

MINERALOGIA, MICROMORFOLOGIA Y GENESIS DE LOS PRINCIPALES SUELOS
EN LA TOPOSECUENCIA (T₁-T₄): RIO CHAMA-SAN JUAN DE LAGUNILLAS
EDO. MERIDA-VENEZUELA

Dimas Malagon Castro

CIDINT

El Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT) fue establecido en el año 1964 mediante un acuerdo entre el Gobierno de Venezuela, la Universidad de Los Andes y la Organización de Estados Americanos (OEA).

Después de 10 años de operación y cumplido el proceso de transferencia, el CIDIAT pasó a ser un Centro Venezolano dirigido y administrado conjuntamente por el Gobierno de Venezuela y la Universidad de Los Andes.

Además, para sustentar las actividades del CIDIAT en países miembros de la OEA, se firmó un nuevo acuerdo que rige el denominado "Programa Interamericano" el cual se realiza conjuntamente por el CIDIAT como Institución Venezolana y la Secretaría General de la OEA.

MINERALOGIA, MICROMORFOLOGIA Y GENESIS DE LOS PRINCIPALES SUELOS
EN LA TOPOSECUENCIA (T_1-T_4): RIO CHAMA-SAN JUAN DE LAGUNILLAS
EDO. MERIDA - VENEZUELA

Serie: Suelos y Clima
Trabajo de Investigación
Nº RD-25

Dimas Malagón Castro

Trabajo presentado a las
DECIMAS JORNADAS AGRONOMICAS

Enero - 1979
MERIDA - VENEZUELA

INDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCION	11
REVISION BIBLIOGRAFICA	13
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	13
CLIMA	21
ZONA DE VIDA Y FORMACION VEGETAL	25
SUELOS	28
MATERIALES Y METODOS	36
A. METODOLOGIA DE CAMPO	37
B. METODOLOGIA DE LABORATORIO	64
Análisis micromorfológicos	64
Análisis mineralógicos	64
a. Fracción arenosa (100-150 μ)	64
b. Fracción limosa (2-50 μ)	65
c. Fracción arcillosa (<2 μ)	65
Análisis Químicos	66
RESULTADOS Y DISCUSION	68
CARACTERISTICAS QUIMICAS	68
CARACTERISTICAS FISICAS	77
MINERALOGIA DE LAS FRACCIONES LIMOSA (2-50 μ) Y ARCILLOSA (< 2 μ en diámetro)	83
MINERALOGIA DE ARENAS (100-150 μ)	98
A. FRACCION LIGERA	98
B. FRACCION PESADA	102
MICROMORFOLOGIA DE SUELOS	108
I. DESCRIPCION DE CARACTERISTICAS GENERALES	108
III. INTERPRETACIONES BASADAS EN LA MICROMORFOLOGIA DE LOS SUELOS	114
GENESIS DE SUELOS	129
A. PROCESOS GENERALES	133
B. PROCESOS ESPECIFICOS	136

INDICE GENERAL (continuación)

	Pág.
CONCLUSIONES	143
GENESIS DE SUELOS	143
TAXONOMIA	145
MINERALOGIA	146
MICROMORFOLOGIA	147
BIBLIOGRAFIA	151
A N E X O S	157

LISTA DE CUADROS

CUADRO		Pág.
1	Resumen selectivo de los materiales geológicos sobre los cuales se encuentran los suelos estudiados en el área San Juan-Lagunillas	16
2	Totales anuales, mensuales y promedios de precipitación (18 años) en la Estación Lagunillas	22
3	Balance Hidrológico, Zona El Estanquillo	23
4	Frecuencia de las Precipitaciones en Lagunillas.	25
5	Propiedades Químicas y de Fertilidad en los suelos estudiados de Lagunillas, Mérida.	70
6	Capacidad de Intercambio de Cationes y factores asociados, (Lagunillas, Mérida)	72
7	Análisis de salinidad en los suelos estudiados, (Lagunillas, Mérida)	74
8	Análisis de características químicas importantes en Génesis de Suelos, en el área estudiada (Lagunillas, Mérida).	76
9	Análisis textural (pipeta) de los suelos estudiados.	79
10	Mineralogía dominante en la fracción limosa (2-50 μ) de horizontes seleccionados en los Perfiles estudiados (Lagunillas, Mérida).	84
11	Mineralogía dominante en la fracción arcillosa (<2 μ) de los suelos estudiados (Lagunillas, Mérida).	89
12	Mineralogía de la fracción ligera (< 2.85 g/cc) en las arenas de los suelos estudiados en Lagunillas Edo. Mérida.	99
13	Mineralogía de la fracción densa (>2.85 g/cc) de las arenas en los suelos estudiados en Lagunillas, Edo. Mérida	100
14	Características micromorfológicas, cuadro sintético. Perfil 1. (Cambortid típico)	124

LISTA DE CUADROS (continuación)

CUADRO		Pág.
15	Características micromorfológicas, cuadro sintético. Perfil 2 (Paleargid típico).	125
16	Características micromorfológicas, cuadro sintético. Perfil 3 (Haplargid típico).	129
17	Características micromorfológicas, cuadro sintético. Perfil 4 (Cambortid típico).	127
18	Características micromorfológicas, cuadro sintético. Perfil 5 (Natrargid típico).	128

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Geología y Materiales en la zona estudiada	15
2	Balance Hidrológico, parámetros y criterios involucrados	24
3	Balance Hídrico para San Juan de Lagunillas, en base a vegetación mesofítica	26
4	Balance Hídrico para San Juan de Lagunillas, en base a vegetación xerofítica	27
5	Estabilidad estructural al agua de horizontes seleccionados en los Suelos estudiados en Lagunillas, Edo. Mérida.	80
6	Variación en el Perfil de los Porcentajes de arcillas, carbonatos y óxidos libres de hierro.	81
7	Difractogramas de la fracción limosa en los Perfiles 1, 2 y 3. Lagunillas Edo. Mérida	85
8	Difractogramas de la fracción limosa en los Perfiles 4 y 5. Lagunillas Edo. Mérida	86
9	Difractogramas de la Fracción Arcillosa del Perfil 1 (Cambortid), Lagunillas Edo. Mérida	90
10	Difractogramas de la Fracción Arcillosa del Perfil 2 (Paleargid), Lagunillas Edo. Mérida	91
11	Difractogramas de la Fracción Arcillosa del Perfil 3 (Haplargid), Lagunillas Edo. Mérida	92
12	Difractogramas de la Fracción Arcillosa del Perfil 4 (Cambortid), Lagunillas Edo. Mérida	93
13	Difractogramas de la Fracción Arcillosa del Perfil 5 (Natrargid), Lagunillas Edo. Mérida	94
14	Curvas de ATD en muestras seleccionadas de Horizontes en los Perfiles Estudiados (Lagunillas)	17
15	Relación Cuarzo: Feldespatos en Ortid (línea continua) y Argid (línea discontinua) en algunos suelos de Lagunillas, Edo. Mérida.	105

LISTA DE FIGURAS (continuación)

FIGURA		Pág.
16	Relación de Minerales estables a inestables en Ortid (línea continua) y Argid (línea discontinua) en algunos suelos de Lagunillas, Edo. Mérida.	105
17	Fluctuaciones climáticas durante los últimos 400.000 años, de acuerdo a Foraminíferos de medios fríos o cálidos.	131
18	Modelo general seguido en Estudios sobre Génesis y Evolución de Suelos.	137

LISTA DE MAPAS

	Pág.
Mapa Geológico	19
Mapa Geomorfológico	20
Mapa de Estudio Agrológico semidetallado, Sector Lagunillas, La Mesa (Estado Mérida).	34

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación en la región limitada por San Juan-Lagunillas-Río Chama, del Estado Mérida, tiene por objetivo principal caracterizar mineralógica, micromorfológica y genéticamente los perfiles modales de suelos presentes en las terrazas, de edad creciente, en la zona.

La zona estudiada representa parte del área semiárida potencialmente productiva y que constituye su mayor recurso económico bajo condiciones de riego, zona, por otra parte, asiento de poblaciones agrícolas desde tiempos precolombinos; además, debido a los procesos erosivos este sector de la Cuenca del Chama aporta la mayor cantidad de sedimentos al Río Chama, proceso que necesariamente afecta las tierras bajas y regadas por él.

La cercanía de la zona a centros de consumo tal como la bella ciudad de Mérida hace necesario y justifica estudios básicos de caracterización con el fin de conocer el medio de producción, estas tareas abarcan diferentes metodologías, según el interés y especialidad de los ejecutantes, se centran en el cuerpo del perfil y en su contexto genético en la agrogeología (pedología) o en su relación edáfica superficial (edafología), el primer enfoque es el que se ajusta a la presente investigación.

La génesis de los suelos, a pesar de constituir una rama relativamente reciente dentro de la Ciencia del Suelo, se apoya en el estudio de los Factores y Procesos formativos que explican su morfología; la aproximación a este conocimiento tiende modernamente a evaluaciones cuantitativas con la ayuda de la mineralogía y micromorfología de los mismos, esta metodología es la seguida en la presente investigación.

El presente trabajo se llevó a cabo en CIDIAT, durante la misma colaboración varias personas e instituciones, entre estas últimas especialmente la Universidad de los Andes a través del Laboratorio de Suelos del Departamento de Geografía. Se agradece a Edgar Romero la ayuda prestada en el trabajo de campo y a Guido Ochoa y Jorge Pereira (ULA), en los análisis especiales, difractome

tría, a Rubén R. Llinás (U.N) (Análisis de arenas), Abdón Cortés, Fabio Garavito y Carlos Pulido (IGAC) y Victor M. Posso (UJTL).

Se agradece también la colaboración de Antonio Ramírez en la elaboración de los dibujos y a la Sra. Carmen A. Trejo de Calderón en la labor mecanográfica.

REVISION BIBLIOGRAFICA

La revisión bibliográfica que se presenta a continuación está fundamentada en los trabajos que previamente se han realizado sobre la caracterización del me dio físico en la zona de San Juan-Lagunillas.

El conocimiento de estos factores permite definir el marco de referencia dentro del cual evolucionan los suelos y explican sus principales características físicas, químicas y morfológicas.

El orden en el cual se resumen los principales aspectos mencionados es: Geolo gía y Geomorfología, Clima, Zonas de Vida y por último los Suelos de la zona.

GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA.

El objetivo propio de la presente investigación determina que los diferentes aspectos geológicos y geomorfológicos sean esenciales; a continuación se presenta una revisión de conceptos seleccionados para comprender la discusión que posteriormente se hace sobre la caracterización y génesis de los suelos en la zona.

1. De acuerdo con Martínez (1963), la zona forma parte de una "fosa tectónica" cuyo límite sur lo constituye la falla por donde corre el Río Chama y en donde el extremo norte reside en el páramo de "El Tambor".

En dicha fosa, formada en diversos períodos geológicos siendo el más reciente la época pleistocénica, se pueden observar innumerables fallas en escalón, paralelas a la mayor y con dirección aproximada este-oeste o perpendiculares a ellas, dichas fallas, con períodos de actividad relativamente recientes, han influido en la actividad erosiva de la zona de te rrazas.

La edad de los sistemas de fallas, actualmente activos, es mayor en la zona por donde corre el Río Chama, continúan las fallas perpendiculares

a ella y por último las denominadas "terciarias", cortas y con dirección noreste-sureste.

2. Las principales formaciones y su litología correspondiente se han resumido en el Cuadro 1 y en la Figura 1, basadas en los estudios de Martínez (1963), Tricart (1963) y Castillo (1963), haciendo énfasis en los aspectos de importancia pedológica.

En estas figuras y cuadros se muestra la posición relativa (Corte transversal Norte-Sur) de las principales unidades estructurales, su composición petrográfica y mineralogía correspondiente; estos datos constituyen fuente muy valiosa para la caracterización de suelos en las zonas áridas y semiáridas.

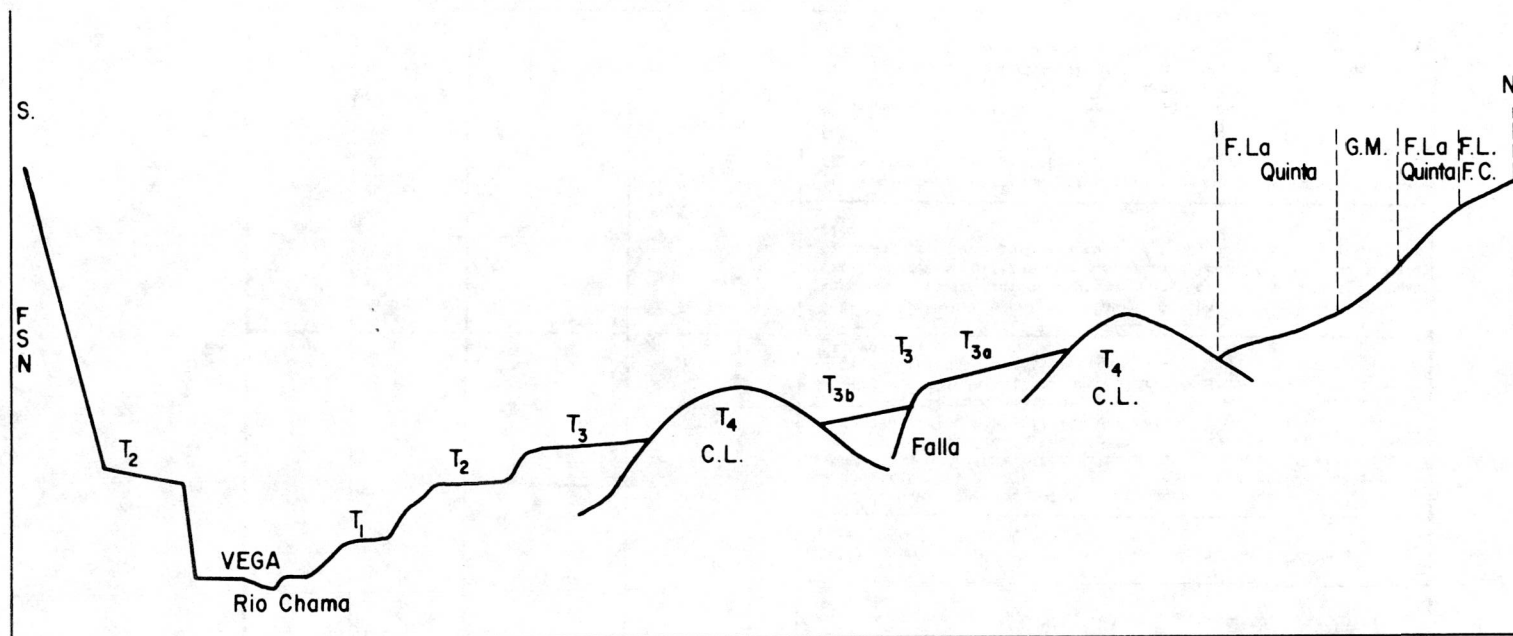
3. La zona estudiada representa un mecanismo predominante de acumulación con relativamente bajo poder de morfogénesis, herencia estructural (terrazas) e influencia coluvial asociada a la mayor actividad de las regiones montañosas colindantes.

Araujo, et al (1977) han definido para la región Lagunillas-La Mesa unidades que han agrupado como cono-terrazas, lavas torrenciales y vertientes. Entre ellas prevalecen para la zona que interesa las formas de acumulación representadas por las terrazas y cono-terrazas, unidades que se han caracterizado desde las T1 hasta las T4.

Las terrazas se han formado asociadas al efecto de oscilaciones climáticas durante el Cuaternario, diferenciándose una acumulación de otra por magnitud de la misma y la incidencia tectónica, erosiva y coluvial sobre ellas.

El menor levantamiento de la fosa media del Chama, en relación con bloques vecinos, determinó las facilidades de acumulación de materiales, posteriormente cortados y dislocados. El mayor aporte detrítico corresponde a las terrazas T3 y va disminuyendo con las más recientes (T2 y T1).

GEOLOGIA – MATERIALES ORIGINARIOS



15

LEYENDA

- F.L. = Formación la Luna
- F.C. = Formación Colón
- T₁ - T₂ - T₃ - T₄ = Terrazas
- C.L. = Conglomerado Lagunillas
- G.M. = Grupo Mucuchachi
- F.S.N. = Formación Sierra Nevada

Corte transversal esquemático Norte-Sur
Sector Chama Medio

(tomado de: Tricart. Estudio Integral de la Cuenca del Chama)

FIGURA. 1 - GEOLOGIA Y MATERIALES ORIGINARIOS EN LA ZONA ESTUDIADA -- Tomado de Castillo B, J. 1963
EDAFOLOGIA (pag. 242) EN ESTUDIO INTEGRAL DE LA CUENCA DEL CHAMA. Universidad de Los Andes. Tomo II 1963

Cuadro 1. Resumen selectivo de los materiales geológicos sobre los cuales se encuentran los suelos estudiados en el Area San Juan-Lagunillas. Tomado, con modificaciones, de Castillo (1963).

Era	Período	Epoca	Estratigrafía	Materiales y Características
Cenozoica	Cuaternario	Reciente	Playas-Vegas	Gravas y arenas aluvionales-Morfología no diferenciada
		Pleistoceno	T ₁	Arenas y gravas aluvionales heterogéneas y mal estratificadas. Con estratificación local que sugiere sedimentación periódica de flujos de barro cargados de peñones desde las laderas hasta los valles. Terrazas inclinadas y falladas. Cono-terrazas de composición variable de acuerdo al origen del material coluvial.
			T ₂ - T ₃	
Terciario		T ₄		
		Plioceno sup.		Depósito aluvional antiguo integrado de material grueso con arcillas, arenas y arcillas arenosas. Conglomerado con fragmentos de rocas cristalinas y metamórficas de los grupos Iglesias y Mucuchachí.
Mesozoica	Cretácico	Inferior	For. Aguardiente	Calizas delgadas intercaladas con lutitas y capas de areniscas marinas, presencia de micas, calcita, glauconita, yeso, pirita y limonita.
	Jurásico		For. La Luna	Calizas gris oscuro o negro laminadas y lutitas calcáreas y oscuras. Presencia de fosfatos.
	Triásico		For. La Quinta	Capas de conglomerados rojos y areniscas de grano medio, grueso conglomeráticas, arcosas, duras con capas intercaladas de argilitas rojas y macizas. Los feldespatos, biotita, clorita, muscovita y demás silicatos que forman parte de las areniscas y con glomerados rojos han influido una meteorización intensa debido a las condiciones climáticas. Sedimentos clásticos en general y de origen continental, dominan coloraciones rojizas, vino tinto y, en algunos casos (limolitas, areniscas), verdosas y grises. Mat. volcánico.
Paleozoica	Pérmico		Facies Marina (Palmarito)	Lutitas laminadas y calizas (facies marina) En general la formación comprende conglomerados y areniscas cuarcíticas, meta-argilitas con muscovita orientada, calizas; coloraciones gris claro, pardo verdoso y tonos parduzcos (por alteración).
	Carbonífero		For. Mérida	Areniscas conglomeráticas gruesas. Predominio de tonos púrpura a rojos (facies continentales).
	Cámbrico Devónico		Facies Continental (Mérida) Mucuchachí	Sedimentos metamorfizados. Gneises esquistosos, esquistos gneisoides, muscovíticos y cloríticos en algunos casos, cuarcitas, filitas, en algunos casos piritosas, diques pegmatíticos. Conglomerados con fragmentos de gneises, cuarcitas, granitos.
Precámbrico	Superior		For. Sierra Nevada	Gneises de grano grueso, esquistos gneisoides con biotita, muscovita, piroxenos, algunos feldespatos y cuarzo como minerales componentes.
			Grupo Iglesias	Esquistos micáceos y cloritosos de color verde y gneises cuarzosos y biotíticos. Gneises porfídicos (con ortoclasa o microclina en unos casos y con plagioclasas en otros). augen-gneis.

Por otra parte el llamado "Conglomerado de Lagunillas" presenta características diferentes ya que se trata de capas detríticas más antiguas (Villafranquense, transición Plioceno-Cuaternario), las cuales han sufrido en mayor proporción los efectos tectónicos, erosivos y climáticos.

4. De acuerdo a Tricart (1963) las "capas aluviales" se agrupan en cuatro series dentro de las cuales la más antigua (Conglomerado de Lagunillas) se diferencia de las demás en cuanto a su posición geomorfológica, materiales que la integran y evolución sufrida.

El Conglomerado de Lagunillas, sitio donde se ubica el Perfil 5 (Natrargid típico) presenta varias características que influyen sobre la génesis de suelos, tales como:

- a. Predominio de rocas cristalinas sobre esquistos paleozoicos (grupo Mucuchachí) y areniscas y cuarcitas de la Formación La Quinta. Los materiales están desgastados y, para la zona de estudio, presentan menos de 15 cms. en diámetro.
 - b. Formación en un clima más seco que el actual, en algunas regiones de la cuenca, y bajo la acción de un período de paroxismo tectónico.
 - c. Las capas de arenas y arcillas provienen de la erosión de formaciones "del tipo Latosol".
 - d. El Río Chama, en el momento de esta acumulación, tenía su curso aproximadamente por la actual zona de San Juan y Lagunillas.
5. Tricart (1963) anota, en cuanto a la formación de las terrazas, los siguientes planteamientos:
 - a. Las terrazas se formaron por la acción repetida de grandes lluvias las cuales provocaron deslizamientos enormes y coladas de barro, en consecuencia su mecanismo formativo se asocia con causas climáticas.

- b. Las terrazas (T1, T2 y T3) posteriores en formación al Conglomerado de Lagunillas se han formado en condiciones muy similares y cuyas diferencias son de orden cuantitativo más que cualitativo, ya que su volumen disminuye con el tiempo (la T3 alcanza espesores de 100-150 ms).

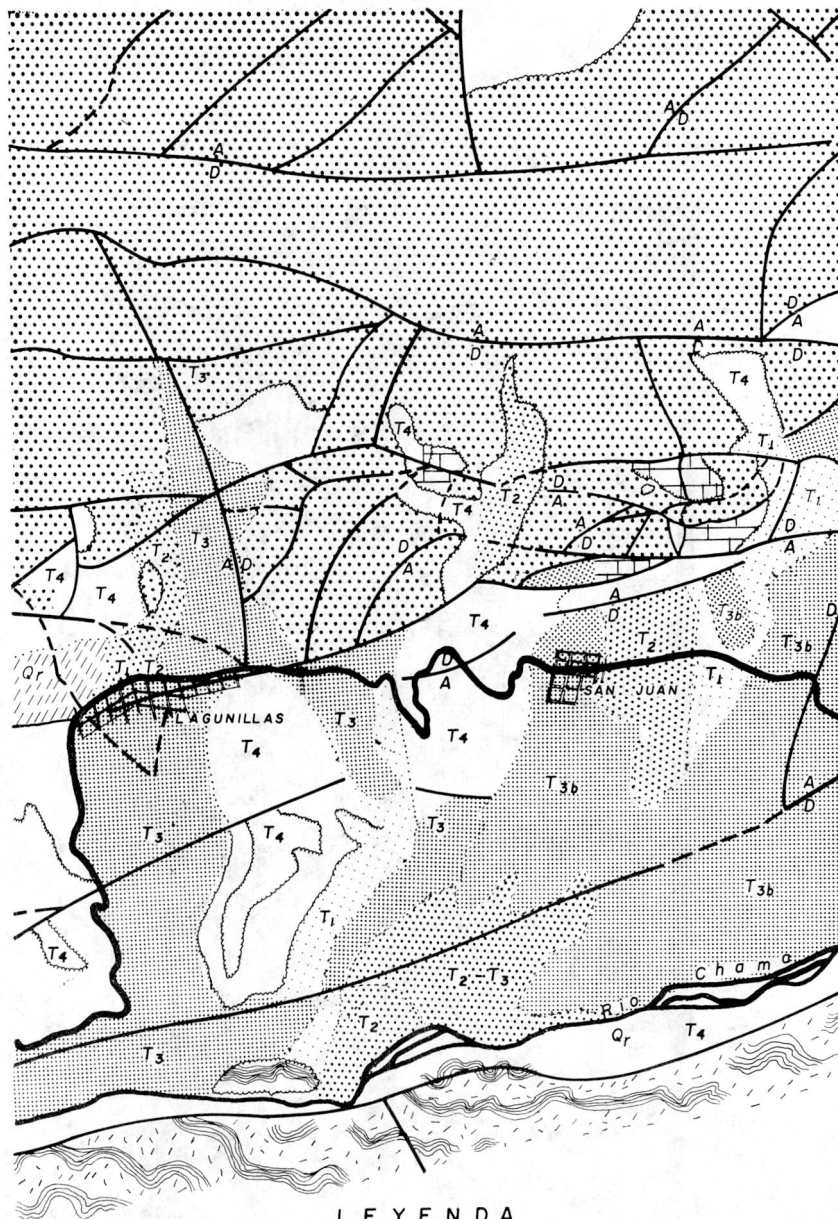
La terraza T3 ha sido influida por el aporte de materiales asociados a la acción de Conos, su notación en el mapa geomorfológico es T3-a para el más antiguo y T3-b para el más reciente.

6. Los fenómenos antrópicos, climáticos y tectónicos han definido influencias determinantes en el aspecto geomorfológico y pedológico.

Desde hace más de cuatro siglos existe sobre la zona la acción de establecimientos humanos, inicialmente indígenas y después españoles, los cuales por medio de la explotación, sobreexplotación (sobrepastoreo) y acción del ganado menor han actuado drásticamente sobre el paisaje.

La tectónica ha influido a través de su manifestación (fallas) ocasionando efectos muy variables: fomento de erosión, fragmentación de rocas, basculamiento estructural, etc.

El escurrimiento difuso, proceso generalizado, se manifiesta de dos maneras, poco intenso e intenso, en el primer caso no entraba la pedogénesis y no destruye los suelos, siendo estos de más de 10 cms de espesor, en el segundo caso los suelos tienden a desaparecer, se forma un pavimento por eliminación de las fracciones finas y la pedogénesis es incipiente. En opinión del autor comentado "el sistema morfogénético actual asocia una pedogénesis moderada a una intensa acción de escurrimiento, difuso donde la cubierta vegetal se mantiene bien y donde las pendientes no son muy fuertes y concentrado desde el momento en que el escurrimiento de hilos de agua se acelera".

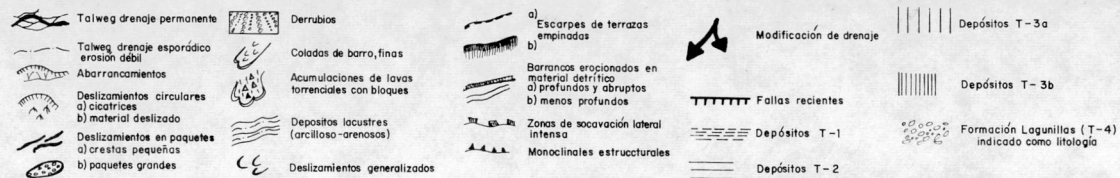


LEYENDA

Qr	Reciente	T4	Terraza 4	Depositos Lacustres
T1	Terraza 1	K-G, C, G, Km, Kt	Cretaceo medio inferior	Fallas Reconocidas
T2	Terraza 2	PE-SN?	Fm Sierra Nevada?	Fallas Asumidas
T3	Terraza 3	PE I	Grupo Iglesias	Contactos
				Discordancia

MAPA GEOLOGICO

TOMADO DE : MARTINEZ., (1963)
 ESCALA : 1 : 50.000



MAPA GEOMORFOLOGICO

TOMADO DE : TRICART, (1963)

ESCALA : 1:25.000

CLIMA

El clima actual de acuerdo a Köppen (1954) puede clasificarse como BSwh* y de acuerdo a la opinión de Croizat, (1954) citado por Cárdenas (1963), data del Mioceno o del Plioceno, en base a su composición florística. En el cuadro 2 se presenta el promedio y totales anuales y mensuales de precipitación, durante el lapso 1950-1967, para la zona de Lagunillas (8°30' latitud N y 71°23' longitud W) y en la Figura 2 y cuadro 3 está representado el balance hidrológico para la zona del Estanquillo (8°31' latitud N y 71°22' longitud W). Estas dos zonas definen las condiciones climáticas para los perfiles estudiados; además, la zona del campo experimental El Estanquillo empieza a caracterizar el cambio hacia el régimen más húmedo de la zona de Ejido (9 meses de sequía aproximadamente contra 6, respectivamente).

En las Figuras 3 y 4 se presentan balances hidrológicos e hídricos, estos últimos incluyendo coeficientes que afectan el valor de la evaporación de la tina, acordes con el principio bastante difundido (Norero, 1969, Norero et al, 1972, Pierce, 1958, Soil Taxonomy, 1975), según el cual a medida que la humedad del suelo disminuye la evapotranspiración también lo hace, especialmente a medida que se alcanzan niveles cercanos al punto de marchitamiento.

En la Figura 2 se presentan estimaciones gráficas para mostrar la variación en el balance a medida que se afecta con varios coeficientes el valor de evaporación de la tina, además, se muestra el balance hídrico completo y la distribución de la temperatura ambiental durante el año. Este último aspecto define un régimen isohipertérmico, especialmente al considerar para la temperatura edáfica un incremento de 2-2,3°C (Steegmayer, 1977); de acuerdo a Comerma et al, (1978) aproximadamente 5.6°C para la zona de Mérida.

El régimen de humedad estimado para los suelos bajo estudio corresponde al arídico (Soil Taxonomy, 1975) ya que está seco la mitad o más de los meses cuando la temperatura es mayor de 5°C y no se presenta húmedo por 90 días consecutivos.

* BS=P<2t+28; además la estación más seca es en invierno (w) y la temperatura anual promedia es superior a 18°C (h).

Cuadro 2. Totales anuales, mensuales y promedios de precipitación (18 años) en la Estación Lagunillas

Nombre de la Estación Lagunillas													
PE	TE	SERIAL	EDO	DH	LATIT.	LONG.	INST.	FLIM					
CP	PC	3055	MF	2	08-30	71-23	12-43	D8-68					
TOTALES MENSUALES Y ANUALES DE PRECIPITACION-MM													
AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
50	71,0	22,0	,0	34,0	94,0	54,0	32,0	63,0	44,0	34,0	41,0	42,0	531,0
51	42,0	15,0	15,0	59,0	121,0	70,0	-	58,0	24,0	73,0	-	14,0	-
52	0,0	0,0	10,0	75,0	40,0	62,0	-	-	-	-	38,0	33,0	-
53	0,0	1,0	25,0	40,0	58,0	55,0	2,0	11,0	32,0	24,0	68,0	32,0	348,0
54	18,0	3,0	0,0	18,0	71,0	65,0	52,0	36,0	25,0	109,0	91,0	92,0	580,0
55	0,0	6,0	13,0	71,0	31,0	68,0	46,0	46,0	44,0	104,0	35,0	35,0	499,0
56	52,0	19,0	44,0	58,0	49,0	23,0	-	63,0	45,0	41,0	28,0	62,0	-
57	0,0	0,0	0,0	4,0	78,4	18,5	43,0	1,0	23,0	46,0	22,0	0,0	235,9
58	0,0	0,0	0,0	0,0	52,0	26,0	56,0	16,0	46,0	76,0	9,0	10,0	291,0
59	5,0	9,0	0,0	81,0	31,0	33,0	57,0	31,0	76,0	31,0	22,0	0,0	376,0
60	41,0	45,0	30,0	33,0	47,0	97,0	11,0	38,0	59,0	168,0	46,0	21,0	636,0
61	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	41,0	71,0	6,0	76,0	78,0	78,0	0,0	369,0
62	0,0	0,0	0,0	9,0	36,0	49,0	27,0	80,0	66,0	44,0	63,0	34,0	408,0
63	30,0	0,0	12,0	77,0	115,0	10,0	15,0	34,0	51,0	60,0	78,0	0,0	482,0
64	0,0	3,0	0,0	38,0	75,0	94,0	117,0	28,0	36,0	72,0	15,0	3,0	481,0
65	1,2	3,4	2,1	15,0	77,6	30,0	28,8	64,9	80,1	109,5	71,8	1,7	486,1
66	0,0	5,5	17,4	9,9	44,9	44,8	31,6	62,2	56,0	141,1	75,5	69,5	558,4
67	0,0	0,0	2,6	69,6	12,6	59,0	56,8	9,9	57,6	85,6	23,8	6,5	384,0
Media	14,5	7,3	9,5	39,5	57,4	50,0	43,1	38,1	49,5	76,2	47,4	25,3	457,7*
Porc.	3,2	1,6	2,1	8,6	12,5	10,5	9,4	8,3	10,8	16,7	10,3	5,5	

* De acuerdo con Perrin, 1963, la desviación estándar es de 176,2 mm (Cálculo de 6 años), el mismo presenta una precipitación promedio para Lagunillas de 586,4 mm (Promedio de 6 años).

Cuadro 3. Balance Hidrológico, zona El Estanquillo (8°31' latitud N y 71°22' longitud W), 1100 m.s.n.m.

Parámetros	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTALES
Precipitación (p mm)	27,4	10,2	24,2	77,9	80,0	33,1	29,6	46,2	82,9	72,5	40,8	29,2	554,0 mm
Precipitación Efectiva (P mm x 0,85)*	23,3	8,7	20,6	66,2	68,0	28,1	25,2	39,3	70,5	61,6	34,7	24,8	471,0 mm
Evapotransp. Potencial (EVTp. mm) Tina**	172,8	173,0	179,5	168,3	172,3	157,9	169,9	167,8	157,3	157,8	160,5	165,5	2002,6 mm
EVTp x 0,30(mm)	51,8	51,9	53,9	50,5	51,7	47,4	51,0	50,4	47,2	47,3	48,2	49,7	601 mm
P - (EVTp x 0,30)	-28,5	-43,2	-33,3	15,7	16,3	-19,3	-25,8	-11,1	23,3	14,3	-13,5	-24,9	-130,0 mm
EVT real	23,3	8,7	20,6	50,5	51,7	47,4	37,9	39,3	47,2	47,3	48,2	48,9	471 mm
Balance considerando almacenaje*** del suelo	0	0	0	15,7	32,0	12,7	0	0	23,3	37,6	24,1	0	0
Excedente mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperatura(°C)	21,4	21,3	22,2	22,6	22,6	22,6	22,4	22,4	22,4	22,4	22,1	21,4	X = 22,2°C

* En el caso del perfil 5, sobre el conglomerado de Lagunillas, la precipitación efectiva es mucho menor. El balance, en consecuencia, mostrará una sequía mayor.

** Se han realizado diferentes cálculos de la evapotranspiración potencial basados en diferentes fórmulas, Perrin, 1963, a continuación se resumen para la zona de Lagunillas: a) Turc = 1354 mm; b) Thornthwaite = 1054 mm; c) Tina: 2002,6 mm

*** Se parte de agua aprovechable de 7% en promedio; 1,4 g/cc de densidad aparente y 38,7 cms, de profundidad efectiva, en promedio, para los suelos estudiados; estos cálculos definen una capacidad de almacenamiento de 37,9 mm.

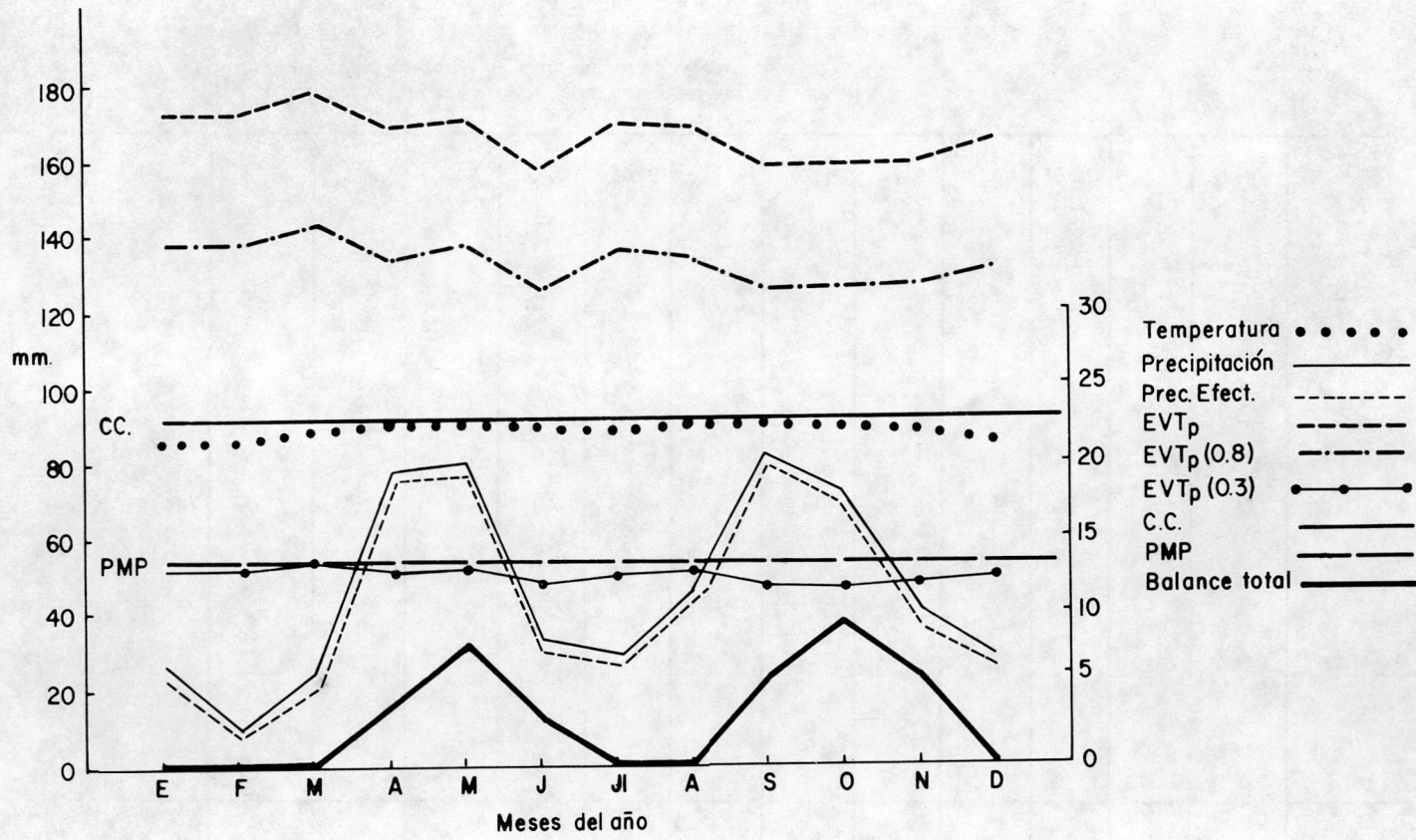


FIGURA 2 Balance hidrológico, parámetros y criterios involucrados

De acuerdo con Perrin (1963) cerca del 30% de las precipitaciones corresponden a aguaceros con intensidades de 20-40 mm, o mayores, bajo este fenómeno (Ver Cuadro 4), con excepción del perfil 5 y en general aquellos ubicados en el Conglomerado de Lagunillas se permite la infiltración del 70-90% de dicha precipitación; en el caso de los suelos en pendientes pronunciadas del Conglomerado de Lagunillas estos valores descienden a rangos del 50-60% o aún menos, 25-30%, para aguaceros torrenciales pero escasos.

Los comentarios anteriores explican la causa del fenómeno erosivo en la zona, a pesar de la deficiente precipitación.

Cuadro 4. Frecuencia de las Precipitaciones en Lagunillas. Tomado de Perrin, P. (1963).

Clases	Rango (mm)	Días	%
1	0,1 - 1,9	7	1,5
2	2,0 - 4,9	24	13,4
3	5,0 - 9,9	18	20,5
4	10,0 -19,9	15	35,2
5	20,0 -29,9	4	14,9
6	30,0 -39,9	2	9,3
7	40 y más	1	5,2

ZONA DE VIDA Y FORMACION VEGETAL.

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1978), para caracterizar las Zonas de Vida, el área donde se encuentran los perfiles estudiados corresponde a la transición Monte Espinoso* - Bosque seco; el piso altitudinal correspondiente (22,5°C) es el Premontano y la región latitudinal es la subtropical.

* De acuerdo a Ewel y Madriz (1968) y a Tosi (1978) la zona estudiada está clasificada como Bosque Seco Premontano (bs-P), tropical.

Figura 3 Balance hídrico para San Juan de Lagunillas (datos del año 1973) en base a vegetación xerofítica, según el modelo de Norero (1969), curva superior. Sobre las abscisas se marcan los meses secos de acuerdo al balance hidrológico de Thornthwaite y Mather (1955).

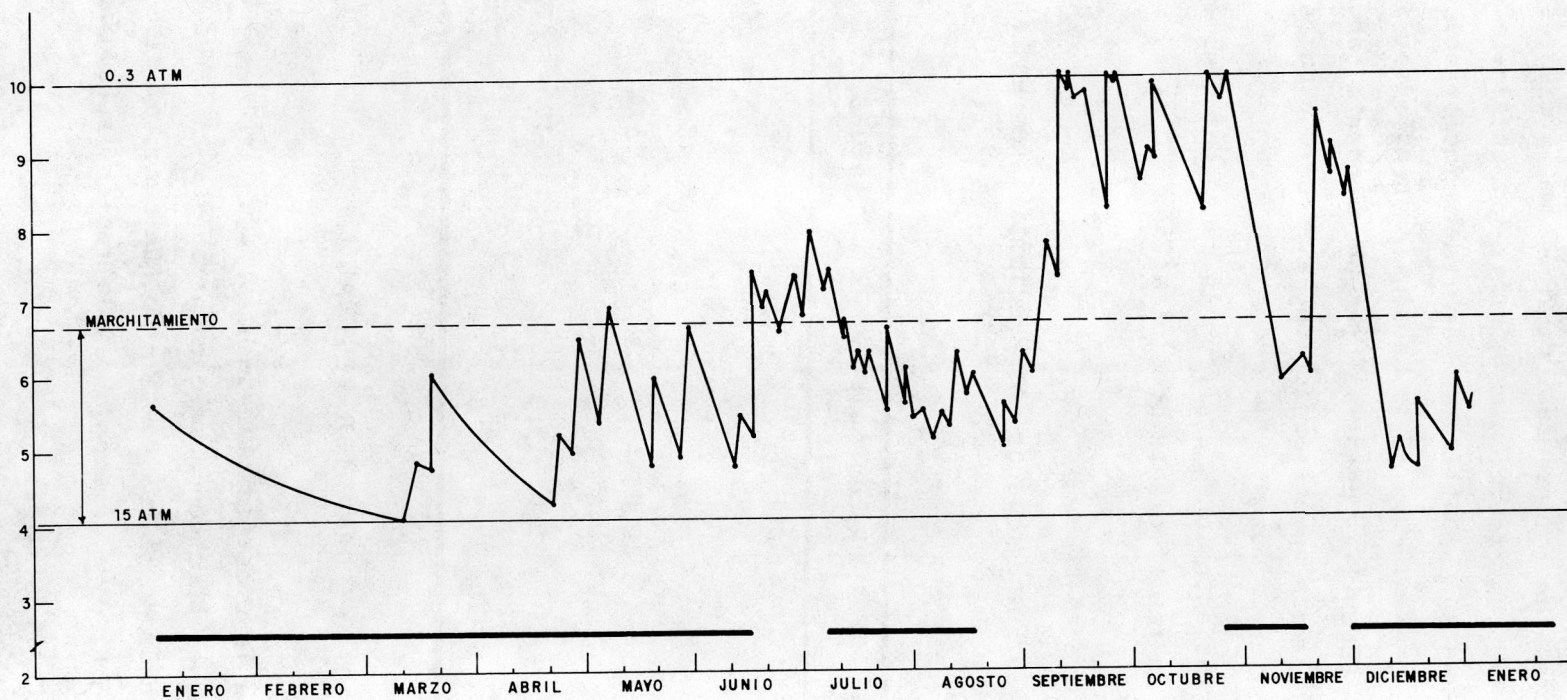
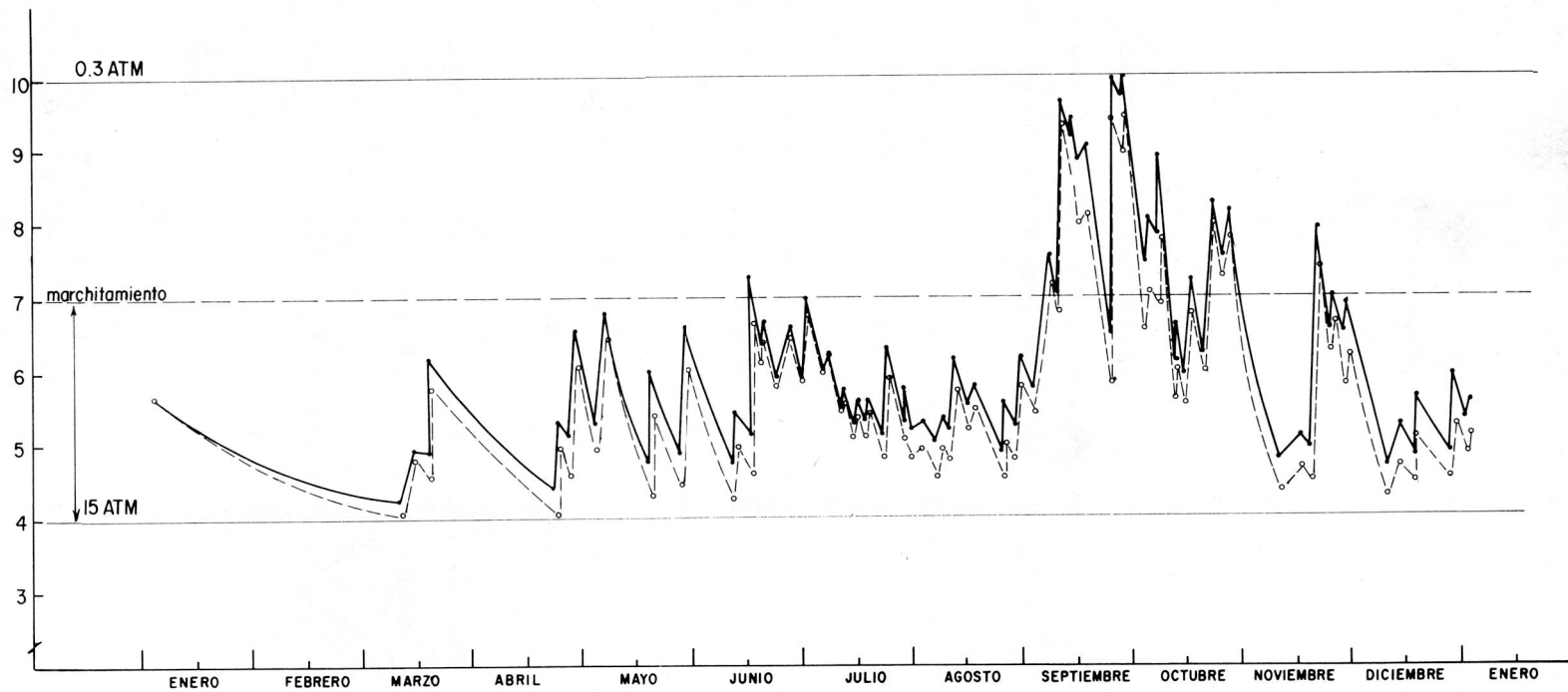


Figura 4 Balance hídrico para San Juan de Lagunillas (datos del año 1973) en base a vegetación mesofítica, según los modelos de Norero (1969) y Norero et al (1972), curva superior y Pierce (1958), curva inferior.



En base a los datos obtenidos en Lagunillas (Cuadro 2) y en el Estanquillo (Cuadro 3) la precipitación varía entre 458 mm, promedio de 18 años en Lagunillas, y 550 mm en el Estanquillo para los últimos años. De acuerdo a Holdridge (1978) los datos anotados caracterizan una provincia de humedad semiárida, comentarios adicionales se han presentado previamente en la sección sobre clima y balance hidrológico.

Los géneros dominantes encontrados son *Opuntia*, *Cereus* y *Prosopis*, en especial *Opuntia caribaea*, *Prosopis juliflora*, *Opuntia cf. elatior* y *Pilocereus lanuginosus* y *P. subg. oblongicarpí*, *Puntia wentiana* y *Opuntia depauperata*, *Melocactus caesius* y *Mammillaria mammillaris*; se presentan también, además de cactáceas características de la vegetación xerófila de la zona, *Luehea cándida*, *Ceiba pentandra* y otras especies mesófilas.

En general de acuerdo a Cárdenas (1963), en Lagunillas predominan componentes xerófilos y subxerófilos (82%) en comparación con los mesófilos (10%) y ubiquestos (7%). Según Sarmiento et al (1971) desde el punto de vista de la vegetación esta zona presenta, estrechamente interdigitadas dos unidades de vegetación: el arbustal espinoso, dependiente exclusivamente de la precipitación, y la selva estacional montana, asociada a fuentes extras de agua.

En las fotografías 8, 14 y 15 se aprecian los principales exponentes de las cactáceas en la zona bajo estudio.

Como se comentó anteriormente, al tratar sobre el clima de la zona, la vegetación no se asocia a la acción antrópica sino que corresponde a una unidad climática originada durante un período árido muy antiguo (mioceno) (Sarmiento et al, 1971) el cual a evolucionado de bosque xerófilo a arbustal espinoso, mediante la acción del hombre.

SUELOS

De acuerdo con las ideas expuestas por Comerma y Arias (1975) en las zonas áridas y semiáridas de Venezuela se presentan dos caminos diferentes de gé-

nesis de suelos en base a las condiciones de morfogénesis que predominen, en medios de topografía escarpada, mitad de estas zonas, la predominancia de la morfogénesis a través de la erosión llega a constituir, como umbral máximo de desarrollo, el horizonte cámbico en profundidad y el ócrico en superficie.

En las condiciones anotadas anteriormente predominan Cambortid y Torriortents, ambos de carácter lítico.

En zonas donde el relieve es menos pronunciado el incremento de la pedogénesis sobre la morfogénesis conlleva a generar un proceso de argilización que conduce a desarrollar el horizonte argílico y con ello suelos tales como los Haplargid, Natrargid y Paleargid.

Los párrafos anteriores señalan el marco global de referencia para las zonas áridas y semiáridas. En los párrafos que siguen a continuación se presentan algunas de las ideas más importantes, relacionadas con los temas de esta investigación, en la zona motivo de estudio.

a. Castillo (1963) al comentar este aspecto dentro del contexto del estudio integral de la cuenca del Chama en el sector de Lagunillas de Urao anota las siguientes características:

- Los suelos se presentan bajo condiciones semiáridas en terrazas de diferentes orígenes y bajo la acción, en mayor o menor grado, del aporte de materiales coluvio-aluviales.
- Los suelos presentan bajos contenidos en materia orgánica, reacción variable al HCl, pH entre neutro y alcalino y baja salinidad (menor de 1.2 mmhos/cm y con un promedio de 0.9 mmhos/cm), afectada en algunos casos por las sales presentes en la Laguna de Urao, carbonatos de sodio; no obstante las características de permeabilidad del material constituyente de las terrazas impide la salinización excesiva en los suelos de la zona.
- El fenómeno erosivo, manifestado a través de erosión difusa, laminar

y en algunos casos en cárcavas, se ve favorecido por las características de la precipitación y la formación de costras superficiales.

- Se han constatado fenómenos de lixiviación de arcillas en varios suelos estudiados, fenómeno asociado a condiciones pretéritas o aún a la acción del riego a través de los años.

Los altos contenidos arcillosos, en varios suelos, se asocian con acumulaciones provenientes del transporte y no con la acción meteorizante *in situ*, es el caso de suelos que han recibido los productos de alteración de lutitas asociadas a formaciones geológicas tales como: Colón, La Luna y Aguardiente. La formación La Quinta aporta sedimentos pobres en arcillas a varios suelos de la zona y determina una herencia de colores rojizos en los mismos.

- b. De acuerdo a Kijewski y Madero (1966) en el Estudio Agrológico de la zona, dos series: Estanquillo y Lagunillas ocupan 1.163,1 Has de las 1.758,8 Has del total estudiado, estas series presentan las siguientes características.

La Serie Estanquillo está constituida por suelos rojos semidesérticos y calcáreos, transportados por la Quebrada La Sucia. Estos suelos se ubican sobre terrazas T2, T3b y T2-3, bajo pendientes inferiores al 7% y con erosión laminar.

La vegetación natural en esta serie está constituida por Cují, Cardón, Castañeto y Guásimo y en la actualidad se encuentran cultivos de caña, café y tabaco. Sobre estos suelos influyen los materiales arcillosos de la parte alta, junto con bloques de areniscas pelíticas amarillas y negras de la formación Colón, ésta influencia se refleja tanto por el alto porcentaje de arcillas como por el material grueso de cantos rodados.

Los suelos de esta Serie, bastante desuniformes en varias características, presentan reacción débil a violenta al HCl, materiales gruesos variables

pero que, en términos generales, aumentan con la profundidad, y texturas medias (franco arcillo arenosas) en superficie y arcillosas a 20/50 y más centímetros de profundidad; el color dominante es el gris parduzco claro.

Las principales variaciones de la serie se asocian con cambios en color, reacción al HCl y porcentaje de piedras en la superficie (5-60%), porcentaje de ellas en el perfil y profundidad a la cual aparecen las texturas arcillosas. Este último aspecto se relaciona con los fenómenos erosivos.

Las propiedades químicas definen muy bajos contenidos en P, irregulares (medios a altos) en K y salinidad normal.

La Serie Lagunillas se ubica al Norte y Sur de Lagunillas, sobre la terraza T3, con 528 mm de precipitación y 22°C. El material parental de estas terrazas (T3) ha sido depositado por lavas torrenciales provenientes de la hoya superior de la quebrada San Miguel y está relacionado con la formación La Quinta, la influencia de ésta genera bajas proporciones de arcillas (18% en los primeros 50 cms).

La Vegetación prevalente está integrada por Cují, Cardón, Castañeto y Guasimo, la pendiente es menor del 7%, el drenaje externo es mediano a medianamente rápido, aumentando al incrementarse la pendiente, y el drenaje interno es rápido. El pH en profundidad está cercano a 9.5 y el contenido en sales inferior a 0.5 mmhos/cm.

El contenido en materiales gruesos es variable tanto en superficie como en profundidad, afectando las labores de preparación y nivelación de tierras; los contenidos en gravas varían entre 10 y 80, los guijarros entre 5-30% y las piedras se encuentran cercanas al 30%.

El perfil del suelo se caracteriza, además, por presentar materiales de textura media hacia la superficie y franco arcilloso oscuro en profundidad, los colores predominantes en los horizontes superiores se encuen-

tran entre los rangos rojo débil, marrón rojizo y rojo amarillento. La actividad biológica se presenta reducida, el contenido en raíces y lombrices es bajo, y la reacción al HCl varía entre mediana y violenta.

Los aspectos de génesis de suelos son difíciles de interpretar ya que por efectos de erosión han perdido posiblemente uno o más de los horizontes superficiales, es decir, son truncados, fenómeno que imposibilita de finir exactamente los procesos formadores; de manera similar la presencia de arcillas y la reacción al HCl es difícil de explicar ya que puede deberse a acción pedogenética, lavado, etc.

Características adicionales de los suelos son comentadas por Martínez (1963) y Tricart (1963). El primero de ellos anota que la hematita, material estable y colorante, presente en la Formación La Quinta, se formó bajo condiciones húmedas y cálidas de tierras altas mientras que la cuenca de deposición de los sedimentos presentaba clima totalmente árido. La mezcla de feldespatos asociados a estos materiales se explica por el arrastre conjunto de éstos producido por aguaceros torrenciales, en las partes altas de las montañas.

Tricart (1963) anota que los suelos de la zona semi-árida están asociados a las siguientes características:

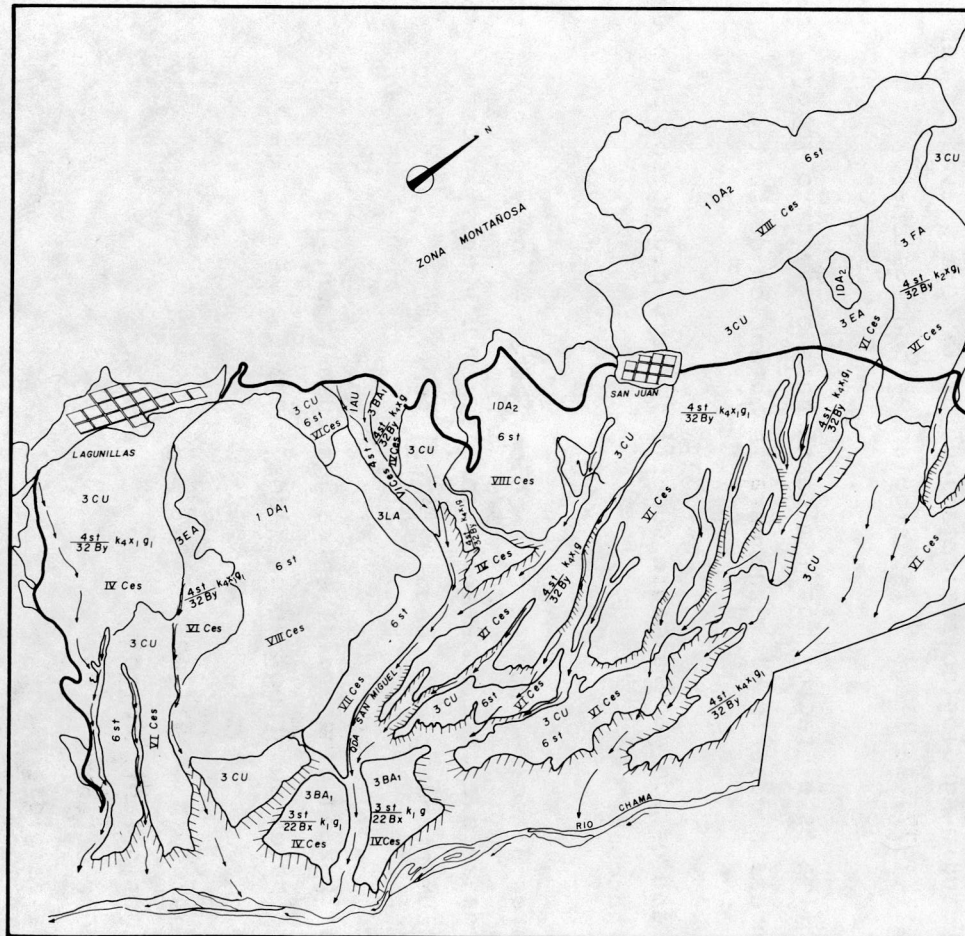
- Los suelos en las terrazas T2 se caracterizan por ser arcillosos, rojos, similares a los de las T3 pero más arcillosos, debido a fenómenos de coluviamiento referidos a suelos que cubrían la T3.
- La presencia de suelos rojizos se asocia a óxidos de hierro liberados por alteración, los cuales peptizan y tiñen "vigorosamente" los suelos arcillo-gravillosos.
- En general los suelos de la zona semiárida contienen poca materia orgánica como consecuencia de la escasa vegetación y su carácter xerofítico. El fenómeno erosivo y su consecuencia, escurrimientos fuertes,

está vinculado a los aguaceros torrenciales y a la tendencia a formar costras superficiales, las cuales pueden impermeabilizar el perfil, a pesar de presentarse sobre zonas de pendientes relativamente bajas (4°); la resultante de este proceso ocasiona que los suelos sean poco profundos (10-30 cms).

- Los suelos mejor desarrollados ocupan la terraza T3 y algunos de ellos parecen ser "paleosuelos". El fenómeno de ferruginación constituye su génesis embrionaria.

c. En el Estudio Agrológico semidetallado de la zona llevado a cabo por Araujo et al (1977) se llega a las siguientes conclusiones:

- El clima es el factor más limitante para el desarrollo agrícola, haciéndose necesario el riego para la obtención de cultivos.
- Los suelos son generalmente superficiales y pedregosos pero de fertilidad adecuada.
- La precipitación, concentrada en períodos cortos y de gran intensidad, aunada a la escasa vegetación conlleva a una erosión de moderada a fuerte, aumentando con la pendiente del terreno.
- Para la zona comprendida entre San Juan-Lagunillas y el Río Chama los principales subgrupos encontrados fueron:
 - Haplargid ustálficos
 - Torriortent típicos
 - Torriortent ústicos
 - Paleargid típicos
 - Cambortid ústicos
- En la misma zona dominan las clases agrológicas VI y VIII, estas últimas sobre el Conglomerado de Lagunillas; en algunas terrazas con pendientes menores, al igual que la pedregosidad, se encuentran suelos de



**ESTUDIO AGROLOGICO SEMIDETALLADO, SECTOR LAGUNILLAS, LA MESA
(EDO MERIDA) .**

TOMADO DE : ARAUJO ET, AL (1977)
ESCALA : 1:20000

LEYENDA

UNIDAD CARTOGRAFICA	COMPOSICION
1AU	USTIC TORRIORTHENTS
1DA ₁	ASOCIACION (TYPIC TORRIORTHENTS(P) TYPIC TORRIORTHENTS (F))
1DA ₂	ASOCIACION (TYPIC TORRIORTHENTS(P) TYPIC PALEARGIDS (F))
3BA ₁	ASOCIACION (USTIC CAMBORTIDS (P) USTALFIC HAPLARGIDS(F))
3CU	USTALFIC HAPLARGIDS
3EA	ASOCIACION (USTIC CAMBORTIDS (P) USTIC TORRIORTHENTS(F))
3FA	ASOCIACION (USTIC CAMBORTIDS (P) ARIDIC ARGUSTOLLS (F))
3LA	ASOCIACION (USTIC CAMBORTIDS (P) USTIC TORRIORTHENTS(F))

SIGNOS CONVENCIONALES

CARRETERA	
CENTRO POBLADO	
CAUCES DEL RIO	
ESCARPES	

SIMBOLOS USADOS

1. ENTISOL A = Q₁
 2. INCEPTISOL B = Q₂
 3. ARIDISOL C = Q₃
 4. ALFISOL D = Q₄
 5. MOLISOL E = GLACIS
- F = CONO
L = LAVA TORRENCIAL
M = MONTANA

EXPLICACION SIMBOLOS

Posición Geomorfológica	P = Predominante + 50 %
	F = Frecuente hasta 49 %
	E = Escaso hasta 20 %
Orden	Composición
1 A A	Unidad

clase IV.

- d. Ochoa (1978) caracterizó genética y mineralógicamente un perfil de suelo sobre la Formación La Quinta a 100 ms de la Trampa y a 2450 m.s.n.m. El suelo estudiado fue un Humitropept típico, franco fino, micáceo, isomésico del Bosque húmedo Montano Bajo, el investigador anotado encontró:
1. pHs ácidos (4.8-4.9) en todo el perfil, contenidos altos de Al de cambio (3-4 me en los primeros 80 cms), bajas saturaciones de cationes, entre ellas muy poco Ca^{++} y contenidos en general bajos de K^+ , exceptuando el horizonte superficial, la materia orgánica se limita a la primera zona del perfil y disminuye drásticamente a partir de los 30 cms; en su composición sobresale la relación C/N (12.5-19.2), similitud en contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos (AH: AF = 0.88 a 1.00), y alto contenido de humina. La capacidad de intercambio es baja, las densidades aparentes varían de 1.21 en superficie hasta 1,35 a 1,40 en profundidad y los suelos no son plásticos, con texturas francas en superficie a franco arcillo arenosas y arcillo arenosas en profundidad, llegando a franco arenosas en el horizonte C (80-130 cms).
 2. La mineralogía de las diferentes fracciones muestra abundancia de ilita, con cantidades menores de vermiculita, pirofilita y cuarzo. En la fracción arenosa se presentan como constituyentes dominantes: feldspatos, cuarzo, productos de alteración y muscovita (biotita es muchísimo menor que muscovita en proporciones que varían entre 8-20), entre los minerales de la fracción pesada, además de algunos de los ya anotados, dominan los opacos con trazas de turmalina, circón y rutilo.
 3. El análisis total de elementos en la fracción arcillosa revela una relación $\text{SiO}_2: \text{Al}_2\text{O}_3$ de 2.6 en superficie y 1.7 a 1.9 en profundidad y contenidos altos en K_2O (4.1 en superficie y 6.0-7.1 en profundidad).

e. Desde el punto de vista de la conservación de los suelos, varios investigadores han realizado tanto la Clasificación por Capacidad de Uso y Manejo, como dado sugerencias para evitar y recuperar suelos ya erodados, así, Castillo (1963), ha encontrado las siguientes Clases Agrológicas:

I	= no presente	V	= 984 Has
II	= 319 Has	VI	= 1897 Has
III	= 1597 Has	VII	= 1318 Has
IV	= 855 Has	VIII	= 2453 Has

Las normas de manejo y lucha contra el proceso erosivo (Eichler, 1963) abarcan prácticas tales como:

- Utilizar el riego en tierras de clases II-III y IV (1985 Has).
- Prácticas adecuadas de Riego
- Utilizar el recurso suelo de acuerdo a su capacidad de uso ya que el mismo investigador anota que, aproximadamente, el desgaste de la capa vegetal, asumiendo 15 cms de espesor y 4.5 grados de pendiente, se produciría, bajo diferentes técnicas de manejo, así:
 - Bajo bosque = 40.000 años
 - En pastizales = 10.000 años
 - Bajo prácticas de cultivo agrícola: 28 años (cultivo conservacionista incluyendo arado, curvas de nivel, algodón).
 - Terrenos con cultivo y sin técnicas conservacionistas: 10 años.
- Utilizar prácticas de rotación, selección de cultivos y especies protectoras y resistentes a la sequía (fique, sisal, mimosáceas, pastos seleccionados, uva, alfalfa, cítricos, etc).

MATERIALES Y METODOS

Los suelos estudiados están localizados en la zona semiárida del Estado Mérida, entre San Juan-Lagunillas y el Río Chama, aproximadamente a 8° 28 a 30'

latitud N y 71°23 a 22' longitud W. La ubicación de los perfiles en las diferentes posiciones fisiográficas se presenta en la fotografía 1.

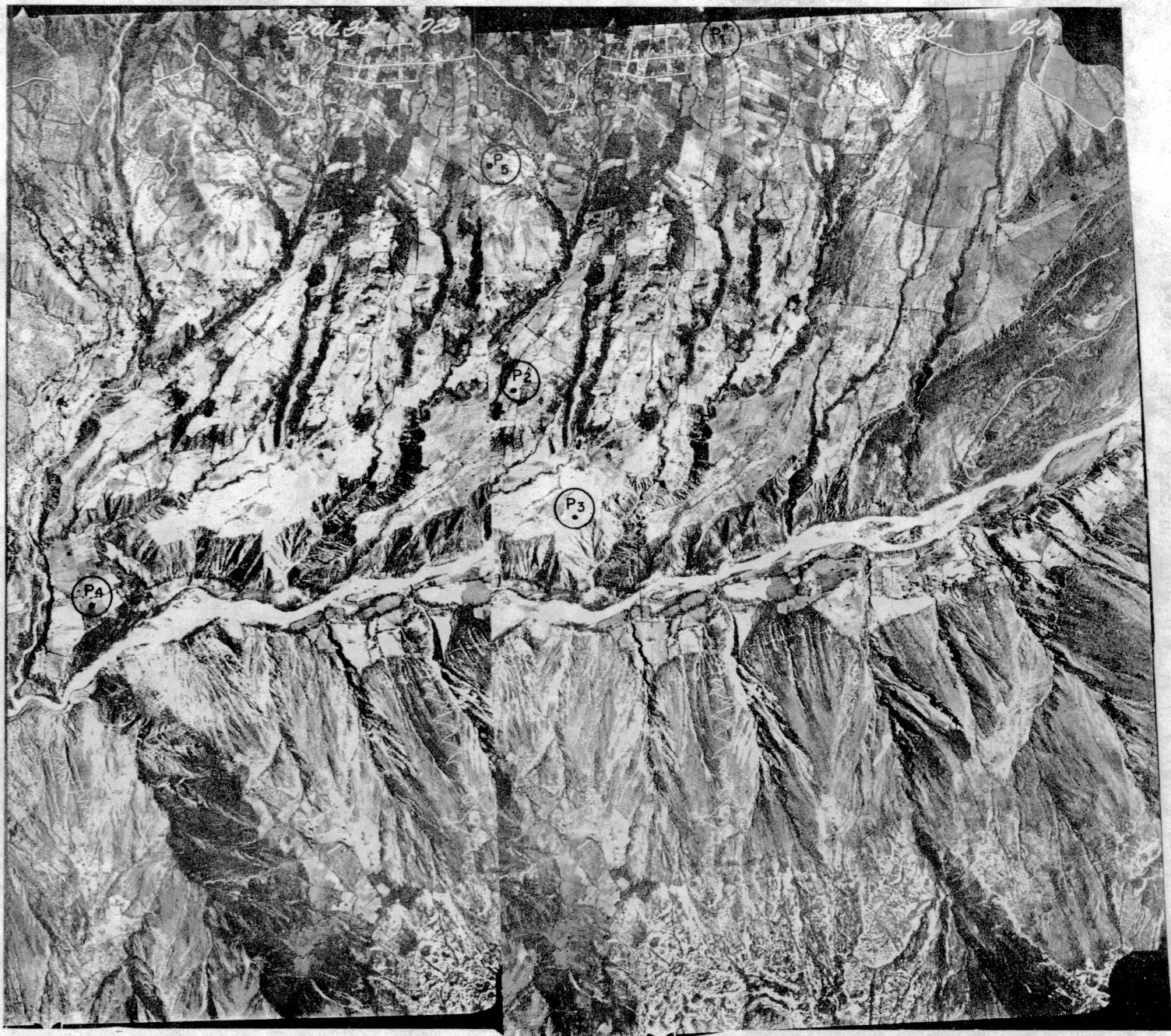
A. METODOLOGIA DE CAMPO.

En base a los estudios geológicos y geomorfológicos llevados a cabo por Martínez (1963) y Tricart (1963) y a los diversos trabajos sobre suelos (Castillo, 1963) Araujo et al, (1977) se seleccionaron 5 perfiles modales de suelos, representativos o al menos predominantes en las asociaciones integrantes de las diferentes unidades geomorfológicas.

Los perfiles estudiados y su taxonomía correspondiente se presenta a continuación:

- | | |
|----------|--|
| PERFIL 1 | Cono terraza (T2). Cambortid típico, franco fino, micáceo isohipertérmico. |
| PERFIL 2 | Cono terraza (T-3b). Paleargid típico, arcilloso fino a muy fino, mezclado, isohipertérmico. |
| PERFIL 3 | Cono terraza (T2-3). Haplargid típico, arcilloso fino a muy fino, mezclado, isohipertérmico. |
| PERFIL 4 | Terraza (T1). Cambortid típico, franco fino, micáceo, isohipertérmico. |
| PERFIL 5 | Conglomerado de Lagunillas, Terrazas disectadas formando colinas. Natrargid típico, franco fino, micáceo, isohipertérmico. |

En las fotografías 2 a 15 se ilustran las características dominantes de los suelos y su paisaje respectivo. Los perfiles fueron estudiados en campo, ubicados tentativamente en categorías taxonómicas en base a los datos disponibles y muestreados de acuerdo con los siguientes objetivos: análisis físico-químicos, análisis de estabilidad estructural (muestras no perturbadas) y análisis micromorfológicos (muestras no perturbadas, para-

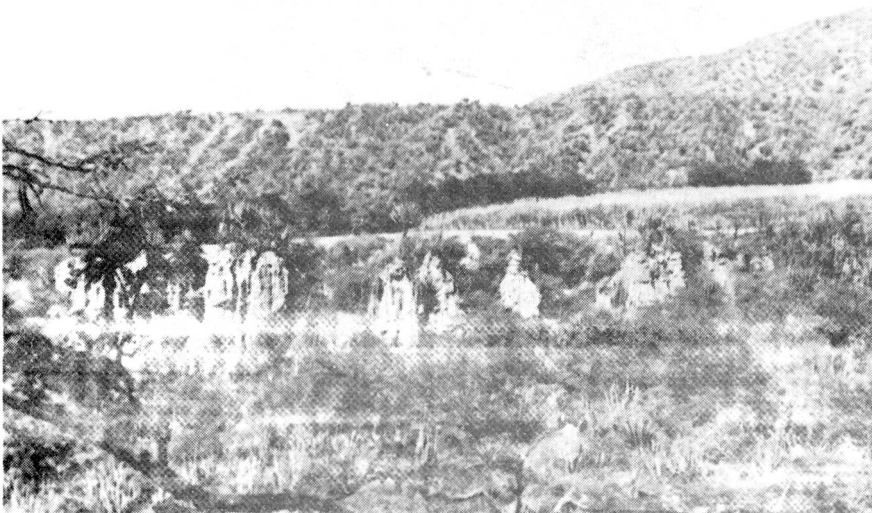


Fotografía 1

Par estereoscópico mostrando la ubicación de los perfiles estudiados y su posición fisiográfica correspondiente: P₁ (T₂); P₂ (T_{3b}); P₃ (T₂₋₃); P₄ (T₁) y P₅ (T₄).



FOTOGRAFIA 2. Panorámica de la zona en la cual se encuentran la mayoría de las unidades geomorfológicas donde se ubicaron los perfiles estudiados. La fotografía está tomada desde el Conglomerado de Lagunillas (T_4) y muestra en la zona central izquierda la terraza T_{2-3} al centro T_3 y entre ellas T_1 . Al fondo se aprecia la formación Sierra Nevada, fuertemente erodada y en la zona central derecha, la acción del escurrimiento difuso y abarrancamiento sobre T_4 . La formación vegetal es de Arbustal Espinoso en la zona de vida del Monte Espinoso, en algunos casos transicional al Bosque seco, el clima es Bsw h y la erosión está generalizada.



FOTOGRAFIA 3. Erosión en zonas altas de T_1 , al fondo (izquierda), terraza T_3 y a la derecha Conglomerado de Lagunillas (T_4).

finadas y orientadas).

Los perfiles estudiados se presentan a continuación detallando su morfología y ambiente respectivo.

PERFIL Nº 1

DESCRIBIO	:	D. Malagón C.
FECHA	:	8-VIII-1978
LOCALIZACION	:	Estación Experimental de la Universidad de Los Andes en San Juan de Lagunillas (ver Fotografía 1).
ALTITUD	:	Aprox. 1050-1100 m.s.n.m.
CLIMA	:	BSwh (Köppen, 1954)
ZONA DE VIDA	:	Bosque Seco Premontano, subtropical (Holdridge, 1978).
VEGETACION	:	Hortícola, bajo riego y Selva Estacional Montana (Sarmiento et al, 1971).
GEOMORFOLOGIA	:	Cono Terraza (T ₂), Martínez, G. (1966)
MATERIAL BASAL	:	Sedimentos Cuaternarios. Gravas, cascajo y piedras integradas por brechas, pegmatitas, arenitas y arcosas.
FORMA DEL TERRENO Y UBICACION DEL PERFIL	:	Inclinada, media rectilínea
PENDIENTE	:	7-12%
DRENAJE	:	Moderadamente bien drenado
NIVEL FREATICO	:	Ausente
EROSION	:	Laminar
PROFUNDIDAD EFECTIVA	:	21 cms. (muy superficial)
TAXONOMIA	:	Cambortid típico, franco fino, micáceo, isohipertérmico.
OBSERVACIONES	:	El perfil presenta desarrollo estructural claramente definido en los primeros 21 cms., no hay reacción al HCl y se manifiesta una discontinuidad litológica entre el horizonte Bs y el 2C, en este ni

vel es máxima la acumulación coluvial.

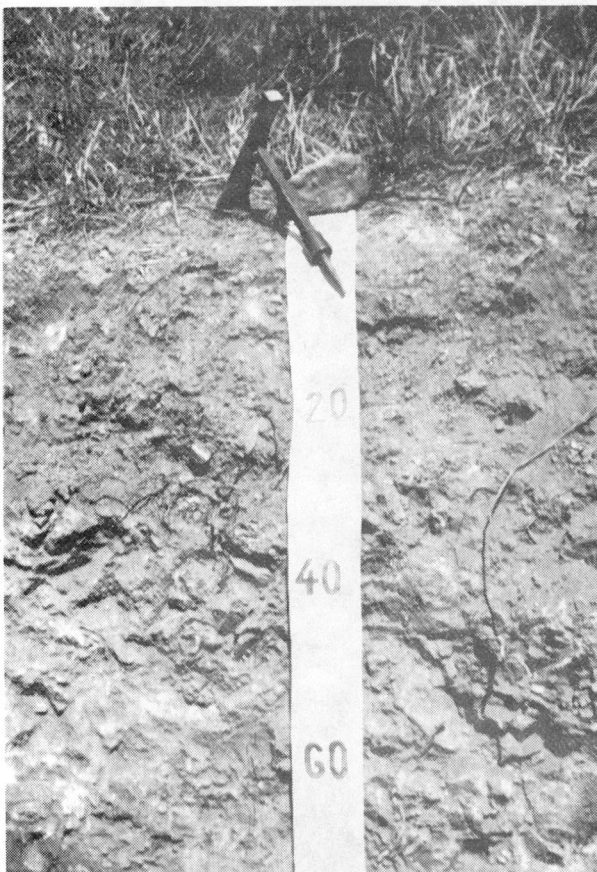
El epipedón, no obstante cumplir requisitos mólicos, no se considera como tal debido al régimen de humedad.

El análisis de algunas rocas, seleccionadas en base a su abundancia, revela origen sedimentario, abundancia de feldespatos bastante sericitizados, muscovita y cemento ferruginoso en dos de ellos y silíceo en la tercera, su clasificación varía entre arenitas arcósicas y feldespáticas (Williams, et al, 1954).

En campo se identificaron también brechas y algunas pegmatitas. El tipo de rocas indica un predominio de material coluvial integrado por rocas sedimentarias.



FOTOGRAFIA 4. Panorámica del Cono-terrazza (T_2) de San Juan, posición donde se ubicó el perfil 1, éste se encuentra a la derecha de la Iglesia (centro de la fotografía). La zona montañosa (fondo) corresponde a la Formación La Quinta (Jura-Triásico), mientras que el primer plano representa el cono-terrazza T_{-3b} .



FOTOGRAFIA 5. Perfil 1. Cambortid, ubicado en el cono-terrazza (T_2) de San Juan. El horizonte ócrico (Ap) ocupa los primeros 13 cms, continúa el cámbico (Bs) hasta los 21 cms, profundidad a la cual se presenta una discontinuidad litológica con el 2C.

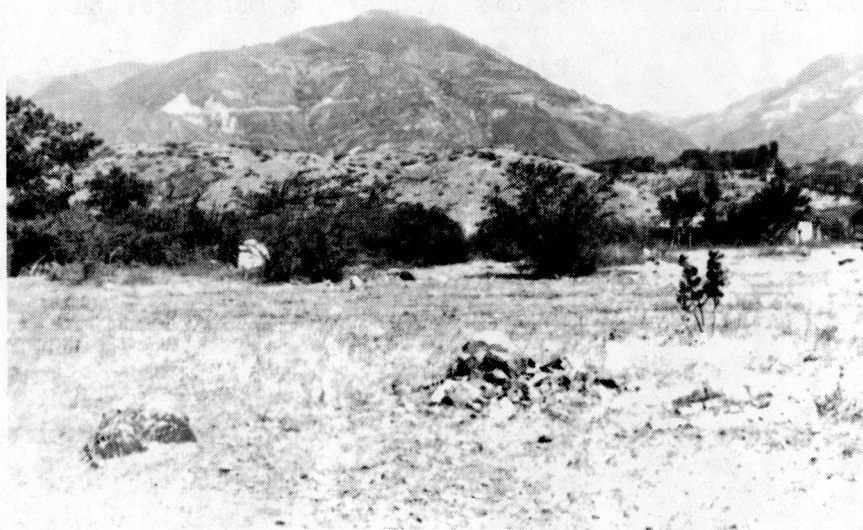
DESCRIPCION DEL PERFIL 1

Profundidad (cms) y Horizonte	Descripción
0 - 13 Ap	Pardo rojizo 5YR 5/3 (S) y Pardo rojizo oscuro 5YR 3/3 (H); franco arenoso grueso con poca grava (2-15%), bloques subangulares, muy finos y finos, moderados; friable; poros, muchos, tubulares e intersticiales, continuos, inped; raíces abundantes, finas y medianas; macroorganismos abundantes (hormigas); cutanes delgados, pocos, arcillosos, en bordes de poros y en algunos granos de esqueleto, no hay reacción al HCl; límite claro y plano, pH: 7,95.
13 - 21 Bs	Pardo rojizo 5YR 5/3 (S) y Pardo rojizo oscuro 5YR 3/3 (H); franco arenoso grueso a franco arcillo arenoso grueso, con poca grava (2-15%); bloques subangulares, muy finos y finos, moderados; friable; presencia de mica; poros como an Ap; raíces regulares a abundantes, finas y medianas, macroorganismos regulares a abundantes; cutanes delgados, pocos, arcillosos, en bordes de poros y en algunos granos del esqueleto; no hay reacción al HCl, límite abrupto y ondulado; pH: 7.60.
21 - 95 X 2C	Pardo rojizo claro (60%) 5YR 6/3(S) y 2.5 YR 4/6 (40%) (S) rojo amarillento, Pardo rojizo 5YR 4/3(H). Esquelético con material de tierra fina de textura franco arcillo arenosa, con mucha grava y piedras (50-90%); bloques angulares finos a medianos, moderados; ligeramente dura a dura; poros frecuentes; intersticiales, continuos, exped; macroorganismos no hay; cutanes moderadamente espesos, arcillosos, en poros y algunos granos de esqueleto; raíces pocas y finas; no hay reacción de HCl, pH: 6.85.

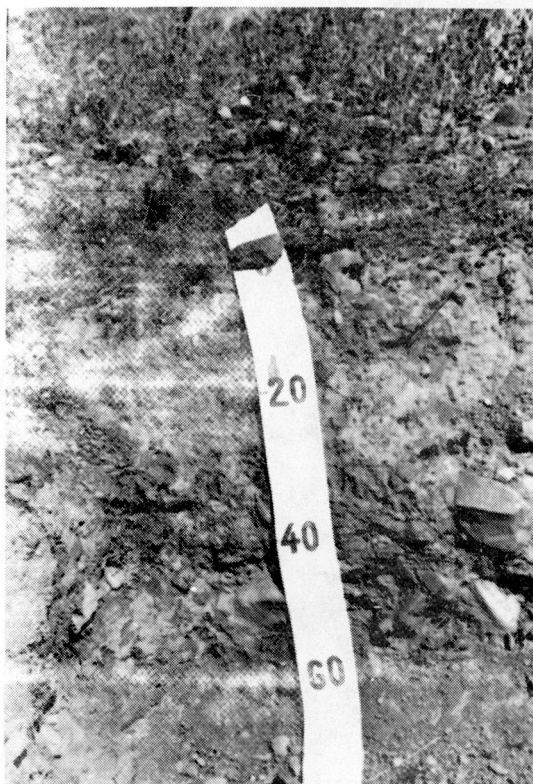
PERFIL N° 2

DESCRIBIO	:	D. Malagón C.
FECHA	:	8-VIII-1978
LOCALIZACION	:	Carretera que comunica San Juan con la autopista a Mérida, aproximadamente a 1.5 Kms. al sur de San Juan (fotografía 1).
ALTITUD	:	1005 m.s.n.m.
CLIMA	:	BSwh (Köppen, 1954)
ZONA DE VIDA	:	Monte Espinoso-Bosque seco, premontano, subtropical (Holdridge, 1978).
VEGETACION	:	Arbustal Espinoso (Sarmiento et al, 1971) con cactáceas, Opuntia, Prosopis, Cereus, algodoncillo.
GEOMORFOLOGIA	:	Cono terraza (T-3b)
MATERIAL BASAL	:	Sedimentos Cuaternarios, Coluvio y Cantos, integrados por milonitas abundantes en cuarzo y mica, arenisca cuarzosa y ferruginosa, arcosas (abundantes feldespatos en grado variable de alteración, muscovita y biotitas parcialmente alteradas, granos de granate y matriz rica en hierro y arcillas, cuarzo fracturado y con extinción ondulatoria).
FORMA DEL TERRENO Y UBIC. DEL PERFIL	:	Ligeramente inclinado, media, convexa
PENDIENTE	:	5%
DRENAJE	:	Moderadamente bien drenado
NIVEL FREATICO	:	No presente
EROSION	:	Laminar

- PROFUNDIDAD EFECTIVA : 52 cms. (superf. a mod. profundo)
- TAXONOMIA : Paleargid típico, arcilloso fino a muy fino, mezclado, isohipertérmico.
- OBSERVACIONES : El perfil presenta un epipedón ócrico y un horizonte argílico con argilanes definidos y reacción ligera al HCl en todo el perfil.
- A 52 cms. se presenta una discontinuidad litológica y en los horizontes más profundos se nota la presencia de arcilla mezclada con el esqueleto simulando argilanes.
- La zona tiene alta pedregosidad (clase IV de acuerdo al criterio de la FAO, 15-90% cubierto por rocas).



FOTOGRAFIA 6. Panorámica de la zona (cono-terrazza T-3b) donde se ubicó el Perfil 2, Paleargid; la zona tiene alta pedregosidad, clase IV de acuerdo a la clasificación de la FAO.



FOTOGRAFIA 7. Perfil 2, Paleargid típico, en Cono-terrazza T-3b. Nótese la angulosidad de las rocas y la discontinuidad litológica a los 52 cms.



FOTOGRAFIA 8. Pastoreo en Monte espinoso-Bosque seco, premontano con Arbustal espinoso como formación vegetal dominante.

PERFIL Nº 2

Profundidad (cms) y Horizontes	Descripción
0 - 12 Ah	Pardo, 7.5 YR 5/4 (S) y Pardo rojizo oscuro 5YR 3/4(H). Franco arcillo arenoso con abundantes fragmentos gruesos; bloques subangulares, finos, débiles; friable, poros frecuentes, intersticiales y tubulares, muy finos, continuos, exped, raíces regulares a abundantes, finas; macroorganismos pocos a regulares, ligera reacción al HCl, límite claro y ondulado; pH: 8.50.
12 - 22 Bs	Pardo 7.5 YR 5/4 (S) y Pardo rojizo 5YR 4/3(H); franco a franco arcillo arenoso, abundantes fragmentos gruesos; bloques subangulares finos a medios, moderados; ligeramente dura; argilanes delgados, zonales; poros, frecuentes, tubulares e intersticiales, muy finos, continuos, caóticos, inped; macroorganismos pocos, raíces pocas, finas, ligera reacción al HCl; límite claro y ondulado; pH: 8,38.
22 - 52 Bt	Pardo rojizo 5YR 5/4 (S) y rojo amarillento 5YR 4/6(H); arcilloso, abundantes fragmentos gruesos; bloques angulares de muy finos a medios, fuerte; dura; argilanes moderadamente espesos, discontinuos en caras horizontales-verticales y poros; poros, frecuentes, intersticiales, tubulares, finos a muy finos, continuos, caóticos, exped; macroorganismos no hay; raíces pocas y finas; ligera reacción al HCl; límite claro a abrupto y ligeramente ondulado; pH: 8,20.
52 - 75 X 2C	Pardo rojizo, 5YR 4/4 (S) y rojo amarillento 5YR 4/8 (H). Esqueleto arcilloso con mucha grava y piedras (50-90%); estructura similar a Bt pero con escaso suelo; dura; argilanes o fenómenos similares en los poros

presentes en las zonas estructuradas de la fracción fina; poros, frecuentes, intersticiales, finos, contínuos, exped, macroorganismos no hay; raíces muy pocas y finas; ligera reacción al HCl; pH: 8,20.

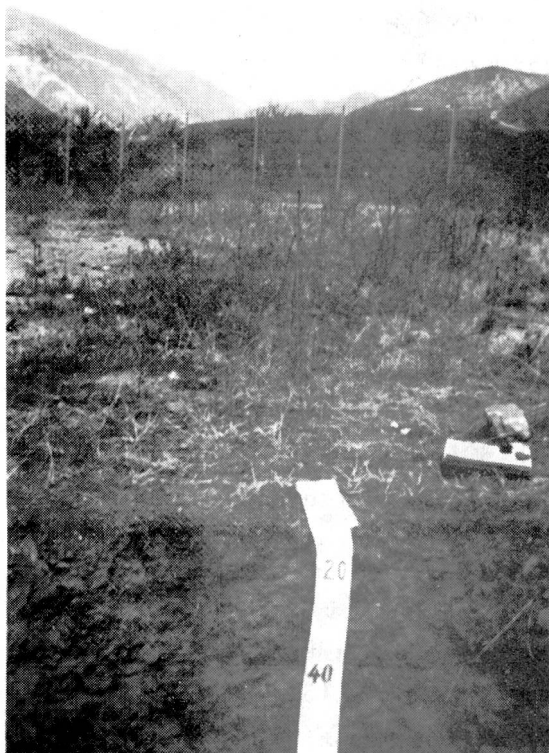
PERFIL N° 3

DESCRIBIO	:	D. Malagón C.
FECHA	:	9-VIII-1978
LOCALIZACION	:	Autopista Mérida-Pte. Real, a 5 km de Las González y penetrando 200 mts. hacia el borde de la terraza sobre el Chama.
ALTITUD	:	950 m.s.n.m.
ZONA DE VIDA	:	Monte Espinoso-Bosque Seco, premontano, subtropical
VEGETACION	:	Arbustal espinoso (Sarmiento et al, 1971) con Prosopis, Opuntia, paja (gramíneas naturales), rabo ratón, moral, pañuelito, mamón, Cereus, fique, castañeto.
GEOMORFOLOGIA	:	Cono terraza (T ₂₋₃)
MATERIAL BASAL	:	Sedimentos Cuaternarios, aluvio-coluviales integrados por diferentes rocas, entre ellas: areniscas ortocuarcíticas subredondeadas y de alta selección y madurez textural y areniscas micáceas de grano muy fino.
FORMA DEL TERRENO Y UBIC. DEL PERFIL	:	Ligeramente inclinado; media, cóncava rectilínea.
PENDIENTE	:	5 - 7%
DRENAJE	:	Moderadamente bien drenado a bien drenado.
NIVEL FREATICO	:	No presente
EROSION	:	Laminar moderada
PROFUNDIDAD EFECTIVA	:	52 cms. (moderadamente profundo)
TAXONOMIA	:	Haplargid típico, arcilloso fino a muy fino, mezclado, isohipertérmico.
OBSERVACIONES	:	El perfil presenta un horizonte ócrico sobre uno argílico y reacción ligera al HCl exceptuando el horizonte 2Cca donde es violenta.

A los 52 cms. se constata una discontinuidad litológica (2Cca). Los fragmentos gruesos, siendo abundantes, no alcanzan al límite de esquelético, es pecialmente en el solum.



FOTOGRAFIA 9. Panorámica del Cono-terrazza (T₂₋₃), 950 m.s.n.m, donde se encuentra el Perfil 3, nótese la fuerte erosión laminar sobre la terraza, mayor detalle de la fotografía 10, debido a la vegetación rala (arbustal espinoso) en pendiente 5-7% y asociado a la torrencialidad de las lluvias. Al fondo, izquierda, la Formación Sierra Nevada, a la derecha el cono-terrazza T_{-3b}.



FOTOGRAFIA 10. Perfil 3, Haplargid típico; el perfil representa un horizonte $\bar{0}$ crico (0-17 cms) sobre uno argílico (32-53 cms), profundidad a la cual aparece el horizonte 2 Cca, de reacción violenta al HCl.



FOTOGRAFIA 11. Erosión generalizada.

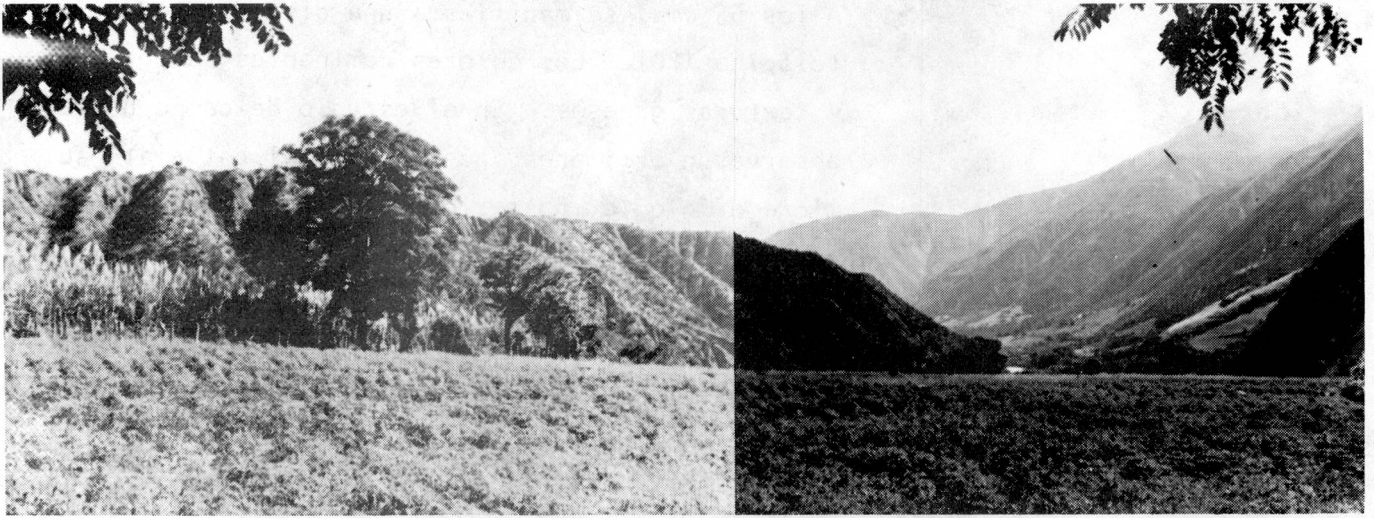
PERFIL Nº 3

Profundidad (cms) y Horizontes	Descripción
0-17 Ah	Pardo rojizo 5YR 4/4 (S) y rojo amarillento 5YR 4/6(H). Arcilloso, bloques subangulares, moderados, medios a gruesos; dura; se presentan superficies de presión causadas por organismos y raíces, pero no argilanes; poros, frecuentes a muchos, tubulares e intersticiales, finos y muy finos, continuos, caóticos, inped; macroorganismos regulares (hormigas y lombrices); raíces pocas, finas a medianas; reacción muy ligera al HCl; límite claro y plano, pH:8,40.
17 - 32 Bs	Pardo a pardo oscuro 7.5 YR 4/4 (S), pardo rojizo 5YR 4/4 (S), pardo rojizo 5YR 4/4 (H); arcilloso; bloques subangulares, moderados, medios a finos; dura, superficies de presión como en Ah; poros, frecuentes, tubulares, finos y muy finos, continuos, caóticos, inped, macroorganismos pocos (hormigas); raíces, pocas y finas; reacción muy ligera al HCl; límite claro y plano; pH 8,25.
32 - 52 Bt	Pardo rojizo 5YR 4/4 (S) y 5Y 4/6 (H) rojo amarillento, arcilloso, bloques angulares y prismas, fuerte, medios y finos; muy dura, argilanes moderadamente espesos, discontinuos, en caras; poros frecuentes, tubulares, finos y muy finos, continuos, caóticos, exped; raíces pocas, finas, ligera reacción al HCl; límite claro y plano; pH: 8.0.
52 - 75 X 2Cca	Pardo-pardo oscuro 7.5 YR 4/4 (S) con zonas grises asociadas a rocas de color 7.5 YR 5/0 (S); en húmedo se tiene respectivamente 7.5 YR 4/2, pardo-pardo oscuro, y

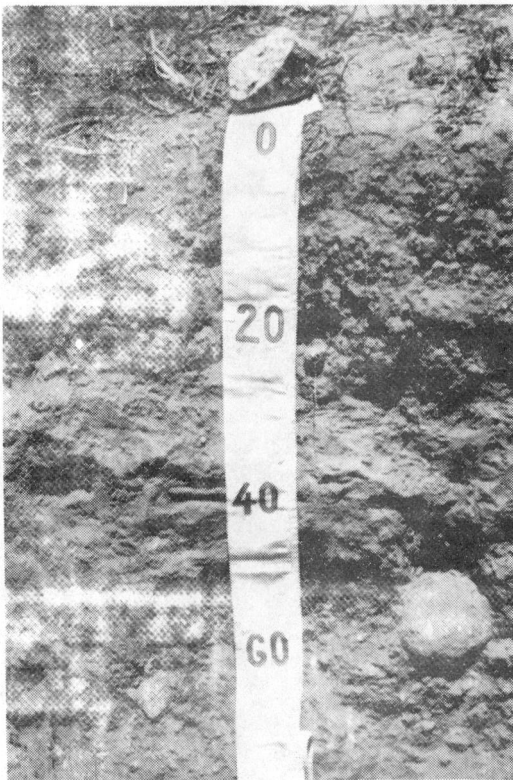
PERFIL N° 4

DESCRIBIO	:	D. Malagón C.
FECHA	:	10-VIII-1978
LOCALIZACION	:	Terraza (T ₁) cerca al Río Chama en la equidistancia de San Juan y Lagunillas (Fotografía N°1).
ALTITUD	:	815 m.s.n.m.
CLIMA	:	BSwh (Köppen, 1954)
ZONA DE VIDA	:	Bosque seco premontano, subtropical (Holdridge, 1978)
VEGETACION	:	Arbustal espinoso y selva estacional montana, interdigitados (Sarmiento et al, 1971), con Cereus, Prosopis, rabo de ratón, guasimo, castañeto, moral, <u>ma</u> món, ceibo, caña de azúcar, tomate.
GEOMORFOLOGIA	:	Terraza (T ₁)
MATERIAL BASAL	:	Sedimentos Cuaternarios: cantos y en menor proporción materiales coluviales, integrados por microbrechas ferruginosas de pésima selección; areniscas arcósicas conglomeráticas con cemento silíceo-calca <u>re</u> o y matriz micácea; leucogranito muscovítico.
FORMA DEL TERRENO Y UBICACION DEL PERFIL	:	Ligeramente inclinado, alta, convexo.
PENDIENTE	:	Bien drenado
NIVEL FREATICO	:	No presenta
EROSION	:	Laminar ligera
PROFUNDIDAD EFECTIVA	:	53 cms. (moder. profundo)
TAXONOMIA	:	Cambortid típico, franco fino, micáceo, isohiper <u>t</u> érmico.
OBSERVACIONES	:	El perfil presenta un horizonte ócrico sobre uno cámbico y reacción violenta al HCl en todas las <u>pro</u> fundidades estudiadas.

A los 53 cms. se manifiesta una discontinuidad li
tológica (2C). Los colores dominantes son grises
y texturas gruesas. En el estudio de campo no se
observaron argilanes, no obstante al estudiar su
micromorfología, posteriormente, se encontraron
en 2C y en menor magnitud en Bs.



FOTOGRAFIA 12. Panorámica de la terraza T_1 donde se ubica el Perfil 4, Cambortid típico; se muestra la vegetación bajo riego y al fondo margen izquierda, la terraza T_2 y margen derecha, la Formación Sierra Nevada.



FOTOGRAFIA 13. Perfil 4, Cambortid típico, sobre la terraza T_1 , en clima BSwH. El perfil presenta reacción violenta al HCl en todos los horizontes estudiados, coloraciones grisáceas y texturas gruesas; a partir de los 50 cms, es esquelético, se encuentra una discontinuidad litológica y abundancia de cantos, uno de ellos, leucogranito muscovítico, sostiene la cinta.

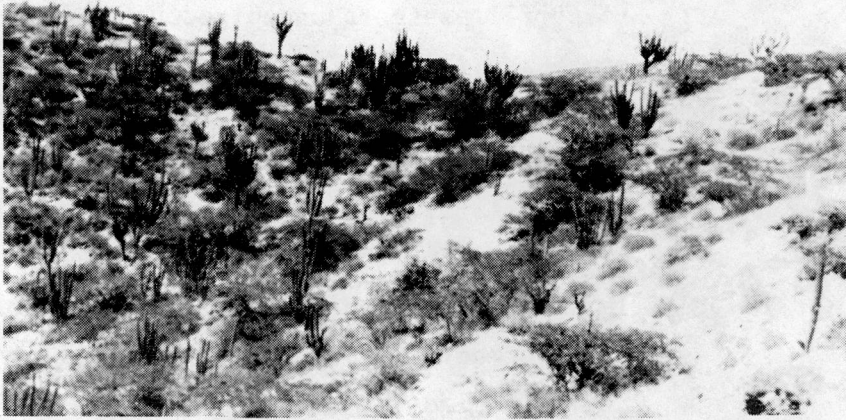
PERFIL Nº 4

Profundidad (cms) y Horizontes	Descripción
0 - 27 Ah	Pardo grisáceo 10YR 5/2(S) y pardo grisáceo oscuro 10YR 4/2(H); franco arenoso a franco, con poca grava (2-15%); bloques subangulares moderados a fuertes y finos a muy finos; ligeramente dura; plasma impregnado en CaCO_3 , no evidencia de cutanes; poros, muchos, tubulares e intersticiales, finos, contínuos, inped, y exped; macroorganismos abundantes (hormigas); raíces, regulares y finas, reacción violenta al HCl, límite claro y plano; pH: 8,40.
27 - 53 Bs	Gris rosado 7.5 YR 6/2(S) y 7.5 YR 4/2(H), pardo a pardo oscuro, franco arenoso con poca grava (2-15%); Bloques subangulares, moderados, finos y muy finos, blanda a ligeramente dura; plasma impregnado de CaCO_3 sin evidencia macroscópica de cutanes; poros, muchos, tubulares e intersticiales, finos, contínuos, inped y exped; macroorganismos regulares (hormigas); raíces pocas y finas; reacción violenta al HCl; límite claro y ondulado; pH: 8,80.
53 - 81 X 2C	Gris rosado 7.5 YR 6/2(S) y pardo rojizo 5YR ^{4.5} /3(M); franco arenoso a franco arcillo arenoso, esquelético; bloques subangulares finas y laminar gruesa, moderado; blanda; plasma impregnado en CaCO_3 con pocos cutanes, moderad. espesos de carbonatos en algunos poros; poros, frecuentes, intersticiales, finos, contínuos, exped; macroorganismos pocos; raíces no hay; violenta reacción al HCl; pH: 8,80.

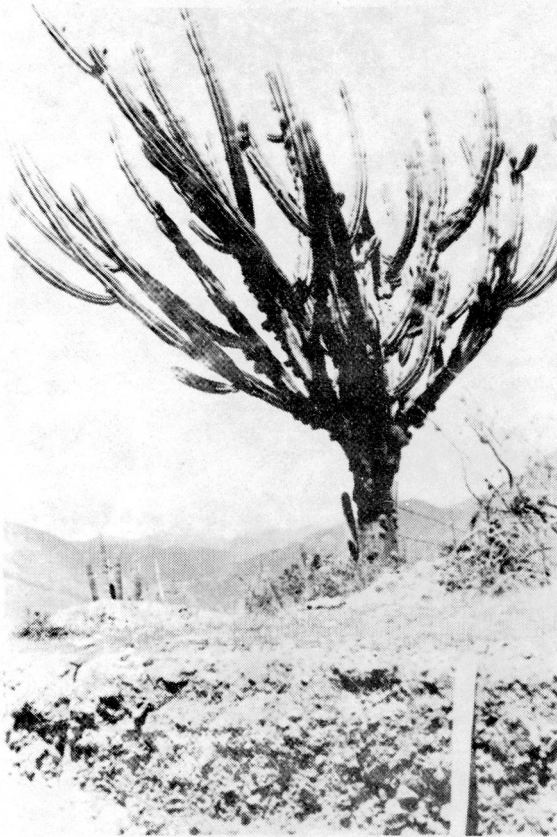
PERFIL N° 5

DESCRIBIO	:	D. Malagón C.
FECHA	:	10-VIII-78
LOCALIZACION	:	Carretera San Juan-Lagunillas a 1.8 kms de San Juan Vía Lagunillas, margen izquierda a 400 m de la carretera anterior (ver fotografía 1).
ALTITUD	:	1.100 m.s.n.m.
CLIMA	:	BSwh (Köppen, 1954)
ZONA DE VIDA	:	Monte Espinoso, premontano, subtropical
VEGETACION	:	Arbustal Espinoso (Sarmiento et al, 1971) con <u>Pilo</u> cereus, Opuntia, Puntia, Melocactus y Prosopis.
GEOMORFOLOGIA	:	Conglomerado Lagunillas (T4), Villafranquense, inicio del Pleistoceno, terrazas bajo formas de <u>co</u> linas disectadas y erodadas.
MATERIAL BASAL	:	Conglomerados, brechas, areniscas (arcosas), grises y rojizas con feldspatos (potásicos y plagioclasas) en vía de alteración y cuarzo de diferentes ciclos; Leucogranitos integrados por cuarzo y feldspatos (potásicos y plagioclasas) alterados y doblados, la mica predominante es muscovita. (Fotografía 17 a 20).
FORMA DE TERRENO Y UBICACION DEL PERFIL	:	Fuertemente inclinado, media, rectilínea
PENDIENTE	:	17%
DRENAJE	:	Bien drenado
NIVEL FREATICO	:	no presente
PROFUNDIDAD EFECTIVA	:	10 cms.
EROSION	:	Laminar fuerte

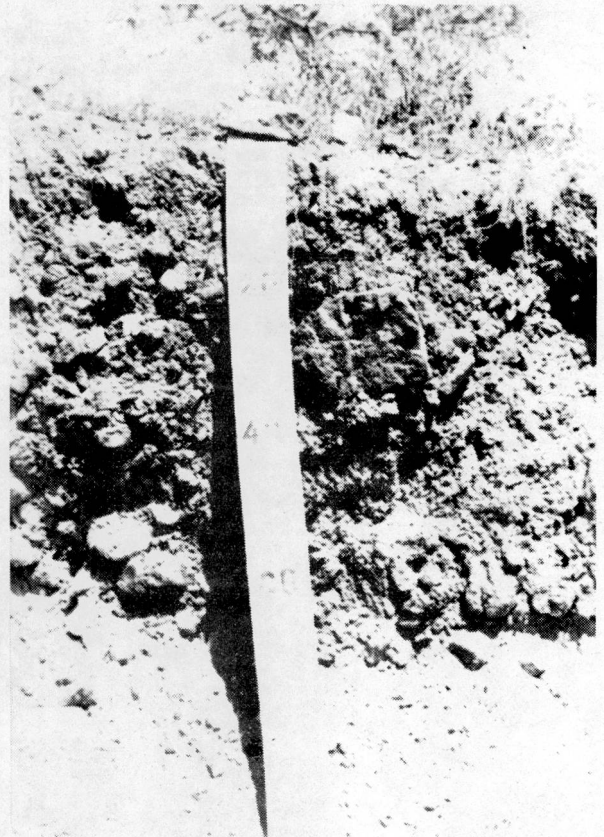
- TAXONOMIA : Natrargid típico, franco fino, micáceo, isohiper-térmico.
- OBSERVACIONES : El perfil presenta un epipedón ócrico y un horizonte argílico muy bien desarrollado, no dando reacción al HCl los dos primeros horizontes (Ah y Bt), pero violenta en 2Cca y 3Cca. Los argilanes son fácilmente identificables en campo. El horizonte argílico limita en gran parte la penetración radicular y causa, en varios casos su deformación (aplanamientos) y horizontalización. En los horizontes 2Cca y 3Cca se encuentran zonalmente arcillas (16-18%) que pueden ser iluviales o constituir mezcla simple con las arenas y gravas.



FOTOGRAFIA 14. Arbustal espinoso sobre el Conglomerado de Lagunillas (T₄) donde se ubica el perfil 5.



FOTOGRAFIA 15. Ubicación del Perfil 5 y vegetación característica, Pilocereus y Prosopis.



FOTOGRAFIA 16. Perfil 5, Natrargid, en el cual se muestra claramente la discontinuidad litológica entre el horizonte 2Cca (18-70 cms) y el 3Cca (70-92 cms).

PERFIL Nº 5

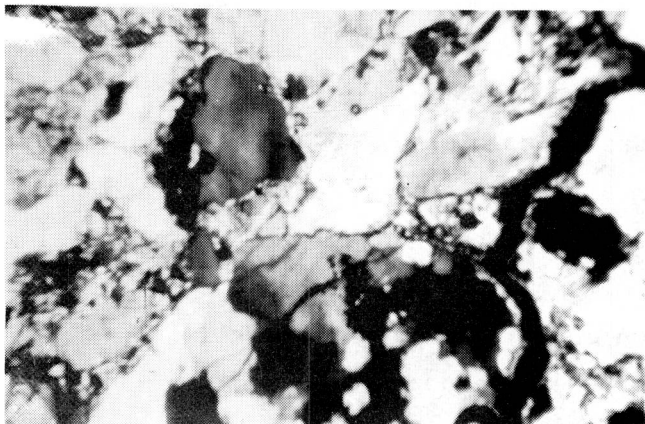
Profundidad (cms) y horizontes	Descripción
0 - 10 Ah	Pardo claro 7.5 YR 6/4(H) y Pardo-pardo oscuro 7.5 YR 4/4 (H); franco arcillo arenoso con grava (15-50%); bloques subangulares, medianos y finos, débil a moderados; blanda y friable, poros, frecuentes a pocos, <u>in</u> tersticiales, finos, contínuos, caóticos, exped; raíces pocas, medianas y finas; macroorganismos pocos (hormigas, arañas); no hay reacción al HCl; límite abrupto, plano a ligeramente ondulado; pH: 6.20.
10 - 18 Bt	Rojo amarillento 5YR 4/6 (S) y rojo amarillento 5YR 4/8 (H); franco arcillo arenoso con poca grava (2-15%); prismas y bloques angulares medianos, fuerte; muy dura; cutanes moderadamente espesos, zonales, arcillosos, de color pardo rojizo, 5YR 4/3 (H), en algunas caras, poros frecuentes, tubulares, muy finos, contínuos, caóticos, <u>in</u> ped; raíces muy pocas, finas y <u>apla</u> nadas, macroorganismos pocos; no hay reacción al HCl; límite abrupto, ondulado a irregular; pH 8,70.
18 - 70 2Cca	Pardo rojizo claro 5YR 6/4(S) y rojo amarillento 5YR 4/6 (H), esqueleto franco arenoso, mucha grava (50-90%) bloques angulares, finos y muy finos, débil a moderado; poros, frecuentes, intersticiales, finos, contínuos, exped; se presentan micelios de carbonatos, moderadamente espesos y contínuos en la matriz; raíces no hay; reacción violenta al HCl; límite abrupto y plano; pH: 9,60.

Profundidad (cms)
y Horizontes

Descripción

70 - 92 X

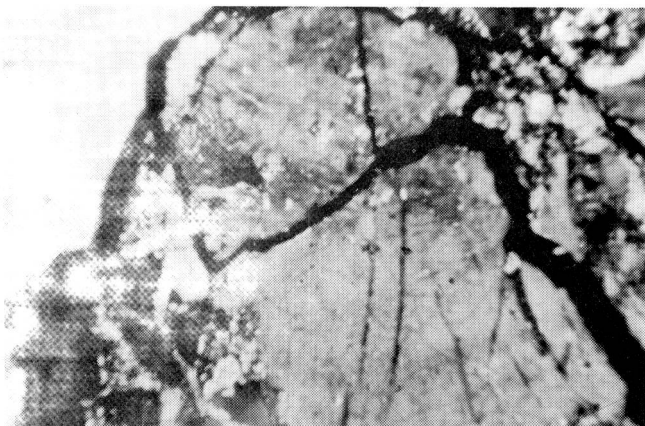
Amarillo rojizo 5YR 6/6(S) y pardo rojizo 5YR 4/4(H); esqueleto franco arenoso, mucha grava (50-90%); bloques angulares y subangulares finos, débiles, poros, frecuentes a muchos, intersticiales, finos, caóticos, exped; como en 2Cca puede haber argilan zonal (?) y micelios moderadamente espesos y contínuos de CaCO_3 en la matriz macroorganismos no hay; reacción violenta al HCl; pH: 9.90.



FOTOGRAFIA 17. Arcosa de grano grueso y ferruginosa, presente en el Perfil 1. 3.5 x 10 y Nx. Sus principales constituyentes son: cuarzo (42%), feldespato (25%), fragmentos líticos (11%), mica (10%), matriz (8%) y óxidos de hierro (4%).



FOTOGRAFIA 18. Microbrecha ferruginosa presente en el perfil 4. 3.5 x 10 Nx. Se aprecia un fragmento de esquisto con andalucita (zona derecha). La roca está integrada por óxidos de hierro (44%), cuarzo (18%), mica (17%), fragmentos líticos (14%) y feldespatos (7%).



FOTOGRAFIA 19. Arenisca arcosa conglomerática. 3.5 x 10 y Nx. En la fotografía se aprecia fragmentos de cuarzo (borde izquierdo superior), feldespatos (parte central) y algo de cemento calcáreo (mirmequita) en la zona central izquierda. Principales componentes: cuarzo (45%), feldespatos (37%), matriz (9%), fragmentos líticos (6%) y calcita (3%).



FOTOGRAFIA 20. Leucogranito micáceo 3.5 x 10 y Nx. Roca presente en el perfil 4 (Cambortid), integrada por cuarzo (42%), zona inferior, ortoclasa (32%), plagioclasa (13%), muscovita (12%), zona superior, y biotita (1%).

B. METODOLOGIA DE LABORATORIO

Análisis micromorfológicos:

Las muestras sin perturbar, orientadas y recubiertas con parafina fueron llevadas al laboratorio, secadas al aire y sometidas a un proceso de impregnación utilizando vacío alternadamente. Se utilizó Vestopal como resina, diluyéndola con estireno monómero, en presencia de un acelerador (naftanato de cobalto y de un catalizador o iniciador del proceso (peróxido de metil, etil, cetona) de acuerdo a la técnica de Jongerius y Heintzberger (1963), posteriormente se obtuvieron secciones delgadas de 30μ de espesor, las cuales fueron analizadas con el microscopio petrográfico de acuerdo a las técnicas de Brewer (1964) y Cady (1965).

Las secciones más representativas fueron fotografiadas mediante una cámara adaptada al microscopio.

Análisis mineralógicos:

Las muestras obtenidas fueron fraccionadas en arenas ($50 - 2.000\mu$), Limos ($2-50\mu$) y arcillas ($<2\mu$) mediante técnicas de tamizado y sedimentación diferencial.

a. Fracción arenosa: ($100-150\mu$).

El estudio de esta fracción se realizó mediante la utilización de las técnicas de la mineralogía óptica en la porción pesada (> 2.85 g/cc) y en la liviana (< 2.85 g/cc) dentro del rango ya definido por tamaño.

Los minerales se expresaron en porcentajes (Kerr, 1959) después de haber estudiado un número suficientemente representativo de los mismos. Algunas de las muestras más características fueron fotografiadas.

b. Fracción limosa (2 - 50 μ)

Posterior al fraccionamiento de la porción limosa muestras seleccionadas (Horizontes A y B) fueron analizadas mediante difracción de Rayos X utilizando un aparato Diano-XRD 8.000 con anticátodo de cobre y sin filtro, las muestras fueron estudiadas dentro del rango 2 a 60 grados 2θ . Mosaicos elaborados con ellas se presentan en el Capítulo de Resultados y Discusión.

La muestra, inicialmente saturada con Na, fue saturada con Mg, mediante tratamiento con Cl_2Mg 1N, centrifugada y de nuevo saturada con $\text{Mg}(\text{OAc})_2$ 1N. Posteriormente fue llevada a ebullición por 15 minutos, agitada y de nuevo centrifugada a 2500 rpm. Tratamientos posteriores incluyeron: decantación, lavado con agua destilada, lavado con alcohol y montado en la placa (muestra orientada).

Las muestras fueron estudiadas siguiendo tratamientos de: calentamiento a 550°C, aplicación de glicol y secado a condiciones ambientales. En general se siguieron las recomendaciones dadas por Kittrick y Hope (1963).

c. Fracción Arcillosa: (<2 μ)

La fracción arcillosa total de los diferentes horizontes de los suelos estudiados fueron analizados mediante difracción de Rayos X, utilizando un aparato Diano-XRD 8.000 con anticátodo de cobre, sin filtro 45 Kv y 35 miliamperios, las muestras fueron analizadas a 2° por minuto.

Se realizaron tratamientos con el fin de obtener variaciones en cuanto al catión de saturación (K ó Mg), utilización de Glicerol como agente solvatante y calentando a 550°C. Estos tratamientos buscaron estudiar la respuesta al comportamiento diferencial de los tipos de arcillas.

Mosaicos elaborados con los difractogramas obtenidos aparecen en el Capítulo correspondiente a Resultados y Discusión.

Se llevaron también a efecto Análisis Térmico Diferenciales en muestras seleccionadas (horizontes A y B), utilizando un aparato marca Gallen-Kamp y mezclando inerte y arcilla en proporción 1 a 1. Las muestras fueron mantenidas 48 horas a una humedad relativa de 52% mediante equilibrio en una cámara con solución saturada de nitrato de calcio. Mosaicos con los principales termogramas aparecen en el Capítulo de Resultados y Discusión.

Análisis mineralógicos.

La determinación de partículas por tamaño se llevó a cabo mediante el método de la pipeta (IGAC, 1973). La fracción arena fue ulteriormente tamizada para obtener diferentes rangos dentro de ella. La estabilidad de los agregados se analizó mediante la metodología Yoder, (1936), utilizando 50 g. de suelo retenido entre tamices 6.30 a 4 mm, humedeciendo los agregados mediante aspersion durante 10 minutos, y agitándolos 30 minutos en el aparato diseñado de acuerdo a las especificaciones del manual 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1954). Se usaron los siguientes tamices: 6,3 a 4,0 mm; 4,0 a 2,0; 1,0 a 0,5 mm y 0,5 a 0,250 mm. Los agregados retenidos en ellos fueron pesados en seco (105°C), con los pesos obtenidos se construyeron las curvas de Estabilidad de los Agregados al agua; posteriormente se calculó la media geométrica en cada uno de ellos, como dato promedio (Mazurak, 1950).

Análisis Químicos.

- pH: Determinación en agua, relación 1:1 y utilizando el método potenciométrico (IGAC, 1973).
- Carbono orgánico: De acuerdo al método de Walkley y Black (Soil Cons. Service, 1967).

- Capacidad de Intercambio de Cationes: Método del acetato de amonio (IGAC, 1973).
- Cationes de Intercambio: Calcio y Magnesio, método del EDTA, y Sodio y Potasio mediante espectrografía de llama, los elementos fueron extraídos con acetato de amonio normal y neutro.
- Fósforo aprovechable: método de Bray II (Black, 1965) y Bray y Kurtz (1945).
- Salinidad: Se realizó la conductividad eléctrica en extracto de sa turación mediante la utilización de un puente de Wheatstone.
- Hierro libre. Según el método de Mehra y Jackson (1960) en el cual se utiliza como solución extractora el ditionito y el citrato de so dio en un sistema regulado por el bicarbonato de sodio; la determi- nación, en sí, se lleva a cabo mediante colorimetría, utilizando el tiocianato de potasio (Jackson, 1958).
- Fraccionamiento del humus. Se llevó a cabo utilizando el pirofosfa- to de sodio 1% (pH 9.8 - 10.0) como solución extractora (relación 1:10) acorde con Duchaufour (1960), posteriormente se tomaron alícuo- tas iguales con la finalidad de determinar, en una, el C extractable y en otras los ácidos fúlvicos y húmicos, fraccionados mediante la acción del ácido sulfúrico 0,5N (pH 2.0). Las fracciones respecti- vas fueron centrifugadas a 3.000 RPM durante 15 minutos y posterio^r mente tituladas. Con los datos obtenidos se calculó la relación: Acidos fúlvicos-Acidos húmicos, carbón extractable y mediante la com paración con el C.O. total, la humina.
- Aluminio de cambio mediante extracción con KCl, N (Yuan, en IGAC, 1973).
- Carbonato de calcio equivalente, método de la neutralización con á- cido y titulación (IGAC, 1973).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en los diferentes aspectos investigados y se discuten temáticamente. Posteriormente en el Capítulo correspondiente a Conclusiones se integran en un todo más armónico, lo cual permite entender y englobar las interacciones explicativas de estas características.

CARACTERISTICAS QUIMICAS.

En base a los resultados analíticos presentados en los Cuadros 5 a 8, puede llegarse a la siguiente interpretación:

a. pH, Aluminio y Carbonato de Calcio.

Los valores de pH indican en general, moderada basicidad, se exceptúan los horizontes 2C(P₁) y Ah (P₅) los cuales son casi neutros y ligeramente ácidos, respectivamente. Estos valores guardan relación con la ausencia de aluminio intercambiable en estos suelos, ya que a valores superiores a 5.5-6.0 son despreciables dichos contenidos.

De manera opuesta al aluminio de cambio se presentan las concentraciones de carbonato de calcio (Cuadro 8). Estos contenidos indican valores altos para el P₄ (Cambortid) especialmente en las zonas superficiales y en los horizontes Cca (valores entre 2,2 y 5,7%).

Los horizontes ligeramente ácidos, previamente comentados, tienen concentraciones bajas (0,5-0,6%) de carbonato de calcio. A pesar de existir una tendencia a aumentar las concentraciones de carbonatos, relacionados con mayores valores de pH, se presentan varios casos donde esto no ocurre o donde su aumento no es correlativo.

La distribución de los carbonatos en cada perfil es variable presentándose casi homogénea en los perfiles 1 y 2, aumentando en profundidad en el 3 y 5 (al llegar a discontinuidades litológicas) y descendiendo

en profundidad (P_4) a pesar de que ni el registro de pH ni las condiciones de campo así lo indicaran.

La presencia de contenidos altos de Na^+ de intercambio y sus valores asociados de carbonatos, presentan una mejor explicación de los máximos pHs alcanzados; el CO_3Na_2 al tener una mayor solubilidad que el $CaCO_3$ afecta y explica estos valores.

b. Cationes de Intercambio y Saturación de Sodio

Estos resultados se presentan en los Cuadros 5 y 7. Su interpretación conlleva a los siguientes aspectos:

- Ca^{++} y Mg^{++} son los cationes dominantes del complejo de cambio, siguiendo después K^+ y Na^+ , pero, en estos últimos las proporciones no siguen la secuencia "normal" en relación con el predominio de K^+ sobre Na^+ , especialmente en los perfiles 4 (todo el perfil) y 5 (a partir del horizonte Ah), donde la concentración de Na^+ es mayor que la de K^+ .
- Las relaciones entre algunos cationes de intercambio se presenta también en el Cuadro 5. Es importante anotar, en este aspecto, que la relación Ca/Mg fluctúa entre 1,4 y 10,1 con promedio de 3,4, estos valores indican que los contenidos (en general altos) de magnesio no se ven interferidos por los también altos contenidos de calcio, en cuanto a sus relaciones con la planta.

La relación Mg/K en el rango 2,4 a 14,9 y con promedio de 6,8 indica un ligero desbalance que no debe ocasionar interferencias, ya que el K de cambio se presenta en cantidades altas a muy altas.

- La saturación del complejo de cambio, por acción de los cationes de intercambio, es muy alta en todos los casos; si se compara con la capacidad de intercambio se nota un "exceso" de cationes denominados

Cuadro 5. Propiedades Químicas y de fertilidad en los suelos estudiados de Lagunillas (Mérida).

Perfil y Horizonte	pH (1:1) agua	C.O. %	CIC me/100g	Cationes intercambiables me/100g				Ca/Mg	Mg/K	P ppm	Al Int. me/100g
				Ca++	Mg++	K+	Na+				
1 Ap	7,95	0,70	9,52	7,46	4,50	1,47	0,23	1,6	3,0	> 35,20	0,0
Bs	7,60	0,42	9,53	8,00	4,53	0,55	0,33	1,7	8,2	26,05	0,0
2C	6,85	0,24	8,23	7,95	2,47	0,40	0,40	3,2	6,2	12,14	0,0
3 Ah	8,40	0,64	18,65	18,98	7,62	2,03	0,54	2,5	3,8	12,50	0,0
Bs	8,25	0,48	17,56	16,37	9,12	1,54	0,62	1,7	5,9	9,24	0,0
Bt	8,00	0,31	21,85	17,58	12,68	1,15	0,99	1,4	11,0	2,64	0,0
2Cca	8,05	0,25	17,90	27,87	14,08	0,94	1,02	1,9	14,9	6,33	0,0
4 Ah	8,40	0,66	7,60	33,31	5,49	0,79	0,96	6,1	7,1	> 35,20	0,0
Bs	8,80	0,38	6,89	27,79	5,49	0,40	1,44	5,1	13,7	> 35,20	0,0
2C	8,80	0,15	5,66	17,59	4,01	0,60	0,91	4,4	6,6	> 35,20	0,0
5 Ah	6,20	0,55	8,83	7,34	3,45	0,59	0,48	2,1	5,8	20,24	0,0
Bt	8,70	0,29	11,27	14,12	3,99	0,30	3,47	3,5	13,3	19,80	0,0
2Cca	9,60	0,16	7,11	25,36	2,52	0,40	3,52	10,1	6,3	17,42	0,0
3Cca	9,90	0,05	8,11	13,65	3,02	0,40	3,71	4,5	7,5	> 35,20	0,0
2 Ah	8,50	0,58	6,49	12,23	2,74	1,13	0,40	4,4	2,4	> 35,20	0,0
Bs	8,38	0,45	8,21	11,77	3,77	1,00	0,33	3,1	3,8	> 35,20	0,0
Bt	8,20	0,26	17,46	15,92	5,11	1,95	0,70	3,1	2,6	6,16	0,0
2C	8,20	0,13	12,40	10,63	4,54	1,77	0,59	2,3	2,5	3,47	0,0

de "intercambio" lo cual aparentemente es contradictorio, esto a pesar de haberse determinado los elementos solubles del extracto de saturación y haber realizado las correcciones correspondientes. El tipo de sales y calibración inadecuada de la metodología seguida en el laboratorio se postulan como explicación del fenómeno comentado.

- El Na de intercambio presenta sus valores máximos en el perfil 5, a partir del horizonte Bt, alcanzando valores de 3,4 a 3,7 me/100 g, este hecho ha servido de base para caracterizar como nátrico el horizonte Bt de dicho perfil y a éste como Natrargid. En los demás casos las cantidades son relativamente bajas (menos de 1 me/100 g).

c. Capacidad de Intercambio de Cationes, Materia Orgánica y Tipo de Arcilla.

La Capacidad de Intercambio de Cationes, estimada por el método del acetato de amonio, se presenta en el Cuadro 5, dichos valores pueden interpretarse como bajos a medianos para todos los suelos, acercándose a rangos medianos-altos en el perfil 3. En esta capacidad domina el efecto de la fracción inorgánica. Cuando la capacidad de cambio se estima por suma de cationes extraídos por acetato de amonio, método de Coleman et al, 1959, corresponde al concepto de Capacidad Efectiva de Intercambio de Cationes (CICE); al aplicar este concepto a los suelos estudiados y teniendo en cuenta que la acidez de intercambio es despreciable, se obtienen valores considerablemente mayores que en el primer caso, asociados posiblemente al efecto solubilizante diferencial del acetato de amonio, comparado con el del agua destilada, tiempo de saturación y tipo de sales presentes (Cuadro 7), para el presente estudio se ha estimado como cercano a la realidad el método del acetato, no obstante tener el defecto de saturar con amonio suelos altos en ilitas, con lo cual se bloquean cargas efectivas de intercambio.

La capacidad de intercambio de la arcilla se ha calculado tomando como valor inicial la CIC del suelo total a la cual se le ha deducido proporcionalmente el valor asociado con la materia orgánica (2 me por cada

Cuadro 6. Capacidad de Intercambio de Cationes y factores asociados, (Lagunillas, Mérida).

Perfil y Horizonte	CIC me/100g	CIC (parte mineral) me/100g	CIC me/100g	CIC me/100g (arcilla)	C.O. %	Arcilla %	Mineralogía Arcillas
1 Ap	9,52	7,10	13,66	38,3	0,70	18,50	Ilita > Cuarzo > Caolinita
Bs	9,53	8,09	13,41	38,4	0,42	21,03	" " "
2C	8,23	7,41	11,22	23,6	0,24	31,33	" " "
							Caolinita ~ Ilita ~ Cuarzo
3 Ah	18,65	16,45	29,17	32,9	0,64	49,87	Caolinita ~ Ilita ~ Cuarzo
Bs	17,56	15,90	27,65	33,1	0,48	48,01	Caolinita > Ilita y Cuarzo
Bt	21,85	20,79	32,40	34,6	0,31	60,03	" " "
2Cca	17,90	17,04	43,91	31,9	0,25	53,34	" " "
4 Ah	7,60	5,32	40,55	33,1	0,66	16,07	Ilita > Cuarzo > Caolin. y Vermic.
Bs	6,89	5,59	35,12	29,9	0,38	18,61	Ilita ~ Cuarzo >> Caol. y Vermic.
2C	5,66	5,14	23,41	24,7	0,15	20,80	Ilita ~ Cuarzo >> Caol. y Vermic.
5 Ah	8,83	6,93	11,86	28,4	0,55	24,31	Ilita ~ Cuarzo >> Verm. y Caolin.
Bt	11,27	10,27	21,88	32,3	0,29	31,77	" " > Estrat >> Caolin.
2Cca	7,11	6,67	31,80	40,1	0,16	16,65	" " > Estrat >> Caolin.
3Cca	8,11	7,93	20,78	44,1	0,05	18,00	" " " "
2 Ah	6,49	4,49	16,50	20,0	0,58	22,40	Ilita ~ Cuarzo ~ Caolinita
Bs	8,21	6,67	16,87	29,5	0,45	22,61	" " "
Bt	17,46	16,56	23,68	27,5	0,26	60,07	Caolinita > Ilita y Cuarzo
2C	12,40	11,96	17,53	24,4	0,13	49,03	" > Ilita y Cuarzo

gramo de M.O) y dividiendo el resultado por el porcentaje de arcillas presentes, determinado mediante el método de la pipeta. Los valores se presentan en el Cuadro 6, donde, por otra parte, aparece también la mineralogía correspondiente a la fracción arcillosa; al comparar los valores con el tipo o tipos dominantes puede llegarse a las siguientes conclusiones:

- La illita presente es de mediana carga, lo cual se asocia a su grado de evolución.
- Los contenidos bajos de vermiculita afectan poco la CIC.
- Los materiales estratificados parecen influir considerablemente sobre la CIC.

d. Salinidad

Los resultados del análisis de salinidad se presentan en el Cuadro 7, basado en ellos puede concluirse lo siguiente:

- La conductividad eléctrica es baja (valores menores a 1,8 mmhos/cm en todos los casos).
- Las sales dominantes son bicarbonatos, cloruros y sulfatos (exceptuando el P1 y los horizontes superficiales del 3) de calcio y magnesio, en mucho menor proporción: potasio y sodio.

Si bien el comentario anterior generaliza el tipo de sales presente, hay perfiles que muestran características diferentes, es el caso del N° 5 donde predominan los cloruros y la carencia de sulfatos en el N° 1.

Cuadro 7. Análisis de salinidad en los suelos estudiados, Lagunillas, Mérida.

Perfil y Horizonte	C.E.10 ³ .25°C	CATIONES me/L				ANIONES me/L				% saturación* de Na ⁺	OBSERVACIONES	
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼			
1 Ap	0,708	4,00	1,50	1,45	0,02	0,0	5,00	3,37	0,0	2,4	No salino	
Bs	0,783	3,00	0,75	0,30	0,02	0,0	0,00	3,37	0,0	3,4	" "	
2C	0,581	4,00	1,50	0,11	0,03	0,0	5,00	3,37	0,0	4,9	" "	
3 Ah	0,649	3,50	2,75	0,40	0,03	0,0	5,00	3,37	0,0	2,8	" "	
Bs	0,691	3,50	2,55	0,28	0,03	0,0	5,00	1,69	0,0	3,5	" "	
Bt	0,682	3,75	2,50	0,10	0,06	0,0	5,00	1,01	1,30	4,5	" "	
2Cca	1,244	6,25	5,00	0,10	0,07	0,0	5,00	5,06	2,34	5,8	" "	
4 Ah	0,777	3,75	2,00	0,53	0,07	0,0	7,50	1,69	3,64	12,6	" "	Nivel alto de Na ⁺
Bs	0,682	1,75	1,75	0,11	0,08	0,0	5,00	1,35	2,86	20,9	" "	Nivel alto de Na ⁺
2C	0,823	3,50	1,15	0,25	0,09	0,0	7,00	1,35	3,12	16,1	" "	Nivel alto de Na ⁺
5 Ah	1,154	6,50	2,25	0,43	0,03	0,0	5,00	9,11	0,78	5,4	" "	
Bt	1,750	5,00	2,25	0,10	0,25	0,0	5,00	13,50	0,78	30,8	" "	Nivel alto de Na ⁺
2Cca	1,339	1,25	0,75	0,10	0,32	0,0	8,00	7,42	1,04	49,5	" "	Nivel alto de Na ⁺
3Cca	1,356	1,00	0,50	0,20	0,38	0,0	8,00	7,42	3,85	45,7	" "	Nivel alto de Na ⁺
2 Ah	0,704	5,75	1,50	1,05	0,02	0,0	8,00	2,02	3,85	6,2	" "	
Bs	0,461	4,00	1,00	0,53	0,01	0,0	7,00	2,02	3,12	4,2	" "	
Bt	0,343	2,00	1,00	0,35	0,03	0,0	5,00	2,02	0,52	3,9	" "	
2C	0,306	1,30	1,50	0,46	0,04	0,0	5,00	1,01	0,0	4,7	" "	

* En base a la CIC en OAc NH₄ IN, pH 7,0

e. Fósforo y Hierro libre.

El contenido de fósforo aprovechable varía de acuerdo con los horizontes estudiados y los perfiles correspondientes; al estudiar su relación con los parámetros que pueden afectar su dinámica se concluye:

- En general los horizontes superficiales presentan los mayores contenidos ya sean estos absolutos o relativos a los demás horizontes del perfil.
- Debido a que no se detectó Al de intercambio, los dos factores que pueden estar involucrados en la dinámica del elemento son los óxidos libres de hierro y el carbonato de calcio.

El estudiar su influencia se concluye que, contrario a lo que pudiera esperarse, debido a las condiciones de aridez de la zona, se presenta mayor correlación negativa entre los óxidos de hierro y el P, que entre éste y el contenido en carbonato de calcio, en otras palabras los menores contenidos de óxidos de hierro presentan los mayores valores del P en su forma aprovechable, mientras que no hay correlación entre los carbonatos y el elemento.

f. Caracterización del Humus del Suelo.

Los resultados de la caracterización del material húmico del suelo se presentan en el Cuadro 8; en base a ellos se ha llegado a la interpretación siguiente:

- La relación AF/AH presenta valores inferiores a la unidad, lo cual define un alto grado de humificación, por prevalencia de los ácidos húmicos (compuestos de alta polimerización).

Los valores de la relación mencionada varían, en promedio, de acuerdo a los horizontes estudiados, así en los horizontes A es de 0,65;

Cuadro 8. Análisis de características químicas importantes en Génesis de Suelos, en el área estudiada (Lagunillas, Mérida)

Perfil y Horizonte	C.O. %	C.Extract %	A.Fulvicos %	A.Húmicos %	AF/AH	Humina %	CaCO ₃ %	Oxidos libres de hierro	pH (1:1agua)	CIC me/100g	Tipo de Humus
1 A	0,70	0,036	0,018	0,032	0,56	94,8	0,51	0,94	7,95	9,52	Mull eutrófico
Bs	0,42	0,026	0,018	0,022	0,82	93,8	0,47	1,07	7,60	9,53	
2C	0,24	0,020	0,008	0,014	0,57	91,6	0,49	1,03	6,85	8,23	
3 Ah	0,64	0,037	0,018	0,033	0,54	94,2	1,53	2,66	8,40	18,65	Mull cálcico-transicional a Mull eutrófico
Bs	0,48	0,074	0,019	0,039	0,48	84,5	1,22	2,57	8,40	18,65	
Bt	0,31	0,040	0,004	0,029	0,13	87,1	1,25	2,84	8,00	21,85	
2Cca	0,25	0,033	0,010	0,033	0,30	86,8	4,50	2,61	8,05	17,90	
4 Ah	0,66	0,093	0,030	0,038	0,78	85,9	5,32	0,84	8,40	7,60	Mull cálcico
Bs	0,38	0,044	0,014	0,030	0,46	88,4	4,56	0,85	8,80	6,89	
2C	0,15	0,020	0,006	0,014	0,43	86,6	1,16	0,65	8,80	5,66	
5 Ah	0,55	0,057	0,018	0,022	0,82	89,6	0,61	0,97	6,20	8,83	Mull eutrófico
Bt	0,29	0,039	0,014	0,014	1,00	86,4	0,77	0,98	8,70	11,27	
2Cca	0,16	0,016	0,010	0,012	0,83	90,0	5,64	0,61	9,60	7,11	
3Cca	0,05	0,010	0,008	0,012	0,67	80,0	2,21	0,50	9,90	8,11	
2 Ah	0,58	0,041	0,020	0,036	0,55	92,9	0,71	1,66	8,50	6,49	Mull eutrófico
Bs	0,45	0,036	0,012	0,020	0,60	92,0	0,71	1,82	8,38	8,21	
Bt	0,26	0,023	0,010	0,019	0,52	91,1	0,67	2,81	8,20	17,46	
2C	0,13	0,020	0,008	0,012	0,67	84,6	0,72	2,63	8,20	12,40	

0,59 en los Bs; 0,55 en los Bt y 0,58 en los horizontes C, estas proporciones indican un aumento de los ácidos húmicos con la profundidad, asociado a las condiciones donde se efectúa la humificación y en especial, a los mayores contenidos de humedad durante las cortas épocas de lluvia.

- El contenido de humina es muy alto, alcanzando valores promedios de 91,5% en los horizontes A, 89,7% en los Bs, 86,0% en los Bt y 86,6% en los horizontes C.

Si se entiende la humina como integrada por polímeros precipitados por oxidación intensa o materia combinada con las arcillas y no extraíble por los reactivos básicos, puede concluirse que bajo las condiciones imperantes en la zona estudiada el fenómeno de polimerización y de síntesis orgánica es avanzado.

Al estudiar los valores antes presentados en cuanto a la relación existente entre los AF/AH y el porcentaje calculado de humina se constata, en base a promedios, que a medida que el porcentaje de humina es más elevado la relación AF/AH incrementa, también su valor.

- Teniendo como base los datos presentados en el Cuadro 8 se llega a la conclusión que el tipo dominante de humus varía según los perfiles entre el mull cálcico y el mull autrófico o, en algunos casos, transicional entre ellos.

CARACTERISTICAS FISICAS

Dentro de las propiedades físicas se han estudiado en detalle las características texturales y la estabilidad de los agregados (estructura del suelo), debido a la estrecha relación que guardan con los aspectos evolutivos y taxonómicos de los suelos y con el manejo agrícola de los mismos.

Los resultados del análisis textural se presentan en el Cuadro 9 mientras que la expresión gráfica de la respuesta de los agregados al agua está representada gráficamente en la Figura 5.

El análisis de partículas por tamaño en la fracción menor de 2 mm en diámetro indica una gran heterogeneidad de las fracciones de acuerdo a los perfiles estudiados, heterogeneidad que se manifiesta tanto en el total como en la composición de los componentes de las arenas y en los porcentajes de arcillas, estos últimos debido a la importancia que presentan en el estudio de la génesis (fenómeno de translocación, eluviación-iluviación) y taxonomía de los suelos se ha representado gráficamente en la Figura 6.

La Figura 6 muestra claramente la diferencia entre los Ortíd y los Argid, en base al horizonte argílico, y las discontinuidades litológicas presentes en ellos. Al aplicar los conceptos de la Soil Taxonomy (1975), en cuanto a las clases por distribución de partículas (tamaño) los perfiles 1,4 y 5 se ubican dentro de los franco finos mientras que los demás (2 y 3) lo hacen en los arcillosos finos a muy finos.

El estudio de la estabilidad de los agregados ante la acción disgregante del agua se presenta en la Figura 5. Dicha Figura pone de manifiesto la inestabilidad que caracteriza los agregados, puesto que la media geométrica, valor que los caracteriza, se encuentra siempre menor a 500μ (promedio de $316,1\mu$ para horizontes A, $248,4\mu$ para los Bs y $340,6\mu$ para los Bt).

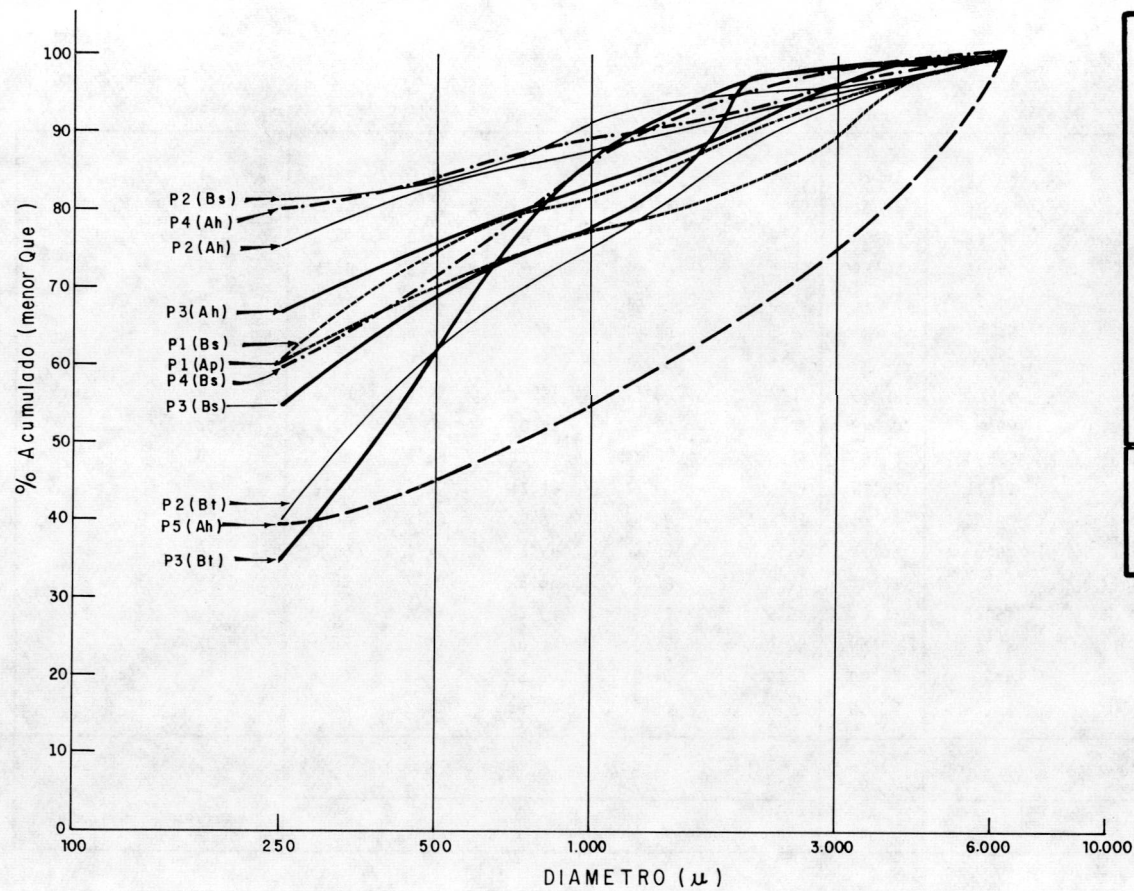
En relación con la interpretación de los valores obtenidos, pueden seguirse los criterios ya comentados, (Malagón, 1978), en suelos de la Depresión de Quibor, a saber:

- a. El rango en el cual se presentan los agregados estables indica tendencia a la inestabilidad y degradación de la estructura, fenómeno que afecta tanto las relaciones edáficas (aire-agua) como las pedológicas.

Cuadro 9. Análisis textural (pipeta) de los suelos estudiados.

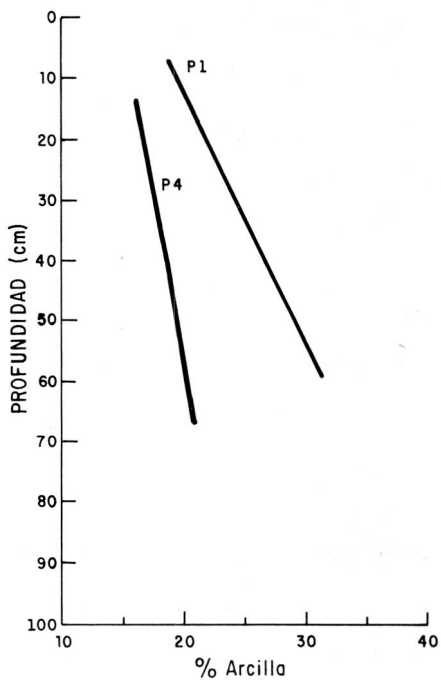
N° Perfil	Horizonte	Arenas % (mm)					%	Limo % (mm)		%	Arcilla % 0.002 (mm)	Textura pipeta
		2-1	1-0.5	.5-.25	.25-0.1	0.1-0.05		A. total	0.05-0.02			
1	Ap	11,79	12,30	15,19	17,60	6,13	63,03	7,51	10,92	18,43	18,5	F.A.*
	Bs	9,77	12,82	15,90	16,10	6,33	60,93	6,29	11,73	18,02	21,03	F.A-F.ArcA
	2C	11,99	10,57	10,13	10,33	6,64	49,69	7,53	11,43	18,96	31,33	F.Ar.A
3	Ah	0,74	1,44	2,67	6,92	5,52	17,31	12,53	20,28	32,81	49,87	Ar
	Bs	1,90	2,18	2,95	5,78	5,45	18,27	13,86	19,88	33,74	48,01	Ar
	Bt	0,49	1,31	1,64	3,79	4,53	11,78	5,80	22,37	28,17	60,03	Ar
	2Cca	3,04	2,93	2,71	5,54	3,75	17,99	15,82	12,83	28,65	53,34	Ar
4	Ah	7,07	13,98	12,79	13,6	6,01	53,47	12,11	18,33	30,44	16,07	F.A-F
	Bs	12,39	14,43	12,01	12,30	5,32	56,47	6,55	18,35	24,90	18,61	F.A
	2C	23,18	17,09	10,42	9,67	3,82	64,20	4,68	10,30	14,98	20,80	F.A-Far.A
5	Ah	9,00	13,85	14,55	17,95	7,37	62,88	7,14	7,06	14,20	24,31	F.Ar.A
	Bt	10,46	15,58	12,23	12,12	4,25	54,66	5,76	7,79	13,55	31,77	F.Ar.A
	2Cca	15,07	17,97	14,93	14,80	5,27	68,05	6,15	9,13	15,28	16,65	F.A.
	3Cca	9,75	18,50	18,38	19,38	5,65	71,69	5,40	4,89	10,29	18,00	F.A.
2	Ah	4,58	8,20	9,87	20,69	10,45	53,81	20,49	3,29	23,78	22,40	F.Ar.A.
	Bs	5,46	7,45	8,85	18,54	9,81	50,13	13,76	13,48	27,24	22,61	F.Ar.A-F
	Bt	2,50	1,76	1,36	4,22	5,55	15,42	10,95	13,22	24,17	60,07	Ar.
	2C	9,24	8,03	5,97	5,61	4,03	32,91	13,93	4,11	18,04	49,03	Ar

* F = franco, Ar = arcilla; A=arena

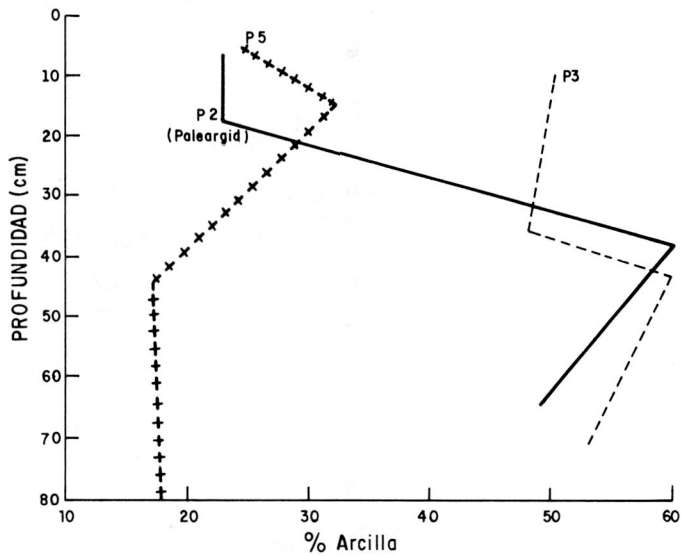


MEDIAS GEOMETRICAS (μ)		
Perfil 1	(Ap)	305,8
Perfil 1	(Bs)	276,3
Perfil 2	(Ah)	217,6
Perfil 2	(Bs)	195,6
Perfil 2	(Bt)	362,1
Perfil 3	(Ah)	253,7
Perfil 3	(Bs)	266,2
Perfil 3	(Bt)	319,1
Perfil 4	(Ah)	202,9
Perfil 4	(Bs)	255,5
Perfil 5	(Ah)	600,7
\bar{x} horiz A = 316,1 μ		
\bar{x} horiz Bs = 248,4 μ		
\bar{x} horiz Bt = 340,6 μ		

FIG. 5.- ESTABILIDAD ESTRUCTURAL AL AGUA DE HORIZONTES SELECCIONADOS EN LOS SUELOS ESTUDIADOS EN LAGUNILLAS, Edo MERIDA.



CAMBORTID



HAPLARGID - - - - - Y PALEARGID ————
NATRARGID + + + + + + + +

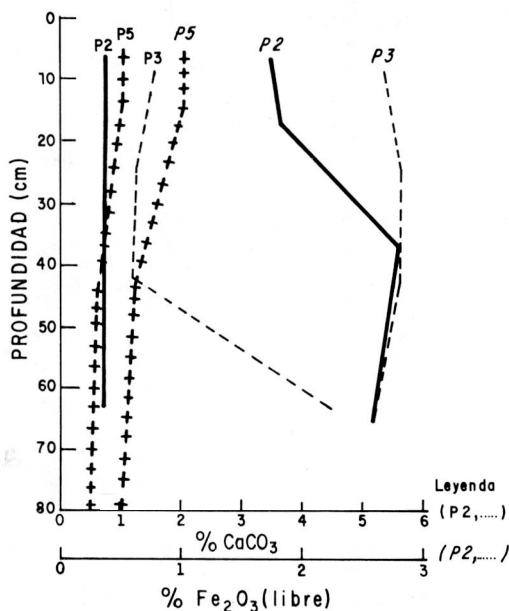
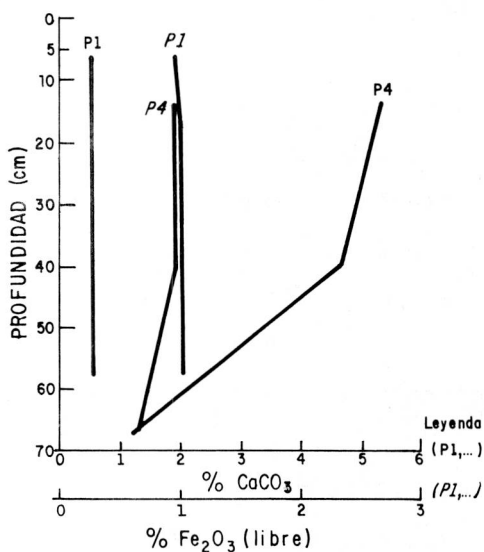


FIG. 6.- VARIACION EN EL PERFIL DE LOS PORCENTAJES DE ARCILLAS, CARBONATOS Y OXIDOS LIBRES DE HIERRO.

- b. Si se considera como deseable para los agregados un rango entre 1 y 3 mm en diámetro y mayores (3-6 mm) si se piensa en evitar el proceso erosivo, deberán seguirse prácticas agronómicas (preparación, rotaciones de cultivos, etc), tendientes a mejorar este aspecto, especialmente si se tienen en cuenta factores tales como la torrencialidad de lluvia y el uso intensivo de la tierra, al solucionar la limitante del agua.
- c. Si se toma en cuenta el criterio de Chepil (1955 y 1955a) los suelos de mayor susceptibilidad a la erosión presentan agregados estables en el rango 50-420 μ , este es el caso de los suelos de Lagunillas.
- d. Al analizar los factores que están determinando esta baja estabilidad parecen existir dos como sobresalientes: la baja cantidad de materiales orgánicos y el predominio de mica-ilita en la mineralogía de las fracciones finas (Rodwanski, 1968), casos similares a los estudiados en Quibor (Malagón, 1978), no obstante existir en este último lugar un tercer factor determinante de baja estabilidad: el alto porcentaje de limos.
- e. Si bien existen bajos contenidos orgánicos y de óxidos de hierro, el nivel de carbonatos y de calcio en el medio es adecuado para ocasionar cementación y floculación, no obstante el agente cementante parece tener menor capacidad de unión que el asociado con las fuerzas dispersivas. Se considera adecuado el poder floculante del medio, aún en casos de abundancia relativa en sodio. El problema radica más en mecanismos de cementación que en aquellos de floculación.
- f. El estudio de los promedios de las medias geométricas para los diferentes horizontes muestra aspectos importantes de comentar: la mayor estabilidad se presenta en los horizontes argílicos fenómeno que evidencia el poder estabilizante de la arcilla iluvial, continúan los horizontes superficiales asociados con una mayor proporción de materiales orgánicos y es menor para los horizontes cámbicos.

Los comentarios anteriores evidencian la relación: evolución de suelo-estabilidad de agregados y confirman las ideas prevalentes en algunos investigadores (Smith y Boul, 1968), de permitir caracterizar horizontes argílicos en algunas circunstancias, en especial en zonas áridas y semiáridas, a pesar de no presentar argilanes, este no es el caso en la zona estudiada donde la torrencialidad de la lluvia y/o las condiciones climáticas pretéritas han permitido la conservación de las marcas del proceso de translocación arcillosa.

MINERALOGIA DE LAS FRACCIONES LIMOSA (2-50 μ) Y ARCILLOSA (<2 μ en diámetro)

Los resultados del análisis mineralógico de la fracción limosa (2-50 μ en diámetro) se presentan en las Figuras 7 y 8 en el Cuadro 10, en relación con horizontes seleccionados dentro de los perfiles estudiados:

Los minerales dominantes en la fracción arcillosa (<2 μ en diámetro) se han resumido en el Cuadro 11; los difractogramas respectivos se encuentran en las Figuras 9 a 13.

La interpretación de los resultados antes anotados pone de manifiesto, para la fracción limosa, lo siguiente:

- a) Dominio de mica dioctaédrica y cuarzo en los suelos estudiados, con menores cantidades de vermiculita, caolinita y, en algunos casos (Perfil 5, 4 y 3), minerales estratificados, estructuras esmectíticas (Perfiles 2 y 5) y goética (horizonte Bs del P3).
- b) En general la cristalinidad de illita es alta y su grado evolutivo bajo, se nota, además, mayor gradación (alteración) hacia ángulos bajos en los Argid comparados con los Ortid.

El grado de ordenamiento cristalino (o definición cristalina) en caolinita es en general bajo, exceptuando el P2 y la zona superficial del P5.

Cuadro 10. Mineralogía dominante en la fracción limosa (2-50 μ) de horizontes seleccionados en los Perfiles estudiados (Lagunillas).

Perfil	Horiz.	Profundidad (cms)	Composición Mineralógica y estimación de abundancia (1)			
1 Cambortid	Ap Bs	0-13 13-21	Mica**** Cuarzo****	Cuarzo**** ⁽⁴⁾ Mica****	Pico a 14.5 Å (vermiculita)* ⁽³⁾ Pico a 14.5 Å (vermiculita)*	Caolinita* Caolinita*
2 Paleargid	Ah Bs	0-12 12-22	Mica**** Mica**** Pico a 14 Å	Cuarzo**** Cuarzo**** (vermiculita)* ^{1/2}	Vermiculita*** Caolinita***	Caolinita* ^{1/2} Esmectitas* Esmectitas (?)*
3 Haplargid	Ah Bs	0-17 17-32	Cuarzo**** Goetita**** Feldespatos (tr)	Mica** Mica***	Caolinita* Vermiculita*	Min.Interestra.(tr) Caolinita (tr)
4 Cambortid	Ah Bs	0-27 27-53	Mica**** Mica****	Cuarzo**** Cuarzo****	Caolinita* ^{1/2} Pico a 14.7 Å*	Pico a 14.2* ^{1/2} Caolinita (tr) Pico a 19.2 Å (tr) Min.Estrat.(tr)
5 Natrargid	Ah Bt	0-10 10-18	Cuarzo**** Mica****	Mica*** Cuarzo****	Caolinita** Esmectitas(tr)	Vermiculita y Min.Estrat.a 14.2-14.7Å Vermiculita* ^{1/2} Caolinita* (tr)

(1) Abundancia de acuerdo a:

- **** = Muy abundante
- *** = Abundante
- ** = Común
- * = Presente
- tr = Trazas

(2) Mica: hace referencia realmente a mica dioctaédrica.

(3) En el cuadro se han señalado los picos cuando no se han realizado tratamientos específicos para diferenciarlos o cuando el mineral no está perfectamente identificado; en el texto se discuten específicamente. En general los picos a 14 Å hacen referencia a Vermiculita, mientras que los de mayor orden y presentes como trazas lo hacen a minerales esmectíticos e interestratificados.

(4) Los feldespatos también pueden estar presentes, ver discusión sobre criterios de identificación en la sección correspondiente.

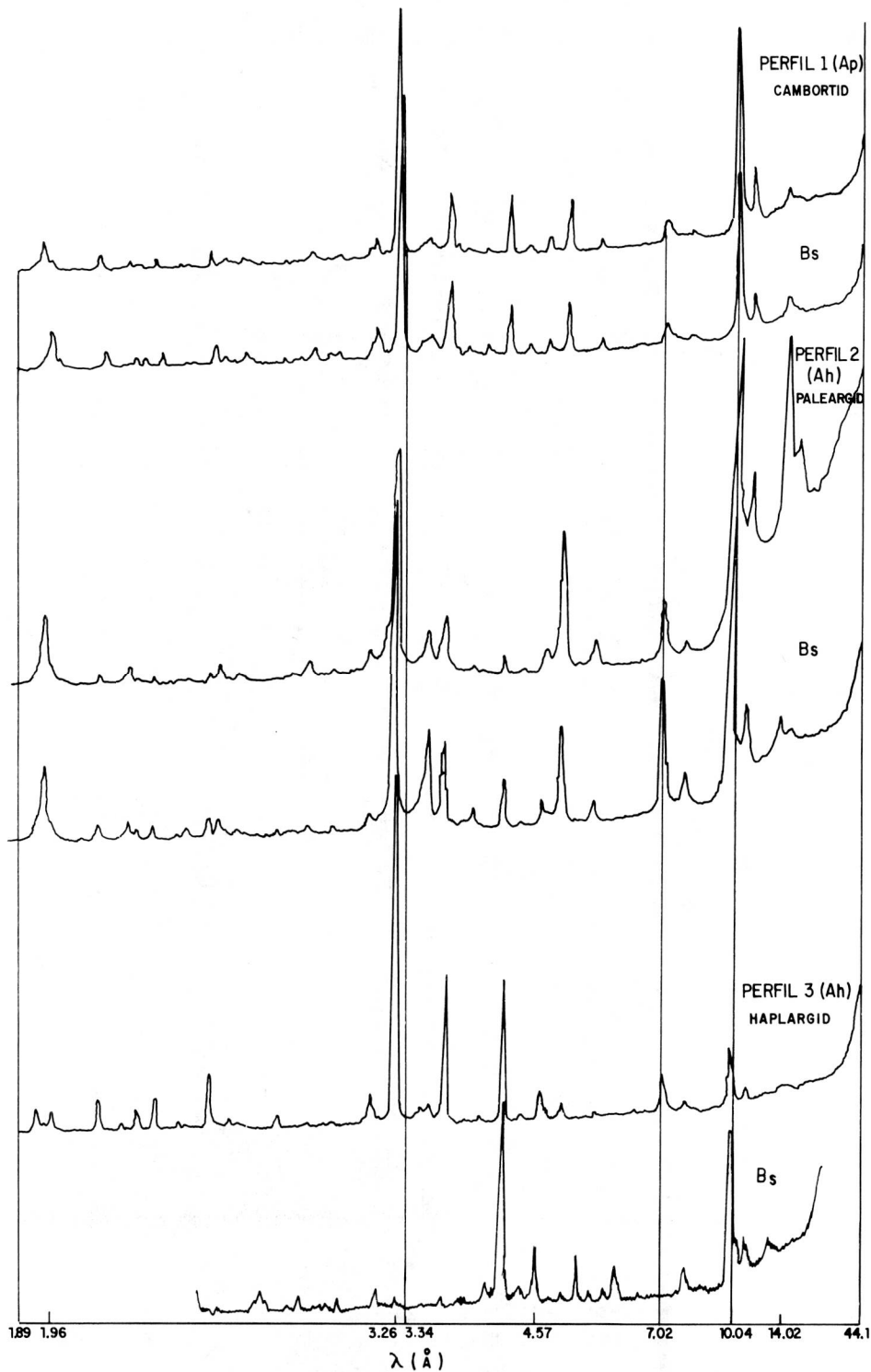


FIGURA. 7 - DIFRACTOGRAMAS DE LA FRACCIÓN LIMOSA (2-50 μ en diámetro) EN MUESTRAS SELECCIONADAS DE HORIZONTES A Y B EN LOS PERFILES 1-2 Y 3. - Lagunillas, Edo Mérida. -

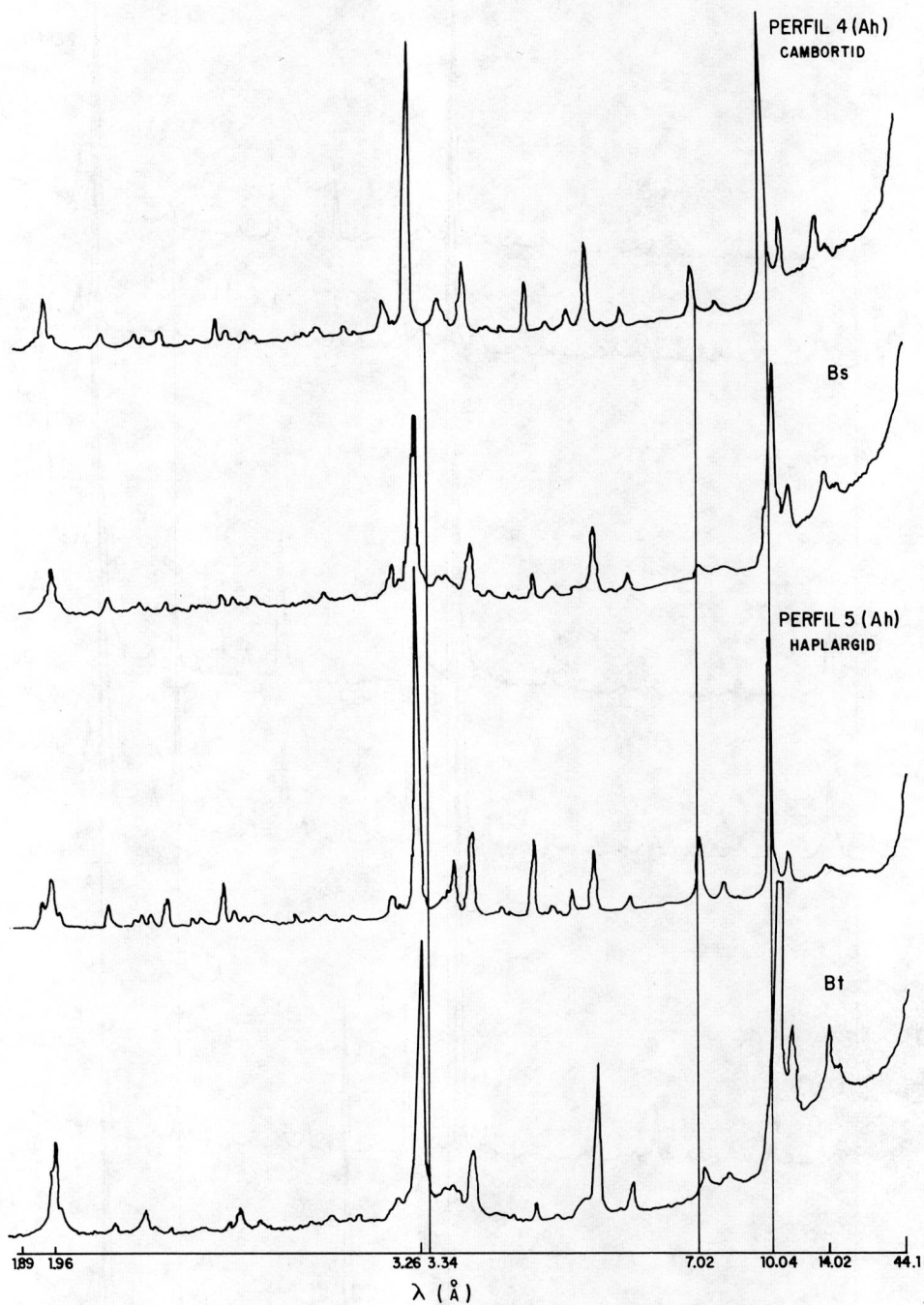


FIGURA. 8 - DIFRACTOGRAMAS DE LA FRACCION LIMOSA (2-50 μ en diámetro) EN MUESTRAS SELECCIONADAS DE HORIZONTES A Y B EN LOS PERFILES 4 Y 5. - Lagunillas, Edo Mérida. -

La presencia de vermiculita (asociada a picos en la región de los 14.5\AA) es constante en todas las muestras, siendo notoriamente alta en la zona superficial del P2, en el P4 y en el horizonte argílico del P5; en general vermiculita se presenta en suelos de mayor grado evolutivo.

- c. Se consideran minerales heredados el cuarzo y las micas, mientras que las vermiculitas, interestratificados y esmectitas resultan de procesos de alteración y evolución de suelos.

En la fracción arcillosa, dominan fundamentalmente tres minerales, con proporciones definidas de acuerdo al grado de evolución del suelo, estos son: ilita, cuarzo y caolinita (especialmente importante en el P3).

Se encuentra también vermiculita en cantidades variables, generalmente bajas, y materiales estratificados en el P5, a partir del horizonte Bt; en éstos se presentan características esmectíticas, a excepción del horizonte Bt en el cual dominan las vermiculitas.

Los minerales arcillosos debido a su gran área superficial son altamente reactivos y reaccionan hasta alcanzar un equilibrio con los iones presentes en su medio ambiente, estos iones, a su vez, dependen del aporte, por alteración, de las rocas que los contengan y de la importancia del lavado; si este es in completo, caso actual, el K y el Mg permanecen en el medio, de tal manera que si el predominio es de Mg, se manifiesta tendencia a formas esmectitas, mientras que si lo es de K se formarán arcillas ilíticas, si ambos iones son eliminados resultan minerales de la familia de caolinita.

De manera similar a lo comentado para los constituyentes de la fracción limosa el origen de estos materiales se asocia a herencia (cuarzo, micas y caolinita) y a evolución (los demás). Es de anotar, también, que comparativamente con la fracción limosa, en ésta adquieren mayor importancia caolinita, y para el perfil 5, los materiales estratificados.

Al estudiar el grado de cristalinidad y evolución dentro de los minerales integrantes de la fracción arcillosa se halla lo siguiente:

- a) Illita, tomado en el sentido de partículas arcillosas con reflexión constante (001) a 10 Å, menor contenido de K que la mica original y exceso de agua respecto a ella, manifiesta en los difractogramas estudiados una reflexión (002) a 5 Å, claramente definida e intensa, lo cual permite considerar el carácter dioctaédrico de la hidromica; por otra parte la asimetría variable de la reflexión (001) hacia la región de ángulos menores y la anchura de la reflexión (002) demuestra grados variables de cristalinidad y alteración a estructuras con capas expansibles; al aplicar estos criterios se pueden reconocer 3 grupos:
- Illitas de máximo desorden (P5 horizonte Bt y P3 Bs, Bt y 2Cca). En general los Argid presentan mayor evolución a minerales resultantes de la alteración illítica que los Ortid.
 - Illitas con poco grado evolutivo, más simetría y menor anchura del pico, considerado a la mitad del valor asociado a la altura de la reflexión. Estas illitas corresponden en general a las presentes en los Ortid.
 - Illitas intermedias entre las comentadas en (a) y (b) y presentes en el P3 (horizontes Ah) y P2 (horizonte 2C).
- b) El grado de cristalinidad de las caolinitas encontradas, en general y de acuerdo a los criterios de Brindley y de Souza Santos (1963) citados por Thorez (1976), demuestra un bajo grado de ordenamiento (caolinitas desordenadas), se exceptúan los horizontes Bs (P2), Ah (P5), en la fracción limos y los perfiles 2 y 3 en la arcillosa.
- c) Los demás minerales de síntesis en especial las vermiculitas, esmectitas y estratificados presentan comportamiento clásico, razón por la cual sólo se anotarán sus criterios de identificación.

Cuadro 11. Mineralogía dominante en la fracción arcillosa (<math> < 2\mu </math>) de los suelos estudiados (Lagunillas, Mérida)

Perfil	Horiz	Mineralogía y estimación de abundancia (1)				
1 Cambortid	Ap	Mica****	Cuarzo***	Caolinita**		
	Bs	Mica****	Cuarzo***	Caolinita**		
	2C	Mica****	Cuarzo***	Caolinita**		
2 Paleargid	Ah	Mica****	Cuarzo****	Caolinita****		Vermiculita (tr)
	Bs	Mica****	Cuarzo***	Caolinita***		Vermiculita (tr)
	Bt	Caolinita****	Mica***	Cuarzo***		Vermiculita (tr)
	2C	Caolinita****	Mica***	Cuarzo***		
3 Haplargid	Ah	Caolinita****	Mica****	Cuarzo****		
	Bs	Caolinita****	Cuarzo***	Mica***		
	Bt	Caolinita****	Cuarzo***	Mica***		Vermiculita (tr)
	2Cca	Caolinita****	Cuarzo***	Mica***		Vermiculita*
4 Cambortid	Ah	Mica****	Cuarzo***	Caolinita*		Vermiculita*
	Bs	Mica****	Cuarzo***	Caolinita*		Vermiculita*
	2C	Mica****	Cuarzo****	Caolinita (tr)		Vermiculita (tr)
5 Natrargid	Ah	Mica****	Cuarzo****	Vermiculita*		Caolinita (* a tr)
	Bt	Mica****	Cuarzo****	Caolinita* ^{1/2}		Vermiculita (tr) estratificados *** (3)
	2Cca	Mica****	Cuarzo****	Caolinita*		Vermiculita (tr) estratificados ***
	3Cca	Mica****	Cuarzo****	Caolinita*		Vermiculita (tr) estratificados***

(1) Abundancia de acuerdo a:

- **** = Muy abundante
- *** = Abundante
- ** = Común
- * = Trazas

(2) Mica: hace referencia a ilita dioctaédrica.

(3) Estructuras estratificadas: Picos con comportamiento variable que presentan un hombro en la región superior a 14.5 Å, aumentan a 17/18 y 20/23 Å al tratarse con glicerol y desaparecen en esta región al saturarse con K⁺ y calentarse a 550° C; su naturaleza para los horizontes 2Cca es de tipo esmectítico mientras que en el horizonte Bt lo es de característica vermiculítica.

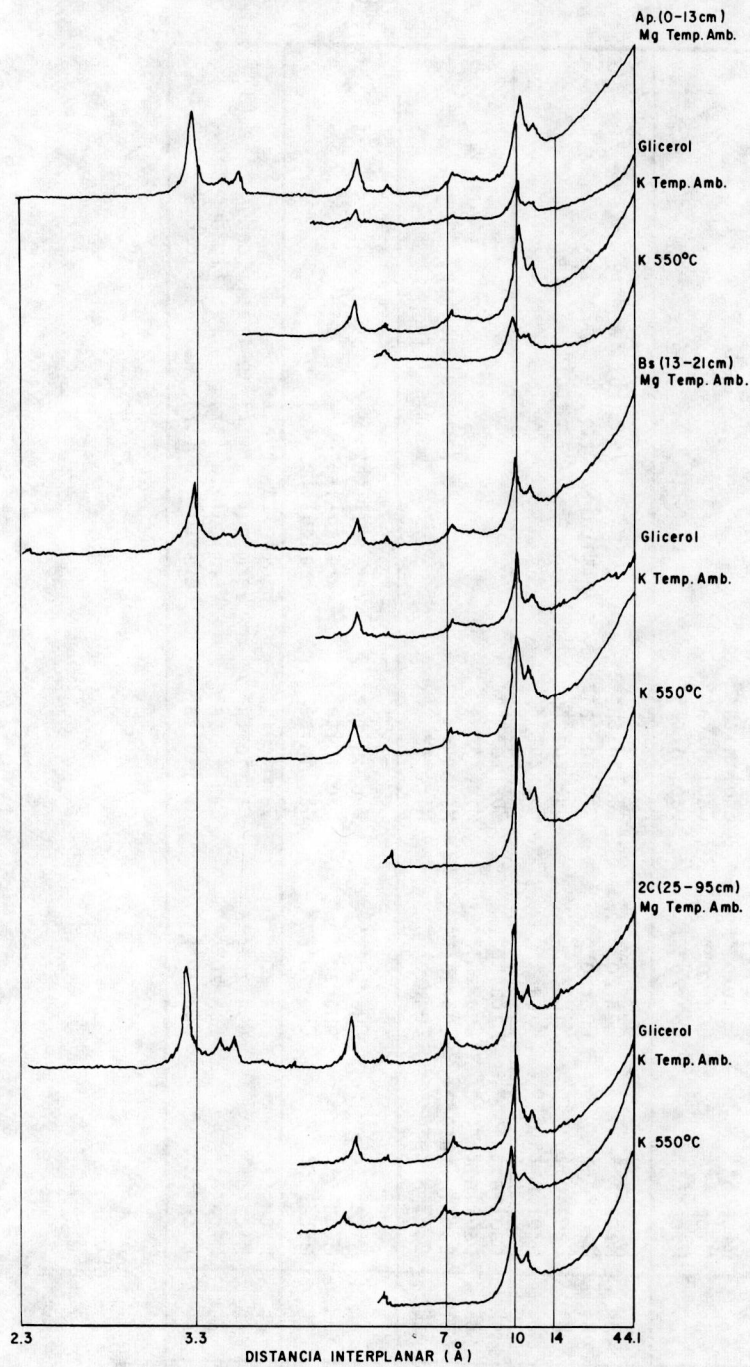


FIGURA. 9 - DIFRACTOGRAMAS DE LA FRACCIÓN ARCILLOSA (<math> < 2\mu </math> en diámetro) DEL PERFIL 1 (Cambortid), SOMETIDA A DIFERENTES TRATAMIENTOS. Lagunillas. Edo. Mérida.

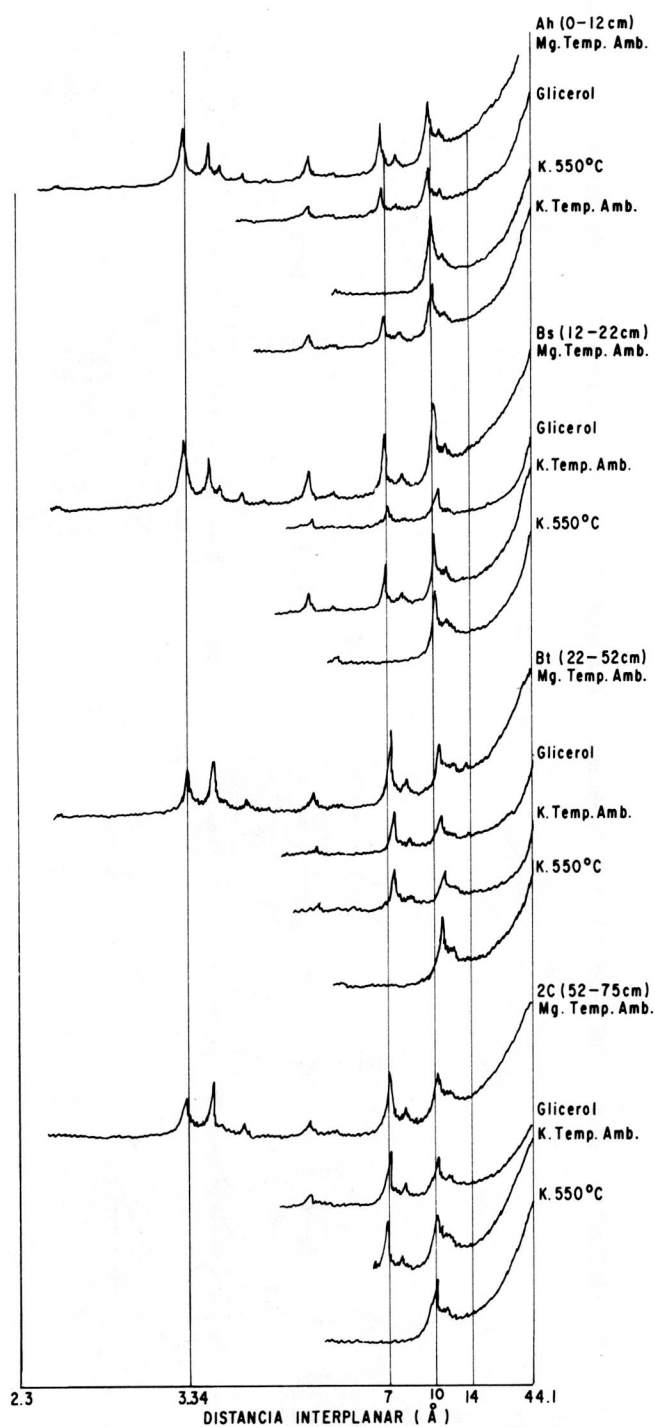


FIGURA. 10 -DIFRACTOGRAMAS DE LA FRACCION ARCILLOSA (<math>< 2 \mu</math> en diámetro) DEL PERFIL 2 (Paleargid), SOMETIDA A DIFERENTES TRATAMIENTOS Lagunillas, Edo Mérida. —

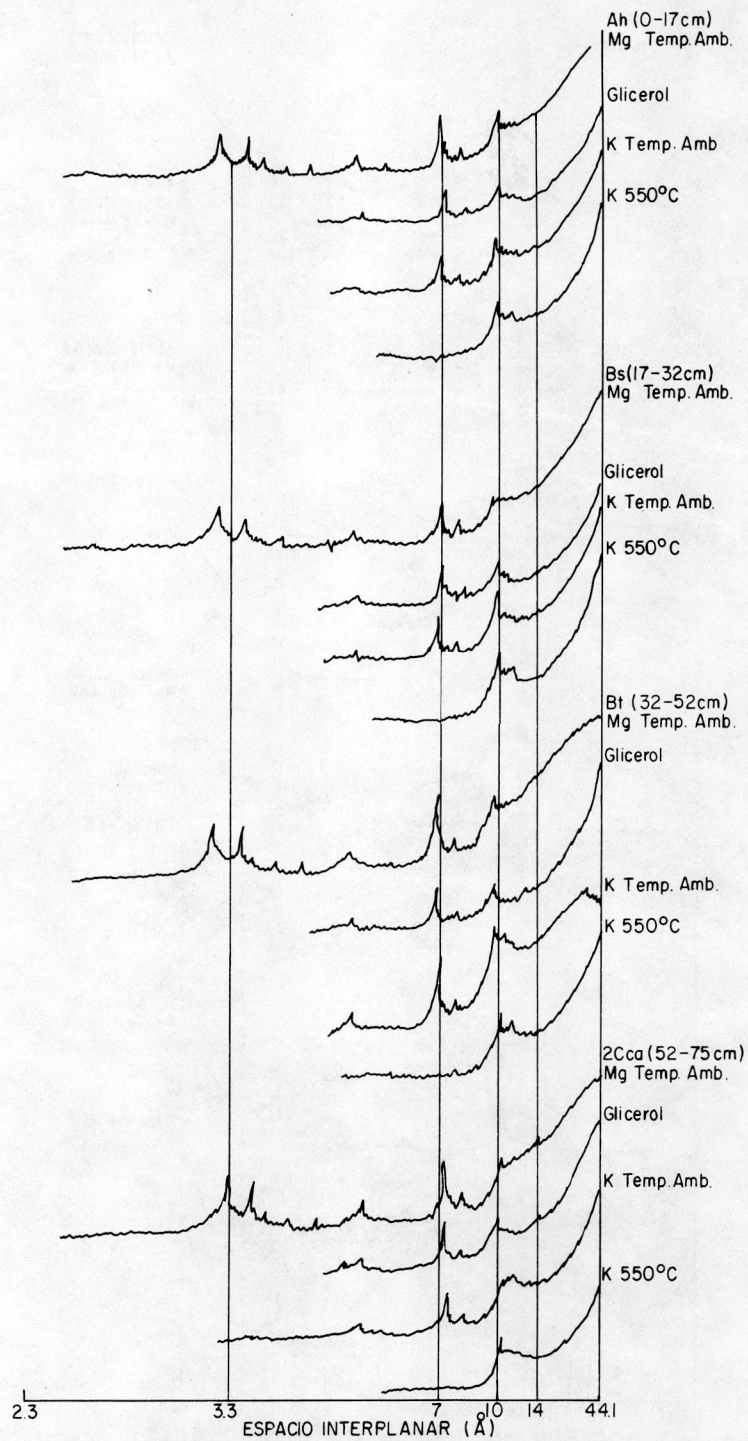


FIGURA. II - DIFRACTOGRAMAS DE LA FRACCIÓN ARCILLOSA (42μ en diámetro) DEL PERFIL 3 (Haplargid) SOMETIDA A DIFERENTES TRATAMIENTOS (Lagunillas, Edo. Mérida)

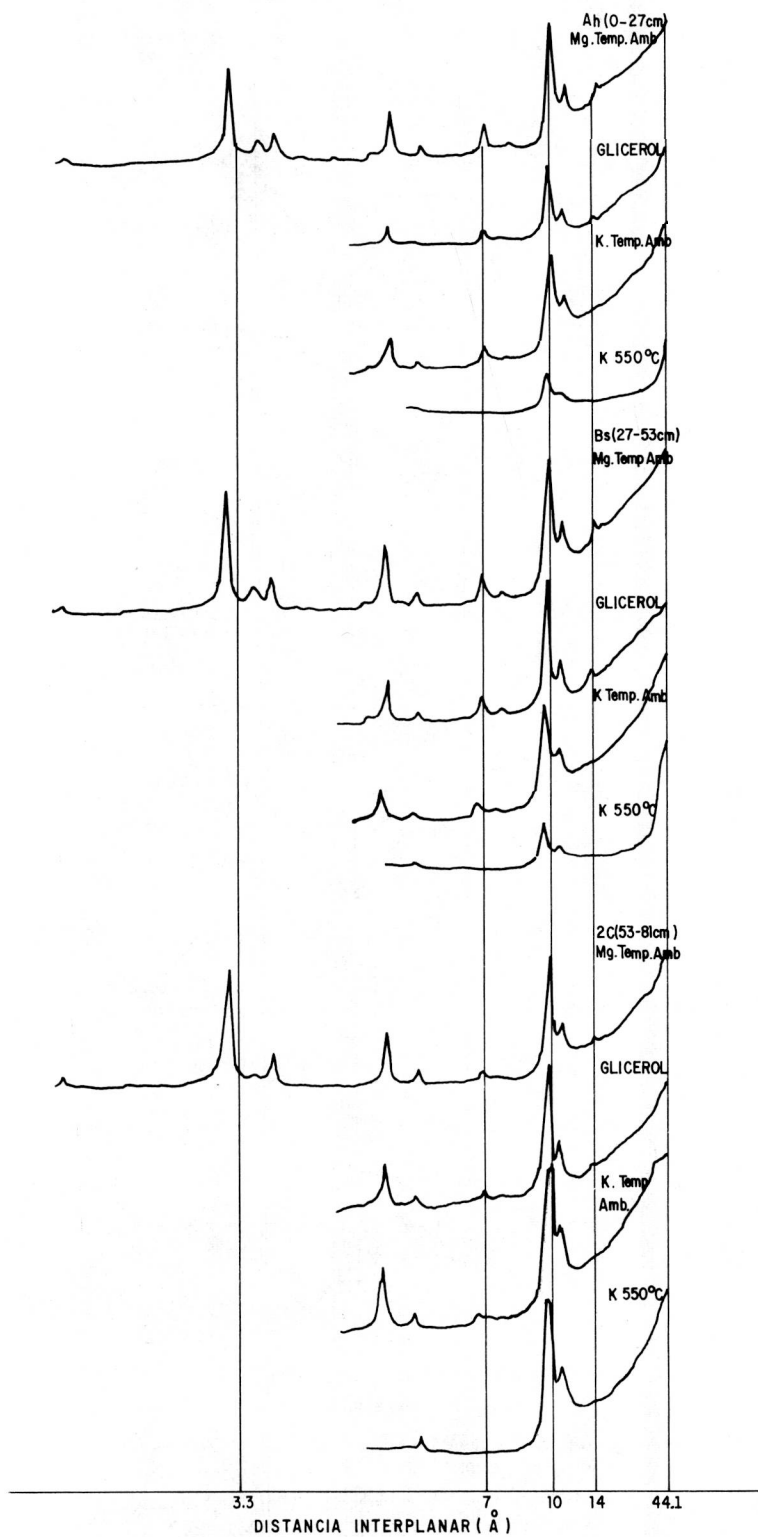


Figura. 12 DIFRACTOGRAMAS DE LA FRACCION ARCILLOSA ($< 2 \mu$ en diámetro) DEL PERFIL 4 (Cambortid) SOMETIDA A DIFERENTES TRATAMIENTOS -Lagunillas-Edo Mérida.

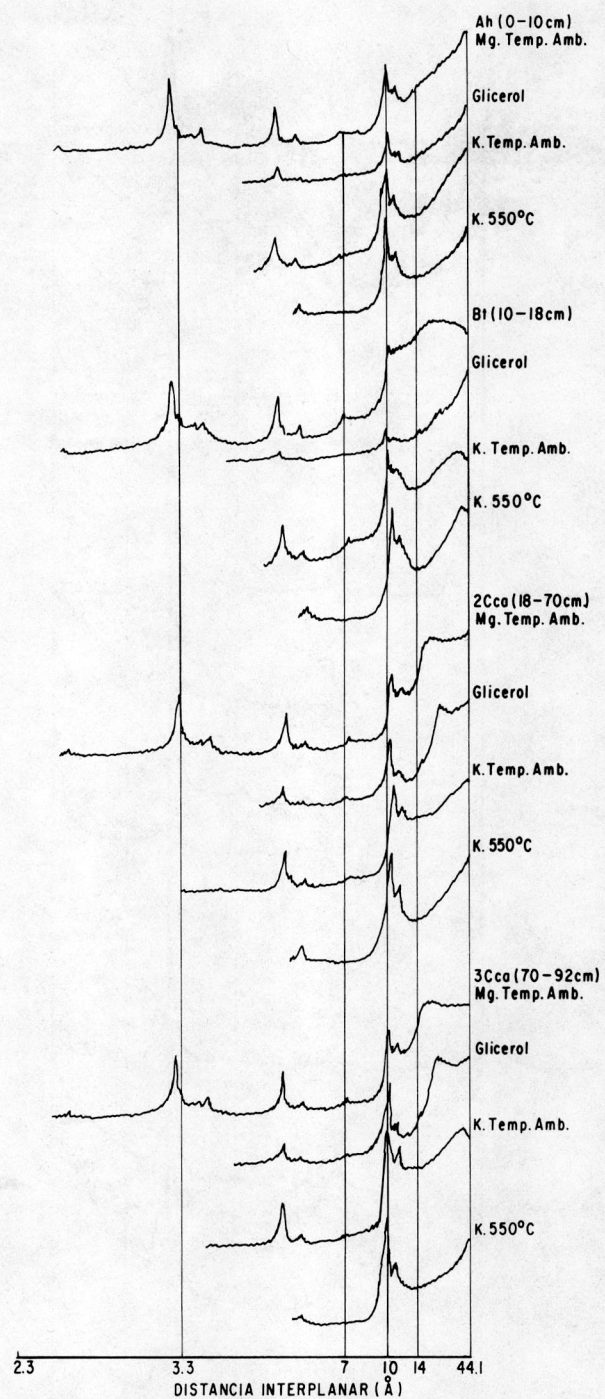


FIGURA 13 - DIFRACTOGRAMAS DE LA FRACCIÓN ARCILLOSA ($< 2\mu$ en diámetro) EN EL PERFIL 5 (Natargid), SOMETIDA A DIFERENTES TRATAMIENTOS Lagunillas, Edo. Mérida. —

Los principales criterios seguidos en la identificación por Rayos X de los minerales en las fracciones limosa y arcillosa, son los siguientes:

- a. Cuarzo: Picos a 3.26 y 4.21 Å. Es de notar que el pico a 3.26 Å es característico de feldspatos más que de cuarzo, no obstante la carencia de reflexiones dobles y picos de las demás intensidades para estos minerales condujo a dicha interpretación.
- b. Micas: Reflexiones fuertes a 10-4.95 y 1.96 Å, la forma del pico, su estabilidad y simetría condujeron a establecer su cristalinidad y grado evolutivo, en asocio con los termogramas.
- c. Caolinita: Se identificó basado en las reflexiones a 7-3,5 - 2.5 - 2.4 Å y su comportamiento bajo tratamiento de calentamiento (destrucción a 550°C). La morfología de las reflexiones, en asocio con las endotermas (ATD), condujeron a establecer criterios de cristalinidad, tipo y cantidades de dichos minerales.
- d. Vermiculita: Reflexiones a 14.5 Å, estables al aplicar tratamiento con glicerol y contracción a 10 Å, al calentarse a 550°C, bajo saturación con K.
- e. Esmectitas: Se presenta su evidencia, en cantidades bajas, en la fracción limosa del Perfil 2 (Ah) al existir reflexiones a 17.7-19,2 Å, al tratarse con glicerol, aumentando en relación con el tratamiento con Mg, su calentamiento reduce los picos a 10 Å; contrario a lo esperado no se presentan en la fracción arcillosa.
- f. Goetita: Se ha caracterizado en el horizonte Bs del Perfil 3, en base a sus reflexiones a 4,18-2,75 Å y 2.50 Å, estas últimas en muy bajas intensidades.
- g. Las estructuras interestratificadas, especialmente manifiestas en el Perfil 5, han sido tentativamente caracterizadas como involucrando

componentes esmectíticos (horizontes 2Cca y 3Cca) y vermiculíticos, (horizonte Bt) ya sea que sufran expansión con glicerol (15-17 a 18-20 Å) o permanezcan constantes a 17-23 Å (hombro).

- i) En las figuras que presentan los difractogramas se encuentran algunas reflexiones (11 Å - 3,6 Å) asociadas al efecto de radiaciones K β al no tener filtro el haz de radiación X.

Los termogramas (ATD), presentados en la figura 14, confirman lo expuesto en los comentarios anteriores en referencia con:

ILITA: Presenta variabilidad en sus termogramas resultante de la gran posibilidad de variedades y grado de alteración, no obstante manifiesta las principales características de las especies dioctaédricas comunes, es decir, una endoterma a baja temperatura ($\sim 150^\circ\text{C}$), de tamaño mediano, seguida de otra en la vecindad de 550°C y un pico de inversión (endo-exotérmico a 900°C). Estas características se manifiestan en los termogramas, con excepción del pico de inversión, debido a que la muestra se estudió sólo hasta las cercanías de los 900°C .

Las diferencias presentadas con el estudio térmico de muscovita (pequeñas endotermas en la región $800-1200^\circ\text{C}$) demuestra el carácter "i-lítico" y no micáceo de los minerales presentes en estos suelos.

Las trazas y en algunos casos "presencia" de minerales vermiculáceos no es posible detectarlas en los termogramas estudiados por estos métodos, ya que su poca cantidad, por una parte, y su dificultad de cacterización, por otra, así lo definen (Mackenzie y Caillière, 1975),

CAOLINITA: Las endotermas presentes a mediana temperatura ($500-550^\circ\text{C}$) se han interpretado como caolinitas; la forma de la endoterma y su temperatura de aparición ($500-540^\circ\text{C}$) para la mayoría de ellas hace presumir, de acuerdo a Smykatz (1975), un grado bajo-mediano de ordenamiento. En esta apreciación debe tenerse en cuenta la posible "interferen-

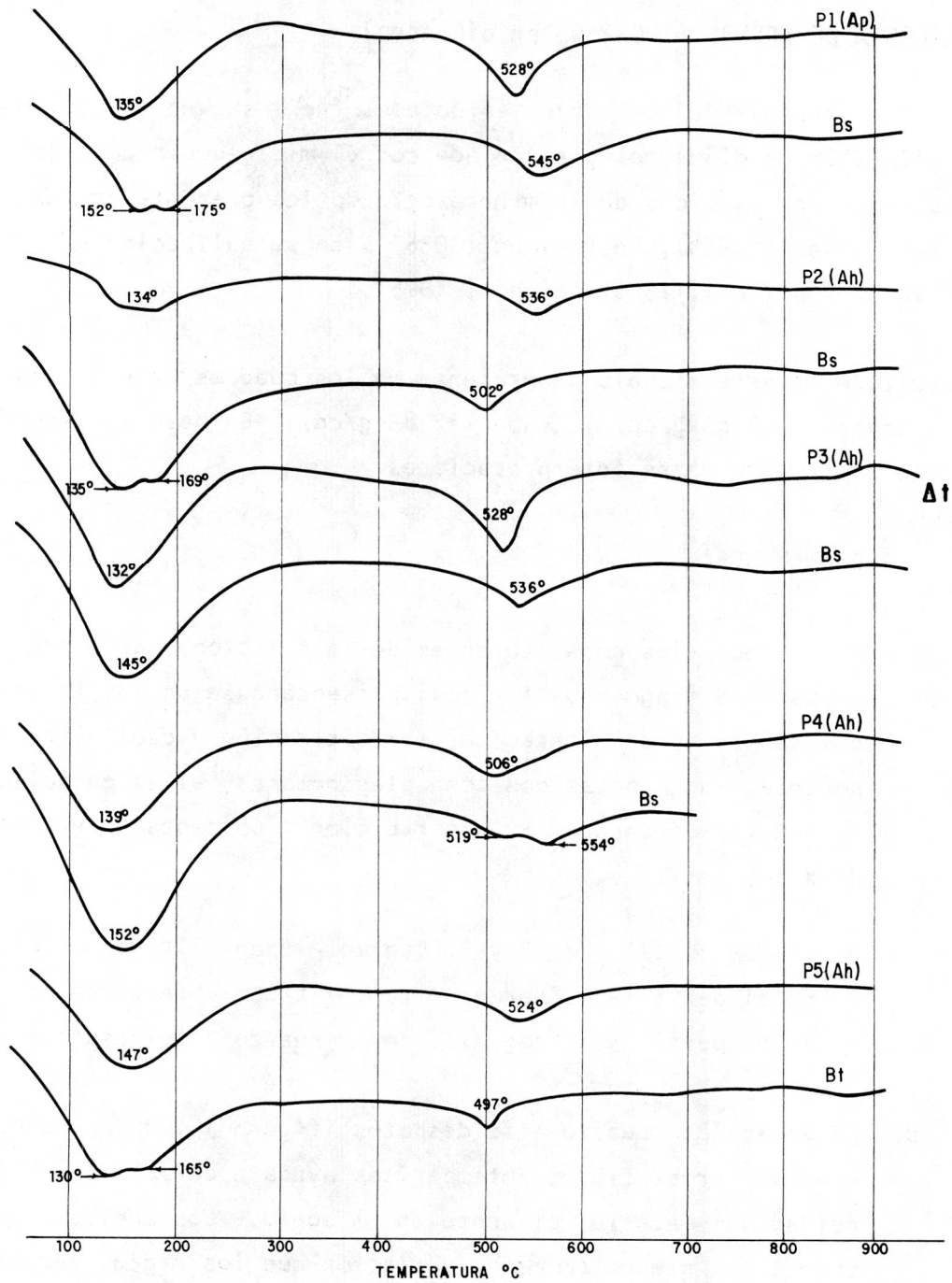


Figura.14—CURVAS DE ATD EN MUESTRAS SELECCIONADAS DE HORIZONTES EN LOS PERFILES ESTUDIADOS(Lagunillas). EN LA FIGURA SE MARCAN LOS PERFILES RESPECTIVOS (P1,P2...etc) Y LOS HORIZONTES SELECCIONADOS (Ap,Ah,Bs....etc)

cia" de las endotermas de las illitas.

MINERALOGIA DE ARENAS (100-250 μ en diámetro)

La fracción arenosa de los suelos estudiados fue a su vez seleccionada por tamaño (100-250 μ en diámetro) y estudiada con el microscopio petrográfico siguiendo los criterios clásicos de la mineralogía óptica presente en textos, tales como los de Kerr (1954), Petthijohn (1938) y en su aplicación a minerales alterados en suelos (Cady, 1965, Malagón, 1975).

El resultado de este estudio se presenta en los cuadros 12 y 13, para las fracciones ligera (<2.85 g/cc) y densa (>2.85 g/cc). En base a estos datos puede llegarse a las siguientes interpretaciones:

A. FRACCION LIGERA

- a. Los principales constituyentes de la fracción ligera son cuarzo, feldespatos y fragmentos líticos, presentándose en los feldespatos grados variables de alteración (sericitización y caolinización) y componentes tanto potásicos como plagioclasas, altas en molécula albita, en varios casos. Su distribución y porcentajes varían de acuerdo a los perfiles, así:
 - En los perfiles 1, 2 y 3: Cuarzo > frag. líticos > feldespatos
 - En el perfil 4: Cuarzo $\frac{>}{<}$ frag. líticos > feldespatos
 - En el perfil 5: Frag. líticos > cuarzo > feldespatos

- b. La relación: cuarzo a feldespatos (figura 15) a la vez que define etapas y proporciones intempéricas ayuda a caracterizar la homogeneidad del material presente en el suelo. Los suelos clasificados como Ortid presentan menor variación que los Argid, característica inherente a su menor grado evolutivo, fenómeno que repercute en su mineralogía.

Cuadro 12. Mineralogía de la fracción ligera (< 2.85 g/cc) de las arenas en los suelos estudiados en Lagunillas, Mérida.

Perfil	Horiz.	MINERALOGIA DE LA FRACCION LIGERA (< 2.85 g/cc) %					OBSERVACIONES	Relación: Cuarzo a feldspatos
		Cuarzo	Frag. líticos	Feldspatos	Muscovita	Otros		
1 CAMBORTID	Ap	53	27	19	-		Feldspatos tipo albita, dominantes, lig. alterados	2.8
	Bs	48	29	23		Trazas		2.1
	2C	32	51	15		2	Predominan fragmentos arcillosos	2.1
2 PALEARGID	Ah	68	28	4	--		Predominio de fragmentos arcillosos sobre arenosos y ferruginosos	17.0
	Bs	49	42	9	--		Predomina frag. ferruginosos sobre arcillosos y arenosos	5.4
	Bt	55	49	5		1	Se presentan cuarzos con agujas de Rutilo	11.0
	2C	28	62	7		3 Calcáreos (tr)	En los fragmentos dominan los ferruginosos, después los arcillosos y por último los arenosos. Algunos son chert y metamórficos.	4.0
3 HAPLARGID	Ah	56	30	14	--		Los fragmentos son arcillolitas, arenitas y en menor proporción ferruginosos.	4.0
	Bs	87	18	5	--		Igual que en Ah.	17,6
	Bt	59	21	10	--		Igual que en Ah. Algunos feldspatos presentan maclas polisintéticas	5.9
	2Cca	13	83	4	--		Fragmentos líticos ferruginosos 73%, calcáreos 7 y areno-arcillosos 3%.	3.3
4 CAMBORTID	Ah	49	35	9		1 Calcita 1%	Fragmentos líticos: arenitas, arcillosos ferruginosos	5.4
	Bs	45	48	7		-	Frag. líticos: arcillo-arenosos 44%, calcáreos 4%	6.4
	2C	29	62	9		-	Predominan frag. líticos arcillo-arenosos	3.2
5 NATRARGID	Ah	37	48	14		1	Predominan frag. líticos arcillosos sobre los arenosos Feldspatos con ligera alteración	2.5
	Bt	40	40	18		2	Frag. arcillosos predominan sobre arenosos y ferruginoso	2.2
	2Cca	37	54	8		- Calcita 1%	Frag. líticos arcillo-arenosos 48%, calcáreos 6%	4.6
	3Cca	31	58	11		-	Predominan fragmentos arcillosos	2.8

Cuadro 13. Mineralogía de la fracción densa (> 2.85 g/cc) de las arenas en los suelos estudiados en Lagunillas, Mérida

Perfil	Horiz.	MINERALOGÍA DE LA FRACCIÓN PESADA (>2,85 g/cc) %													OBSERVACIONES	(1)	
		Muscovita	Hematita	Frag.Ífíticos	Biotita	Clorita	Magnetita	Turmalina	Apatito	Circón	Anfibol	Ilmenita	Granate	Piroxenos			Otros
1 CAMBORTID	Ap	38	37	9	4	3	3	2	1	0.5	1	0.5	1	--	Epidota (tr), tremolita Tremolita 2%	Algunos fragmentos ífíticos recubiertos por hematita se han tomado como tal	5.0
	Bs	51	18	12	6	2	4	4	1	(TR)	1	---	1	--	Epidota (Tr) Tremolita (1%)		5.0
	2C	58	8	5	19	-	3	2	1	1	(TR)	---	2	--			3.0
2 PALEARGID	Ah	18	38	10	5	4	7	5	-	-	-	1	1	--	Goetita 11%	Los frag. de magnetita y hematita se contabilizan unidos puesto que la primera está alterándose a hematita.	2.6
	Bs	13	34	8	8	4	12	(TR)	-	1-2	1	---	2	(TR)	Goetita 8% Tremolita 7%		0.7
	Bt	16	27	10	5	-	12	-	-	1	1	6	2	--	Goetita 15% Tremolita 7%		1.3
	2C	16	67	10	4	1	-	(TR)	-	(TR)	(TR)	2	-	--			3.2
3 HAPLARGID	Ah	5	37	12	2	1	8	4	-	(TR)	(TR)	8	1	--	Goetita 17% Tremolita 5%	Los frag. ífíticos son en un 50% calcáreos Pirita y Rutilo aparecen como trazas	1.1
	Bs	5	30	13	1	-	12	1	-	(TR)	(TR)	-	(TR)	--	Goetita 34% Tremolita 2%		2.3
	Bt	5	26	14	-	2	10	3	-	(TR)	1	2	2	(TR)	Epidota 1%		1.3
	2Cca	3	26	9	2	-	20	3	-	3	1	6	2	1	Goetita 32% Tremolita 3%		0.7
4 CAMBORTID	Ah	18	39	11	2	2	9	4	2	-	-	2	-	--	Tremolita 6%	Algunos frag. ífíticos son calcáreos Algunos fragmentos tienen extinción en cruz y se han caracterizado como Xantofilita.	2.2
	Bs	21	18	18	2	5	14	2	2	1	2	2	3	--	Tremolita 10% Epidota (TR)		1.2
	2C	22	26	17	1	(TR)	8	2	1	2	(TR)	(TR)	4	--	Goetita 9% Tremolita 8%		2.7
5 NATRARGID	Ah	38	20	14	5	1	4	2	2	1	-	2	6	(TR)	Tremolita 5%	Algunos frag. ífíticos son calcáreos	3.6
	Bt	35	19	11	4	3	4	-	6	2	-	4	7	--	Tremolita 5%		3.0
	2Cca	30	22	12	6	1	8	-	5	(TR)	(TR)	4	7	--	Tremolita 5%		2.5
	3Cca	28	25	16	7	1	5	-	4	1	--	3	6	--	Tremolita 4%		2.5

(1) Relación: $\frac{\text{Muscovita} + \text{Turmalina}}{\text{Biotita} + \text{Clorita} + \text{Anfíboles}}$

Las relaciones encontradas varían en dos rangos claramente diferenciables (2.1-6.4) y (11 a 17,6), éste último permite definir discontinuidades litológicas no observables en el estudio de campo (horizontes Bs de los perfiles 2 y 3), discontinuidades que no se han involucrado en la designación de horizontes, definiéndolas subjetivamente en su medio natural y ubicándolo taxonómicamente en función de ello. Este problema subsiste en muchos estudios sobre génesis de suelos, no obstante y a pesar de tener repercusiones en su Taxonomía sólo se han consignado como tales las evidencias en el estudio de campo, como ya se indicó, tratando con ello de interpretar el "espíritu" de la Soil Taxonomy, (1975).

- c. Los fragmentos líticos dominantes se asocian a composición arcillo-arenosa, presentándose en mayor cantidad que los calcáreos y ferruginosos, no obstante se exceptúan algunos horizontes subsuperficiales (Perfil 2) donde abundan los ferruginosos.
 - d. La mineralogía de esta fracción, tomada en su conjunto, define suelos con abundantes materiales susceptibles de alterarse, especialmente feldspatos y fragmentos líticos. Los materiales calcáreos característicos de muchos de estos suelos se asocian a fracciones más finas ya que en ésta se manifiestan en baja proporción.
 - e. Los minerales y fragmentos líticos presentes en estos suelos tienen relaciones directas con la cuenca donde se ubican y con los fenómenos erosivos, tanto presentes como pretéritos, de las zonas altas; además las características de algunos de ellos, cuarzo por ejemplo, indican fuentes de diverso origen: ígneo, sedimentario y metamórfico, dominando los últimos.
- La extinción ondulatoria y sombreada del cuarzo muchas veces se asocia en la zona a efectos de presión (metamorfismo), fracturamiento (cataclasis) y suturación; debe recordarse que cada medio de formación deja impreso en el cuarzo sus caracteres y estos perduran al depositarse los granos en el sedimento. Su ca-

racterización radica en el tipo de extinción, inclusiones y morfología del grano (Folk, 1974).

- Krynine, 1935 y 1940, citado por Pettijohn (1949) anota en cuanto a feldespatos varias ideas aplicables a esta zona, por ejemplo:

Donde la erosión es vigorosa y la sedimentación rápida los sedimentos contienen cantidades apreciables de feldespatos; estos minerales constituyen, así, un índice de diastrofismo más no de clima ya que pueden presentarse bajo temperaturas altas (27°C) y precipitaciones elevadas (3.000 mm).

- La presencia de feldespatos frescos y alterados en el depósito, muchas veces no explicada por susceptibilidad a la alteración, indica erosión torrencial de las rocas que los contienen.

- f. Varias de las ideas previamente expuestas y asociadas a feldespatos pueden también relacionarse con los fragmentos líticos, la dominancia de fragmentos sedimentarios y metamórficos y la morfología de ellos, referida al grado de redondez, indican erosión vigorosa, sedimentación rápida y aporte múltiple a partir de varias fuentes en su mayoría cercanas al lugar de depositación.

Datos que aportan ideas al respecto residen en la presencia de fragmentos desechables no alterados, cuarzo, subredondeadas, subangulares y porcentajes abundantes de arenas finas (100-250 μ en diámetro).

B. FRACCION PESADA

- a. Esta fracción está fundamentalmente integrada por hematita, fragmentos líticos, muscovita, magnetita, goetita y tremolita con porcentajes variables de acuerdo a los perfiles, así:

1. Los contenidos de muscovita son máximos en los Perfiles 1 y 4,

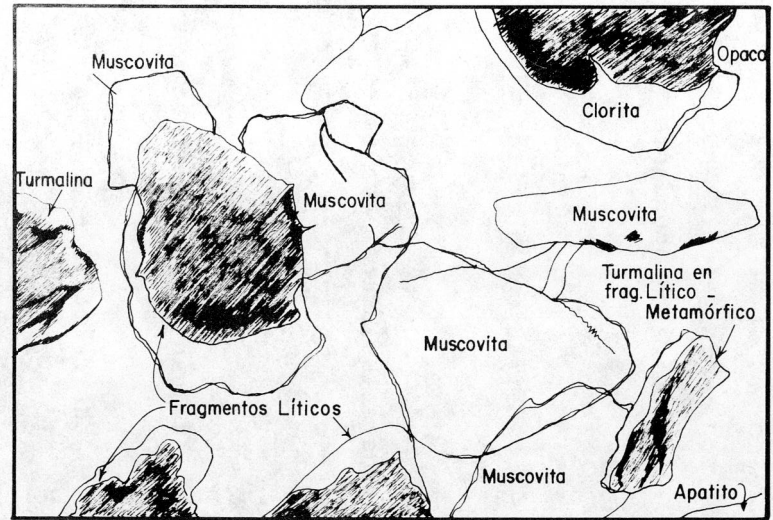
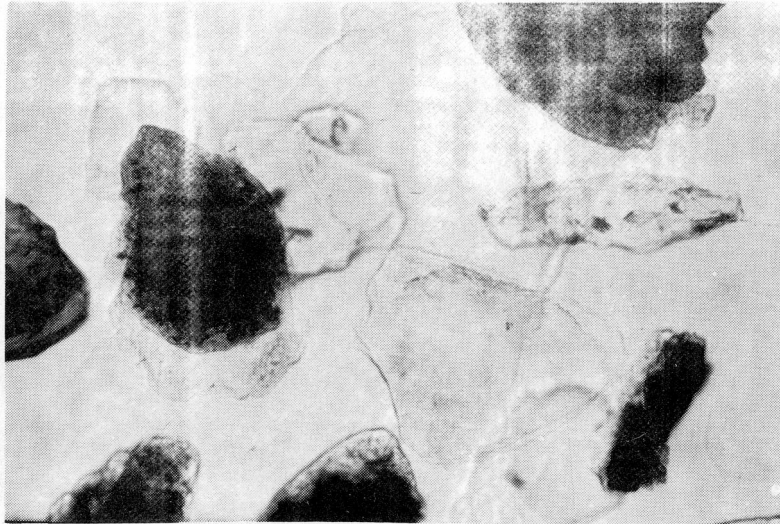
predominando hematita sobre ella en los demás suelos; las cantidades de fragmentos líticos son constantes en el rango 9-17%. En algunos casos (Perfiles 2 y 3) goetita es abundante, mientras que en otros lo es tremolita (P4).

2. Un segundo grupo de minerales lo constituyen: biotita, clorita, magnetita, turmalina y tremolita.
3. Un último grupo de minerales puede establecerse con especies presentes en baja proporción o sólo en horizontes o perfiles muy definidos, por ejemplo:
 - Circón, piroxenos y epidota se presentan solamente como trazas.
 - Apatito se encuentra en cantidades relativamente altas (2-6%) en el Perfil 5, y en pequeñas, en los perfiles 1 y 4.
 - Granate está presente en todos los perfiles en cantidades comprendidas entre 1 y 4%, se exceptúa el perfil 5 donde aumenta (6-7%) (Ver Fotografías 21 y 22).

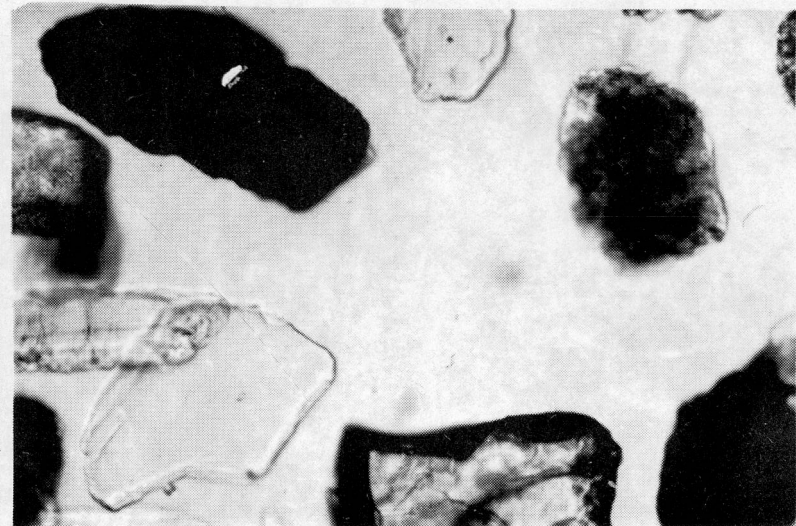
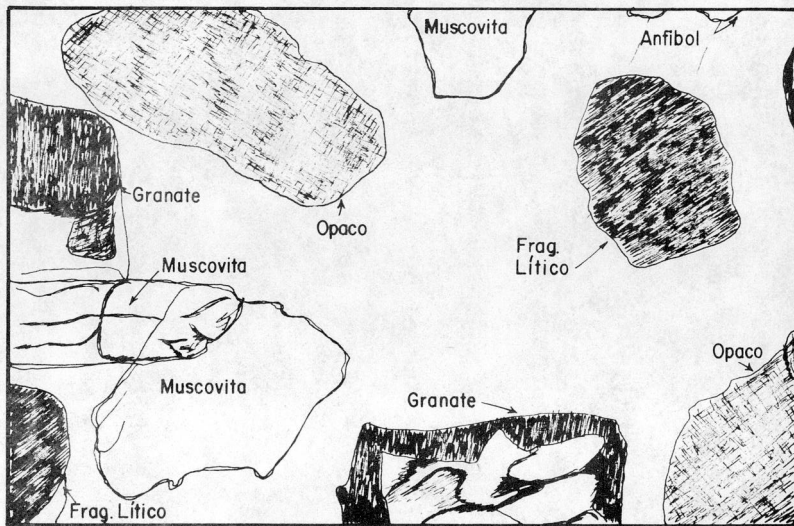
b. Los óxidos de hierro, compuestos importantes en todos los suelos estudiados, se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

- En general: Hematita > magnetita > goetita > ilmenita
- En el perfil 2: Hematita > magnetita y goetita > ilmenita
- En el perfil 3: Hematita > goetita > magnetita > ilmenita
- En los Perfiles 1 y 5 no se presenta goetita y la distribución de los demás es: Hematita > magnetita > ilmenita

Estos datos están acordes con la naturaleza oxidante del medio actual y si bien tienen cierta influencia sobre el color se considera que es te se asocia más con los óxidos libres de hierro y su efecto sobre las fracciones finas del suelo.



Fotografía 21 Fracción pesada de las arenas (100–250 μ en diámetro) correspondiente al horizonte Ah del Perfil 5 (Natrargid típico), se aprecian muscovitas, fragmentos líticos, turmalina y opacos. Nícoles // 10 x 10.



Fotografía 22 Fracción pesada de las arenas (100–250 μ en diámetro) correspondiente al horizonte Bt del perfil 5 (Natrargid típico), se aprecian, opacos, muscovita, granate, fragmentos líticos y anfibol. Nícoles paralelos. 10 x 10.

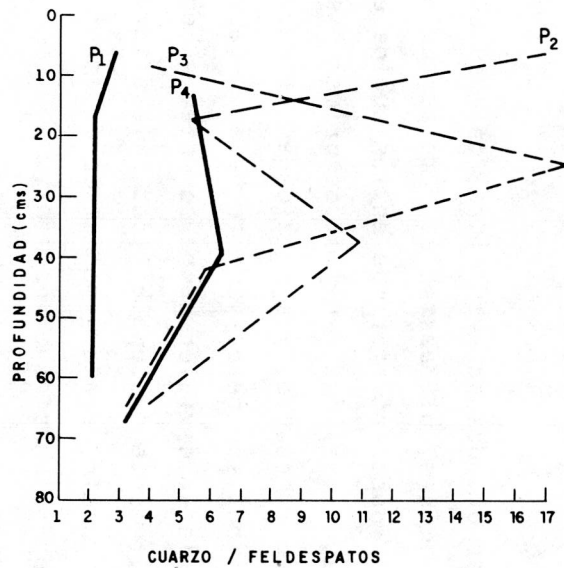


Figura. 15 - RELACION CUARZO:FELDESPATOS EN ORTID (línea continua) Y ARGID (línea discontinua) EN ALGUNOS SUELOS DE Lagunillas .Edo. Mérida .

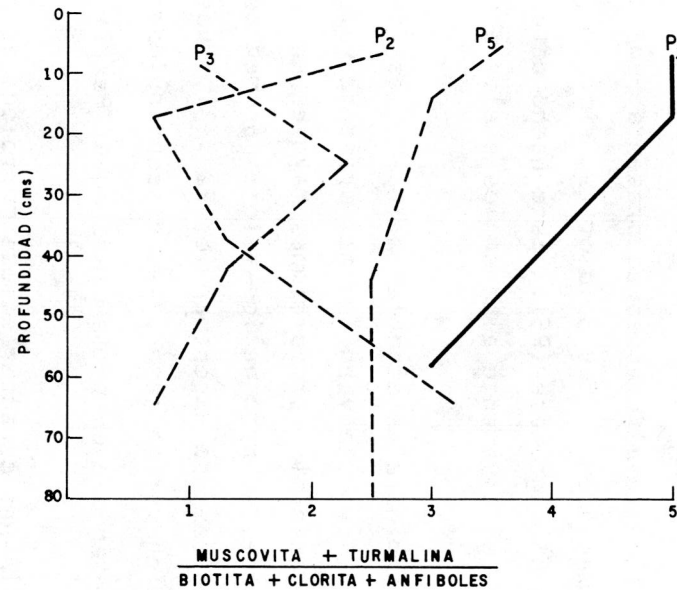


Figura. 16 - RELACION DE MINERALES ESTABLES A INESTABLES EN ORTID(línea continua) Y ARGID (línea discontinua) EN ALGUNOS SUELOS DE Lagunillas . Edo Mérida .

- c. Algunos fragmentos líticos son calcáreos, especialmente en algunos horizontes de los perfiles 3, 4 y 5.
- d. Minerales fácilmente alterables se presentan en todos los perfiles, pero especialmente en 1, 2 y 5 (biotita, clorita), apatito (P5), anfíboles (P2 a 5) y granate (P5). Este hecho determina una fertilidad potencial relativamente alta en los suelos estudiados.
- e. La relación de minerales estables a inestables (muscovita más turmalina a biotita, clorita y anfíboles) presenta valores inferiores o iguales a 5 y determina proporciones mayores en los perfiles 1 y 5; sus fluctuaciones, dentro de los valores promedios de cada perfil, no son muy amplias (se exceptúan los P2 y 3). Las relaciones anotadas verifican en varios casos, las discontinuidades litológicas dadas, no presentándose en forma clara en el Perfil 5 (Figura 16).

Ejemplos de algunas características morfológicas de los minerales más frecuentes en la fracción densa se presentan en las fotografías 21 y 22.

- f. Si los minerales pesados se subdividen, para su estudio, en cuatro grupos: opacos, micas, ultraestables y metaestables, de acuerdo a Folk (1974), se puede afirmar que en los suelos estudiados en las cercanías de Lagunillas dominan los dos primeros siendo en tercer lugar importante el cuarto, las cantidades de especies ultraestables (circón, turmalina) son relativamente bajas. Debe, no obstante, anotarse que en la subdivisión hecha se integran en algunos grupos minerales de diferente susceptibilidad a la alteración (muscovita es estable en la fracción arena y magnetita e ilmenita son estables también bajo condiciones de oxidación).
- g. La presencia de los minerales anotados puede asociarse con diferentes fuentes, así:

- Tremolita, epidota y granate (cuando presente en cantidades altas) pueden asociarse con rocas metamórficas. Muscovita presente en cantidades altas corrobora también esta relación, aunque las pegmatitas son también fuentes de ella. De acuerdo a Folk (1974) la relación muscovita a biotita, en sedimentos, es de 4 a 1 debido a la poca resistencia de esta última, en los suelos estudiados es mayor con excepción de los perfiles (2 y 3) donde se cumple o es menor; este hecho resalta la influencia variable de las fuentes de origen.
- Piroxenos y anfíboles (aparte de tremolita) derivan tanto de rocas ígneas como de metamórficas, mientras que apatito no obstante predominan en rocas volcánicas, puede asociarse en este estudio a rocas plutónicas básicas a ácidas.
- Magnetita, turmalina, circón, rutilo y esfena pueden formarse autigénicamente en sedimentos, caso no probable en el medio estudiado tal vez con excepción de los óxidos de hierro.

Si se quiere resumir la importancia porcentual de los minerales en la fracción arena tomada como tal, puede establecerse la siguiente secuencia, con sus variaciones respectivas:

Cuarzo $\frac{>}{<}$ fragmentos líticos > feldspatos > muscovita $\frac{>}{<}$ hematita, goetita (P2 y 3) > Frag. líticos pesados > magnetita > tremolita (P₄), biotita > turmalina, ilmenita, granate, clorita > circón > apatito (abundante en P₅), hornblenda > piroxenos.

MICROMORFOLOGIA DE SUELOS

I. DESCRIPCION DE CARACTERISTICAS GENERALES

El resumen de las principales características micromorfológicas se encuentra detallado en los cuadros 14 a 18.

A continuación se generalizan los principales aspectos estudiados:

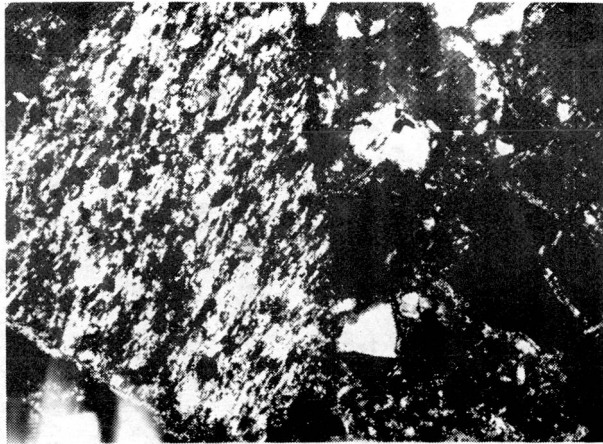
1. Dentro de la matriz-s el esqueleto, plasma y poros se distribuyen con predominio del primero (excepto en el perfil 3, Haplargid típico) sobre los demás. Los poros en los horizontes Bt disminuyen en volumen debido a la acumulación iluvial de las arcillas. Los poros estudiados corresponden a la fracción de los macroporos.

Por otra parte la Fábrica general, en cuanto a la distribución relativa de sus componentes, está dominada por las porfiroesqueléticas y las aglomeroplásmicas, en algunos casos se presentan excepciones (Intertéxica en el horizonte 2Cca del P5, Natrargid típico).

El Esqueleto del suelo está distribuido al azar e integrado en su fracción de mayor tamaño (1-4 mm) por fragmentos de rocas metamórficas, especialmente esquistos y cuarcitas, sedimentarias, en especial lodolitas y arenitas, dominando sobre los fragmentos de origen ígneo. Se presentan también: cuarzo, cuarzo policristalino, fracturado (cataclástico); la redondez predominante se encuentra en el rango subredondeado a subangular (Fotografías 26, 33 y 27).

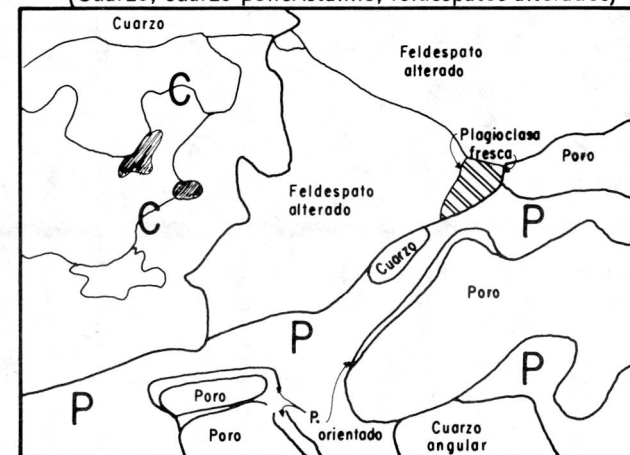
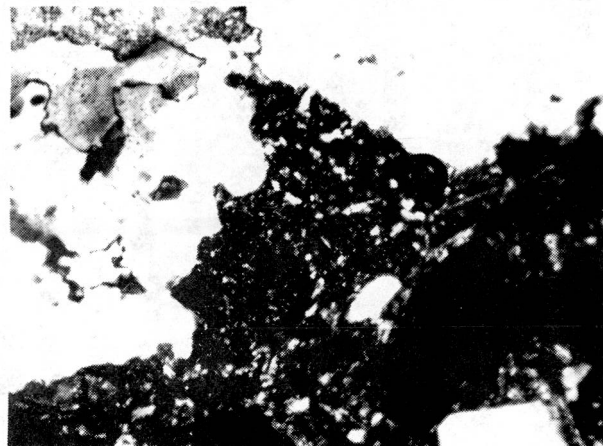
Los granos más pequeños (1mm-0.1 mm), generalmente subangulares y angulares, están integrados por fragmentos de rocas similares a la fracción antes comentada, cuarzo con sus variedades afectadas por metamorfismo y cataclasis (fracturadas, extinción ondulatoria), micas (muscovita dominando ampliamente), feldespatos sericitizados y en algunos casos poco alterados.

Fotografía 23 Perfil 1 (Cambortid). Horizonte Ap. 10 x 10 y NX. Detalle de fábrica Porfiroesquelética, con débil orientación del Plasma en poros y granos del esqueleto, poros de empaquetamiento compuesto.



P = Plasma orientado. P₀ = Poros de empaquetamiento compuesto y Vughes.

E = Granos del esqueleto (Cuarzo, cuarzo policristalino, feldespatos alterados)



C = Cuarzo policristalino con extinción ondulatoria
P = Plasma

Fotografía 24 Perfil 1 (Cambortid) Horizonte Bs (cámbrico) 10 x 10 y NX. Se aprecia cuarzo policristalino, feldespatos alterados, poros (Vughes) y plasma Vo - esquel - inséptico no bien definido y en algunas zonas aséptico.

El Plasma, fundamentalmente arcillo-limoso con impregnación de hierro, en los Argid, se presenta en cantidades bajas (<20%) hasta rangos altos (>40%); se hace hincapié en que esta apreciación tiene validez únicamente para los terrones presentes en la masa general del suelo, la cual en gran parte de los casos está dominada por fragmentos muy gruesos (diámetros 1-6 cms); la mineralogía del plasma puede resumirse como de predominio de illita, cuarzo y caolinita (especialmente importante en los perfiles 2 y 3), con menores cantidades de vermiculita y en algunos casos estructuras estratificadas (Perfil 5 en profundidad) y minerales esmectíticos (Perfil 2).

La fábrica del plasma para los diferentes horizontes puede ser resumida así: (ver fotografías 25, 30, 31 y 34).

- Horizontes A (Ah y Ap): predominio de fábricas asépticas (silasépticas ?), transicionales a sépticas (vo-insépticas, insépticas y vosépticas) o vo-esquel insépticas de bajo desarrollo.
- Horizontes B (Bs y Bt): En los horizontes Bs la fábrica del plasma es muy similar a la de los horizontes A, aumentando algunos de sus características especialmente las separaciones plasmáticas y el desarrollo incipiente de argilanes. Se han clasificado como asépticas (silasépticas ?) transicionales a vo-sépticas, vo-insépticas o vo-esquelsépticas débiles.

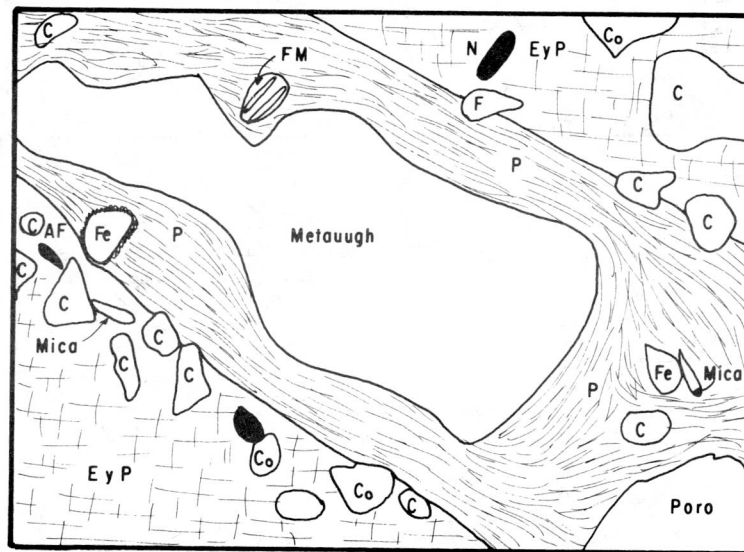
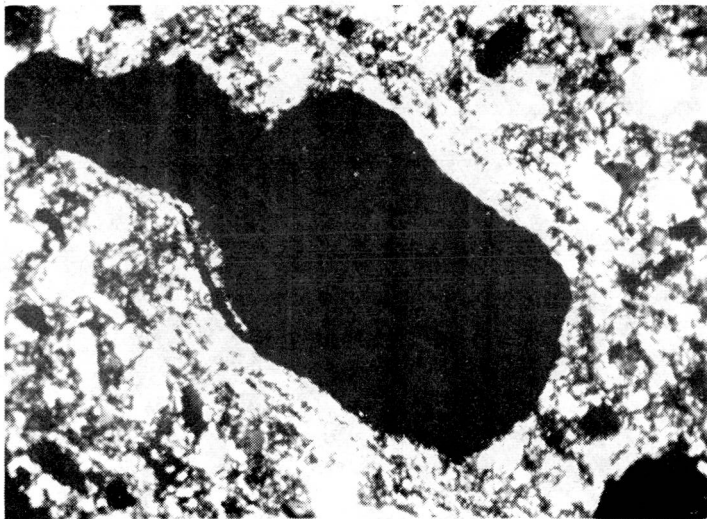
En los horizontes Bt predominan variedades de fábricas vo-insépticas (vo-mainsepticas, esquel-vo-sépticas) afectadas por el desarrollo de argilanes.

- Horizontes C (2C y 2Cca). En estos horizontes se presenta el dominio de fábricas vo-esquelsépticas con presencia de argilanes, transicionales a asépticas (silasépticas ?) en algunas zonas y ma-insépticas en otras.

Los poros son muy heterogéneos en cuanto a su tipología dominando los vughs interconectados, canales y en algunos horizontes los planos. Los poros se disponen interpedalmente en su mayoría, al azar y con porcentajes (macroporos) en el rango 20-40% aproximadamente (fotografías 25, 28, 29, 30, 31, 35 y 36).

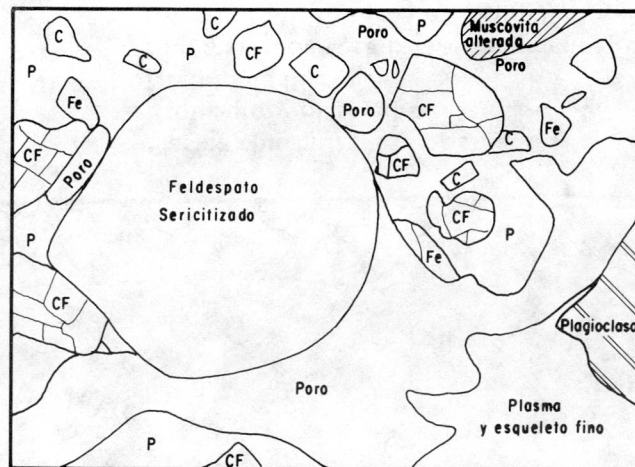
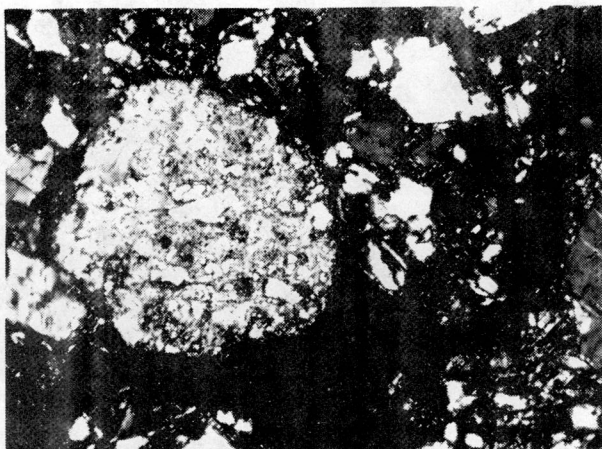
Fotografía 25 Perfil 1 (Cambortid). Horizonte 2C. 10 x 10 y NX..

Metavugh y Argilanes sobre sus paredes. Fábricas del Plasma = Esquel — vosépica de moderado desarrollo.

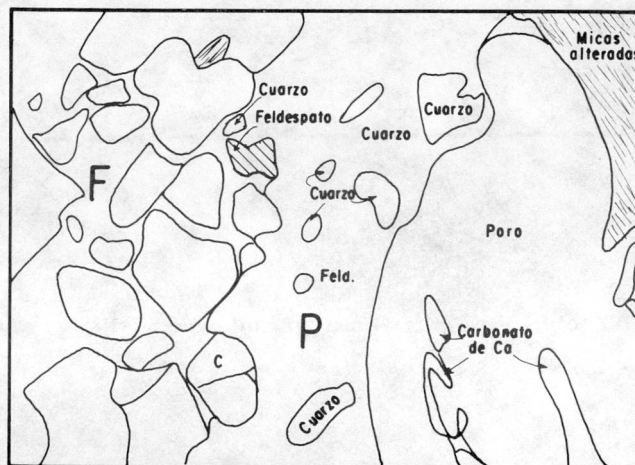
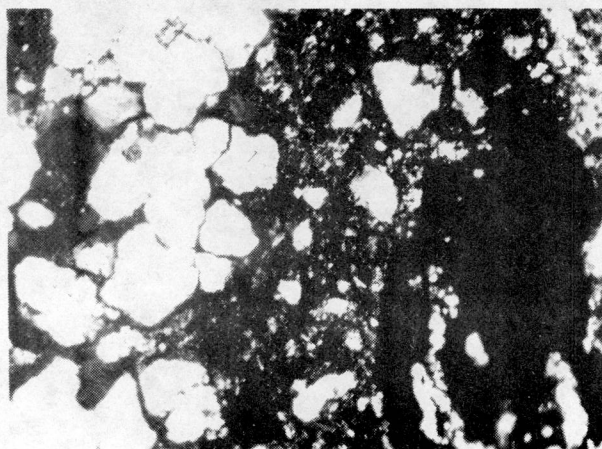


- P = Plasma concentrado y orientado (Argilanes)
- E y P = Esqueleto y Plasma no orientado
- N = Nódulo de hierro
- F = Fragmento de roca F.M.= Fragmento Roca metamórfica
- C = Cuarzo, Co = Cuarzo con extinción ondulatoria
- Fe = Feldespato alterado
- AF = Acumulación de hierro

Fotografía 26 Perfil 2 (Paleargid). Horizonte Ah (ácrico). 10 x 10 y NX.
 Fábrica Porfiroesquelética con abundantes feldespatos sericitizados y cuarzo fracturado. Los poros predominantes son canales y Vughs interconectados.

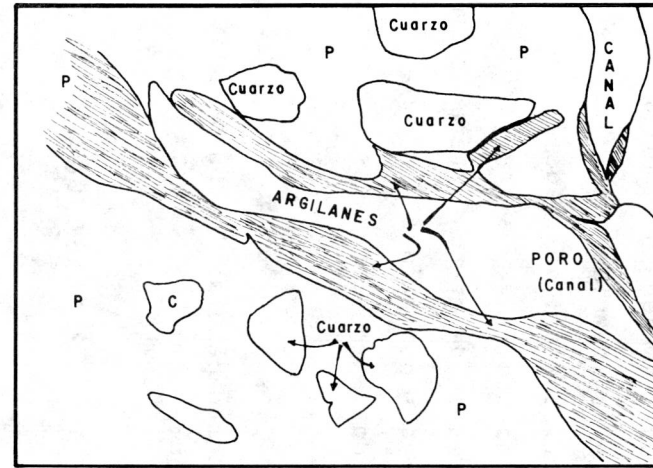


CF = Cuarzo fracturado (cataclasis). C = Cuarzo
 P = Plasma (con esqueleto fino)
 Fe = Feldespato.

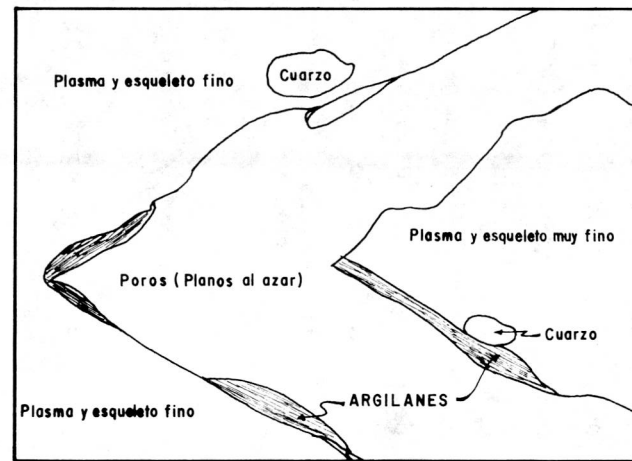
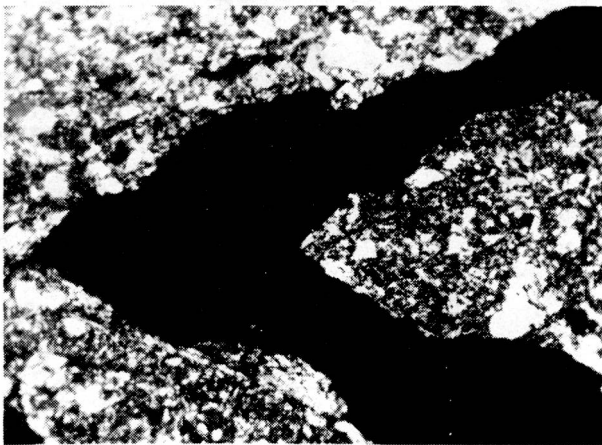


Fotografía 27 Perfil 2 (Paleargid) Horizonte Bs. 10 x 10 y NX. Mostrando fragmento de arenitas (F) con granos fundamentalmente de cuarzo subredondeado, alta selección y cemento ferruginoso; Plasma (P) de fábrica aséptica, sin concentración de poros ni en granos ni poros (Vughs)

Fotografía 28 Perfil 2 (Paleargid), Horizonte Bt (argílico). 25 x 10 y NX.
 Las zonas blancuzcas sobre las paredes del poro representan los argilanes, claros y de separación definida; estos son mas abundantes que sobre planos horizontales. La mayoría de los granos del esqueleto son cuarzos angulares y subangulares.



P = Plasma (arcillas abundantes en oxidos de Fe^{+3})



Fotografía 29 Perfil 2 (Paleargid), Horizonte 2C. 10 x 10 y NX. Planos al azar y argilanes sobre sus paredes, Plasma de fábrica ma - insépica.

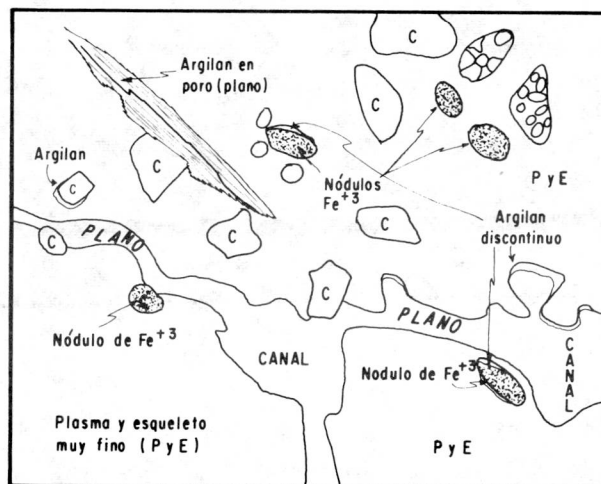
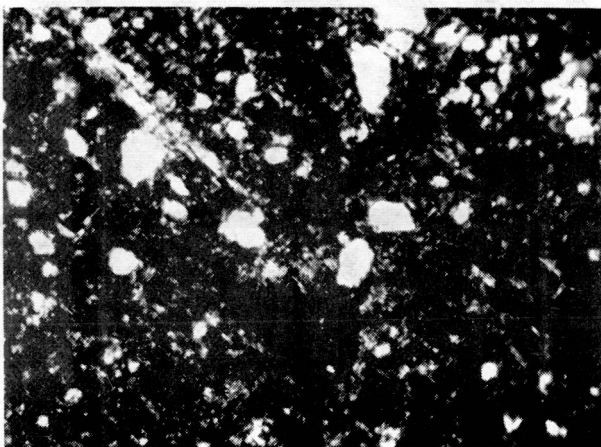
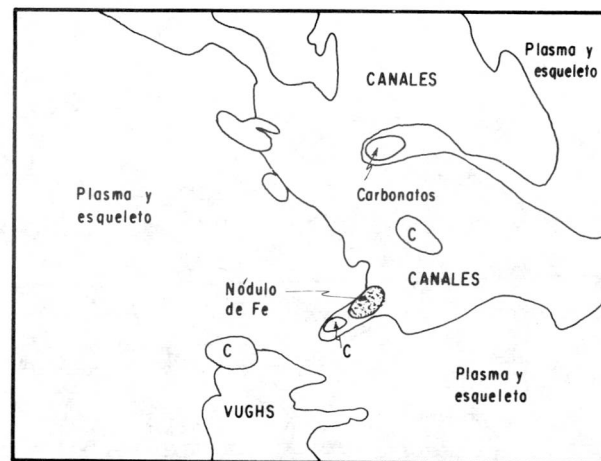
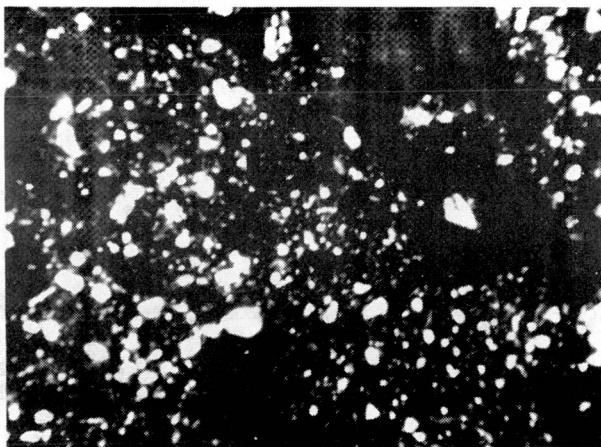
2. Fenómenos Pedológicos

Los principales fenómenos pedológicos residen en la presencia de argilanes (horizontes B y en algunos C), las acumulaciones parciales de carbonatos en algunos perfiles (4) y horizontes (Cca), además de la escasa presencia de nódulos (1-2%) de óxidos de Fe^{+3} y el recubrimiento de los mismos materiales sobre las superficies de granos alterados (micas, feldespatos). Los argilanes, impregnados por óxidos férricos, son claramente diferenciables, bien orientados, menos marcados o transicionales en horizontes Bs, definidos horizontal y verticalmente en horizontes Bt y asociados con impregnaciones arcillosas en los horizontes C. En el horizonte Bt del perfil 3 se presentan pápulas (glóbulos arcillosos con fábrica laminar y límite bien definido).

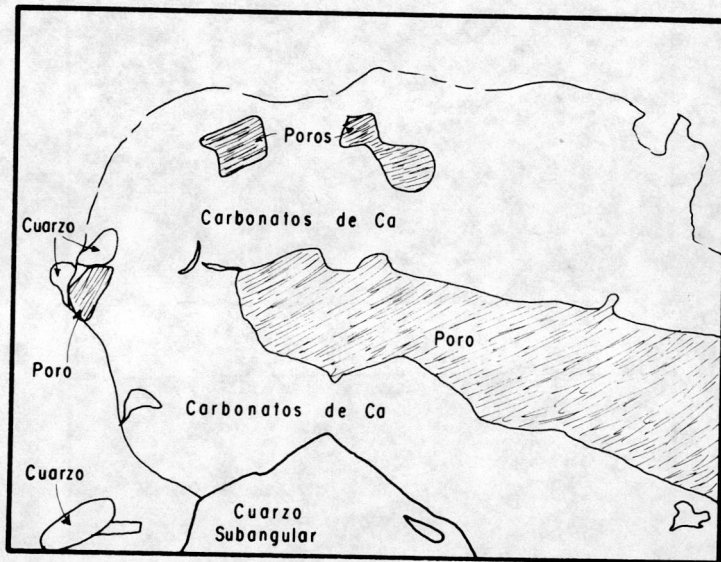
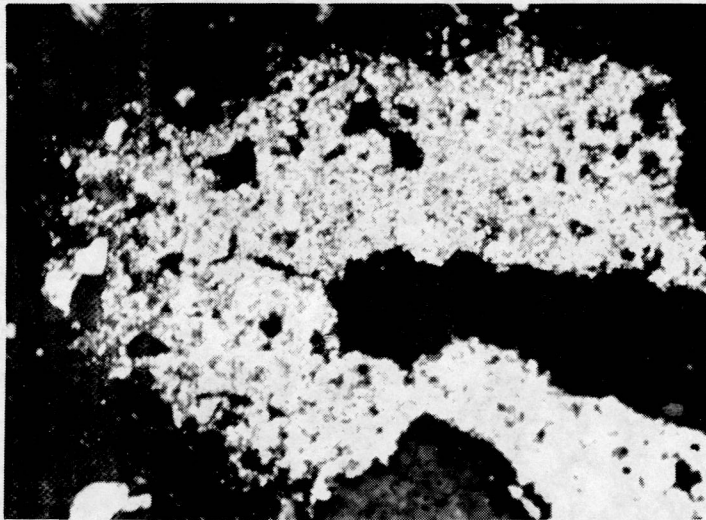
III. INTERPRETACIONES BASADAS EN LA MICROMORFOLOGIA DE LOS SUELOS

1. La interpretación basada en los componentes de la matriz-s revela la influencia aluvio-columbial que caracteriza estos suelos a través de los fragmentos líticos dominantes y su grado de redondez específica. La composición de los granos del esqueleto se asocia con las fuentes de sedimentos y las formaciones o grupos geológicos que los han aportado, se presenta así clara evidencia de la Formación La Quinta (sedimentos clásticos continentales, ferruginosos, areniscas abundantes en feldespatos, de grano grueso y conglomeráticas, arcillas rojas, limolitas, cuarcitas), Sierra Nevada (gneises, esquistos gneisoides con abundancia de micas, feldespatos, cuarzo y piroxenos) y del Conglomerado de Lagunillas (conglomerados y areniscas con abundantes fragmentos de rocas cristalinas y metamórficas, areniscas de grano fino y arcillas) en los diferentes perfiles estudiados, respecto a la fuente de sus constituyentes (predominio de fragmentos líticos metamórficos, esquistos micáceos, sedimentarios, lodolitas y arenitas de abundante matriz ferruginosa, cuarzoes fracturados y policristalinos con extinción ondulosa, etc).

Fotografía 30 Perfil 3 (Haplargid). Horizonte Ah (ócrico). 3.5 x 10 y NX.
 Se presenta alta porosidad (canales y Vughs interconectados), Plasma con fábrica silasépica - voinsépica débil y esqueleto integrado por granos subangulares de cuarzo, micas y algunos fragmentos líticos. Fábrica general: aglomeroplásmica.



Fotografía 31 Perfil 3 (Haplargid). Horizonte Bt (argílico). 10 x 10 y NX. Se muestran planos y canales, como poros dominantes, argilanes y fábrica del plasma vo-ma-insépica. Los granos esqueléticos mas grandes (blancos) están compuestos en su mayoría por cuarzo (c) subangular - subredondeado.



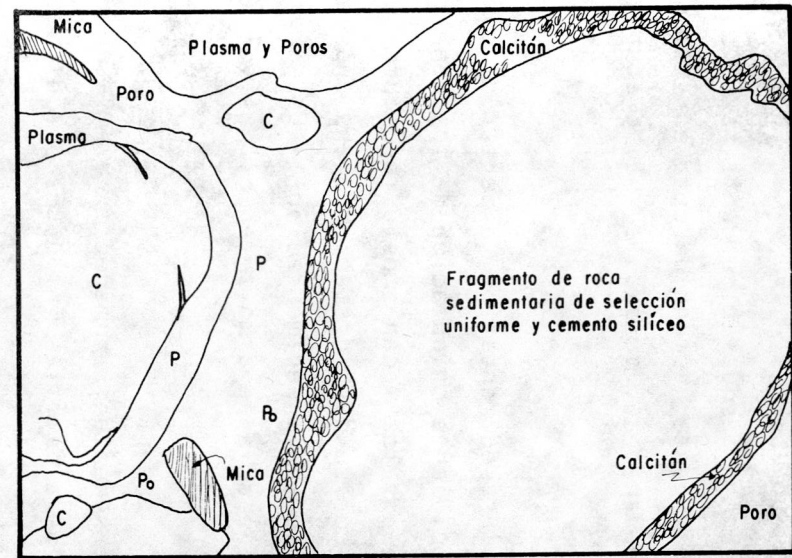
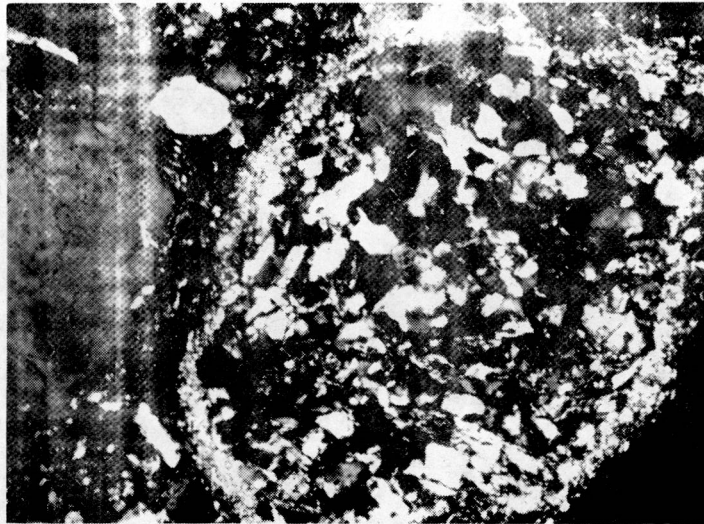
Horizonte 32 Perfil 3 (Haplargid) Horizonte Bt (argílico). 10 x 10 y NX.
Acumulación de CaCO_3 en poros.

La matriz de predominio porfiroesquelética confirma esta dinámica. El plasma y su fábrica dominante, entendida esta en su manifestación más común de continuo gradacional, se asocia interpretativamente con:

- a. Herencia de materiales sedimentarios, a partir de su deposición, originando incipiente orientación de los constituyentes del plasma, ayudada por los mecanismos y fenómenos subsiguientes y relacionados con su deshidratación (tensiones asociadas al secamento posterior a la sedimentación). Esta herencia puede, por otra parte, asociarse a movimientos masivos e influencia coluvial.
- b. Ciclos iniciales de secamiento-humedecimiento. Explicación válida esencialmente para perfiles influenciados por climas más húmedos que el actual.
- c. Si bien los puntos anteriores interpretan las fábricas predominantemente asépticas, las sépticas (Fotografías 25, 34 y 36), caracterizadas por el mayor desarrollo de una orientación preferencial en los constituyentes plásmicos, pueden también asociarse con mecanismos de herencia (fábricas insépticas) pero con mayor influencia de procesos de humedecimiento-secado en las fábricas vosépticas y esquelésépticas, especialmente en este último caso si se consideran las presiones ejercidas por el plasma en su zona de contacto con los granos del esqueleto.

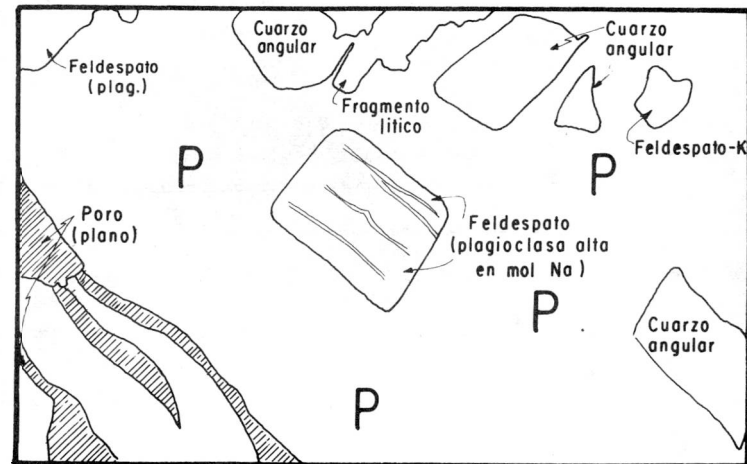
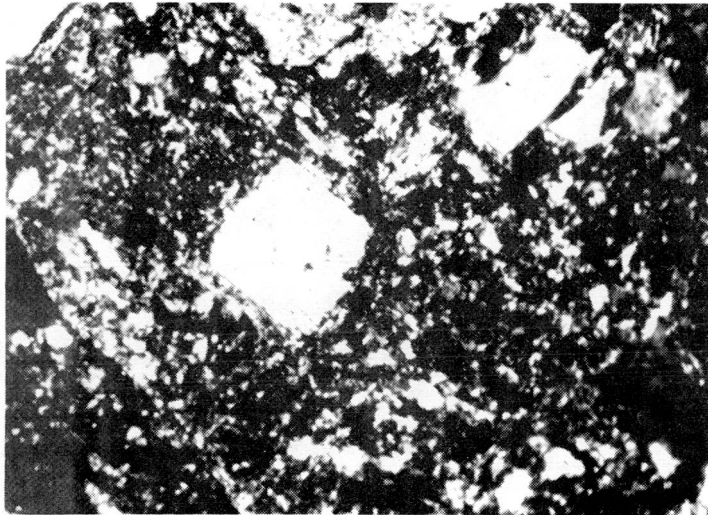
Las fábricas del plasma concuerdan con las ideas expresadas por Nettleton et al, (1969) según las cuales a medida que aumenta el grado de orientación se suceden las siguientes fábricas:

asépticas → insépticas → mosépticas y masépticas (también latisépticas y omnisépticas, de acuerdo al patrón de orientación, ya que presentan el mismo grado).



P = Plasma (aséptico, transicional a voséptico de débil desarrollo)
 C = Fragmentos subangulares de cuarzo
 Po = Poros

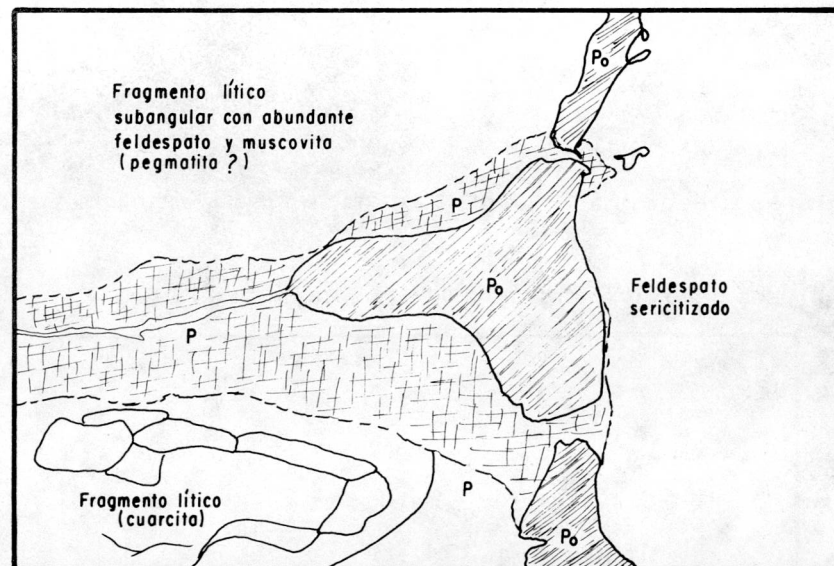
Fotografía 33 Perfil 4 (Cambortid), horizonte Ah (ócrico). 10 x 10. NX.
 Fábrica porfiroesquelética mostrando fragmentos líticos y calcitanes.



P = Plasma (fábrica aséptica a vo-esquelsépica de débil desarrollo)

Fotografía 34 Perfil 4 (cambortid), horizonte Bs (cámbico) 10 x 10 NX.

Fábrica porfiro esquelética mostrando feldspatos, cuarzo angular y plasma de fábrica aséptica a vo-esquelsépica de bajo desarrollo.



Po = Poros. En el centro metavugh, interconectados por canales y rellenos parcialmente con plasma (P) compuesto por arcilla impregnada de carbonato de calcio.

Fotografía 35 Perfil 4 (Cambortid), horizonte 2C. 10 x 10 y NX.
Se presenta la concentración de plasma moderadamente orientado, sobre las paredes de poros (vughs), fragmentos líticos y feldespato sericitizado.

- d. La mineralogía dominante de los constituyentes del plasma (micas-ilitas, cuarzo, caolinita, óxidos de hierro y carbonatos de calcio) ejercen también influencia sobre estas fábricas (Brewer, 1964) ya que los componentes anisotrópicos del mismo presentan mayor tendencia a orientarse, en consecuencia a diferenciarse, que los isotrópicos.

Los poros predominantes, reconocidos en este estudio, se interpretan de la siguiente manera:

- Los planos en general (planos como tales y los irregulares, skew planes) se asocian a mecanismos de expansión-contracción y se afectan por las características del material (composición, grado de humedad, homogeneidad, plasticidad, etc). Los planos irregulares se relacionan especialmente a la heterogeneidad de los materiales, efecto de sodio y sobre todo al secamiento irregular de la masa del suelo (Horizonte Bt, del Perfil 3) (Fotografías 31 y 34).
- Los vughs (orto y meta), canales y formas interconectadas de ellos están asociados a la actividad biológica (plantas, raíces y macroorganismos) y en varios casos, metavughs, a las presiones ejercidas en dicha actividad lo cual ocasiona el alisamiento de las paredes de los poros, (fotografía 25).
- La carencia de vesículas bien diferenciadas puede estar relacionada con mecanismos rápidos de depositación, con lo cual el aire que las ocasiona no queda atrapado en la masa o entre capas sucesivas de sedimentos.

2. Los fenómenos pedológicos.

Los fenómenos pedológicos más importantes están representados por los procesos de translocación, eluviación e iluviación de arcillas, carbonatos e impregnación de la masa del suelo en ellos (Perfil 4), en todos los horizontes), o en óxidos de hierro bajo formas oxidadas, los nódulos

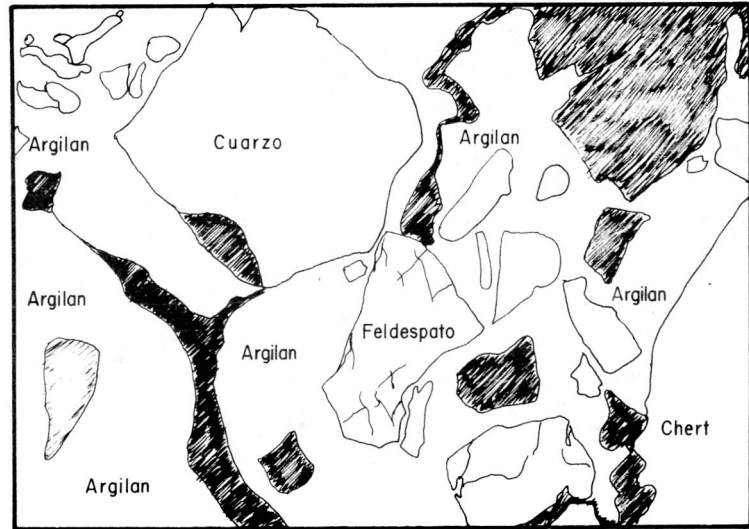
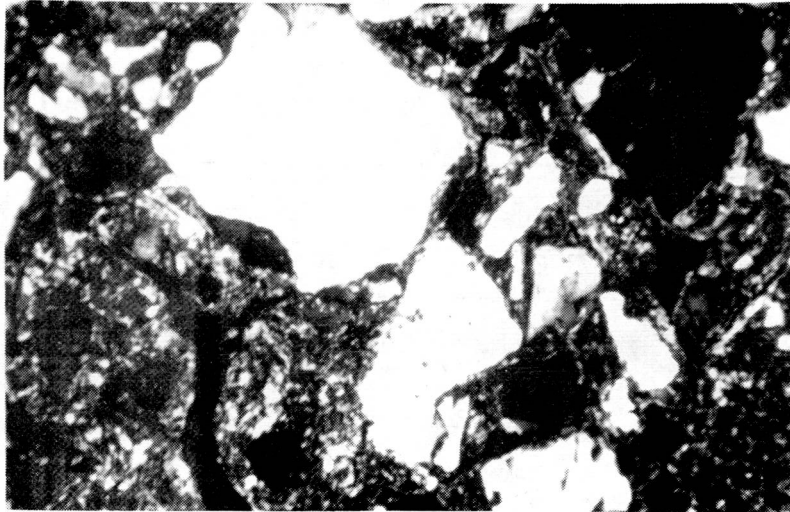
los son escasos (óxidos de hierro o carbonatos) y no se reconocieron concreciones, (Fotografías 25, 28, 32 y 33).

El más importante y significativo de estos fenómenos es el relacionado con la migración de arcillas (Fotografías 25, 28, 31, 36), y su posterior sedimentación y orientación tanto en poros de planos verticales como horizontales de los horizontes Bt, en algunos Bs y en algunos C. La orientación de estos minerales también se evidencia en forma de Pápulas en algunos horizontes (Bt del Perfil 3) relacionándose con procesos sedimentarios e intemperismo de micas o relictos líticos, in situ (Brewer, 1964).

En términos generales los argilanes son simples y presentan también contaminación de partículas más gruesas e impregnación de óxidos de Fe^{+3} deducido de los análisis químicos (Cuadro 8) y coloración rojiza. Fundamentalmente las superficies afectadas por los cutanes son los poros, no obstante se presentan en varios casos sobre los granos del esqueleto. Por otra parte las acumulaciones de carbonatos (Perfil 4 y horizontes Cca) se presentan también sobre poros y granos del esqueleto esto último claramente mostrado en los Perfiles 3 y 4 (fotografías 32 y 33) y de lo cual se infieren mecanismos de presión (cutanes de presión).

La fábrica interna de los argilanes es predominantemente clara en su límite y de fuerte orientación, se estima dominancia de procesos de iluviación sobre los de difusión arcillosa. Además, la presencia de paleoargilanes en la masa del plasma, sin evidencia de poros en la actualidad, puede relacionarse con movimientos masivos y diferenciadores de la masa del suelo los cuales han disturbado el medio.

La presencia de argilanes define la evidencia del proceso translocativo, a la vez que concuerda con las investigaciones de Nettleton et al (1969), según los cuales los argilanes en condiciones áridas no se presentan cuando el porcentaje de arcillas es superior al 40, el potencial de expansión-contracción es mayor del 4% o las fábricas del plasma son



Fotografía 36 Perfil 5 (Natrargid). Horizonte nátrico (Bt). 10 x 10 y NX.

La fotografía muestra la iluviación arcillosa orientada, argilanes, sobre las paredes de canales y, en menor escala, sobre los granos subangulares del esqueleto. Se aprecian, también granos de cuarzo, chert y feldespatos. La fábrica del plasma es Esquel - vosépica y la general Porfiroesquelética.

Tabla 14. Características micromorfológicas, cuadro sintético. Perfil 1 (Cambortid típico).

CARACTERÍSTICAS	H O R I Z O N T E S		
	Ap	Bs	2C
<p>MATRIZ-S</p> <p>1- Esqueleto</p> <ul style="list-style-type: none"> - composición y redondez - Distribución 	<p>Se presenta heterogeneidad en el esqueleto variando desde fragmentos líticos de rocas sedimentarias (areniscas arcillosas, ferruginosas), subredondeadas (1-4mm), hasta fragmentos de menor tamaño 0.5-1.0 mm de rocas metamórficas y en menor extensión ígneas, en estos casos subangulares. Se encuentran también feldespatos alterados, cuarzo, cuarzo policristalino y algunas micas (muscovita) y hematita.</p> <p>Al azar.</p>	<p>Se presenta heterogeneidad en los granos del esqueleto alcanzándose tamaño de 2-3 mm integrados por fragmentos líticos (rocas sedimentarias y metamórficas de bajo a medio grado) y cuarzo policristalino; en estos casos la redondez varía de subangular a subredondeada. Los granos de menor tamaño (0.5 - 1.0 mm) son predominantemente subangulares y están integrados por cuarzo, fragmentos líticos, feldespatos y micas.</p> <p>Al azar</p>	<p>Fragmentos líticos, de tamaño mayor, en el rango 0.5-1.0 mm integrados por rocas sedimentarias y metamórficas, se presenta también cuarzo, cuarzo policristalino feldespatos y fragmentos líticos en las fracciones menores. La redondez predominante es subangular.</p> <p>Al azar</p>
<p>2- Plasma</p> <ul style="list-style-type: none"> - composición y cantidad - separaciones - Fábrica 	<p>Plasma integrado por limos y arcillas (mica-illita, cuarzo y caolinita), y en menor proporción por óxidos de hierro. La cantidad se estima como mediana. Separaciones reconocibles bajo la forma de concentraciones algunas veces definidas sobre granos del esqueleto y en poros.</p> <p>Vo-esquel-insépica no bien definida, en zonas: asépica</p>	<p>Plasma integrado por limos y arcillas (mica-illita, cuarzo y caolinita) y en menor proporción por óxidos de Fe. La cantidad se estima mediana* Igual que en Ap</p> <p>Vo-esquel-insépica no bien definida; en zonas: asépica</p>	<p>Plasma integrado por limos y arcillas (illita y caolinita) en menor proporción óxidos de hierro.</p> <p>Las separaciones comprenden la concentración de materiales finos tanto en poros como sobre algunos granos.</p> <p>Esquel-vosépica de mediano desarrollo.</p>
<p>3- Poros</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipos y disposición - Distribución 	<p>Poros de empaquetamiento compuesto, integrados por orto y metavughs interconectados.</p> <p>Predominio de Interpedales</p>	<p>Poros de empaquetamiento compuesto, integrados por orto y metavughs interconectados. En menor proporción canales</p> <p>Como en Ap</p>	<p>Poros muy variados dominando los metavughs interconectados o no y asociados al empaquetamiento compuesto de los ped. Abundan también los canales.</p> <p>Predominio de los interpedales sobre los intrapedales.</p>
<p>Relación de componentes en la matriz-S</p>	<p>Granos > Plasma ≈ Poros</p>	<p>Granos > Plasma ≈ poros</p>	<p>Granos ≈ plasma > Poros</p>
<p>Fábrica General</p>	<p>Porfiroesquelética</p>	<p>Porfiroesquelética</p>	<p>Porfiroesquelética</p>
<p>Fenómenos Pedológicos</p> <p>1- Cutanes</p> <p>2- Nódulos y concreciones</p>	<p>Se presentan películas plásmicas orientadas, discontinuas y ligeras sobre bordes de poros y granos del esqueleto.</p> <p>Nódulos férricos escasos (~1%) y recubrimientos de algunos granos alterados por películas de hierro.</p>	<p>Similar a Ap, baja proporción</p> <p>Escasos nódulos de Fe⁺³, menor del 1% Recubrimientos de algunos granos esqueléticos por óxidos de Fe⁺³</p>	<p>Al comparar con los horizontes A se nota claramente la acumulación de plasma arcilloso sobre las paredes de poros y en algunos granos del esqueleto. Las películas están orientadas. Nódulos de Fe⁺³ (1-2%) Se encuentran algunos recubrimientos de Fe⁺³ en las superficies alteradas.</p>
<p>Otras características</p>			<p>La concentración de argilanes es mayor en este horizonte que en los demás, las características macromorfológico lo ubican como 2C.</p>

* Mediana (20-40%), baja (< 20%), alta (> 40%).

Cuadro 15. Características micromorfológicas, cuadro sintético. Perfil 2 (Paleargid típico).

CARACTERÍSTICAS	H O R I Z O N T E S		
	Ah	B(Bs y Bt)	2C
<u>MATRIZ-S</u> 1-Esqueleto - composición y redondez - Distribución	Predominio de rocas metamórficas (esquistos micáceos), sedimentarias (arenitas) y cuarzo fracturado (cataclástico) en los fragmentos mayores (3-5 mm), en las demás fracciones predominan cuarzos fracturados, algunos feldespatos seritizados, algunas micas y fragmentos de rocas metamórficas; la redondez en los fragmentos mayores es subangular a subredondeada, en los de menor tamaño (0.10-0.25 mm) es subredondeada con excepción del cuarzo (angular).	En el horizonte Bs predominan, en los fragmentos líticos (tamaño 2-4 mm), rocas metamórficas (esquistos, cuarcitas) y sedimentarias (limolitas y arcillolitas con abundante Fe ³⁺), la redondez predominante es angular a subangular, los fragmentos y minerales más pequeños (0.1-0.3 mm) están integrados por cuarzo, algunos feldespatos en vía de alteración y fragmentos de rocas presentes en la fracción mayor. En Bt el predominio es de cuarzo, incluyendo rocas sedimentarias y cuarcíticas, sobre otros minerales, redondez subangular.	Fragmentos bastante homogéneos, subangulares de cuarzo, predominantemente, y micas (muscovita); los fragmentos líticos no son abundantes. Los granos se orientan en sentido horizontal.
2-Plasma - composición y cantidad - separaciones - fábrica	Fundamentalmente limoso con arcillas de tipo illita, caolinita y vermiculita con óxidos diseminados impregnando la matriz. La cantidad se estima baja a mediana. Separaciones difíciles de distinguir. Dominantemente aséptica (silaséptica ?) con transición a inséptica débil.	Plasma más fino en Bt que Bs (limoso), la impregnación en Fe ³⁺ es también mayor en Bt. La cantidad se estima como mediana-baja en Bs y mediana-alta en Bt. Las arcillas predominantes son illita, caolinita y vermiculita, tanto en la fracción limosa como en la arcillosa. Vo-inséptica en Bt; en Bs domina fábrica aséptica a ligeramente vo-séptica.	Plasma compuesto, integrado por componentes de tamaño limo y zonas concentradas en arcilla y Fe ³⁺ . Arcillas predominantes son caolinita e illita con menos cantidades de vermiculita; la cantidad de plasma se estima como mediana-alta (no obstante no revelar la verdadera composición granulométrica del suelo). Mezcla de silaséptica con zonas bien diferenciadas de ma-inséptica, con argilanes impregnados en Fe ³⁺ sobre las paredes de los poros.
3- Poros - tipos y disposición - Distribución	Poros muy heterogéneos y abundantes, los más comunes parecen ser los canales y vughs interconectados. Se disponen heterogéneamente pero con distribución predominante interpedal.	Los poros (canales y vughs) disminuyen sucesivamente de Ah a Bs y en Bt alcanzan los menores porcentajes ocasionado por la iluviación de arcillas impregnadas en Fe ³⁺ , la distribución en generales de predominio interpedal.	Predominio de planos al azar (craze planes).
Relación de componentes en la matriz-s	Granos > Poros > Plasma	Granos > Poros ≈ Plasma y Granos ≈ Plasma > Poros (Bs)	Plasma > granos** > Poros
Fábrica general	Porfiroesquelética	Porfiroesquelética	Aglomeroplásmica***
Fenómenos Pedogénicos 1 - Cutanes 2 - Nódulos y concreciones	El plasma presenta muy pocas evidencias de translocación y orientación, al igual que las superficies de poros y granos. Nódulos (1-2%) compuestos por óxidos de Fe ³⁺ . Se presentan superficies de algunos granos, alteradas con recubrimientos del mismo material.	Los cutanes van aumentando a medida que se profundiza, alcanzando niveles muy altos en Bt, en este horizonte pueden clasificarse como de ubicación en poros (más que en granos y ped) ferriargilanes, separación clara observándose muchas veces planos de separación definidos. Se presentan en caras verticales y horizontales con predominio en las primeras. En Bs los argilanes son mucho menos pronunciados. Nódulos más pronunciados (siendo escasos) en Bs. Recubrimientos de superficies de alteración.	Argilanes ricos en Fe ³⁺ son dominantes sobre las superficies de los planos al azar; la orientación de los argilanes es notable y su límite abrupto, en cambio las separaciones plásmicas presentan límites graduales y difusos. Se presentan algunos calcares pero en baja cantidad y proporción.
Otras características			

* Mediana (20-40%), baja (<20%), alta (>40%)

** No hay correspondencia aparentemente con las descripciones macroscópicas de campo debido a la dificultad de tomar un ped para elaborar la sección en suelo, no en los fragmentos de grava, cascajo, etc; en estas condiciones la fábrica puede no revelar la disposición total del horizonte.

*** Realmente no existe el término adecuado, se ha ubicado en el más cercano a la clasificación de Brewer (1964), sería el concepto de Afanoplásmica (pedazos de granos esqueléticos pequeños, 0,1 mm, en una masa plásmica densa).

Cuadro 16. Características micromorfológicas; cuadro sintético. Perfil 3 (Haplargid típico).

CARACTERÍSTICAS	H	O	R	I	Z	O	N	T	E	S	
	Ah		Bs				Bt				
Matriz - S 1. ESQUELETO - composición y redondez	Fragmentos líticos de composición muy diferente (graníticos, shales, cataclásticos, esquistos) al igual que su redondez, (varía de subangular a redonda, éste caso en los sedimentarios), el tamaño aproximado 1 mm. En los granos de menor tamaño domina cuarzo angular a subangular.		Fragmentos líticos con predominio de cuarzo policristalino y rocas metamórficas en avanzado grado de alteración, tamaño en el rango 0.5 - 1.0 mm y redondez variable, subangular en cuarzo y subredondeada a redondeada en los frag. metamórficos. Los granos de menor tamaño no están compuestos por cuarzo fundamentalmente, algo de fragmentos metamórficos y poco feldespato, presentan redondez angular-subangular.				Predominio de tamaño en el rango menor a 0.2 mm, integrado por cuarzo, fragmentos líticos (rocas metamórficas, en especial esquistos, chert, cuarzo fracturado) redondez subangular a angular. En los fragmentos más gruesos (0.2-1.0 mm) abundan cuarzo, cuarzo fracturado, feldespatos alterados y rocas esquistosas, redondez variable, subangular a subredondeado y redondeado.				
-distribución	Al azar		Al azar				Al azar				
2. PLASMA - composición y cantidad	Arcillas y limos impregnados en Fe^{+3} ; las arcillas dominantes son caolinita e illita. La cantidad se estima* mediana-alta.		Arcillas, limos y óxidos de Fe^{+3} . Las arcillas dominantes son caolinita, illita y vermiculita, esta última en la fracción limosa, la cantidad se estima* mediana-alta.				Arcillas integradas por caolinita e illita con impregnación de óxidos de Fe^{+3} . La cantidad se estima* mediana-alta. Separaciones claramente identificables con tendencia en planos.				
- Separaciones	Separaciones aisladas		Separaciones aisladas								
- Fábrica	Silasépica - voinsépica débil		Silasépica -voinsépica débil				vo-ma-insépica				
3. POROS - tipos y disposición.	Canales, vughs interconectados y planos dominan sobre los demás. Se estima alta porosidad**		Muy heterogéneos, tal vez con predominio de canales y vughs interconectados sobre los demás, porosidad (macro) se estima** mediana.				Heterogéneo con predominio de canales y planos sobre los demás. El patrón de los planos es al azar (Skew planes). La porosidad se estima** mediana				
- distribución	Interpedales		Interpedales				Interpedales				
Relación de componentes en la matriz-s	Plasma > Poros ≈ Granos		Plasma > Granos ≈ Poros				Plasma > granos > Poros				
Fábrica General	Aglomeroplásmica		Aglomeroplásmica transicional o porfiroesquelética				Aglomeroplásmica				
Fenómenos Pedológicos 1. Cutanes	Se nota orientación de partículas del plasma sobre granos esqueléticos y algunos poros, los cutanes son muy delgados y discontinuos.		Cutanes similares, algo más pronunciados, que en Ah, aumenta el contenido de carbonatos (débil)				Argilanes presentes pero discontinuos y no muy bien diferenciados sobre algunos poros y granos del esqueleto.				
2. Nódulos y concreciones	Nódulos escasos (~ 1%) compuestos por óxidos de Fe^{+3} , en superficies de alteración		Nódulos de óxidos de Fe^{+3} escasos (1%), recubrimiento de óxidos de Fe^{+3} sobre algunos granos alterados.				Acumulaciones de carbonatos presentes pero no muy abundantes. Nódulos de Fe^{+3} como en el horizonte anterior.				
Otras características.							Los argilanes son menos desarrollados que en los demás Argids estudiados.				

* Mediana (20-40%), baja (< 20%), alta (> 40%).

** Porosidad (macroporos) en el orden de 25-35 se estima alta.

Cuadro 17. Características micromorfológicas, cuadro sintético. Perfil 4 (Cambortid típico).

CARACTERÍSTICAS	H O R I Z O N T E S		
	Ah	Bs	2C
<p>1. Esqueleto</p> <p>- Composición y redondez</p> <p>- Distribución</p>	<p>Predominio de fragmentos líticos y rocas metamórficas y sedimentarias con tamaños entre 1-2 mm y cuarzo policristalino.</p> <p>En tamaños menores (50-200μ) se presentan cuarzos y feldespatos en grado variable de alteración pero con marcas reconocibles. La redondez en estas fracciones es subangular a subredondeada. Mica (muscovita) presente en contenidos de la 3% y en tamaños pequeños.</p> <p>Al azar</p>	<p>Se presentan granos esqueléticos de tamaños muy variados, alcanzándose 2-4 mm, la mayoría de los tamaños mayores se presenta en los 0.5 mm. La composición es heterogénea dominando fragmentos de rocas metamórficas y sedimentarias, cuarzo policristalino, feldespatos y algunas rocas ígneas con cuarzo y feldespatos. Se encuentran también nódulos calcáreos y micas (muscovita).</p> <p>Redondez variable entre rangos de subangular a redondeada.</p> <p>Al azar.</p>	<p>Esqueleto muy heterogéneo con presencia de fragmentos líticos 2-4 mm, subangulares y constituidos por rocas sedimentarias (areniscas arcillosas) de grano fino, metamórficas de bajo grado y cuarzo policristalino.</p> <p>Los granos más pequeños consisten de cuarzo, feldespatos alterados, nódulos de Fe³⁺, micas y fragmentos líticos de rocas metamórficas. La redondez promedio de los granos de tamaño 100-250μ es subangular.</p> <p>Al azar</p>
<p>2. Plasma</p> <p>-Composición y cantidad</p> <p>-Separaciones</p> <p>-Fábrica</p>	<p>Composición básica de materiales arcillosos (ilita, caolinita y vermiculita) óxidos de Fe⁺⁺⁺ y carbonatos diseminados y en diferentes concentraciones. Su cantidad se estima como mediana*.</p> <p>Separaciones reconocibles bajo la forma de parches estratificados.</p> <p>Aséptica o vosépica de débil desarrollo</p>	<p>Fundamentalmente integrado por arcillas (mica-ilitica, caolinita y vermiculita) y en menor extensión carbonatos y óxidos de Fe³⁺. Su cantidad se estima como mediana*.</p> <p>Separaciones bajo formas de manchas y estrías.</p> <p>Aséptica a vo-esquelsépica de débil desarrollo.</p>	<p>Integrada por arcillas (ilita fundamentalmente con trazas de caolinita y vermiculita) y en menor extensión carbonatos y óxidos de Fe³⁺.</p> <p>Su cantidad se estima como mediana a baja</p> <p>Vo-esquelsépica</p>
<p>3. Poros</p> <p>- Distribución</p>	<p>Predominio de orto y metavughs con tamaños aproximados en el rango 0,2-0,5 mm. Se presentan algunos macroporos (vughs) entre 1-2 mm, y canales en menor proporción</p> <p>Interpedales</p>	<p>Dominan metavughs (0.5 mm) algunos interconectados, siguen en importancia planos al azar y canales.</p> <p>Interpedales, en menor extensión transpedales</p>	<p>Dominan canales y metavughs de tamaños en el rango 1-3mm. En diámetros menores 0.5 mm y menores abundan los canales.</p> <p>Interpedales</p>
<p>Relación de componentes en la matriz-S</p>	<p>Esqueleto > Plasma > Poros</p>	<p>Esqueleto > Plasma > Poros</p>	<p>Esqueleto > Plasma > Poros</p>
<p>Fábrica General</p>	<p>Porfiroesquelética</p>	<p>Porfiroesquelética</p>	<p>Porfiroesquelética</p>
<p>Fenómenos Pedológicos</p> <p>1. Cutanes</p>	<p>Cutanes de iluviación sobre superficies de granos esqueléticos y constituidos fundamentalmente por carbonatos (calcita) y neocutanes (calcitanes), en muy pequeña magnitud de arcilla.</p> <p>Micronódulos (2%) especialmente constituidos por Fe⁺⁺⁺.</p> <p>Se presentan también escasas acumulaciones de Fe³⁺ sobre superficies de alteración en algunos granos.</p>	<p>Cutanes delgados y discontinuos de arcilla sobre superficies de algunos poros y granos del esqueleto.</p> <p>Micronódulos (1%) de Fe⁺⁺⁺ y carbonatos. En algunos casos se presentan acumulaciones de Fe³⁺ asociadas a fracturas y superficies de alteración (granos intemperizados).</p>	<p>Concentraciones de arcillas en las paredes de poros.</p> <p>Nódulos escasos (1%), en pocos casos se presentan acumulaciones de Fe³⁺ en grietas de rocas y en superficies de alteración.</p>
<p>Otras características</p>			

* Mediana (20-40%); baja < de 20% y alta > 40%

Cuadro 18. Características micromorfológicas, cuadro sintético. Perfil 5 (Natrargid típico)

Características	H O R I Z O N T E S	
	Bt	2 Cca
MATRIZ-S 1-ESQUELETO -Composición y redondez -Distribución	Predominan en el Bt fragmentos líticos (rocas metamórficas y chert) y cuarzo con extinción ondulosa y policristalino; se presentan también en mucha menor extensión micas (muscovita) alteradas al igual que feldespatos y opacos a base de Fe ⁺³ . La redondez predominante es de subángular a subredondeada y el tamaño máximo es de 2mm, con promedios en el rango 1-0,5 mm. la distribución es al azar.	Predominan fragmentos líticos entre 1-2 mm integrados por rocas metamórficas y sedimentarias, y cuarzo policristalino o no, en la fracción 20-50 μ. Se encuentran también en menor extensión feldespatos en grado variable de alteración, micas (muscovita) y carbonatos (calcita). La redondez predominante es subangular. La distribución es al azar.
2-PLASMA - Separaciones	Composición predominante de arcillas (ilita, vermiculita, y en menor proporción caolinita) y óxidos de Fe ⁺³ . La cantidad * se estima mediana. Separaciones plasmáticas evidenciadas por concentraciones de arcillas y Fe ⁺³ en las vecindades de los poros. Esquelvosépica con argilanes en poros	Composición predominante de arcillas (ilita, mat. estratificadas y caolinita, en menor proporción) y óxidos de Fe ⁺³ , la cantidad se estima baja*. Separaciones plasmáticas sobre el esqueleto y paredes de poros. Vo-esquelvópica, menor desarrollo que en el horizonte Bt.
3-POROS - Tipos y disposición - Distribución	Predominio de canales, (interpedales) sobre orto y metavughs; algunos poros son intrapedales Homogénea al azar	Metavughs interpedales, con influencia de empaquetamiento de los peds, y canales. Homogénea al azar
Relación de componentes en la matriz-s	Esqueleto > Plasma > Poros	Esqueleto ≈ Poros > Plasma
Fábrica General	Porfiroesquelética	Intertéxica
Fenómenos Pedológicos 1 - Cutanes	Argilanes férricos sobre paredes de canales, granos y peds, observables en planos horizontales y verticales, a la vez que en forma subcutánea.	Presencia de arcilla orientada tanto sobre los granos del esqueleto como en las superficies de poros interpedales y en formas subcutáneas. Se presentan también recubrimientos de carbonatos sobre algunos granos, especialmente en secciones verticales.
2 - Nódulos y/o concreciones	Micronódulos (ferranes) dispersos en el plasma (2-3%)	micronódulos (ferranes) dispersos en el plasma (2%)

* Se estima la cantidad arbitrariamente como: baja (< 20%), mediana (20-40%) y alta (>40%)

masépicas y omnisépicas, pero sí lo hacen cuando estas son insépicas o mosépicas.

GENESIS DE SUELOS

La génesis del suelo, como ya se ha comentado en otras investigaciones (Malagón, 1978), queda definida cuando se conoce la interacción entre los Factores (influencia del medio externo al suelo) y los mecanismos tendientes a buscar el equilibrio interno y dinámica del cuerpo natural, es decir los Procesos formativos, responsables de su diferenciación y causantes de su morfología. La secuencia de ideas seguidas en este estudio se presentan, como un modelo, en la figura 18.

En la zona estudiada los factores formativos pueden ser caracterizados de la siguiente forma:

- a. La Geología y Geomorfología básica puede resumirse como resultante de la formación de terrazas y cono-terrazas (T_1 a T_4) pleistocénicas y plio-pleistocénicas bajo la acción aluvial del Río Chama, afluentes del mismo y la erosión de las formaciones de zonas más altas y antiguas, esencialmente Mesozoicas (La Quinta, Aguardiente, La Luna), Paleozoicas (Mucuchachí) y Precámbricas (Sierra Nevada y Grupo Iglesias).

La composición mineralógica varía mucho de acuerdo a la ubicación del perfil y a la fracción estudiada, no obstante dominan materiales provenientes de rocas metamórficas, sedimentarias y pegmatitas integrados por cuarzo, fragmentos líticos, feldespatos, muscovita y óxidos de hierro, con predominio de hematita.

- b. El Clima dominante en la zona estudiada es el BSwH (Köppen, 1954) con precipitaciones en el rango de 457,7 a 554,0 mm, y donde el 30% de las mismas corresponden a aguaceros con intensidades de 20-40 mm o mayores, causantes de la erosión generalizada en la zona y responsable del "deca-pitamiento" de muchos perfiles. La temperatura promedio ambiental es

de 22,2°C con variaciones menores de 5°C entre el invierno y el verano, el régimen de la misma, correspondiente al suelo, es el isohipertérmico.

La evapotranspiración es de 2002,6 mm, medida en tina, no obstante un dato más ajustado a las condiciones de la zona y su vegetación xerofítica se alcanza al considerar el hecho de la disminución de la misma al presentarse contenidos de humedad cercanos al PMP, en este caso, de acuerdo a Norero (comunicación personal) la EVT es sensiblemente menor.

El balance hidrológico en base a los datos anteriores define un régimen arídico.

- c. La Zona de Vida y Formación Vegetal corresponde a la transición: Monte Espinoso-Bosque Seco, Premontano y Subtropical (tropical) de la provincia semiárida de humedad.

Los componentes de la vegetación son xerófilos y subxerófilos en un 82% (Cárdenas, 1963), mesófilos 10% y ubiquistos en un 7%. Sarmiento et al 1971, ha caracterizado dos unidades de vegetación estrechamente interdigitadas: el Arbustal Espinoso, dependiente de la precipitación y la Selva Estacional Montana, asociada a fuentes adicionales de agua. Los mismos autores establecen una unidad climática originada en un período árido muy antiguo (mioceno) el cual evolucionó a Arbustal Espinoso por acción del hombre, este último ha afectado el medio edáfico a través de sus prácticas culturales desde edades precolombinas, influyendo el uso del suelo, erosión, riegos y cultivos.

Los géneros dominantes son Opuntia, Cereus y Prosopis, plantas que afectan la génesis del suelo a través de su densidad, aporte de materia orgánica, evapotranspiración, sistema radicular e interrelaciones erosivas.

- d. El análisis del factor "tiempo de evolución" debe hacerse planteando algunas hipótesis, dado que no se encuentran datos exactos sobre él en la zona estudiada:

1. La formación de las terrazas incluye desde el plio-pleistoceno (Conglomerado de Lagunillas) hasta el pleistoceno superior, es decir básicamente son pleistocénicas y se relacionan con fenómenos variados que abarcan desde efectos del paroxismo tectónico, hasta cambios climáticos característicos de esta época, efectos coluviales y movimientos masivos.
2. Cambios climáticos durante los últimos 400.000 años, basados en indicadores variables (foraminíferos de medios fríos y cálidos, estudios de isótopos de oxígeno, carbonatos, etc), se presentan en la figura 17, tomados de Goudie (1977).

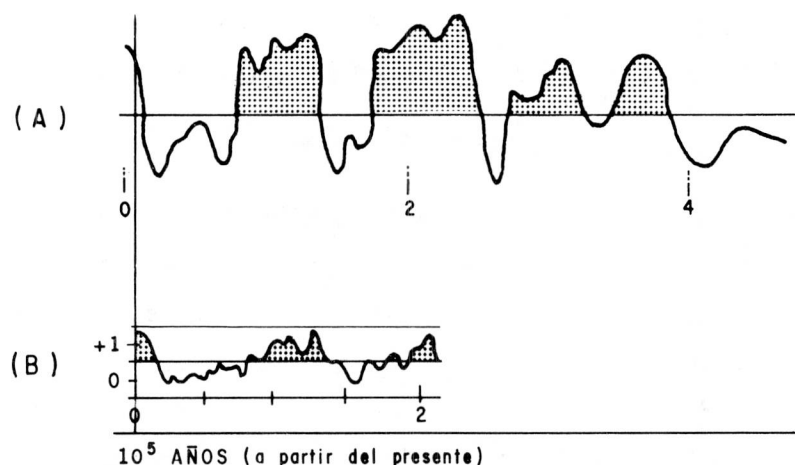


Figura. 17 -FLUCTUACIONES CLIMATICAS DURANTE LOS ULTIMOS 400.000 AÑOS, DE ACUERDO A FORAMINIFEROS DE MEDIOS FRIOS O CALIDOS (curva A, Atlantico ecuatorial) Y A ISOTOPOS DE OXIGENO (curva B, 15°N) tomado de Goudie (1977).

Los cambios climáticos, al ocurrir externamente sobre la superficie terrestre, obviamente afectan la evolución (cuali y cuantitativamente) de los suelos.

3. La presencia de horizontes argílicos, translocación de arcillas o simplemente acumulación de ella, aún para no calificar como tal,

prueban, al compararse con el régimen arídico actual, variaciones climáticas.

De acuerdo a Goudie (1977) la estratigrafía del fondo oceánico y la detallada observación ecológica de secuencias terrestres constituyen los datos más exactos para reconstruir las condiciones del pleistoceno; no obstante, son también valiosos auxiliares las formas fósiles de la tierra y los suelos.

Ejemplos de cambios climáticos y formación de dunas se han estudiado en Sur América y más exactamente a los $6^{\circ}30'$ y $5^{\circ}20'$ latitud norte de los llanos del Río Orinoco (Tricart, 1974); climas opuestos han sido responsables de la formación de terrazas en la zona hoy semidesértica de Lagunillas.

Por otra parte el desarrollo y la evolución del suelo dependen de la naturaleza de los materiales que lo integran, clima, carácter de la flora y fauna, balance entre erosión, depositación, alteración y diferenciación morfológica, estos eventos necesariamente están en función del factor tiempo y dejan su marca en el perfil. De acuerdo con Gile y Hawley (1972) el rango en edad es la razón principal para explicar la variación morfológica de los suelos desérticos, ya que los horizontes iluviales, asociados con pluviales de mayores precipitaciones y menor temperatura, generan cambios morfológicos que se representan por espesores mayores de horizontes iluviales.

Los factores previamente comentados generan una serie de mecanismos dinámicos sobre el material pasivo, tendiendo al alcance del equilibrio con el medio externo al suelo, estos mecanismos constituyen los procesos formativos, diferenciadores y responsables de la morfología del suelo.

Los procesos formadores pueden subdividirse en generales y específicos de acuerdo a la metodología de su estudio (analítica o sintética); a continuación se tratarán los principales procesos generales que operan

o han operado en la zona estudiada:

A. PROCESOS GENERALES

Fundamentalmente los Procesos Generales abarcan las adiciones, pérdidas, translocaciones y transformaciones de materiales; su estudio permite deducir:

- Adiciones de materiales esencialmente minerales se llevaron a cabo para integrar los cono-terrazas de la zona; en la actualidad la adición se centraliza, por efecto erosivo, de las zonas más altas a las más bajas y determinan la aparición de discontinuidades litológicas y capas generalmente definidas como horizontes ócricos.

- Pérdidas

El proceso de pérdidas se refiere al truncamiento de suelos, en mayor o menor escala, debido a la erosión o a la eliminación del perfil de substancias solubles o capaces de ser eliminadas mecánicamente en suspensión, quelatación o biológicamente.

En la zona estudiada ampliamente predomina el primer grupo comentado de pérdidas, es decir, las asociadas con la acción erosiva determinada por las características de la precipitación, tipo de vegetación, pendiente y actividad humana.

Las sales solubles, estimadas por conductividades eléctricas relativamente bajas, fundamentalmente están constituidas por bicarbonatos, cloruros y sulfatos de calcio y magnesio, con proporciones menores de potasio y sodio. Si bien este comentario es general algunos de los perfiles muestran variaciones en el tipo presente, en el Perfil 5 dominan los cloruros y el Perfil 1 carece de sulfatos, lo cual define variaciones en el tipo de pérdidas asociadas a las sales presentes en ellos; la abundancia de cloruros indica un clima más seco, por ejemplo, que si los carbonatos de calcio prevalecen.

- Transformaciones

Las transformaciones que se suceden en el suelo fundamentalmente son orgánicas e inorgánicas, dominando una u otra de acuerdo al medio formativo, al ecosistema específico, a la acción del hombre y al tipo de materiales presentes; estas diferencias se han estudiado en otros trabajos (Malagón, 1977 y 1978) en el medio tropical.

La alteración orgánica se ha visto limitada, en la zona en cuestión, debido a las bajas cantidades de materia orgánica que caracterizan los suelos estudiados. La transformación de compuestos orgánicos ha conducido a la constitución de tipos de humus definidos como Mull cálcico o variedades transicionales entre ellos; la relación AF/AH es considerablemente menor que la unidad y la humina es muy alta (promedio de 89%), parámetros que inducen a pensar en compuestos orgánicos altamente polimerizados, de bajo poder quelatante y translocante.

La transformación mineral se relaciona con varios fenómenos estudiados, entre ellos merecen comentarse los siguientes:

1. Los feldespatos presentan grado variable de alteración, independiente de su constitución, asociada al proceso erosivo y a las características de éste, no obstante se han caracterizado dos mecanismos diferentes: la caolinización (recubrimientos pardo oscuros muy finos sin hojuelas diferenciales) y la sericitización (microhojuelas definidas). Estos mecanismos se relacionan con feldespatos potásicos y plagioclasas, respectivamente; además, el término sericitización involucra, en este caso, minerales finos, laminados e indistinguibles de illita, diferenciándose de muscovita, entre otras cosas, por su menor contenido potásico y grano más fino.
2. El mayor porcentaje de illita presente en los suelos estudiados se asocian con las fuentes sedimentarias que la han aportado (mediante metamorfismo se genera inicialmente sericita y poste-

riormente muscovita), además, la morfología característica del pico, por difracción de rayos X, demuestra etapas de alteración hacia minerales "más abiertos" especialmente en la fracción arcillosa de los Argid, ya que en los Ortid y en la fracción limosa la difracción de 10 Å es aguda y sin tendencias asimétricas hacia ángulos menores.

3. Los fragmentos líticos presentan grados variables de alteración tanto física como química, ocurriendo procesos asociados a la dinámica del hierro (pátinas, alteración y ubicación en fisuras, etc) y/o del carbonato de calcio (recubrimientos y ubicación en microgrietas del fragmento) y alteración variable de los componentes minerales propios de dichos fragmentos.
4. Los óxidos de hierro representan los productos de alteración (hematita) y variedades asociadas a materiales en grado variable de hidratación, si bien algunos de estos productos se han heredado de la formación La Quinta, muchos de los presentes en los Argid, (Perfiles 2, 3 y 5) corresponden a evolución pedológica.
5. Las micas encontradas, muscovita y biotita, muestran grados diferentes de alteración (mayor en biotita que en muscovita) asociados a la respuesta diferencial al intemperismo (Jackson, 1964), biotita presenta alteración a óxidos de hierro, pérdida de algunas características ópticas y degradación estructural.

- Translocaciones

Los fenómenos o procesos de redistribución de materiales en el perfil (translocaciones) son esencialmente descendientes, actuales o pretéritos y se presentan gráficamente en las diferentes curvas de la Figura 6 y en las Fotografías 25, 28 y 36. En ellas es notorio el proceso translocativo de arcillas en los Argid, comparadas con los Ortid, es decir, la argilización se presenta en los suelos más antiguos, además, los carbonatos y óxidos libres de hierro no presen

tan definiciones importantes en los suelos estudiados, a no ser una disminución en profundidad para los Cambortid de la terraza T1, en relación con carbonatos y óxidos de hierro y un incremento en profundidad, para los óxidos de hierro, en el Paleargid y de carbonatos para el Haplargid de la terraza T2-3.

La distribución en el perfil de la materia orgánica sigue un decrecimiento gradual no generando tendencias fluvénticas en su taxonomía.

B. PROCESOS ESPECIFICOS

La resultante de las interacciones ocasionadas por los Procesos formadores previamente comentados determina Procesos específicos de formación del suelo, (Figura 18), en los cuales, generalmente, domina uno o más de los procesos generales. Los procesos específicos, así entendidos, integran, resumen y explican tanto la génesis y evolución de este cuerpo natural como su manifestación morfológica.

En la zona estudiada el esquema general de la evolución del suelo, dentro del cual se definen los procesos específicos causantes de su diferenciación, sigue etapas secuenciales que comprenden la formación de las terrazas y cono-terrazas, la génesis de suelos en medios climáticos diferentes al actual (efectos paleoclimáticos), la acción erosiva y sus consecuencias, entre ellas la decapitación de perfiles, mecanismos de coluviación y enterramiento, zonas de acumulación de materiales y génesis de suelos bajo la acción del clima y vegetación actual, afectada en su manifestación por los procesos erosivos generalizados en la zona.

Teniendo en cuenta los planteamientos previos se esbozan los principales procesos específicos: rubefacción-ferruginación y lixiviación, salinización-calcificación y alteración incipiente.

Este último aspecto, alteración incipiente, en los suelos estudiados se relaciona con:

MODELO GENERAL SEGUIDO EN ESTUDIOS SOBRE GENESIS Y EVOLUCION DE SUELOS
(Incluye relaciones taxonómicas, edafológicas y de manejo)

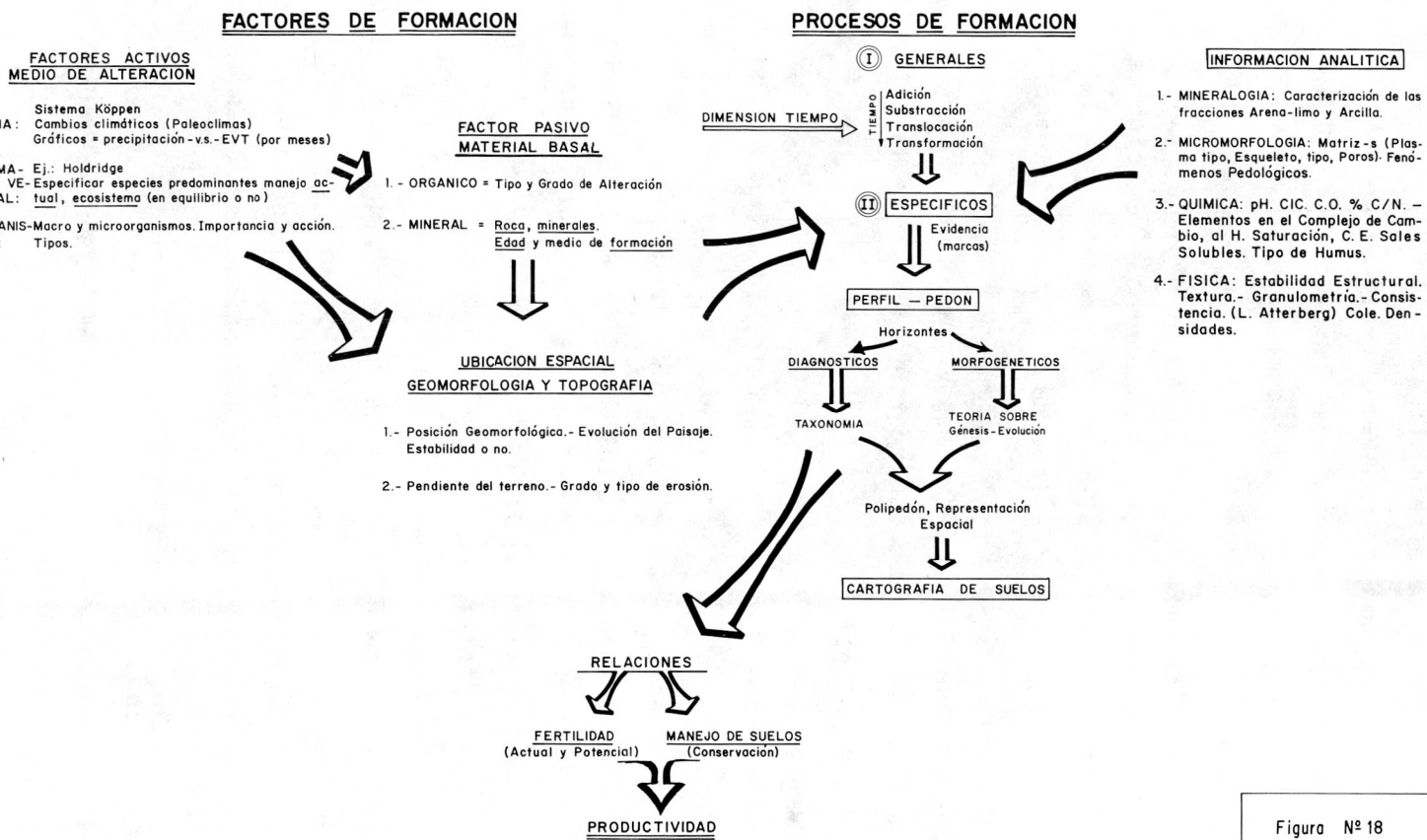


Figura Nº 18

- Procesos iniciales de transformación de minerales bajo condiciones limitantes de alteración química.
- Rejuvenecimiento de suelos debido a procesos erosivos generalizados y marcados; en casos críticos (zona del Perfil 5) predominio de la morfogénesis sobre la pedogénesis.
- Destrucción de estructuras sedimentarias, laminación y desarrollo de estructuras pedológicas (zonas de T1).
- Translocación incipiente de productos solubles en los suelos desarrollados sobre T1 a T3.
- Predominio de fábricas de plasma que evidencian baja evolución.

Los procesos de salinización y calcificación se inician prácticamente al terminar el proceso sedimentario y empezar la diferenciación estructural, especialmente para las terrazas y cono-terrazas más recientes, siguiendo inicialmente y en términos generales los mecanismos planteados por Comerma y Arias (1975), éstos conducen a constituir el horizonte cámbico en profundidad, ócrico en superficie y acumular productos solubles relacionados con dicha alteración, simultáneamente permanecen las discontinuidades litológicas como remanentes del proceso sedimentario o erosivo; además, en estos casos, las fábricas dominantes del plasma (asépticas a vo-esquel-insépticas débiles) indican, para los Cambortid el desarrollo incipiente del perfil.

Las sales dominantes (bicarbonatos y cloruros de calcio) en la mayoría de los suelos, indican un nivel general y homogéneo con excepción de los suelos influenciados por los cloruros del Conglomerado de Lagunillas y asociados con las condiciones climáticas presentes.

Los carbonatos de calcio, no detectados en el análisis como tales, unidos a las concentraciones de bicarbonatos, indican un proceso dominante de impregnación del plasma y una edad relativamente reciente (Perfil 4).

Las fuentes de carbonatos se relacionan con la alteración in situ o deposicional de minerales, feldespatos, y la presencia de calizas en algunas formaciones asociadas al área de estudio.

La morfología de los carbonatos (recubrimientos de gravas, impregnación y redistribución en el plasma, filamentos, escasos nódulos) en los suelos estudiados y su caracterización micromorfológica permite aproximar una edad reciente y que podría tentativamente ubicarse en el Holoceno inferior-Pleistoceno Superior (Gile et al, 1966); apoya esta hipótesis la no presencia de nódulos en cantidades significativas ni horizontes petrocálcicos, no obstante, en algunas zonas (Nuevo México), se han formado horizontes cámbicos en tiempo menor de 5.000 años.

La presencia, en forma simultánea, de carbonatos y arcilla orientada genera hipótesis paleoclimáticas para explicar la formación de los horizontes argílicos, ya que el carbonato de calcio al flocular las arcillas aumenta el tamaño real de las partículas y microagregados translocables, disminuyendo su dispersión.

Giley Hawley (1972) anotan como último intervalo glacial el ocurrido hace 17-23.000 años en el cual la menor temperatura disminuyó la evapotranspiración y pudo ocasionar translocaciones arcillosas después de eliminar sales floculantes. Estos mecanismos pudieron generar suelos hoy disminuidos por efecto erosivo ya que los mismos investigadores (1968) afirman que, para Nuevo México, el clima actual es más cálido y seco que los climas pluviales del Pleistoceno, estos cambios pudieron afectar, disminuyendo la cobertura vegetal y generar procesos erosivos sobre los suelos pleistocénicos.

El proceso de carbonatación es especialmente importante en el Perfil 4 y en algunos horizontes subsuperficiales de los demás suelos.

El fenómeno o proceso de rubefacción-ferruginación y lixiviación (importante en los perfiles 2, 3 y 5) en la acepción aquí presentada indica:

- Desarrollo de coloraciones rojizas, asociadas a dinámica de hierro en medio oxidante y relacionada con alteración de minerales portadores de hierro, esencialmente biotita y ferromagnesianos, encontrándose no obstante otros minerales de fácil alteración, feldespatos,

en los perfiles; además se complementa con la posible herencia de materiales de la formación La Quinta los cuales también aportan su coloración típica.

- Eliminación de carbonatos hasta producir un medio ligeramente ácido, el cual permite la translocación arcillosa, en climas de mayor humedad efectiva que en la actualidad.

- Formación de horizontes argílicos.

Este último aspecto es la clave para entender los procesos y medios formadores de suelos policíclicos en el área estudiada; muchos investigadores han analizado el proceso en mención hallando mecanismos que lo explican; las principales ideas al respecto son:

1. La arcilla se transloca cuando disminuye su estado floculante mediante la acción del agua como medio de transporte, orientándose sobre unidades estructurales, esqueleto, gravas, etc., a medida que la humedad disminuye estacionalmente.

2. En zonas áridas los horizontes argílicos, generalmente pardo rojizos, son gradualmente relictos y cualquier explicación sobre su morfología debe contemplar las condiciones y eventos tanto del Pleistoceno como del Reciente; (Gile y Grossman, 1968).

3. El horizonte argílico se presenta generalmente sobre superficies del Pleistoceno superior y más viejas. En Venezuela, Zinck (1969), comenta que este horizonte empieza a aparecer sobre el Q₂, es difícil de desarrollar sobre el Q₁ y tiende a alcanzar su máxima expresión en Q₃ y Q₄, aunque parecen paralizarse sobre este último. No obstante, la orientación de la arcilla como tal puede realizarse en menor tiempo (2.200 a 5.000 años para las condiciones de Nuevo México), Gile y Grossman (1968).

4. La estabilidad estructural es factor decisivo para permitir el desarrollo de cutanes, cuando ésta es baja se limitan las posibilidades de acumulación arcillosa sobre las paredes de los peds. Por otra parte valores altos de COLE, arcillas expandibles, actividad biológica y el acceso de las raíces de plantas parecen constituir condiciones de inestabilidad para los cutanes, al igual que la desecación intensiva bajo medios desérticos. La estabilidad estructural de los suelos analizados, si bien no es tan baja como en otras zonas semiáridas del país (Malagón, 1978) si presenta valores limitantes, este factor condiciona inestabilidad para la formación de argilanes; no obstante la baja penetración del agua de lluvia parece ser el mecanismo que explica la permanencia de los mismos en los suelos estudiados (P2,3 y 5).

Por otra parte la presencia de arcilla orientada sobre la superficie de granos del esqueleto y gravas se toma como evidencia de translocación ya que allí, en suelos con las características estructurales anotadas, está menos sujeta a disturbio o perturbación que sobre la superficie de los peds.

5. En suelos desérticos con problemas de estabilidad estructural la relación arcilla gruesa: arcilla fina constituye prueba de lixiviación arcillosa, independiente de la evidencia mostrada por los argilanes (Smith y Buol, 1968), cuestionándose este requisito para definir como tal un horizonte bajo las condiciones comentadas (Nettleton et al, 1969).
6. La relación entre la aparición del horizonte argílico, su espesor, morfología y demás características y el tiempo o edad necesaria para constituirlo permite en base a varias investigaciones (Gile y Hawley, 1968; Soil Taxonomy, 1975), llegar a las siguientes hipótesis para los suelos estudiados:

- Su formación es fundamentalmente de edad pleistocénica

- Los Haplargid pueden relacionarse con el Pleistoceno superior, mientras que los Paleargid y Natrargid son más antiguos, Pleistoceno medio o inferior, especialmente el último relacionado con la evolución del Conglomerado de Lagunillas.
- Los Perfiles 2 y 3 (Paleargid y Haplargid, respectivamente) representan edades pleistocénicas y corresponden a las ideas sobre edad típicas de estos suelos. El Perfil 5 (Natrargid) representa condiciones diferentes de formación, asociados al Conglomerado de Lagunillas y su evolución respectiva, mientras que los Perfiles 1 y 4 (Cambortid) se asocian a tiempos de evolución bajos, el primero claramente definido por la terraza T₁ y el segundo por acción coluvial, este último representa mayor edad que el primero.

CONCLUSIONES

La caracterización genética, micromorfológica y mineralógica de los perfiles modales en las terrazas y cono-terrazas en el trayecto Río Chama-San Juan de Lagunillas, en el Estado Mérida, permite llegar a las siguientes conclusiones:

GENESIS DE SUELOS

Los principales factores formadores se caracterizan así:

1. La geología y geomorfología básicamente se resumen por la formación de terrazas y cono-terrazas pleistocénicas y plio-pleistocénicas afectadas por la acción erosiva y coluvial de formaciones más antiguas, integradas fundamentalmente por rocas metamórficas, sedimentarias y pegmatitas. Los materiales formadores presentan abundancia de cuarzo, feldespatos, fragmentos líticos, muscovita y óxidos de hierro, con predominio de hematita.
2. El clima dominante en la zona es el BSw_h (Köppen, 1954), con precipitación en el rango de 457-554 mm, concentrada en aguaceros torrenciales (30%) causantes de la erosión generalizada en la zona. La temperatura ambiental promedio anual, es de 22,2°C con variaciones menores de 5°C entre el invierno y el verano, lo cual caracteriza en el medio edáfico un régimen isohipertérmico. El régimen de humedad es el arídico.
3. La Formación Vegetal corresponde a una transición entre el Monte Espinoso y el Bosque seco, premontano y subtropical (tropical) de la provincia semiárida de humedad. Predominan los componentes xerófilos y subxerófilos en la vegetación (82%), caracterizada por dos unidades interdigitadas: el arbustal espinoso y la selva estacional montana. Los géneros más abundantes son: Opuntia, Cereus y Prosopis.
4. El análisis del factor "Tiempo de evolución" de los suelos abarca la formación de las terrazas y cono-terrazas desde el Plio-pleistoceno hasta

el reciente; además, los procesos inducidos por los cambios climáticos que se han sucedido en estas épocas marcan alternancia entre la morfogénesis y la pedogénesis.

La interacción entre estos mecanismos ha originado movimientos masivos, formación de perfiles, hoy fósiles y formas de la tierra resultantes de dichas acciones.

El hombre ha influido también, a través de su intervención sobre la evolución de los suelos, especialmente por la relación que existe entre el uso de la tierra y la erosión resultante.

Los Factores discutidos han generado una serie de Procesos formadores entre los cuales se destacan las adiciones minerales asociadas a movimientos en masa y coluviales, los primeros de mayor importancia en el pasado y los segundos en la actualidad, las pérdidas por erosión (truncamiento de suelos) y en menor extensión por eliminación de algunas sales solubles; transformaciones orgánicas e inorgánicas, las cuales en el primer caso conllevan a formar tipos de humus tales como el Mull eutrófico, mull cálcico y transicionales entre ellos y, en el segundo, procesos de caolinización, sericitización, alteración variable de fragmentos líticos, illitas, biotitas y producción de algunos materiales autigénicos (vermiculitas, cloritas, óxido de hierro, calcita, etc). Las translocaciones arcillosas fundamentalmente han ocurrido en el pasado y la redistribución de carbonatos y sales más solubles, en el presente.

Los Procesos específicos pueden sintetizarse como de alteración incipiente (Perfil 1) salinización-calcificación (típicamente en el Perfil 4 y generalizado especialmente en las capas subsuperficiales de los demás) y rubefacción-ferruginación (Perfiles 2, 3 y 5), este último asociado a procesos paleoclimáticos adicionados de aportes coluviales por una parte y erosión generalizada por otra, con lixiviación arcillosa y, en el perfil 5, influido por alcalización. Las características físico-químicas de los suelos en la actualidad comprenden condiciones de neutralidad y basicidad, siendo francamente alcalícos en los horizontes subsuperficiales del Natrargid (Perfil 5), contenidos bajos de M.O., capacidades bajas a medianas de intercambio de cationes, baja

pero constante salinidad, con dominio de bicarbonatos y cloruros de calcio y magnesio. Los óxidos libres de hierro en general son bajos (promedio de 1,5%) el carbonato de calcio presenta promedio de 1,8% y no se detectó Al de cambio. Los tipos dominantes de humus son el Mull eutrófico, el Mull cálcico y variedades transicionales entre ellos.

Las características físicas estudiadas, textura y estabilidad estructural, indican, para la primera una gran heterogeneidad, desde franco arenosas hasta arcillosas y, si bien los fragmentos mayores de 2 mm no fueron cuantificados, sus valores estimados son altos especialmente a medida que se profundiza en el perfil. La fracción arcillosa muestra un incremento notable en los horizontes subsuperficiales de los perfiles 2, 3 y 5.

La estabilidad estructural, en relación al agua, presenta siempre agregados menores de 500 μ (promedio 316,1 μ para los horizontes A, 248,4 μ para los Bs y 340,6 μ para las Bt). Esta característica afecta las relaciones aire-agua, aumenta la tendencia a la erosión y puede influir en la presencia de argilanes, especialmente si aumenta la cantidad de agua infiltrada, hoy baja en el medio natural no sometido a riego. Las bajas cantidades de materia orgánica el predominio de mica-ilita y cantidades bajas, relativamente, de óxido de hierro y carbonato de calcio influyen sobre esta característica. La arcilla iluvial (horizonte Bt) aumenta la estabilidad, mientras que los horizontes Bs la presentan en menor grado.

TAXONOMIA

Los perfiles estudiados, su ubicación, posición geomorfológica, procesos evolutivos y edad tentativa se resumen a continuación:

PERFIL 1 Cono terraza (T₂) Cambortid típico, franco fino, micáceo isohipertérmico.

PERFIL 2 Cono terraza (T-3b) Paleargid típico, arcilloso fino a muy fino, mezclado, isohipertérmico.

- PERFIL 3 Cono terraza (T_{23}) Haplargid típico, arcilloso fino a muy fino, mezclado, isohipertérmico.
- PERFIL 4 Terraza (T_1) Cambortid típico, franco fino, micáceo, isohipertérmico.
- PERFIL 5 Conglomerado de Lagunillas. Natrargid típico, franco fino, micáceo, isohipertérmico.

La edad estimada para los Cambortid (P_1 y P_4) es Holoceno inferior (P_1) a Pleistoceno Superior (P_4), mientras que el Haplargid se estima en el Pleistoceno Superior y los Paleargid y Natrargid son más antiguos (Pleistoceno medio o inferior, respectivamente). Estos suelos están enmascarados por fenómenos coluviales.

MINERALOGIA

La fracción Arcillosa está integrada por illita, cuarzo y caolinita (especialmente esta última en el Perfil 3, Haplargid, y en los horizontes subsuperficiales del Perfil 2, Paleargid). En mucho menores proporciones se presentan vermiculita y minerales estratificados, no se descarta la presencia de feldespatos.

En la fracción limosa dominan la mica dioctaédrica y el cuarzo, no descartándose a los feldespatos. En menores proporciones se presentan vermiculitas-caolinita (Perfil 3, 4 y 5) minerales interestratificados, estructuras esmectíticas (Perfiles 2 y 5) y goetita (horizonte Bs del Perfil 3).

En general la cristalinidad de illita es alta y su grado evolutivo se considera bajo; en cambio el ordenamiento cristalino de caolinita es en general bajo, con algunas excepciones (Perfiles 2 y zona superficial del Perfil 5).

Se consideran minerales heredados: cuarzo, micas y feldespatos, mientras que las vermiculitas, interestratificados y esmectitas resultan de procesos de evolución. Caolinita participa de ambas hipótesis formativas al igual que hematita y goetita.

En la fracción Arenosa la mineralogía predominante, con sus principales variaciones, es:

Cuarzo $\frac{>}{<}$ fragmentos líticos > feldspatos > muscovita $\frac{>}{<}$ hematita, goetita
 (Perfiles 2 y 3) > fragmentos líticos pesados > magnetita > tremolita (Perfil 4 especialmente), biotita > turmalina, ilmenita, granate, clorita, > ci
cón > apatito (abundante en el perfil 5), hornblenda > piroxenos.

La relación cuarzo: feldspatos varía en dos rangos definidos (2,1 a 6,4 y 11 a 17,6) lo cual permite definir discontinuidades litológicas, algunas ve
ces no observables en el campo.

La mineralogía de la fracción pesada reafirma la idea de relacionar la fertilidad potencial del suelo con su manifestación actual debido a la abund
ancia de especies fácilmente alterables y portadoras de nutrientes.

Los fragmentos líticos presentes están relacionados con fuentes metamórficas y sedimentarias, más que ígneas, tienen relación directa con la cuenca donde se ubican y con el proceso erosivo.

El mineral de hierro dominante, hematita, está acorde con la naturaleza oxidante del medio de alteración actual.

MICROMORFOLOGIA

La caracterización micromorfológica de los suelos estudiados permite llegar a las siguientes conclusiones:

- a. La fábrica general está dominada por las porfiroesqueléticas y las aglomeroplásmicas, existiendo un predominio del esqueleto, excepto en el per
fil 3, sobre el plasma y poros.

El esqueleto del suelo está distribuido al azar e integrado por fragmen

tos de rocas metamórficas y sedimentarias, cuarzo (policristalino, frac turado) micas (especialmente muscovitas), feldespatos en grado variable de alteración (sericitizado, caolinizado y fresco). La redondez varía con el tamaño (subredondeado a subangular en el rango 1-4 mm y subangulares, en tamaños menores).

El plasma, fundamentalmente arcillo-limoso con mayor o menor impregnación de carbonatos y óxidos de hierro se presenta en cantidades variables, está dominado por illita, cuarzo, caolinita (perfiles 2 y 3), fel despatos (?) y, en menor proporción, por vermiculita, estructuras es tratificadas (Perfil 5 en profundidad) y minerales esmectíticos, (tra-zas en el perfil 2). La fábrica del plasma varía con los horizontes, predominan las asépticas en los horizontes A y B, aumentando en éstos (B) las separaciones plasmáticas y el desarrollo de argilanes (Bt), en los horizontes C dominan fábricas vo-esquelsépticas con presencia de ar gilanes, transicionales a asépticas en algunas zonas y a ma-insépticas en otras.

Los poros son muy heterogéneos en su tipología dominando los in terconectados, canales y en algunos horizontes los planos. Los poros se disponen interpedalmente en su mayoría, al azar y con porcentajes, para los macroporos, entre 20-40%.

- b. Los fenómenos pedológicos más notables son: presencia de argilanes (horizontes B y en algunos casos C), acumulaciones parciales de carbonatos en algunos perfiles (4) y horizontes (Cca), y escasa presencia de nódulos de hierro.
- c. Las interpretaciones fundamentadas en la micromorfología de los suelos conlleva a los siguientes planteamientos:
 - Los componentes de la matriz-s revelan la influencia aluvio-coluvial de los materiales formadores de los suelos en el área de estudio, a la vez que el análisis mineralógico y morfológico del esqueleto se asocia a la fuente de los sedimentos (formaciones La Quinta, Sierra

Nevada, Conglomerado de Lagunillas, etc).

- La fábrica del plasma indica herencia de materiales sedimentarios e incipiente orientación, influencia de movimientos en masa, deshidratación y efectos colaterales, ciclos de humedecimiento y secado.
- El análisis de los poros indica mecanismos de expansión-contracción, secamientos diferenciales y actividad biológica.
- La interpretación de los fenómenos pedológicos indica fenómenos paleoclimáticos de translocación, eluviación-iluviación de arcillas y carbonatos, redistribuyéndose estos últimos en forma variada en el perfil (casos opuestos de los perfiles 4, Cambortid y 5, Natrargid).

La integración final de ideas con respecto al estudio de los diferentes suelos en el área comentada indica:

- Efectos paleoclimáticos dentro de la dinámica evolutiva de los suelos (translocación de arcillas).
- Perfiles de evolución incipiente (Cambortids) y de gran evolución (Paleargid, Natrargids). Salinidad baja pero generalizada al igual que los procesos de carbonatación.
- Enmascaramiento de la secuencia evolutiva, asociada a la mayor edad de las terrazas, debido al efecto coluvial.
- Mineralogía variada y heterogénea asociada a las fuentes y tipos de rocas que integran los sedimentos. Alta fertilidad potencial.
- Micromorfología con fábricas del plasma: asépticas-sépticas, relacionadas con la formación-evolución de suelos y los procesos morfogénicos (erosión y movimientos en masa).

BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, A.R. 1974. Los estudios de suelos en la planificación general del uso de la tierra. CIDIAT, material de enseñanza, 115 p.
- ANDREAUX, F. 1973. Formación, propiedades y clasificación de los tipos de humus, IGAC. Bogotá, 45 p.
- ARAUJO, J. COVA, J; FERNANDEZ, O. GRATEROL; F. HERNANDEZ N.; LARA D. MARIN, F. MENDOZA, H; PEREZ F. QUERO; A.L. RIERA. 1977. Estudio Agrológico se midetallado. Sector Lagunillas-La Mesa. Estado Mérida. Curso de entre namiento en Agrológica. CIDIAT. Mérida, Venezuela. 76 p.
- BLACK, C.D. 1965. Methods of soil analysis. Agron. Nomog. 9 Amer. Soc. Agron. Mad. Wisconsin.
- BRAY, R.H.; L.T. KURTZ. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59:39-45.
- BREWER, R. 1964. Fabric and Mineral Analysis of Soils. John Wiley and Sons Inc. 470 p.
- BUOL, S.W. 1965. Present Soil-forming factors and processes in arid and semi-arid regions. Soil Sci. 99:45-49.
- BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; R.J. Mc. Cracken. 1973. Soil Genesis and Classification. The Iowa State Univ. Press. Ames. 360 p.
- CADY, G.J. 1965. Petrographic Microscope techniques, in Methods of Soil Analysis. Part 1. Amer. Soc. Agron. p. 604-631.
- CARDENAS, L.A. 1963. Vegetación en Estudio Integral de la Cuenca del Chama. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. p: 210-226
- CASTILLO, J.B. 1963. Edafología en Estudio Integral de la Cuenca del Chama. II parte. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela.
- CHEPIL, W.S. 1955. Factors that influence clod structure and erodability of soil by wind. IV. Sand, silt and clay. Soil Sci. vol 80:155-162. V.O.M. at various stages of decomposition. Soil Sci. Vol. 80: 413-421.
- COLEMAN, N.T.; S.B. WEED and R.J. McCracken. 1959. Cation Exchange Capacity and exchangeable cations in Piedmont Soils of North Carolina. Soil Sci. Amer. Proc: 23: 146-144.
- COMERMA, J; L.F. ARIAS, 1975. Algunos aspectos del Recurso Tierra en zonas Aridas y semiáridas de Venezuela. Extracto de las actas del Seminario sobre Evaluación de las Tierras de las zonas Aridas y Semiáridas de Amé rica Latina. MAC-COPLANARH. 1975. Artigrafiche E. Cossidente, Roma.

- COMERMA, J.; SANCHEZ C.J. y E. SOTO. 1978. La temperatura del suelo como criterio taxonómico de suelos en Venezuela. Resúmenes de trabajos, V Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Barquisimeto p. 77-78.
- DREGNE, H.E. 1976. Soils of Arid Regions. Devel. in Soil Sci. 6. Elsevier Scient. Publ. Co. 237 p.
- DUCHAUFOR, Ph. 1965. Précis de Pédologie. Masson et Cie, Paris. 479 p.
- EICHER, A. 1963. Conservación en Estudio Integral de la Cuenca del Chama, Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela p. 503-549.
- EWEL, J.J; A. MADRIZ, 1968. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico MAC. 264 p.
- FAO, Guías para la descripción de perfiles de suelos.
- FOLK, L.R. 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publ. Co. Austin, Texas.
- GILE, H.L. 1966. Cambic and certain noncambic horizons in Desert Soils of Southern New México, Soils Sci. Amer Proc. Vol. 30:773-781.
- GILE, L.H.; R.B. GROSSMAN. 1968. Morphology of the Argillic Horizon in Desert Regions of Southwestern United States. Soil Sci. Amer. Proc. Vol. 106 (1):6-15.
- _____, J.W. HAWLEY. 1972. The prediction of soil occurrence in certain Desert Regions of the Southwestern United States. Soil Sci. Amer. Proc. Vol. 36:114-124.
- _____, 1968. Age and comparative development of Desert Soils at the Gardner Spring Rodiocarbon site, New Mexico, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Vol. 32: 709-716.
- GOUDIE, A. 1977. Environmental Change, Claredon Press, Oxford, 244 p.
- HARDER, H. 1975. Illite mineral synthesis at surface temperatures, in Proc. of Int. Clay Conference, Mexico p. 305-306.
- HOLDRIDGE, R.L. 1978. Ecología. Inst. Int. de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 216 p.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC), 1973. Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos, 3era. Ed. Bogotá. 176 p.
- JACKSON, M.L. 1964. Chemical composition of Soils. In. F.E. Bear (Ed). Chemistry of the soil. Reinhold N. York. p: 71-141.
- JONGERIUS, A.G. HEINTZBERGER. 1963. The preparation of mammoth-sized thin sections. Soil Survey Papers N° 1. Netherlands. Soil Survey Inst. Wageningen.

- KERR, P.K. 1959. Optical Mineralogy 3ra. Ed. McGraw Hill. 442 p.
- KIJEWSKI, J.M.; A. MADERO. 1966. Estudio agrológico detallado-complementario especial, Lagunillas y San Juan (Edo. Mérida). MOP. Oficina de Est. Agrol. Sur del Lago. 102 p.
- KITTRICK, A.J.; E.W. HOPE. 1963. A Procedure for the particle-size separation of soils for x-ray diffraction analysis. Soil Sci. 96 (3).
- KOPPEN, W.; R. GEIGER. 1954. Klima der Erde. Justus Perthes Darnstadt. Germany.
- MACKENZIE, R.C.; S. CAILLERE. 1975. The thermal characteristics of soil Minerals and the use of these characteristics in the Qualitative and Quantitative Determination of Clay minerals in Soils. in Soil Components Vol. 2 Inorganic Components, Ed. J.E. Gieseking. p. 529-571.
- MALAGON, C.D. 1978. Mineralogía, génesis y aspectos físicos derivados en los principales suelos de la Depresión de Quibor, Edo. Lara-Venezuela. CIDIAT N° SC. 27-150 p.
- _____, 1975. Mineralogía de Suelos. Inst. Geográfico A. Codazzi, Vol. 11 N° 1, 828 p. Bogotá.
- _____, 1976. Propiedades Físicas de los suelos. Instituto Geográfico A. Codazzi. Vol. 12. N° 7, 622p. Bogotá.
- MALETIC, T.J. 1962. Principles involved in selecting lands for irrigation USBR-USDI, Denver, Colorado.
- MEHRA, P.O.; M.L. JACKSON. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Proc. 7 th. Natl. Conf. Clays and clay minerals, p: 317-327.
- MUÑOZ De B.; G. de BENAVIDEZ. 1978. El uso de determinaciones químicas en la Taxonomía de Suelos del U.S.D.A. en Suelos Tropicales. Vol. IX N° 1 p: 53-64.
- NETTLETON, W.D.; FLACH, K.W.; B.R. BRASHER. 1969. Argillic Horizont without clay skins. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 121-125.
- NORERO, Sch. A.J. KELLER; G.L. ASHCROFT. 1972. Effect of irrigation frequency on the average Evapotranspiration for various Crop-Climate-Soil Systems. Trans of the ASAE. 1972. p. 662-666.
- NORERO, Sch, A. 1969. A formula to express evapotranspiration as a function of soil moisture and evaporative demands of the atmosphere Ph.D. dissertation. Dept. Soils and Meteorology, Utah State Univ. Logan Utah.
- OCHOA, G. 1978. Génesis, clasificación y aptitud para el uso agrícola de algunos suelos de la formación La Quinta, en la cuenca del Río Torbes (Táchira) y La Trampa (Mérida). Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela 73 p.

- PETTIJOHN, F.J. 1949. Sedimentary Rocks. Harper and brothers Publ. N. York 526 p.
- _____, P.E. POTTER; R. SIEVER. 1972. Sand and Sandstone. Springer, Verlag, USA. 618 p.
- PERRIN, P. 1963. Climatología en Estudio Integral de la Cuenca del Chama I. Parte, Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela p. 140-209.
- PIERCE, L.T. 1958. Estimating seasonal and short-term fluctuations. in Evapotranspiration from meadow crops. Bull Amer. Meteorol. Soc. 39:73-78.
- RADWANSKI, S.A. 1968. Field observation of some physical properties in alluvial soils of Arid and semi-arid regions. Soil Sci. Vol. 106 (4): 314-316.
- RADOSLOVICH, E.W. 1975. Feldspar minerals. Chapter 12 in Soil Components Vol. 2. Inorganic Components Ed. J.E. Gieseking. USA. 433-448.
- SARMIENTO, G. MONATERIO; M. AZOCAR; H. CASTELLANO E. y J. SILVA. 1971. Vegetación natural. Estudio Integral de la Cuenca de los ríos Chama y Capazón. Fac. C. Forestales. Inst. de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales. Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela, 84 p.
- SMILLIE, G.W.; J.K. SYERS. 1972. Calcium fluoride formation during extraction of calcareous soils with flouride. II Implications to the Bray P-1 test. Soil Sci.
- SMITH, B.R.; S.W. BUOL. 1968. Genesis and relative weathering intensity studies in three semiarid soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 261-265.
- SMYKATZ-KLOSS, W. 1975. The DTA determination of the degrees of (DIS) order of kaolinites: Method and application to some kaolin deposits of Germany in Proc. Int. Clay Conf. México. p: 424-438.
- SOIL CONSERVATION SERVICE 1967. Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for collecting soil samples. Soil Survey Inv. Rep. N° 1 USDA. Washington D.C.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil Taxonomy. Agric. Handbook 436. Soil Cons. Serv. USDA. 754 p.
- STEEGMAYER, P. 1977. Resúmenes del Soil Taxonomy. Documento preparado y traducido por P. Steegmayer, MARNR. 111 p.
- THOREZ, J. 1976. Practical identification of Clay minerals. Ed. G. Letote Belgique, 90 p.
- THORNTHWAITE, C.W.; J.R. MATHER 1955. The water budget and its use in irrigation. In Water. U.S. Dept. Agric. Yearbook. p: 346-357.

- TOSI, A.J. 1978. Algunos aspectos de la vegetación natural y de la utilización real de la tierra en algunas zonas de vida de las Regiones Tropical y Subtropical Americanas: estudio fotográfico comparativo en ecología, basado en zonas de vida, Holdridge, L. 1978. IICA. San José de Costa Rica.
- TRICART, J. 1974. Existence de Períodes Seches au Quaternaire en Amazonie et dans les Régions Voisines. *Revue de Géomorphologie Dynamique* 23:145-158.
- VEIHMEYER, F.J. and A.H. HENDRICKSON. 1955. Does transpiration decrease as the soil moisture decrease? *Amer. Geophys. Union, Trans.* 36: 425-448.
- USDA. 1954. Saline and Alkaly Soils. *Agriculture Handbook* N° 60.
- YODER, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis and a study of the physical nature of erosion losses. *Journ. Amer. Soc. Agron.* 28:337-351.
- ZINCK, A. 1969. Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelo en zonas aluviales. MOP, División de Edafología, 79 p.

A N E X O S

ANALISIS PETROGRAFICO.

COMPANIA : CIDIAT

FECHA: 25-VIII-78

MUESTRA N° : DM-1a

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica color rojo violáceo, grano fino, alta en contenido de mica y hierro. Buena compactación.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA : clástica	TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO : 0.110 mm.
MATRIZ: arcillosa-ferruginosa	CEMENTO : ferruginoso
REDONDEZ : subangular	ESFERICIDAD : regular a baja
SELECCION : buena	POROSIDAD : baja

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Hematita.....	33%	Mica.....	17%
Cuarzo.....	24%	Matriz arcillosa	4%
Feldespatos.....	22%		

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

Dentro del porcentaje de hematita dada, figura el cemento y la matriz ferruginosa. El cuarzo se observa con colores anómalos de interferencia a causa del espesor mayor en un sector de la sección delgada, en general se presenta bastante anguloso y carcomido en los bordes por el óxido de hierro. La plagioclasa se presenta bastante sericitizada a excepción de unos pocos individuos frescos. La mica es predominantemente muscovita manchada con óxido de Fe pero sin pleocroismo.

CLASIFICACION:

Arenisca de grano fino ferruginosa-feldespática-micácea.

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPAÑIA: CIDIAT

FECHA: Agosto 26/78

MUESTRA N°: DM-1b

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica, color violáceo y naranja, grano grueso, baja compactación constituida por cuarzo, feldespatos, mica y óxidos de hierro.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA: Clástica

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 0.85 mm.

MATRIZ: Ferro-arcillosa

CEMENTO: ferruginoso

REDONDEZ: Subredondeada

ESFERICIDAD: regular

SELECCION: Regular a mala

POROSIDAD: alta

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo 42%

Mica..... 10%

Feldespatos..... 25%

Matriz... 8%

Frag. líticos... 11%

Oxido de Fe 4%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

Es apreciable el contenido en feldespatos de ambos tipos, predominando el potásico tipo perthita y microclina. El cuarzo se presenta en formas policristalinas producto de venas, o ígneo, así como también son frecuentes los fragmentos de cuarcitas. Areniscas arcillosas ferruginosas constituyen el más alto porcentaje de fragmentos líticos. La mica presente es tipo muscovita pero muy manchada de óxido de hierro. La matriz arcillosa presente está en baja proporción.

CLASIFICACION:

Arcosa de grano grueso ferruginosa (Pettijohn).

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPAÑIA: CIDIAT

FECHA : 27-VIII-78

MUESTRA N° : DM-1c

PETROGRAFO : Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca Sedimentaria de textura clástica, de grano grueso, color violáceo y blanco, buena consistencia, estructura gradacional.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA: Clástica

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 1.45 mm.

MATRIZ: arcillosa-micácea

CEMENTO: Silíceo

REDONDEZ: Subangular

ESFERICIDAD: Baja

SELECCION: Regular

POROSIDAD: Media

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo..... 46%

Matriz..... 10%

Feldespatos..... 28%

Mica..... 2%

Frag. líticos.. 14%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

El cuarzo es anhedral y algunos individuos pueden haber sufrido otros ciclos de transporte debido a su mayor redondez. El feldespatos que predomina es microclina y ortoclasa en baja proporción (6%), hay plagioclasa incluida en el total de feldespatos. Los fragmentos líticos son predominantemente de rocas graníticas micáceas y cuarcitas; en menor proporción se presentan areniscas arcillosas y esquistos micáceos. Su composición se ciñe a las típicas arcosas de Pettijohn.

CLASIFICACION:

Arcosa de grano muy grueso (Pettijohn)

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPAÑIA: CIDIAT

FECHA: 27-VIII-78

MUESTRA N°: DM-2a

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica, con un grano medio, color gris claro con motas anaranjadas, buena compactación, regular selección, constituida por cuarzo, feldespato, limonita, fragmentos líticos y mica.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA: Clástica

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 0.6 mm.

MATRIZ: Ferro-arcillosa

CEMENTO: arcilloso

REDONDEZ: Subangular

ESFERICIDAD: baja

SELECCION: regular a mala

POROSIDAD: media a alta

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo..... 46%

Mica..... 7%

Feldespato.. 25%

Oxido de Fe 6%

Frag. roca... 12%

Matriz..... 4%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

El cuarzo presente es en general anguloso de baja esfericidad. Sólo algunos presentan herencia de otros eventos sedimentarios reflejados en alta redondez y esfericidad. Los feldespatos en su mayoría presentan incipiente alteración a sericita o caolín; los dos tipos se encuentran en proporciones semejantes. Los fragmentos de roca son predominantemente areniscas arcillosas, arcillolitas, cuarcitas y algunos esquistos micáceos. Las micas son de tipo muscovita en proporción un poco mayor que biotita. El óxido de hierro es de color naranja de limonita o goetita.

CLASIFICACION:

Arcosa de grano grueso ferruginosa (Pettijohn).

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPAÑIA : CIDIAT

FECHA: Agosto 28/78

MUESTRA: DM-2b

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica color gris violáceo, grano fino, alta diagénesis y compactación constituida esencialmente por cuarzo y óxido de hierro. La superficie externa está cubierta por una pátina marrón de óxido de hierro.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA: Clástica	TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 0.188 mm.
MATRIZ: Ferruginosa	CEMENTO: ferruginoso y silíceo
REDONDEZ: subangular a subredondeada.	ESFERICIDAD: Buena
SELECCION: Muy buena	POROSIDAD: Baja

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo..... 57%	Feldespatos 8%
Oxido de Fe.... 34%	Mica..... 1%
(Matriz y cemento)	Turmalina..... Trazas

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

El cuarzo presenta una esfericidad y selección buena y la redondez sería también alta pero está afectada por la corrosión que le ha causado el óxido de Fe, que actúa como cementante y en menor proporción como matriz. En base a esos 3 factores se deduce una madurez textural de la roca bastante alta. El feldespatos se presenta muy alterado lo cual permite una distinción fácil con el cuarzo.

CLASIFICACION:

Arenisca cuarzosa ferruginosa de grano fino (Pettijohn)

INFORME PETROGRAFICO

LOCALIZACION: CIDIAT 2c-DM

FECHA: Agosto 28/78

DESCRIPCION MACROSCOPICA : Roca de textura cataclástica que ha producido orientación dando estructura direccional clara. El color es verde claro y la composición a base de cuarzo y micas.

TEXTURAS, ESTRUCTURAS: Cataclástica con flujo

CONSTITUYENTES:

Cuarzo.....	34%
Micas.....	51%
Feldespatos.....	9%
Frag. líticos.....	3%
Opacos.....	3%

DESCRIPCION PETROGRAFICA:

La muestra originalmente era una arenisca arcillosa que sufrió cataclasis, recristalización y neomineralización ya que las micas son producto de neomineralización y los fragmentos de roca así como el cuarzo presentan nítida recristalización. La orientación es típica de rocas que presentan estructura de flujo por acción dinámica. Los opacos presentes son hematita y limonita.

ORIGEN DE LA ROCA: Metamorfismo dinámico

CLASIFICACION: Blastomilonita a partir de arenisca arcillosa (Higgins)

PETROGRAFO: R. Llinás R.

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPAÑIA: CIDIAT

FECHA: Agosto 28/78

MUESTRA N° : DM-3a

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria clástica de grano muy fino, alta compactación. Presenta una ligera orientación por sedimentación así como cristales fibrosos. Su composición es esencialmente a base de cuarzo.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA : Clástica

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 0.06 mm.

MATRIZ: micácea-arcillosa

CEMENTO: Silíceo

REDONDEZ: Sub-angular

ESFERICIDAD: Buena

SELECCION: Buena

POROSIDAD: Baja

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo.....	66%	Matriz.....	5%
Feldespatos.....	10%	Opacos.....	2%
Mica.....	16%	Circón.....	1%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

Por el tamaño de los constituyentes el redondeamiento es muy escaso. El cuarzo se presenta algo corroído en los bordes. El feldespatos está bastante alterado. La mica es incolora en su mayoría, algunas con ligero contenido en hierro. Los opacos son hematita. Se presentan fragmentos de chert pero fueron incluidos en el contenido de cuarzo.

CLASIFICACION:

Arenisca micácea de grano muy fino (Pettijohn)

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPAÑIA: CIDIAT

FECHA: AGOSTO 29/78

MUESTRA N°: 3-b DM

PETROGRAFO: Rubén Llinas R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica, color grisácea amarillenta, con costras de óxido de hierro, grano fino, alta diagénesis y selección; contenido elevado de cuarzo.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA: Clástica

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 0.20 mm

MATRIZ: -

CEMENTO: silíceo-ferruginoso

REDONDEZ: subredondeado

ESFERICIDAD: buena

SELECCION: alta

POROSIDAD: media

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo..... 92%

Frag. líticos.. 5%

Opacos..... 2%

Circón, feldes. 1%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

El cuarzo está perfectamente seleccionado y se aprecia los crecimientos de sílice (cimento). Los opacos son óxido de hierro. El circón se presenta bastante transportado. Los fragmentos líticos son de areniscas muy rica en cuarzo. Hay un porcentaje de chert ($\pm 10\%$) que fué incluido dentro del cuarzo (Pettijohn). La madurez textural es altísima.

CLASIFICACION:

Ortocuarcita de grano fino (Pettijohn).

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPAÑIA: CIDIAT

FECHA: Agosto 29/78

MUESTRA N°: DM-4a

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica de mala selección, grano grueso, color gris verdoso. Está constituida por cuarzo, mica, fragmentos de roca y calcita.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA: Clástica

MATRIZ: Micácea

REDONDEZ: Subangular

SELECCION: Pésima

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 1.60 mm

CEMENTO: Calcáreo-silíceo

ESFERICIDAD: Baja

POROSIDAD: Baja a media

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo..... 45%

Feldespato..... 37%

Matriz..... 9%

Frag. líticos..... 6%

Calcita..... 3%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

La muestra se presenta bastante disgregada por su composición. El cuarzo presente es de tipo policristalino y fragmentos de chert. El feldespato es de ambos tipos, ligeramente alterados y maclados. En la matriz micácea, predomina la muscovita. Los fragmentos líticos son de areniscas, quartitas y granitos. No hay presencia de fragmentos de esquistos en la placa pero en la muestra de mano si parece estar presentes. La calcita se presenta también rellenando fracturas.

CLASIFICACION:

Arenisca Arcosa conglomerática (Pettijohn).

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPAÑIA: CIDIAT

FECHA: Agosto 29/78

MUESTRA N°: DM-4a

PETROGRAFICO: Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica de mala selección, grano grueso, color gris verdoso. Está constituida por cuarzo, mica, fragmentos de roca y calcita.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA

TEXTURA: Clástica

MATRIZ: Micácea

REDONDEZ: Subangular

SELECCION: Pésima

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 1.60 mm

CEMENTO: Calcáreo-silíceo

ESFERICIDAD: Baja

POROSIDAD: Baja a media

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo..... 45%

Feldespatos..... 37%

Matriz..... 9%

Frag. líticos..... 6%

Calcita..... 3%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

La muestra se presenta bastante disgregada por su composición. El cuarzo presente es de tipo policristalino y fragmentos de chert. El feldespatos es de ambos tipos, ligeramente alterados y maclados. En la matriz micácea, predomina la muscovita. Los fragmentos líticos son de areniscas, quartitas y granitos. No hay presencia de fragmentos de esquistos en la placa pero en la muestra de mano sí parece estar presentes. La calcita se presenta también rellenando fracturas.

CLASIFICACION:

Arenisca Arcosa conglomerática (Pettijohn).

ANALISIS PETROGRAFICO:

COMPANIA: CIDIAT

FECHA: Agosto 31/78

MUESTRA N°: DM 4b

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica de color rojo violáceo intenso, en general de grano muy fino pero con fragmentos que alcanzan a superar los 2 mm bastante angulosos y compuestos de cuarzo, feldespato y fragmentos líticos en una pasta de óxido de hierro.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA: Clástica

MATRIZ: Ferruginosa

REDONDEZ: Angular

SELECCION: Pésima

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: de 0.39 a >
2 mm

CEMENTO: Ferruginosa

ESFERICIDAD: Mala

POROSIDAD: Baja

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Oxido de hierro..... 44%

Cuarzo..... 18%

Mica..... 17%

Frag.líticos..... 14%

Feldespatos..... 7%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

Se presenta una matriz altamente ferruginosa mezclada con poca cantidad de sílice y mica fina englobando fragmentos que superan los 2 mm de contornos irregulares y algunos feldespatos tamaño arena también irregulares. La composición de esos fragmentos es cuarzo o feldespato y algunos constituidos por fragmentos de roca metamórfica tipo esquisto (con andalucita) o cuarcitas; también hay fragmentos de arenisca y de cuarzo policristalino (de veta). Las micas son predominantemente del tipo muscovítico.

CLASIFICACION:

Microbrecha ferruginosa.

INFORME PETROGRAFICO

LOCALIZACION : CIDIAT DM-4c

FECHA: Agosto 31/78

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca ignea de textura granular media de color gris claro y blanco constituida por cuarzo, feldespato y mica blanca.

TEXTURA, ESTRUCTURAS: Holocristalina, hipidiomórfica granular

CONSTITUYENTES:

Cuarzo.....	42%
Ortoclasa.....	32%
Plagioclasa.....	13%
Muscovita	12%
Biotita.....	1%

DESCRIPCION PETROGRAFICA:

El feldespato se presenta bastante alterado dando sericita y muscovita de origen secundario. La plagioclasa es bastante alta en molécula albita. La ortoclasa presente intercrecimientos peritéticos. El cuarzo es anhedral y con bordes saturados. La biotita es muy escasa y está cloritizada. Hay trazas de apatito.

ORIGEN DE LA ROCA: Ignea

CLASIFICACION : Leucogranito micáceo

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPAÑIA: CIDIAT

FECHA: Sept. 1/78

MUESTRA N° : DM-5a

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica color grisáceo, grano grueso ligeramente conglomerática constituida por cuarzo, feldespato y fragmentos de roca.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA : Clástica

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 0.58 mm

MATRIZ: Micácea

CEMENTO: Arcilloso

REDONDEZ: Subangular

ESFERICIDAD: Baja

SELECCION: Regular a mala

POROSIDAD: Media

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo..... 35%

Micas..... 8%

Feldespato... 32%

Opacos, circón.... 1%

Frag. líticos.... 24%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

El cuarzo presente es posiblemente de distintos orígenes ya que algunos presentan buena redondez, probablemente heredada y la mayoría muestran alta angularidad. El feldespato presente es de ambos tipos ortoclasa y plagioclasa. Los fragmentos líticos predominantes son de metamórficas, tipos esquisto y cuarcitas, en menor proporción areniscas arcillosa. Las micas en forma fina en la matriz mezclada con arcilla y en hojas de muscovita. Los opacos son leucoceno y limonita. Algunos fragmentos alcanzan tamaño de conglomerado.

CLASIFICACION:

Arcosa de grano grueso

INFORME PETROGRAFICO

LOCALIZACION: CIDIAT DM-5b

FECHA: 1/78

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca ígnea color blanco grano medio, pobre en máficos, constituida por cuarzo feldespato y mica, esta medio de alteración.

TEXTURAS, ESTRUCTURAS: Holocristalina hipidiomórfica granular.

CONSTITUYENTES:

Cuarzo.....	35%
Ortoclasa.....	27%
Plagioclasa.....	23%
Muscovita.....	14%
Biotita.....	1%

DESCRIPCION PETROGRAFICA:

En la placa se aprecian contactos de cuarzo bastante saturados y maclas de plagioclasa dobladas, indicios de efecto dinámico posterior a la formación de la roca. La muscovita es originada en parte en forma secundaria a partir del feldespato potásico el cual es de tipo peritítico. La plagioclasa es bastante alta en molécula albita. La biotita está alterada a clorita.

ORIGEN DE LA ROCA: Ignea

CLASIFICACION: Leucogranito micáceo (con cataclasis posterior)

PETROGRAFO: Rubén Llinás R.

ANALISIS PETROGRAFICO

COMPANIA: CIDIAT

FECHA: Sept. 2/78

MUESTRA N°: DM-5c

PETROGRAFO: R. Llinás R.

I. DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Roca sedimentaria de textura clástica, buena compactación color rojo vio láceo, grano muy grueso, ligeramente conglomerática, constituida por cuarzo, feldespato y fragmentos líticos; se aprecian algunas micas.

II. DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA: Clástica

MATRIZ: Micácea-arcillosa

REDONDEZ: Subangular

SELECCION: Regular

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 1.25 mm

CEMENTO: Arcilloso

ESFERICIDAD: Regular

POROSIDAD: Alta

PORCENTAJE DE LOS CONSTITUYENTES:

Cuarzo..... 47%

Feldespato.... 30%

Mica..... 7%

Frag. líticos..... 10%

Matríz..... 6%

CARACTERISTICAS OPTICAS ESPECIALES DE LOS CONSTITUYENTES:

El cuarzo es bastante anhedral con ligeras fracturas y algunos son policristalinos. El feldespato ortoclasa es de tipo peritítico ligeramente caolinizado; la plagioclasa presenta sericitización; el porcentaje presente de los dos tipos de feldespato es semejante. La mica en hojas mayores es de tipo muscovita predominantemente y, en baja proporción, biotita. Los fragmentos líticos son de metamórficas y sedimentarias de tipo arenisca arcillosa.

CLASIFICACION:

Arcosa de grano muy grueso.

Este trabajo se terminó de
imprimir en el Taller de
Reproducción del CIDIAT, el
día 8-2-79; se reproduje-
ron 200 ejemplares.