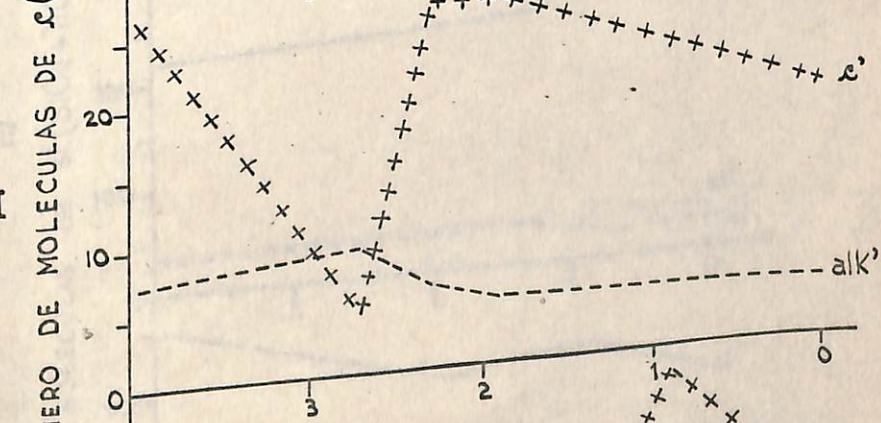
PERFIL
 DOÑA JUANA I



PERFIL
 CUMBAL I



PERFIL
 GALERAS I



PERFIL
 PURACE I

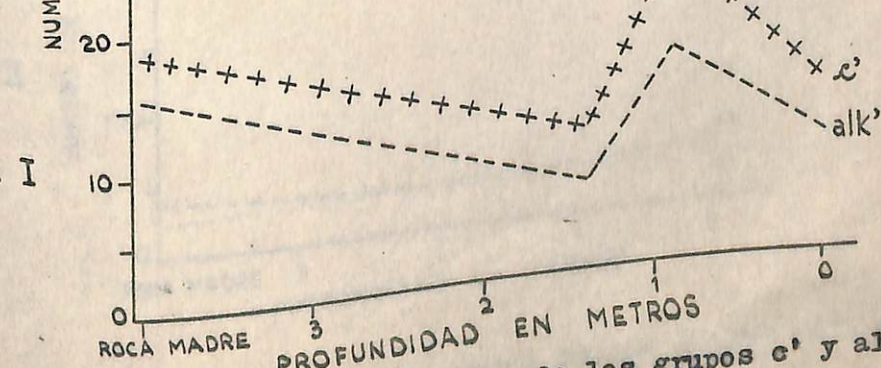


Fig. 16 Movimiento de elementos de los grupos e' y alk' en los cuatro perfiles I.

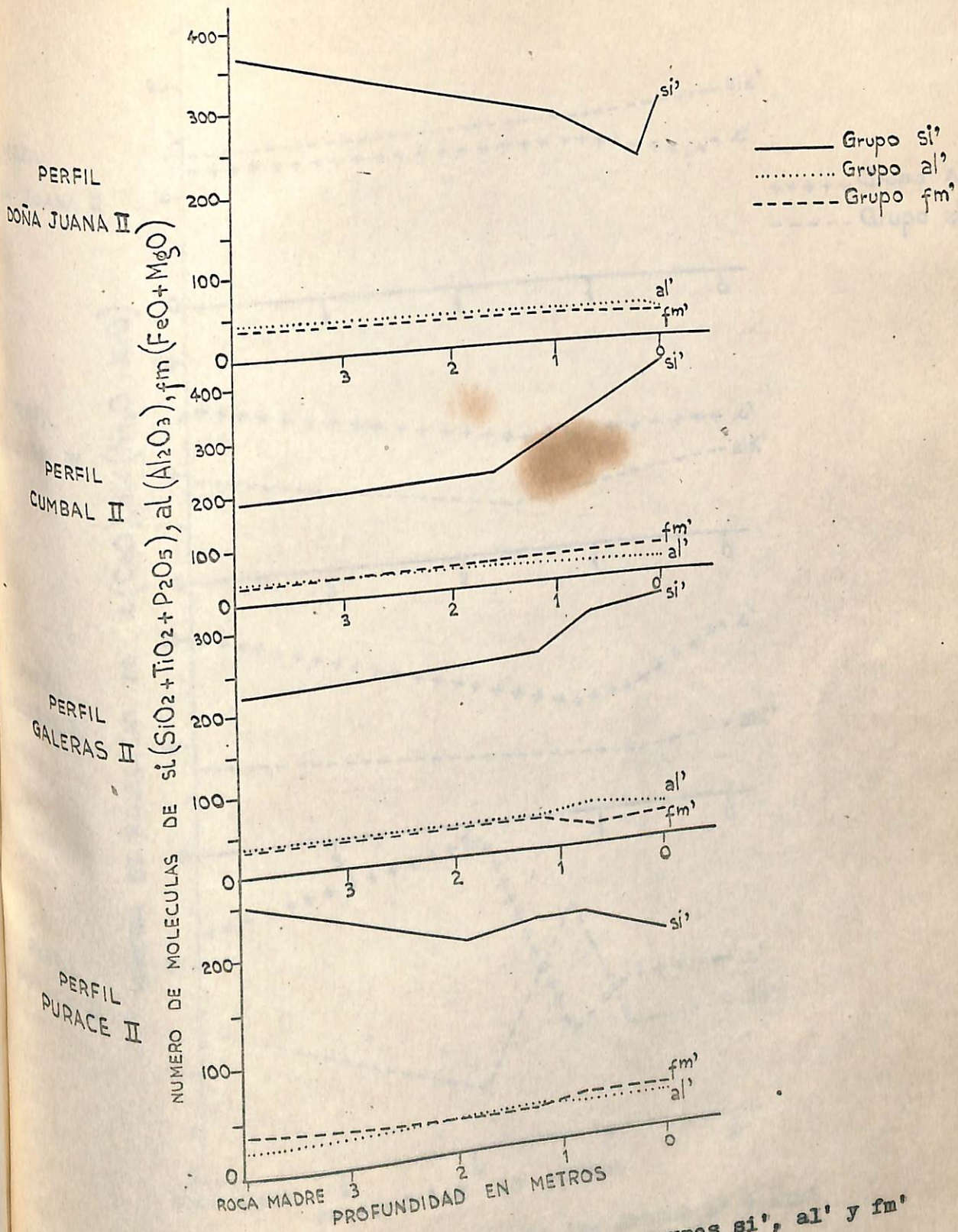


Fig. 17 Movimiento de elementos de los grupos si', al' y fm' en los cuatro perfiles II.

PERFIL
DOÑA JUANA II

PERFIL
CUMBAL II

PERFIL
GALERAS II

PERFIL
PURACE II

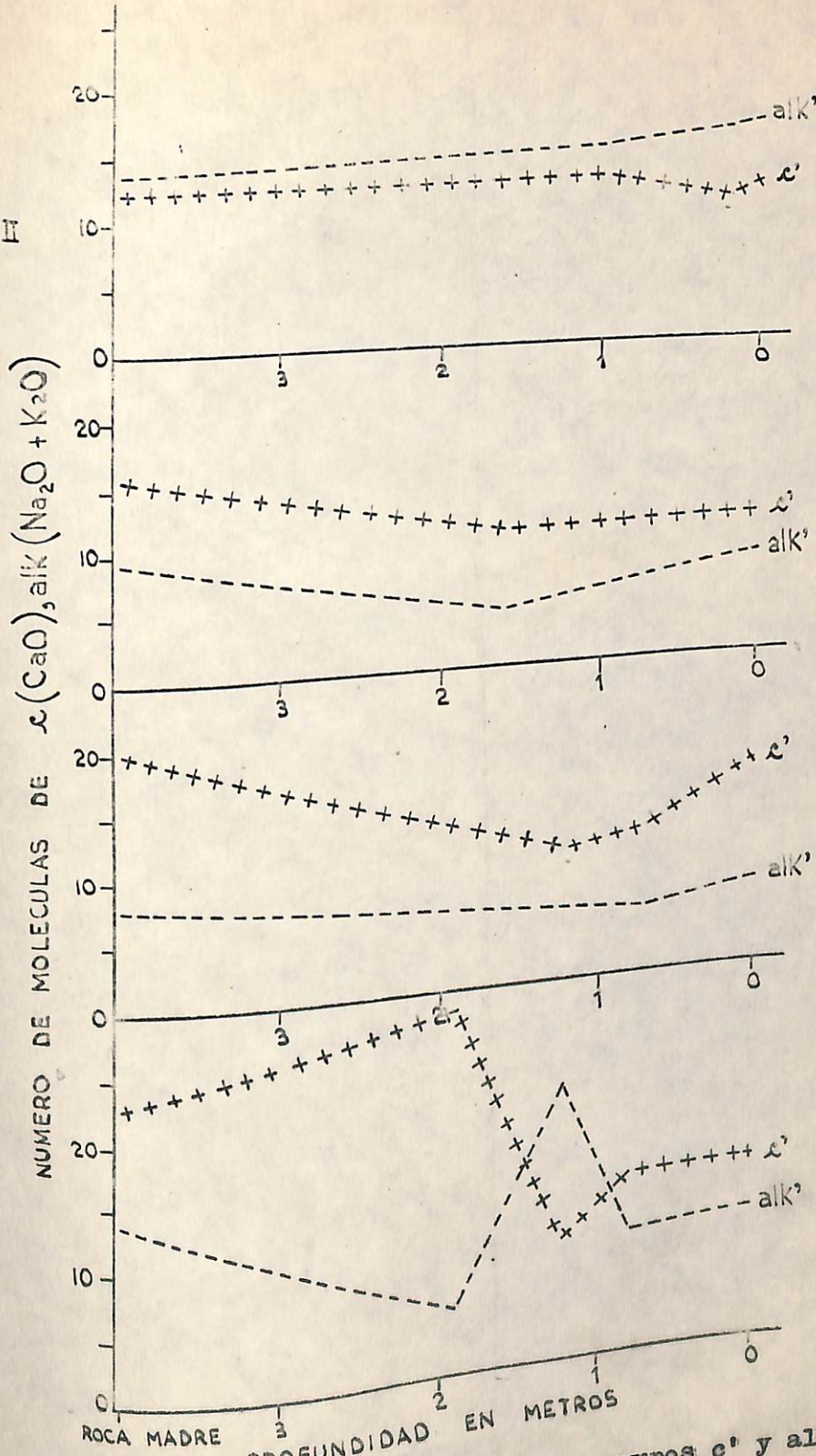


Fig. 18 Movimiento de elementos de los grupos c' y alk' en los cuatro perfiles II.

TAHLA XLIV

FORMULAS DE DESLAVE EN LOS PERFILES DE LAS CUATRO
REGIONES VOLCANICAS ESTUDIADAS

PURAGE I (Cauca)

0 - 90 cm.	-si -al +fn -c -alk
90 - 140 cm.	+si -al +fn +c +alk
140 - X	-si +al +fn -c -alk

PURAGE II (Cauca)

0 - 80 cm.	-si +al +fn -c -alk
80 - 125 cm.	-si +al +fn -c -alk
125 - 190 cm.	-si +al -fn -c +alk
190 - X	-si +al -fn +c -alk

GALERIAS I (Nariño)

0 - 190 cm.	-si +al -fn -c -alk
190 - 230 cm.	-si -al +fn -c -alk
230 - 270 cm.	+si -al +fn -c -alk
270 - X	+si +al +fn -c +alk

GALERIAS II (Nariño)

0 - 70 cm.	+si +al +fn -c -alk
70 - 120 cm.	+si +al -fn -c -alk
120 - X	+si +al +fn -c -alk

TABLA XLIV

FORMULAS DE DESLAVE EN LOS PERFILES DE LAS CUATRO
REGIONES VOLCANICAS ESTUDIADAS
(Continuación)

CUMBAL I (Nariño)

0 - 230 cm.	-si +al +fn -c -alk
230 - 270 cm.	-si +al +fn -c -alk
270 - 282 cm.	-si +al -fn -c -alk
282 - X	-si +al +fn -c -alk

CUMBAL II (Nariño)

0 - 160 cm.	+si -al +fn -c -alk
160 - 220 cm.	+si -al +fn -c -alk

DOÑA JUANA I (Nariño)

0 - 10 cm.	-si -al +fn -c -alk
10 - 40 cm.	-si -al +fn +c -alk
40 - X	-si -al +fn -c -alk

DOÑA JUANA II (Nariño)

0 - 20 cm.	-si -al -fn +c +alk
20 - 100 cm.	-si +al -fn -c +alk
100 - X	-si -al -fn +c +alk

do aproximadamente el triple de los valores de las demás regiones. Estos resultados explican y confirman los obtenidos por Pantoja (37), en el fraccionamiento del fósforo para la zona de clima medio del Departamento de Hariso, quien señala la mayor riqueza relativa de fósforo en las proximidades de dicho volcán (San José de Albán y San Pablo), mientras que la cuenca del río Guátara es particularmente pobre en dicho elemento.

Como se dijo anteriormente, las deposiciones que contienen más sílice corresponden al volcán Doña Juana. En consecuencia, los suelos que de él se derivan tenderían a presentar buenas características físicas, predominando los andosoles vítreos. Por lo general, en las áreas dominadas por el Furacé y el Doña Juana hay mayor acumulación de potasio y sodio, mientras que en las zonas influenciadas por el Galoras y el Gumbal existe un predominio relativo de calcio.

Hipotéticamente se podría conceptuar que los suelos que más rápidamente se empobrecerán son los correspondientes a la región del Doña Juana, siempre y cuando no se presenten nuevas deposiciones volcánicas. Esto es debido más que todo a la abundancia de sílice en el perfil que le permite un buen drenaje, facilitan de la pérdida de nutrimentos por lixiviación. Por el

momento, está en mejores condiciones que las demás áreas estudiadas por la señalada abundancia relativa de fósforo; si a esto se le añade un buen manejo de los suelos en cuanto a la aplicación de fertilizantes, las zonas circundantes posiblemente no presentarían los mismos problemas que con éste elemento tendrían las regiones influenciadas por los volcanes Galeras, Cumbal y Puracó.

Es de anotar que dicha abundancia de fósforo es normal en las cenizas volcánicas, ya que de acuerdo a las últimas investigaciones, Bormeniza y Morales (9), señalan buenas cantidades de fósforo soluble en la erupción más reciente del volcán Irazú (Costa Rica).

En lo que respecta a la roca madre estudiada, de acuerdo a la Tabla XLV puede clasificarse petrográficamente como tobas andesíticas y punitas, y en base a los porcentajes de sílice, como rocas de tipo básico y neutro, acogiendo la clasificación propuesta por Chariguán (13). (Ver Apéndice).

Es posible que el alto contenido de sílice encontrado esté más influenciado por las diferentes deposiciones debidas a las erupciones antes que por la roca madre, máxime cuando la meteorización presente ha sido tan escasa.

TABLA XLV
ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LAS ROCAS MADRES ESTUDIADAS

Perfil	Densidad aparente gr./c.c.	Determinación petrográfica (*)	Contenido de SiO ₂	Clasificación en base al contenido de SiO ₂
PURACE I	2,4925	Toba andesítica	53,70%	Media o neutra
PURACE II	1,9080	Toba andesítica porfirítica	47,50%	Básica
GALERAS I	2,0592	Pumita	55,80%	Media o neutra
GALERAS II	2,4019	Vitrófiro (Toba vítrica)	48,17%	Básica
CUMBAL I	2,3785	Pumita compacta	63,24%	Media o neutra
CUMBAL II	2,3382	Pumita y andesita	52,67%	Media o neutra
DOÑA JUANA I	2,5577	Andesita	65,80%	Acida
DOÑA JUANA II	1,7446	Piedra pómez mezclada. Dacita porfirítica	60,00%	Media o neutra

(*) Información personal del Dr. Luis E. Mateus. Zona Minera de Pasto.

V CONCLUSIONES

1.- Meteorización incompleta es la característica general de los suelos derivados de cenizas volcánicas de los Departamentos del Cauca y Nariño.

2.- Los porcentajes de sílice en la alófana y los contenidos de vidrios volcánicos son altos en las cuatro regiones estudiadas, los cuales influyen notablemente para que las razones moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ sean altas.

3.- Los suelos volcánicos estudiados corresponden a formaciones jóvenes con poco desarrollo pedogenético, ya que las relaciones $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ y $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ son altas.

4.- Los factores de deslave encontrados son inferiores a 1, aunque no existen procesos de laterización en ninguno de los sitios investigados.

5.- Debido a la heterogeneidad de los materiales volcánicos estratificados y a la juventud de los suelos estudiados, no se puede afirmar la existencia de deslave.

6.- De las cuatro regiones volcánicas estudiadas, el área influenciada por el volcán Doña Juana presenta los mayores porcentajes de fósforo.

7.- Los suelos correspondientes a las zonas de influencia de los volcanes Cumbal y Galeras tienen mayor grado de meteorización que los del Puracé y Doña Juana.

8.- La roca madre puede clasificarse petrográficamente como tobas andesíticas y punitas, y según el contenido de sílice como del tipo básico y neutro.

VI RESUMEN

Esta investigación se efectuó sobre determinaciones de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , P_2O_5 , H_2O , Na_2O , K_2O , MgO y CaO , sus relaciones correspondientes, obtención de los índices de Niggli y factores de deslave, y clasificación tentativa del tipo de roca madre, en 200 perfiles seleccionados de cuatro regiones volcánicas del sur de Colombia: Puracé (Cauca), y Galeras, Cumbal y Doña Juana (Nariño).

En todos los suelos se encontraron altos porcentajes de SiO_2 y por consiguiente, las relaciones $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ son bastante amplias.

Estos suelos tienen poco desarrollo genético, no presentan indicios seguros de deslave y la roca madre predominante puede clasificarse como tobas andesíticas y punitas, del tipo básico y neutro.

SUMMARY

This investigation was carried out for determining SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , P_2O_5 , TiO_2 , Na_2O , K_2O , MgO and CaO , their corresponding relations, obtainment of Niggli's indexes and leaching factors, and a tentative classification of the parent material at eight selected profiles on four volcanic regions, in the southern of Colombia: Puracé (Cauca), and Galeras, Cumbal and Doña Juana (Nariño).

High percentages of SiO_2 were found in the totality of soils, and consequently the relations $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ are quite extensive.

These soils have rather genetic growth, they don't show sure leaching traces and the predominant parent material can be classify as andesites tufas and pumices, of the basic and neutral pattern.

VII BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, N. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de México. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO-IICA. Turrialba, Costa Rica. A.6. 1969.
2. AMEZQUITA, E. y C. FIGUEROA. Estudio de sesquióxidos y sus relaciones moleculares en suelos de Nariño. Tesis de Grado. (No publicada). ITA. Universidad de Nariño. Pasto. 66p. 1970.
3. AUBERT, G. Le sols lateritiques. In International congress of soil science 5th Leopoldville. Transac. Bruxelles. pp.103-118. 1954.
4. BABOR, J. and A. LEHRMAN. General college chemistry. 3rd. ed. Thomas and Crowell. New York. 800p. 1953.
5. BEAR, F. E. Chemistry of the soil. 2nd. ed. Reinhold. New York. 515p. 1965.
6. BESGAIN, E. Mineralogía de las arcillas de suelos de cenizas volcánicas de Chile. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO-IICA. Turrialba, Costa Rica. B.1. 1969.

7. BIRRELL, K. S. and M. FIELDS. Allophane in volcanic ash soils. Jour. Soil Sci. 3: 157-166. 1952.
8. BLASCO, M. Propiedades químicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Nariño, Colombia. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO-IICA. Turrialba. Costa Rica. B.S. 1969.
9. BORNEMISZA, E. and C. MORALES. Soil chemical characteristics. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 528-530. 1969.
10. BRUNHS, W. Elementos de mineralogía. Trad. por Rafael García Díaz. UTEHA. México. 546p. 1968.
11. _____ y P. RAMDOHR. Petrografía. 2a. ed. UTEHA. México. 125p. 1965.
12. BUCKMAN, H. O. y N. C. BRADY. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. por R. Salord Barceló. UTEHA. México. 590p. 1966.
13. CHARIGUIN, M. M. Geología general. Trad. por Andrés Fierro Menu. Grijalbo. Barcelona. 426p. 1964.
14. DANES, T. W. The soils of east central Java. Bogor. Java. 155p. 1955.

15. DANIEL, H. Nociones de geología y prehistoria de Colombia. Bedout. Medellín. 360p. 1948.
16. DE LA CAMARA, M. Manual de geología. 3a. ed. Manuel Marín. Barcelona. 374p. 1958.
17. EGAWA, T. Mineralogical properties of volcanic ash soils in Japan. Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. FAO. Rome. Report No. 14. 1945.
18. FLACH, K. El uso de la 7a. aproximación para la clasificación de los suelos de cenizas volcánicas. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO-IICA. Turrialba. Costa Rica. A.7. 1969.
19. GARCIA, B. Estudio sobre el potasio en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño. Tesis de Grado. (No publicada). ITA. Universidad de Nariño. Pasto. 98p. 1969.
20. HOLMES, A. Geología física. 3a. ed. Trad. por Rafael Candel y Joaquina Conas de Candel. Omega. Barcelona. 512p. 1960.
21. HUBACH, E. y B. ALVARADO. Exploración de la región del Puracé. Ministerio de Minas y Petróleos. Servicio Geológico Nacional. Informe No. 243. 53p. 1932.

22. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos. Trad. por José Beltrán Martínez. Omega. Barcelona. 662p. 1964.
23. JENNY, H. Factors of soil formation; a system of quantitative pedology. McGraw-Hill. New York. 281p. 1941.
24. JOFFE, J. S. Pedology. 2nd. ed. Prentice-Hall. New Jersey. 662p. 1949.
25. KLOCKMANN, F. y P. RAMDOHR. Tratado de mineralogía. 12a. ed. Trad. por Francisco Pardillo. Omega. Barcelona. 702p. 1947.
26. MALDONADO, F. Conferencias de geología. IICA. Turrialba. Costa Rica. (Mimeografiado). 178p. 1969.
27. MARTINI, J. A. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas en Centroamérica. III Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO-IICA. Turrialba. Costa Rica. A.5. 1969.
28. McCONAGHY, S. Distribución geográfica y características de los suelos de cenizas volcánicas de las Antillas. II Panel sobre suelos derivados de co-

- nizas volcánicas de América Latina. FAO-IICA.
Turrialba. Costa Rica. A. 4. 1969.
29. MEGYESI, I. Estudios sobre los depósitos de azufre en la mina de El Vinagre, Puracé. Bogotá. Ministerio de Minas y Petróleos. Servicio Geológico Nacional. Informe No. 1424. 51p. 1962.
30. MEJIA, G., H. KOHNKE and J. L. WHITE. Clay mineralogy of certain soils of Colombia. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 665-670. 1968.
31. MELA, P. Tratado de edafología y sus distintas aplicaciones. 2a. ed. Agrociencia. Zaragoza. 615p. 1963.
32. MOHR, E. C. J. The soils of ecuatorial regions. J. W. Edwards. Michigan. 766p. 1944.
33. _____ and F. A. VAN BAREN. Tropical soils. Interscience. London. 498p. 1954.
34. MORET, L. Précis de géologie. 2éme. ed. Masson. Paris. 675p. 1958.
35. OPPENHEIM, V. The volcano of Puracé. Amer. Jour. Sci. 248: 171-205. 1950.
36. ORDÓÑEZ, H. Estudio sobre el potasio en algunos suelos del Altiplano de Pasto. Tesis de Grado. (No

- publicada). ITA. Universidad de Nariño. Pasto. 114p. 1969.
37. PANTOJA, C. Fraccionamiento del fósforo en algunos suelos de clima medio en el Departamento de Nariño. Tesis de Grado. (No publicada). ITA. Universidad de Nariño. Pasto. 111p. 1969.
38. PIRSSON, L. V. Rocks and rock minerals. 3rd. ed. John Wiley. New York. 349p. 1961.
39. PRESCOTT, C. B. and R. L. PENDLETON. Laterite and lateritic soils. C. A. B. London. 52p. 1952.
40. RADELLI, L. Géologie des andes colombiennes. Grenoble. Mémoires No. 6. 457p. 1967.
41. RAMIREZ, J. E. Los volcanes de Colombia; siete tienen historia de grandes erupciones. El Espectador. Magazine Dominical. Bogotá. Abril 14. 16p. 1968.
42. RODRIGUEZ, I. Estudios geográficos sobre el Departamento de Nariño. Imprenta Departamental. Pasto. 388p. 1959.
43. ROJAS-CRUZ, L. A. and I. BARSHAD. A pedology study of a podzol soil profile from the equatorial region of Colombia, South America. Soil Sci. 70: 221-236. 1950.

44. SAENS, M. A. Suelos tropicales. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Serie Textos No. 150. 230p. 1966.
45. SCHAUFELBERGER, P. Apuntes geológicos y pedológicos de la zona cafetera de Colombia. Tomo I-Suplemento. Cenicafé. Chinchiná. 238p. 1962.
46. SWINDALE, L. D. Propiedades de los suelos de cenizas volcánicas. III Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO-IICA. Turrialba. Costa Rica. B.10. 1969.
47. UNITED FRUIT COMPANY. Examination of tropical soils. Bull. No. 3. 594p. 1918.
48. ZAMBRANO, D. H., L. BRASO y W. NICHOLLS. Atlas agrológico del Departamento de Nariño. Tesis de Grado. (No publicada). ITA. Universidad de Nariño. Pasto. 257p. 1969.

TABLA I

CLASIFICACION DE LAS ROCAS IGNEAS POR EL CONTENIDO
DE SILICE, SEGUN M. CHARIGUIN (13).

TIPO	SiO ₂
Ultrabásica	más del 75%
Acida	65 - 75%
Media o neutra	52 - 65%
Básica	40 - 52%
Ultrabásica	menos del 40%

TABLA II

FORMULAS UTILIZADAS EN EL METODO DE JACKSON (22), PARA CALCULAR EL PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES OXIDOS ESTUDIADOS

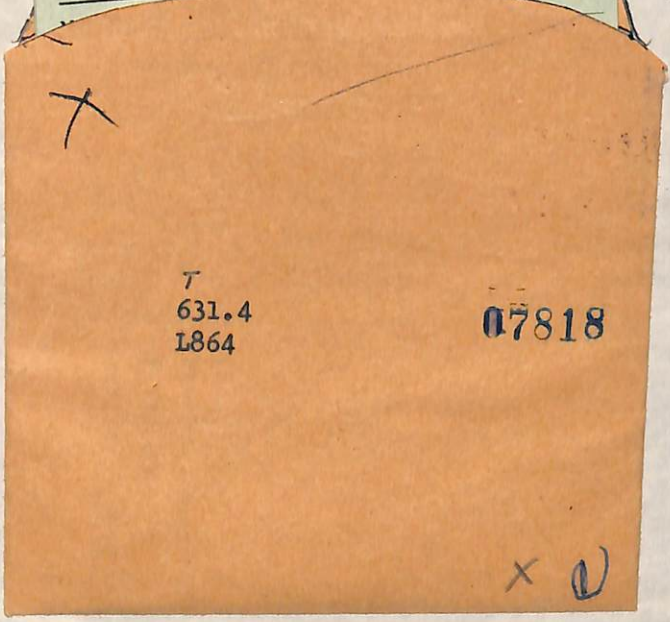
POSFORO:	p.p.m. de P en solución \times 0,01375 (100 + Pw) = % P_2O_5 (volumen final 12 ml.)	
CALCIO:	p.p.m. de Ca en disolución "B" \times 0,004664 (100 + Pw) = % CaO	!
SODIO:	p.p.m. de Na en disolución "B" \times 0,004493 (100 + Pw) = % Na_2O	N
POTASIO:	p.p.m. de K en disolución "B" \times 0,004015 (100 + Pw) = % K_2O	!
MAGNESIO:	meq./litro de Mg \times 0,01344 (100 + Pw) = % MgO	
ALUMINIO:	microgramos de Al en solución \times 0,0125996 (100 + Pw) = % Al_2O_3 (volumen final 50 ml.)	
HIERRO:	ml. de $KMnO_4$ 0,05N \times 0,15306 (100 + Pw) = % Fe_2O_3 % Fe_2O_3 \times 0,8998 = % FeO	
TITANIO:	miligramos de Ti \times 0,07573 (100 + Pw) = % TiO_2 (volumen final 100 ml.)	

22 OCT. 1972

T
631.4
L864

López Iragori, Tiberio.⁷⁸¹⁸
Algunas consideraciones....

		VENGE
NOMBRE	Roberto Uchale Cordoba	1/21
No. del Carnet	0475	
NOMBRE	ANALIZADA	8
No. del Carnet	8231031	1/27/12



T
631.4
L864

07818

X 0