

ESTUDIO DE LOS SUELOS DEL AREA DEL CENTRO TROPICAL DE
ENSEÑANZA E INVESTIGACION, IICA-TURRIALBA, COSTA RICA

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Víctor Aguirre Aste



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Marzo, 1971

ESTUDIO DE LOS SUELOS DEL AREA DEL CENTRO TROPICAL DE
ENSEÑANZA E INVESTIGACION, IICA - TURRIALBA, COSTA RICA

Tesis


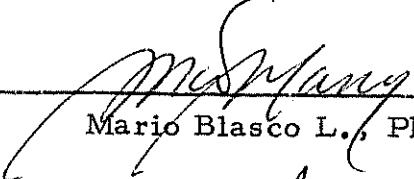
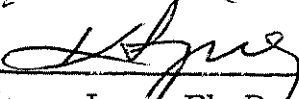
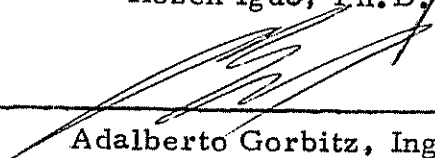
Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:

 _____	Consejero
Rufo Bazán, Ph.D.	
 _____	Comité
Mario Blasco L., Ph.D.	
 _____	Comité
Kozen Igue, Ph.D.	
 _____	Comité
Adalberto Gorbitz, Ing. Agr.	

Marzo, 1971

A la memoria de Zoilita

A mi madre

A mi esposa

A mis hijas

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento al Dr. Rufo Bazán, Consejero Principal, por acertada orientación, valiosa guía y apoyo en el planteamiento del presente trabajo.

A los Drs. Mario Blasco, Kozen Igue, así como al Ing. Agr. Adalberto Gorbitz, miembros de su Comité Consejero, por el asesoramiento y revisión del presente estudio.

Al Ing. Agr. Fausto Maldonado y los Drs. Hans Fassbender y Warren M. Forsythe por sus valiosas ayudas y sugerencias en el inicio y desarrollo de este trabajo.

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, al Programa Multinacional de la OEA y al Ministerio de Agricultura del Perú por haberle otorgado las becas y licencia en comisión de estudio, que le permitieron realizar sus estudios de postgrado.

A todos sus profesores, colegas, amigos y personal auxiliar de los laboratorios de suelos y de fisiología que en una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

A mi esposa, por su incesante estímulo y apoyo moral a través de mis estudios y de mi trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en La Oroya-Junín (Perú) el 25 de junio de 1936.

Realizó sus estudios secundarios en la Gran Unidad Escolar "Ricardo Palma" en Lima.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina), graduándose de Ingeniero Agrónomo en junio de 1966.

Prestó sus servicios profesionales, como especialista en suelos, al Proyecto del "Río Huaura" del Ministerio de Agricultura del Perú, entre los años de 1966 a 1968.

En 1969 fue destacado, como especialista en suelos, a la Zona Agraria IX del Ministerio de Agricultura del Perú.

En enero de 1970 ingresó a la Escuela para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en Turrialba, Costa Rica, habiendo obtenido el grado de Magister Scientiae en marzo de 1971.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1. Descripción general del área.....	2
2.1.1. Localización y extensión.....	2
2.1.2. Antecedentes históricos	2
2.1.3. Formación de los suelos.....	3
2.1.3.1. Roca madre.....	3
2.1.3.2. Relieve.....	5
2.1.3.3. Clima	6
2.1.3.4. Organismos.....	7
2.2. Los suelos del área.....	14
2.3. Criterios de la clasificación taxonómica.	21
2.3.1. Clasificación de suelos.....	21
2.3.2. La 7a. Aproximación.....	22
2.3.3. Clasificación cartográfica de los suelos.....	22
2.4. Criterios para la clasificación por capacidad de uso	23
3. MATERIALES Y METODOS.....	25
3.1. Trabajo de gabinete.....	25
3.1.1. Fotografías aéreas.....	25
3.1.2. Mapas y planos.....	25
3.2. Trabajo de campo.....	26
3.2.1. Localización de los perfiles.....	26
3.2.2. Descripción de los perfiles y toma de muestras	26
3.2.3. Cartografía de suelos.....	27
3.3. Trabajo de laboratorio.....	27
3.3.1. Preparación de las muestras.....	27
3.3.2. Análisis físicos.....	27

	Página
3.3.2.1. Humedad de las muestras secadas al aire.....	27
3.3.2.2. Densidad aparente.....	28
3.3.2.3. Densidad de sólidos.....	28
3.3.2.4. Porosidad total.....	28
3.3.2.5. Distribución de tamaño de partículas	29
3.3.2.6. Retención de humedad.....	29
3.3.3. Análisis químicos.....	29
3.3.3.1. Reacción del suelo (pH).....	29
3.3.3.2. Materia orgánica.....	30
3.3.3.3. Nitrógeno total.....	30
3.3.3.4. Capacidad de intercambio de cationes	30
3.3.3.5. Bases cambiables.....	30
3.3.3.6. Fósforo disponible.....	30
3.3.3.7. Oxidos libres de hierro y aluminio..	31
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	32
4.1. Generalidades.....	32
4.2. Suelos de tierras bajas.....	32
4.2.1. Serie Reventazón (R).....	32
4.2.1.1. Descripción del perfil modal.....	34
4.2.1.2. Propiedades físicas y químicas.....	36
4.2.1.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	40
4.2.2. Serie Juray (J).....	42
4.2.2.1. Descripción del perfil modal.....	43
4.2.2.2. Propiedades físicas y químicas.....	46
4.2.2.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	51
4.2.3. Serie Instituto, fase normal (I).....	52
4.2.3.1. Descripción del perfil modal.....	52
4.2.3.2. Propiedades físicas y químicas.....	57
4.2.3.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	57

	Página
4.2.4. Fase Instituto pedregoso (Ipe).....	62
4.2.4.1. Descripción del perfil modal.....	62
4.2.4.2. Propiedades físicas y químicas.....	66
4.2.4.3. Clasificación de la fase y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	66
4.2.5. Fase Instituto pantanoso (Ipa).....	71
4.2.5.1. Descripción del perfil modal.....	71
4.2.5.2. Propiedades físicas y químicas.....	73
4.2.5.3. Clasificación de la fase y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	76
4.2.6. Serie La Margot, fase normal (LM).....	78
4.2.6.1. Descripción del perfil modal.....	78
4.2.6.1. Propiedades físicas y químicas.....	81
4.2.6.2. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	84
4.2.7. Fase La Margot Coluvial (LM cl).....	84
4.2.7.1. Descripción del perfil modal.....	85
4.2.7.2. Propiedades físicas y químicas.....	86
4.2.7.3. Clasificación de la fase y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	86
4.3. Suelos de tierras altas.....	89
4.3.1. Serie Cervantes (C).....	89
4.3.1.1. Descripción del perfil modal.....	89
4.3.1.2. Propiedades físicas y químicas.....	91
4.3.1.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	94
4.3.2. Serie Colorado (Cd).....	95
4.3.2.1. Descripción del perfil modal.....	95
4.3.2.2. Propiedades físicas y químicas.....	97
4.3.3.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	97

	Página
4.3.3. Serie Birrisito (B).....	100
4.3.3.1. Descripción del perfil modal.....	100
4.3.3.2. Propiedades físicas y químicas....	102
4.3.3.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.....	105
4.3.4. Suelos Misceláneos (M).....	106
4.4. Clasificación de los suelos por su capacidad de uso....	107
4.4.1. Metodología empleada.....	107
4.4.1.1. Características de las clases.....	113
5. CONCLUSIONES.....	121
6. RESUMEN.....	126
7. SUMMARY.....	130
8. LITERATURA CITADA.....	134
APENDICE.....	139

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1	Resumen de datos meteorológicos..... 8
2.	Vegetación natural arborea de la zona de Turrialba..... 12
3.	Leguminosas espontáneas en praderas naturales de Turrialba 16
4	Extensión y porcentaje de los suelos en el área de estudio... 33
5	Características físicas del perfil 15 (Serie Reventazón)..... 37
6	Características químicas del perfil 15 (Serie Reventazón)... 38
7	Patrones standards de comparación (Provisional..... 39
8	Características físicas del perfil 4 (Serie Juray)..... 47
9	Características químicas del perfil 4 (Serie Juray)..... 48
10	Características físicas del perfil 18 (Serie Juray)..... 49
11	Características químicas del perfil 18 (Serie Juray)..... 50
12	Características físicas del perfil 11 (Serie Instituto, fase normal)..... 58
13	Características químicas del perfil 11 (Serie Instituto, fase normal)..... 59
14	Características físicas del perfil 28 (Serie Instituto, fase normal)..... 60
15	Características químicas del perfil 28 (Serie Instituto, fase normal)..... 61
16	Características físicas del perfil 5 (Fase Instituto pedregoso) 67
17	Características químicas del perfil 5 (Fase Instituto pedregoso)..... 68
18	Características físicas del perfil 7 (Fase Instituto pedregoso) 69
19	Características químicas del perfil 7 (Fase Instituto pedregoso)..... 70
20	Características físicas del perfil 26 (Fase Instituto pantanoso)..... 74

Cuadro No.		Página
21	Características químicas del perfil 26 (Fase Instituto pantanoso).....	75
22	Características físicas del perfil 10 (Serie La Margot, fase normal).....	82
23	Características químicas del perfil 10 (Serie La Margot, fase normal).....	83
24	Características físicas del perfil 23 (Fase La Margot coluvial).....	87
25	Características químicas del perfil 23 (Fase La Margot coluvial).....	88
26	Características físicas del perfil 29 (Serie Cervantes)	92
27	Características químicas del perfil 29 (Serie Cervantes).....	93
28	Características físicas del perfil 25 (Serie Colorado)	98
29	Características químicas del perfil 25 (Serie Colorado).....	99
30	Características físicas del perfil 24 (Serie Birrisito)	103
31	Características químicas del perfil 24 (Serie Birrisito).....	104
32	Escala de evaluación de las características de capacidad.....	110
33	Detalle de la escala de evaluación para características del sitio y del perfil.....	111
34	Propiedades de las características de los diferentes suelos.....	114
35	Calificación de las características de los suelos y determinación de su capacidad de uso.....	115

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Precipitación anual y total de días lluviosos por año (1948-1970).....	9
2.	Precipitación mensual y días lluviosos.....	10
3	Temperaturas medias mensuales (1958-1970).....	10

1. INTRODUCCION

El Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA empezó a funcionar en octubre de 1942 en la ciudad de Turrialba, Costa Rica, dedicándose desde entonces a la investigación, extensión y educación agrícolas a través de la Escuela para Graduados que es el Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Los terrenos que ocupa este Centro sirvieron de base para el presente estudio.

Los suelos de la región son muy heterogéneos, hasta el punto de decir que cada perfil de suelo es diferente a los demás, por lo que es necesario asociar sus características para poder hacer una clasificación de suelos bien fundamentada y poder deducir su potencialidad agrícola.

Los objetivos principales del presente trabajo fueron evaluar los suelos a través de todas sus características, a fin de llegar a su clasificación agrológica; así como intentar clasificarlos, hasta nivel de familia, de acuerdo al Sistema de la Séptima Aproximación (59).

El agrupamiento de suelos realizado sirve de base para enunciar su uso más adecuado, clases y condiciones que podrían limitarlos y clases de manejo que mayormente van a contribuir a la conservación de los suelos a fin de que puedan ofrecer sus máximos beneficios.

Al poner de manifiesto las delimitaciones de cada grupo de suelos, indicando su uso y manejo más convenientes, así como su clasificación por capacidad, se deja el precedente para otras investigaciones más específicas sobre estas áreas, como fertilización, cultivos, pasturas, silvicultura, etc.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Descripción general del área

2.1.1. Localización y extensión

Las tierras que pertenecen al Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, están ubicadas a 5 Km en dirección sureste de la ciudad de Turrialba, en la Meseta Central de Costa Rica, aproximadamente entre los paralelos $9^{\circ} 52' 20''$ y $9^{\circ} 54' 20''$ de latitud norte y los meridianos $83^{\circ} 38' 40''$ y $83^{\circ} 42' 00''$ de longitud oeste, y a una elevación sobre el nivel del mar que varía entre los 580 m y 990 m (14).

El área que comprende estas tierras llegan a un total de: 1.118,8250 hectáreas. Sus límites son, al norte con los ríos Turrialba y Colorado y las propiedades de Sotero Garro, Alfredo Alfaro y Trinidad Camacho; por el este con las propiedades de José Rivas, Antonio Fernández, Mario Mata, Carlos León, Gobierno de Costa Rica, Caserío de Noche Buena, José Campabadal y Caserío de San Juan Sur; hacia el sur limita con las propiedades de Caserío de San Juan Sur, Jorge Araya y Hacienda Florencia y por el oeste con el río Reventazón (31).

2.1.2. Antecedentes históricos:

El 7 de octubre de 1942 el Consejo Directivo de la Unión Panamericana actuando como Junta Directiva del Instituto, escogió el sitio de Turrialba, de entre los ofrecidos por varios de los demás Gobiernos de América, como sede del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.

El 19 de marzo de 1943 fue colocada la "primera piedra" de las edificaciones futuras que inmediatamente se iniciaron.

Como primer Director del Instituto fue nombrado el Dr. Earl N. Bressman y como primer secretario el Sr. José L. Colóm.

Los fines del Instituto, promulgados en su inauguración, fueron: estimular y promover la educación y las ciencias en las Repúblicas Americanas mediante la enseñanza, investigación y fomento de la agricultura y otras ciencias conexas (44, 8; 23, 32).

2.1.3. Formación de los suelos:

La formación de los suelos y las características de los mismos están determinadas por la intervención de cinco factores. Estos factores son: Roca madre, relieve, clima, organismos y tiempo (36).

2.1.3.1. Roca madre:

El material original o roca madre de los suelos del área del CTEI, se han analizado desde el punto de vista geológico. Los estudios realizados por Dondoli y Torres (17) en la zona de Turrialba, indican que las áreas son más o menos planas y que corresponden en unos casos a las antiguas cuencas fluvio-lacustres o a terrazas aluviales de diferentes edades; la parte baja del valle ha sido rellenada por materiales de arrastre de varios tamaños, dejando ver, en varios puntos, afloramientos de una colada de lava reciente, de tipo andesítico que se extendió sobre el aglomerado inferior. El espesor limitado de las partes bajas ha permitido que se borrara en parte su continuidad, pero quedan pequeños núcleos similares a islas que afloran, sin disposición ordenada, en varios puntos de los terrenos del CTEI; el

escaso grado de meteorización de la roca, que forma la colada de lava, manifiesta su origen reciente.

Según Hardy (26), la región de Turrialba está atravesada por dos colinas que corren ligeramente paralelas en dirección este-sureste. Estas colinas son parte de una vieja corriente de lava andesítica y depósitos piroclásticos. Las colinas al norte de Turrialba se conocen como Alto de las Varas y se han originado del volcán Turrialba. Estas colinas se continúan en dirección este, atravesando el río Reventazón.

El río Turrialba y sus afluentes, el Aquiares y el Azul, que corren sobre las acumulaciones volcánicas, que cubren las depresiones, han dejado profundas zanjas al tomar sus cauces.

De acuerdo con Dóndoli y Torres (17) y posteriormente con Hardy (26), el orden de sucesión de las principales formaciones geológicas que ocurren en la parte este de la Meseta Central de Costa Rica, que incluye la región de Turrialba, es como sigue:

<u>Nombre de la Formación</u>	<u>Período</u>	<u>Edad geológica</u>
Cuaternario:		Millones/años
1. Aluvial (Fluvial y lacustre):	Reciente/Actual	:0,0-0,025
2. Lava joven	: Pleistoceno	:0,025-1,0
..... Suspensión de la sucesión.....		
Terciario:		
3. Aluvial viejo	: Plioceno medio	: 5 - 10
4. Aglomerados	: Plioceno inferior	:10 - 15
5. Lava vieja (Andesítica)	: Plioceno inferior	:10 - 15
.....Suspensión de la sucesión.....		

6. Conglomerados y areniscas	:: Mioceno inferior	: 15 - 22
7. Areniscas calcáreas	: Mioceno medio	: 22 - 28
	: Mioceno inferior	: 28 - 35
..... Suspensión de la sucesión.....		
8. Calizas numolíticas	: Oligoceno inferior	: 45 - 50
	: Eoceno superior	: 50 - 55

En la región de Turrialba sólo están presentes las cinco primeras formaciones antes enunciadas, las mismas que constituyen el material de partida para la formación de los suelos de esa zona.

2.1.3.2. Relieve

Comunmente se usa el término relieve para indicar las diferencias en elevación del terreno dentro de una zona. En forma más precisa, sin embargo, relieve implica elevación relativa y ha sido definido como las elevaciones o irregularidades de una superficie de terreno considerada en su totalidad (60).

El relieve de los suelos que comprenden la Meseta Central es extremadamente complejo, pues una gran parte del área ha sido cubierta por materiales volcánicos recientes, y muchas de las tierras aún no han alcanzado su formas estables. El paisaje es en su mayor parte joven (26).

Dóndoli y Torres (17) clasifican las formas de relieve, en la Meseta Central, en las siguientes agrupaciones:

- a) Terrenos de topografía plana a casi plana: con pendientes que van de 1 a 3%, siendo éstas un poco mayor en las proximidades de los ríos y quebradas.
- b) Ondulados a lomeríos: con pendientes que varían entre 3 y 15%.

- c) Lomeríos a cerriles: con cerros y lomas pronunciadas; presentan pendientes que fluctúan entre 5 y 30%.
- d) Escarpados: con pendientes fuertes; se encuentran en los declives pronunciados que van hacia el río Reventazón y Valle de Turrialba. Presentan pendientes que fluctúan entre 10 y 50%.
- e) Terrenos montañosos: son muy escarpados, con altos y bajos pronunciados, en forma de cerros. En ellos los ríos han cortado cañones profundos y sus pendientes van de 20 a 80%, encontrándose lugares con mayor declive que los antes indicados.

Los suelos pertenecientes al CTEI, se encuentran ubicados, en su mayor parte, en terrenos de topografía plana a casi plana; otra parte algo menor sobre terrenos ondulados a lomeríos; muy pocos sobre escarpados y una proporción muy pequeña sobre lomeríos a cerriles y terrenos montañosos.

2.1.3.3. Clima:

Según Budowski y Schreuder (10) y Hardy (26) el clima de la región es cálido y excesivamente lluvioso y húmedo.

Los datos climatológicos obtenidos del Departamento de Climatología del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (34), se encuentran en el Cuadro 1 y las Figuras 1, 2 y 3. La Estación Meteorológica está ubicada a una altura de 602 metros sobre el nivel del mar. Sus puntos cardinales son: 9° 53' 00" de latitud norte y 83° 39' 00" de longitud oeste (14).

La temperatura media mensual, para 13 años de observaciones (1958-1970), es de 22,29°C; la temperatura media mensual máxima de 27,14°C y la media mensual mínima de 16,99°C.

La precipitación media anual, para 27 años de observaciones (1944-1970), es de 2.682,5 mm y la media mensual es de 223,5 mm. La media mensual diaria de humedad relativa, para 13 años de observaciones (1958-1970), es de 87,7%. La precipitación media mensual está en relación directa a la humedad relativa e inversamente a la temperatura.

La evapotranspiración media anual, promedio de 13 años (1958-1970), para la superficie libre de agua, medida con evaporígrafo de plato libre, es de 1.392,6 mm, este valor es altamente excedido por la precipitación anual; el exceso es de 1.289,9 mm por año o de 105,5 mm por mes.

El promedio mensual de brillo solar es de 137,6 horas sol y la media diaria de 4,52 horas sol.

La estación seca de la región comprende los meses de febrero, marzo y abril; en esta estación la evaporación excede a la precipitación en 28,7 mm, a razón de 9,6 mm por mes. En el resto del año (9 meses), las lluvias sobrepasan a la evaporación en 1.318,6 mm, a un rango de 146,5 mm por mes, lo cual es suficiente para garantizar y mantener una fuerte lixiviación en los suelos, a la vez que favorecer los procesos de hidrólisis (26).

2.1.3.4. Organismos:

Los organismos, o factores biológicos que influyen en la formación del suelo, se pueden agrupar en: vegetación, micro-organismos del suelo, animales del suelo, y hombre.

Vegetación:

El reconocimiento de la vegetación nativa de la zona del presente estudio, se hace bastante difícil por la gran devastación, que han sufrido los bosques originarios. Sin embargo, por las especies que se encuentran disminuidas en la zona, se deduce que en esta región existió una rica flora.

Cuadro 1. Resumen de datos meteorológicos.

Mes	Temperatura**			Precipitación *		Brillo***		Humedad**			
	°C			mm		Solar		Relativa			
	Máx.	Mín.	Med. Máx. Mín.	Prom. Mens. (mm)	Máx. 24 Hrs.	Prom. Días	sumas de hrs. c/sol	Media Mens. Diaria	Suma Prom. Mens. diaria (mm)		
Enero	25.87	16.07	21.00	176.4	164.9	18.5	143.2	4.61	86.6	107.4	3.46
Febrero	26.26	16.06	21.08	147.8	247.5	15.1	147.8	5.22	85.7	117.1	4.14
Marzo	27.08	16.60	21.85	79.0	81.5	13.5	159.7	5.14	84.5	139.7	4.50
Abril	27.35	17.37	22.34	135.1	287.9	15.3	149.7	4.98	85.2	133.8	4.44
Mayo	28.00	18.18	23.07	225.3	65.0	23.0	140.2	4.51	87.0	126.2	40.7
Junio	28.04	18.53	23.22	284.9	85.5	24.7	125.8	4.19	88.5	113.2	3.77
Julio	27.32	18.30	22.76	270.4	102.3	25.0	115.3	3.71	90.3	105.3	3.39
Agosto	27.60	18.17	22.81	234.0	99.1	24.3	31.8	4.24	88.9	118.9	3.83
Setiembre	28.01	18.02	23.04	249.8	99.1	22.3	139.5	4.63	88.2	122.1	4.05
Octubre	27.79	18.00	22.85	249.1	109.2	24.0	146.7	4.72	88.8	123.0	3.96
Noviembre	26.56	17.66	22.10	283.1	115.3	23.0	125.4	4.16	89.4	96.1	3.20
Diciembre	25.84	16.92	21.38	347.6	288.3	22.3	126.7	4.09	89.2	89.8	2.89
Total	---	---	---	2.682.5	---	251.0	1.651.8	--	--	1.392.6	--
Promedio	27.14	16.99	22.29	---	---	20.9	137.6	4.52	87.7	116.0	3.81

Fuente: Observatorio Meteorológico del CTEI

Período de observaciones: * 1944 - 1970

** 1958 - 1970

*** 1964 - 1970

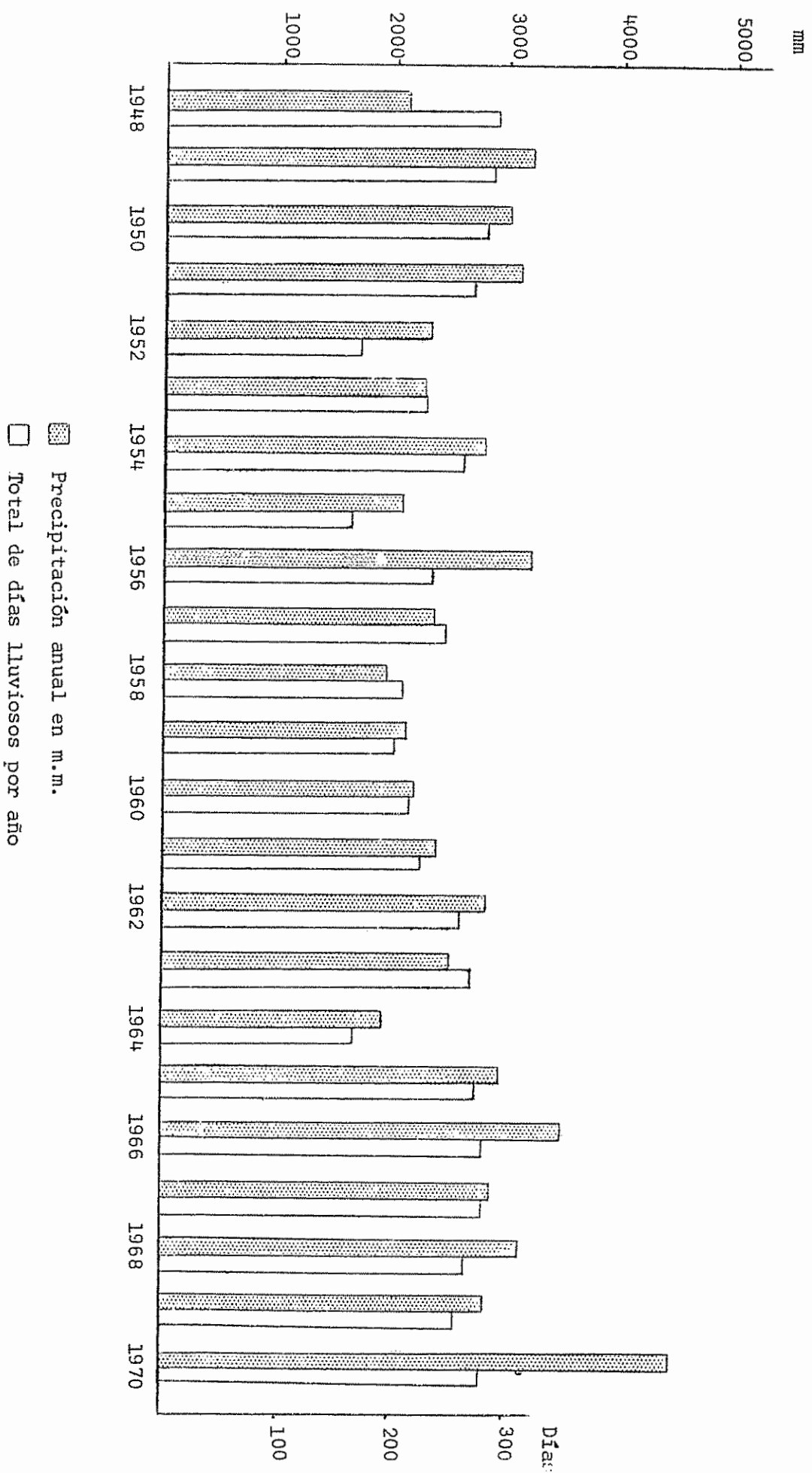


Fig. 1 Precipitación anual y total de días lluviosos por año (1948-1970)

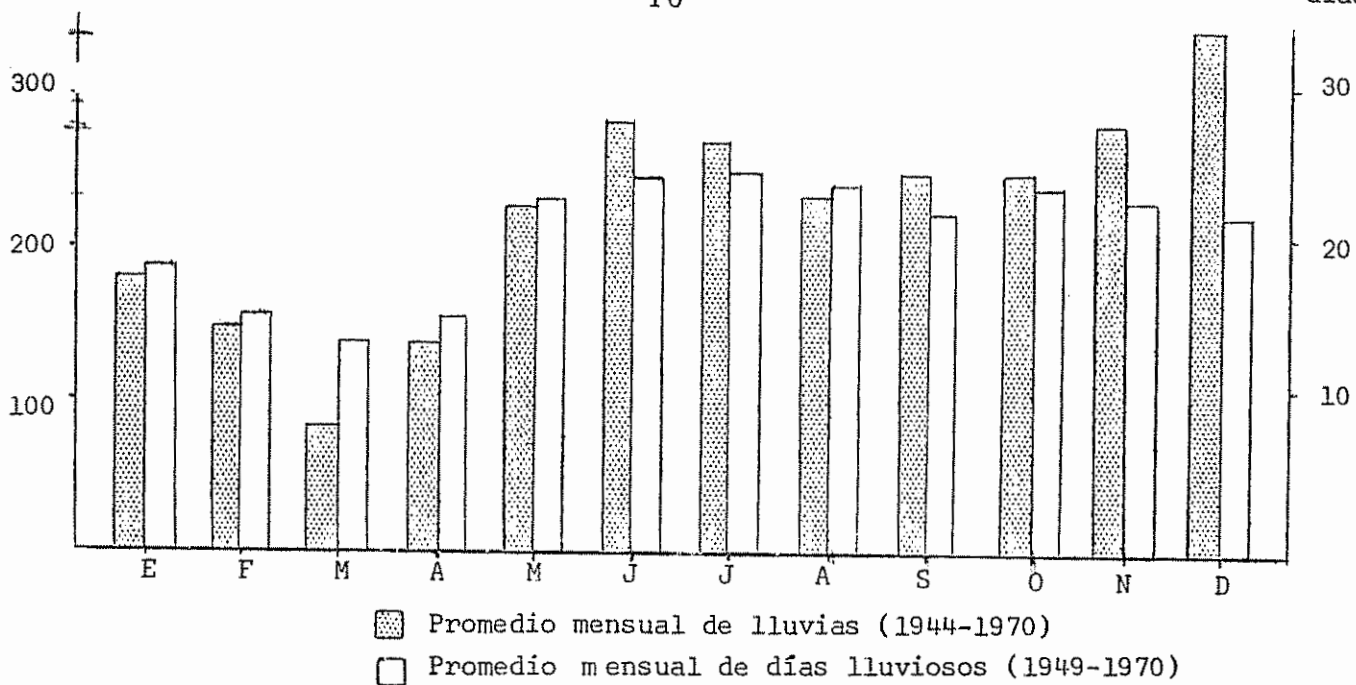


Fig. 2 Precipitación mensual y días lluviosos

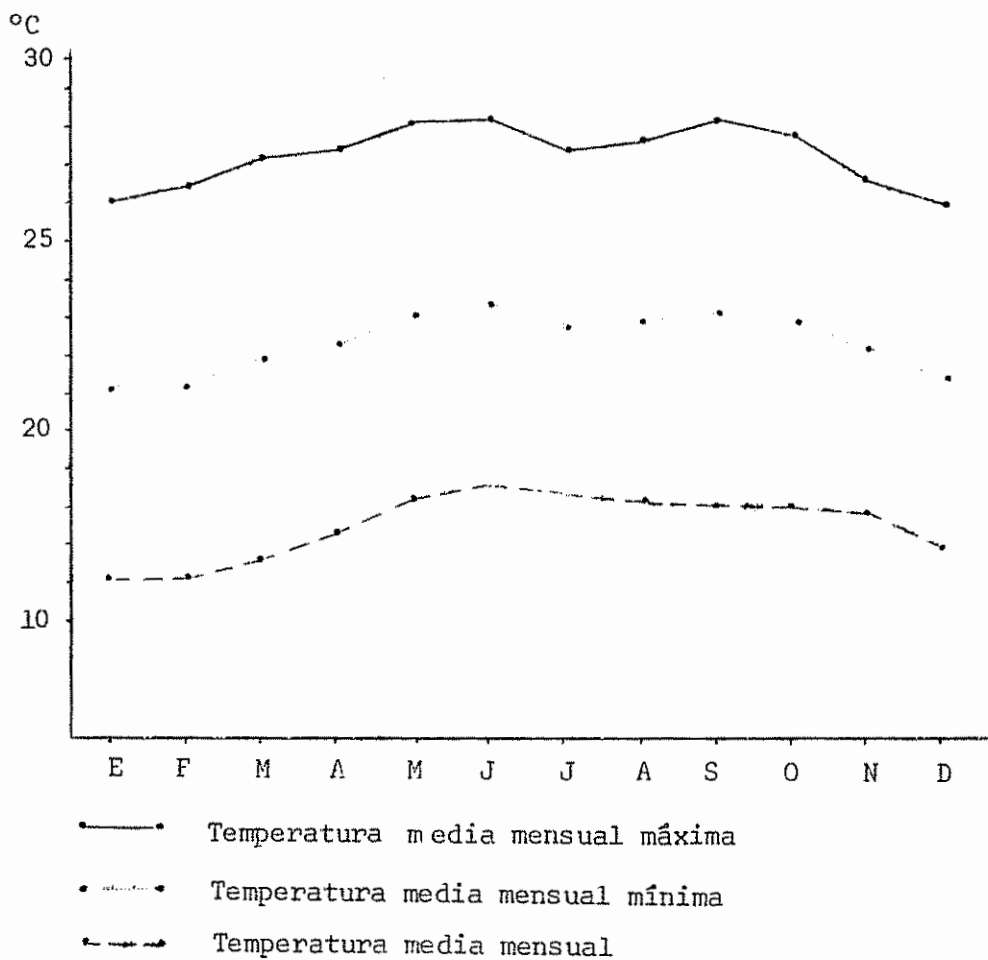


Fig. 3 Temperaturas medias mensuales (1958-1970)

La vegetación, según Holdridge (30), es propia del Bosque Subtropical, húmedo, que ocurre entre los 500 y 1.500 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 18 a 24°C, y con una precipitación anual entre 200 y 4.000 mm.

Reark (49) señala que las formaciones vegetales de la zona subtropical húmeda están presentes en Costa Rica, entre los 600 y 1.600 m.s.n.m.; el mismo autor anota que el bosque original ha sido casi totalmente talado, lo que ha originado nuevas formaciones de bosque secundario formado por especies arbóreas, enredaderas leñosas y gran número de epífitas.

El bosque primario ha tenido, indudablemente, muchas especies de los géneros Cedrela y Simaruba en su composición, pero es dudoso decir cual fue la especie dominante. Simaruba es dominante en el bosque secundario.

Las especies arbóreas, encontradas por Reark (49), indican que el bosque primario, en los alrededores de Turrialba, fue alto; de ello dan fe algunas especies como: Ceiba, Cedrela, Chaetoptelea y Engelhardtia (alcanzan 100 pies de alto).

Las especies más comunes encontradas por Reark (49), Rojas (51) y Becerra* se encuentran en el Cuadro 2.

Gran parte de los terrenos que actualmente ocupa el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en Turrialba pertenecieron anteriormente al antiguo Ingenio de Aragón. Los potreros allí existentes, en mayor o menor grado fueron utilizados en cultivos de caña de azúcar o de café. Estos cultivos se encontraban fuertemente invadidos por malezas o bosque secundario (1).

* Ing. Forestal Jorge Becerra, comunicación personal.

Cuadro 2. Vegetación natural arborea de la zona de Turrialba*

Nombre científico	Nombre vulgar	Familia
<u>Albizzia adinocephala</u> (D.Sm.) Britt & Rose	Gavilana	Mimosaceae
<u>Allophylus panamensis</u> Radlk.		Sapindaceae
<u>Amyris</u> sp.		Rutaceae
<u>Batocarpus costaricensis</u> Standley & L. O. Williams	Lechillo	Moraceae
<u>Bunchosia cornifolia</u> H.B. & K.	Cereso	Malpighiaceae
<u>Bursera simaruba</u> (L.) Sarg.	Indio desnudo	Burseraceae
<u>Byrsonina cressifolia</u> (L.) DC.	Nance	Malpighiaceae
<u>Castilla costaricana</u> Liebm.	Hule	Moraceae
<u>Casearia sylvestris</u> Sw.		Flacourtiaceae
<u>Cedrela mexicana</u> Roen.	Cedro negro	Meliaceae
<u>Ceiba pentandra</u> (L.) Gaertn.	Ceiba	Bombacaceae
<u>Cecropia</u> spp. Liebm.	Guarumo	Moraceae
<u>Chrysophyllum hirsutum</u> Cronquist.		Sapotaceae
<u>Cordia alliodora</u> (R & P) Cham.	Laurel	Boraginaceae
<u>Codia bicolor</u> A. DC.	Bernabé	Boraginaceae
<u>Cordia</u> sp.		Boraginaceae
<u>Croton</u> spp. undet	Balsa	Euphorbiaceae
<u>Cupania cinerea</u> Poepp & Endl.	Gorgojo	Sapindaceae
<u>Engelhardtia pterocarpa</u> (Oerst.) Standl.		Jungladaceae
<u>Erythrina poeppigiana</u> (Walp.) Cook.	Poró gigante	Papilionaceae
<u>Ficus</u> spp. undet.	Higérón	Moraceae
<u>Goethalsia meiantha</u> Burret	Guácimo	
	blanco	Tiliaceae
<u>Guarea brevianthera</u> C. DC.	Cedrillo	Meliaceae
<u>Guarea turrialbana</u> J. León	Cedrillo	Meliaceae
<u>Hasseltia floribunda</u> H.B. & K.		Flacourtiaceae
<u>Inga</u> spp.	Guaba	Mimosaceae
<u>Lacistema aggregatum</u> Rusby.	Colpachí	Lacistemaceae
<u>Lonchocarpus</u> sp.		Leguminosaceae
<u>Miconia</u> spp.	Uña de gato	Melastomaceae
<u>Mollinedia costaricensis</u> D. Sm.	Limoncillo	Monimaceae
<u>Mosquitoxylum jamaicense</u> Krug & Urb.	Inchador	Anacardiaceae
<u>Nectandra</u> spp.	Quizarrá	Lauraceae
<u>Ocotea dendrodaphne</u> Mez	Quizarrá	Lauraceae
<u>Ocotea</u> spp.	Quizarrá	Lauraceae
<u>Psidium guajava</u> L.	Guayaba	Myrtaceae
<u>Rheedia edulis</u> Planch & Triana	Jorco	Guttiferaceae
<u>Rollinia microsepala</u> Standley	Anonillo	Annonaceae
<u>Sapium</u> sp. undet	Lechillo	Euphorbiaceae
<u>Simaruba amara</u> Aubl.	Aceituno - Olivo	Simarubaceae
<u>Theobroma simiarum</u> Donn Sm.	Cacao de montaña	Esterculiaceae

Cuadro 2 (cont.)

Nombre científico	Nombre vulgar	Familia
<u>Trichilia</u> spp.		Meliaceae
<u>Trophis racemosa</u> Urb.	Lechillo	Moraceae
<u>Virola</u> spp.	Fruta dorada	Myristicaceae
<u>Zanthoxylum panamense</u> P. Wilson	Lagartillo	Rutaceae
<u>Zanthoxylum elephantiasis</u> Macfad.	Lagartillo	Rutaceae
<u>Zanthoxylum procerum</u> Donn. Sm.	Lagartillo	Rutaceae
Palmas:		
<u>Chamaedora</u> sp.	Surtua	
<u>Bactrys</u> sp.	Palma espinosa	

* Según Reark (49), Rojas (51) y comunicación personal de Jorge Becerra.

Los pastizales o praderas que se observan en los alrededores de Turrialba y en especial dentro de los terrenos del CTEI, han sido formados en los últimos tiempos. De Alba y Semple (1), analizando el origen de las praderas, dicen que las mismas se han formado por el proceso sencillo de colocar animales (bovinos, caballar) sobre cañales improductivos y eliminar, con frecuencia, las malezas anuales y perennes. Bajo estas circunstancias y gracias a las condiciones ecológicas de la zona, se formó un tapete de gramíneas rastreras voluntarias, muy resistentes al pisoteo. A esta formación se le denomina localmente: "potrero natural". Las gramíneas predominantes en esta asociación son: "Torito" o "pasto dulce" (Paspalum conjugatum), "Carpeta" o "pasto amargo" (Axonopus compressus), "Genjibrillo" o "bahía" (Paspalum notatum) y varias especies menores, predominantemente del género Paspalum.

Gould (24) hace referencia a 60 especies de 47 géneros de pastos nativos e introducidos encontrados en las vecindades de Turrialba y cercanías del volcán Turrialba.

En los suelos con buen drenaje y sobrepastoreados se forma un manto de gramíneas, muy tupido, de escasa altura en el que se infiltran especies leguminosas del género Desmodium (D. canum y D. adscendens). En terrenos de topografía quebrada predomina el "Pasto guinea" o "guineón" (Panicum maximum), que es una gramínea espontánea en Turrialba (1).

Semple (55) ha identificado una serie de leguminosas espontáneas en las praderas de Turrialba que se presentan en el Cuadro 3.

2.2. Los suelos del área:

Dóndoli y Torres (17) agrupan a los suelos de la Meseta Central de Costa Rica, de acuerdo al material original de los mismos. Cada grupo incluye una o varias series de suelos que se diferencian entre sí por el relieve o el drenaje. El total de series de la Meseta Central llega a 20. En el área del CTEI se encuentran presentes solamente 8 series, distribuidas en los siguientes grupos:

- I. Grupo de suelos lateríticos: se han desarrollado sobre lava vieja en pendientes escarpadas; incluye la serie Colorado.
- II. Grupo de suelos aluviales y fluvio-lacustres: de acuerdo a su drenaje pueden ser:
 - A) De drenaje bueno a excesivo:
 - 1) Desarrollados sobre materiales fluvio-lacustres, incluye la serie La Margot.

2) Desarrollados sobre materiales aluviales recientes, incluye la serie Reventazón.

B) De drenaje moderado a imperfecto:

1) Desarrollados sobre materiales de aluviones recientes, incluye la serie Juray.

2) Desarrollados sobre materiales fluvio-lacustres, incluye la serie Instituto.

III. Grupo de suelos negros, originados de cenizas y lava volcánica:

1) De origen reciente: serie Cervantes.

2) De origen más reciente: serie Birrisito.

IV. Grupo de suelos Pardos escarpados, poco profundos, formados de aglomerados y material lávico, incluye las tierras Misceláneas.

Hardy (26), con base en la agrupación de suelos hecha por Dóndoli y Torres (17) y por trabajos posteriores de campo y de laboratorio, agrupó a los suelos del CTEI en la forma siguiente:

A) Suelos de tierras altas:

I. Latosoles Pardo Rojizos: (zonales)

1) serie Colorado

2) serie Birrisito

II. Litosoles o Regosoles: (azonales)

3) serie Cervantes

III. Litosoles: (azonales)

4) Misceláneos

B) Suelos de tierras bajas:

IV. Aluviales fluvio-lacustres: (azonales)

Cuadro 3. Leguminosas espontáneas en praderas naturales de Turrialba.*

- Aeschynomene sensitiva Sw.
Calopogonium muconoides Desv.
Centrosema pubescens Benth.
Clitoria rubiginosa Juss.
Desmodium adscendens (Sw.) DC.
Desmodium axillare (Sw.) DC.
Desmodium barbata (L.) Benth.
Desmodium canum (Gmel. Schinz & Thell
Desmodium scorpiurus (Sw.) Desv.
Desmodium triflorum (L.) DC.
Indigofera mucronata Spreng.
Mimosa pudica L.
Phaseolus adenanthus Mey.
Phaseolus pilosus H. B. K.
Phaseolus speciosus H. B. K.
Phaseolus stenolobus Standl.
Phaseolus zanthotrichus Piper.
Rhynchosia longeracemosa Mart. & Gal.
Stylosanthes goyanensis Oerst.
Teramnus uncinatus Sw.
Vigna luteola (Jacq.) Benth.
Vigna vexillata (L.) A. Rich.
-

* Según Semple (55).

De drenaje libre:

5) serie La Margot

De drenaje impedido:

6) serie Juray

7) serie Instituto

V. Riveras aluviales: (azonales)

8) serie Reventazón

Dóndoli y Torres (17) y posteriormente Hardy (26) y Hardy y Bazán (28) señalan, para las diferentes series de suelos, las siguientes características:

1) Serie Colorado:

El factor principal de formación de estos suelos ha sido el gran tiempo que el material parental ha estado expuesto a la meteorización hídrica y a la continua lixiviación. Aparentemente no han sido cubiertos por depósitos volcánicos recientes.

Estos suelos han sido clasificados como "Latosoles", pero no presentan las características definidas de los mismos, no obstante su bajo contenido de plagioclasas y piroxenos, y su alto contenido de arcillas, especialmente de sesquióxidos.

Los suelos de esta serie se hallan ubicados en partes altas y de colinas; poseen un perfil extremadamente profundo con un contenido variable de fragmentos rocosos. El material parental puede estar compuesto de lava volcánica, aglomerados, conglomerados, cenizas o materiales de origen coluvial o aluvial que contienen diorita, andesita y basalto, que son constituyentes de rocas ígneas básicas.

2) Serie Birrisito:

Son suelos bien desarrollados a partir de cenizas volcánicas que se han depositado sobre lava andesítica vieja; poseen un horizonte superior muy oscuro, grueso y rico en materia orgánica y un subsuelo de colores más claros que descansa sobre un material lávico muy meteorizado que constituye el basamento geológico, el cual está constituido por rocas básicas y subbásicas.

3) Serie Cervantes:

Los suelos de esta serie se distribuyen sobre pequeñas áreas aisladas, que constituyen lomadas o pequeños cerros de formación característica.

La base geológica de esta serie de suelos la forman coladas de lava reciente y rocas piroclásticas, sobre la cual se ha depositado, una capa de cenizas también recientes. Estos suelos se caracterizan por ser muy pedregosos y rocosos, en los cuales la capa cultivable está en relación al espesor de las cenizas.

Son suelos jóvenes, clasificados como litosoles azonales debido a que se han desarrollado sobre depósitos de lava consolidada que aún se encuentra en proceso de meteorización.

4) Serie La Margot:

El material matriz de estos suelos está constituido de depósitos aluviales que descansan sobre un aglomerado de piezas más grandes. El aluvión es relativamente joven y comprende una ancha terraza cuya elevación es de aproximadamente 6 metros. La superficie de estos suelos es ondulada a causa de pequeños arroyos que la cruzan.

El subsuelo contiene cantidades variables de fragmentos de rocas y piedras, en distintos estados de meteorización.

En lugares con depresiones puede notarse, en profundidad, rasgos de hidromorfismo que se evidencia por la presencia de la tabla de agua o de moteaduras, propias de drenaje imperfecto.

La superficie de estos suelos puede contener cantidades variables de piedras o fragmentos rocosos.

A) Fase: La Margot Coluvial:

Los suelos de esta fase poseen características similares a las de la serie, pero con cantidades de piedras y rocas algo mayor; estos fragmentos han sido arrastrados desde las partes altas.

La superficie de estos suelos, es disectada por algunos arroyos. El drenaje es de bueno a excesivo.

5) Serie Juray:

Son suelos de origen lacustre o fluvio-lacustre, con drenaje impedido; geológicamente son bastante viejos, pero más recientes que los de la serie La Margot. La presencia de la napa freática varía desde 0,70 a 1,20 m de la superficie del suelo.

El material parental del cual provienen los suelos de la serie está altamente meteorizado.

6) Serie Instituto:

Suelos formados a partir de materiales aluvionales recientes depositados sobre sedimentos arenaceos, con gran cantidad de arcilla que dificulta el drenaje. Terrenos planos a casi planos con micro-relieve ondulado.

Son suelos jóvenes, más recientes que los de las series La Margot y Juray. La tabla de agua siempre presente y variable en profundidad.

A) Fase: Instituto Pantanosó:

Suelos ubicados en una depresión, que se conoce como antiguo lago de Aragón, y que parece haber sido cauce de un río obstruído. Durante la estación lluviosa, el área se inunda completamente, de allí que el perfil muestra características de gley que es propia de suelos "intrazonales hidromórficos".

B) Fase: Instituto Pedregoso

Estos suelos están ubicados próximos al pie de monte y ocupan áreas desnudas o cubiertas por pastos. Contienen cantidades abundantes de piedras de diferentes tamaños, tanto en la superficie como en el perfil. Las piedras son probablemente fragmentos de material lávico reciente. Poseen un drenaje deficiente.

7) Serie Reventazón

Suelos formados en épocas ecológicas recientes, compuestos principalmente, por materiales aluviales de los ríos Reventazón, Turrialba y sus afluentes. Son jóvenes que presentan estratos de arena y cantos rodados; textura variable, algo arcillosa con grava. A la topografía plana se une su drenaje deficiente.

8) Misceláneos

Estos suelos ocupan áreas empinadas, pedregosas situadas en las pendientes escarpadas de los ríos Reventazón, Turrialba y sus afluentes; son muy superficiales y heterogéneos. No presentan un perfil definido. Se han agrupado como litosoles, siendo su material parental aglomerado.

2.3. Criterios de la clasificación taxonómica

El fin de cualquier clasificación es organizar los conocimientos de tal manera que las propiedades de los objetos que se estudian se puedan recordar fácilmente y que las relaciones que existan entre ellas se entiendan claramente.

El proceso comprende la formación de clases, agrupando los objetos con base en sus propiedades comunes. La selección de esas propiedades depende de los objetivos que se persiguen con la clasificación.

Una clasificación divide la población de objetos en distintas clases. Una clase es un grupo de individuos similares en cuanto a sus propiedades seleccionadas y se distingue de todas las otras clases por diferencias en esas propiedades (12).

Una clasificación no es rígida, sino que varía con la expansión de nuevos conocimientos (59).

2.3.1. Clasificación de suelos

Desde tiempos muy antiguos se ha intentado clasificar a los suelos, y al respecto se sabe que lo práctico ha precedido siempre a lo científico (52).

La idea de clasificar a los suelos en forma natural o taxonómica, surgió con Dokuchaev, hacia 1886, el mismo que consideraba a los suelos como un cuerpo natural independiente con morfología propia. Marbut, posteriormente Balwin, Kellogg y Thorp, han propuesto otras clasificaciones taxonómicas (59, 60).

En todos los sistemas de clasificación de suelos, se toma como criterio de clasificación las características de los suelos mismos, en lugar de

los factores genéticos, de allí que todas las clasificaciones adolezcan de grandes defectos, entre los que sobresale la vaguedad de la definición de clases. Estas deben ser definidas en forma más precisa para que cualquier otro investigador tenga la misma imagen del suelo descrito (59).

2.3.2. La 7a. Aproximación

Esta es una de las clasificaciones más valiosas de cuantas se han hecho hasta ahora. Posee una sistemática mundial y por primera vez en la clasificación de suelos, se intenta incluir todos los tipos de suelos existentes en el mundo (52).

Es un método de clasificación natural (59) que trata de resolver los problemas que puedan existir en cualquier otro sistema de clasificación de suelos. Es de categorías taxonómicas múltiples: Ordenes, Sub-ordenes, Grandes grupos, Familias y Series. Este sistema de clasificación fue presentado por primera vez en 1960, ha sido objeto de varias revisiones y modificaciones. En marzo de 1967 fue publicado un suplemento (61) y otro más reciente, en octubre de 1968 (62).

Dentro del sistema de clasificación, las características que se usan para separar sub-clases en una categoría, se pueden usar igualmente para separar las sub-clases de otra categoría. La clasificación va en forma progresiva, de las categorías más altas (Orden) a las inferiores (Serie). A medida que se desciende en el sistema, la generalización es menor y las clases se vuelven más homogéneas (59, 61).

2.3.3. Clasificación cartográfica de los suelos

La distribución espacial de los suelos se muestran en mapas, cuya

función esencial es la de dividir un área geográfica heterogénea en segmentos relativamente homogéneos (38), que se denominan unidades cartográficas. La homogeneidad dentro de cada unidad cartográfica sólo se puede establecer a través de comparaciones edáficas (12) y es muy variable según el tipo de levantamiento de que se trate. En los levantamientos detallados hechos en mapas a escala grande, la homogeneidad es grande; en mapas exploratorios o esquemáticos, la homogeneidad es pequeña, pero en ambos casos la unidad cartográfica debe ser descrita basándose en las características de los perfiles.

Aún en levantamientos detallados las unidades cartográficas incluyen impurezas dentro de sus límites (13).

2.4. Criterio para la clasificación por capacidad de uso

Las tierras han sido clasificadas de muchas formas, dependiendo de los objetivos de la clasificación. La clasificación por capacidad de uso ha surgido en respuesta a la necesidad de interpretar las características de los suelos para planear su uso y manejo (29), es decir prevalentemente para fines agrícolas (37). Esta clasificación no es más que una de las muchas clasificaciones interpretativas que pueden hacerse después de haber adquirido conocimientos acerca de las características de los suelos. Las características que comunmente se usan para un estudio de capacidad, son las que normalmente se obtienen de un levantamiento detallado de suelos (56).

Algunas de las clasificaciones más comunes y utilizadas principalmente en los Estados Unidos de América y en gran parte de América Latina están basadas en la combinación de los efectos del clima y las características permanentes del suelo, así como limitaciones de uso, capacidad

productividad y requerimientos de manejo. La clasificación por capacidad de uso provee tres categorías de grupos de suelos: la unidad de capacidad, sub-clase y clase. La primera categoría, unidad, constituye un agrupamiento de suelos que tienen aproximadamente la misma respuesta a sistemas de manejo de plantas y pastos comunes. La determinación de la clase está basada en los resultados de la producción de cultivos comunes en períodos largos y se separan de acuerdo al grado de limitaciones permanentes fijadas por las características del suelo.

Varios de los sistemas de clasificación señalan cuatro clases de limitaciones que dan origen a las sub-clases: peligros de erosión (e), humedad (w), profundidad efectiva, textura u otros (s) y clima (c) (29, 37, 57).

Las condiciones que se toman en cuenta para la agrupación por capacidad, son prevalentes para una localidad y en condiciones normales (57), de allí que continuamente se estén ensayando nuevas clasificaciones (27, 43, 45, 58).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Trabajo de gabinete:

El trabajo de gabinete consistió en el análisis exhaustivo de fotografías aéreas, planos y mapas disponibles para tal fin.

3.1.1. Fotografías aéreas

El área de trabajo está cubierta por fotografías aéreas a una escala aproximada de 1:20.000, tomadas en enero de 1965. El tamaño de las fotografías es de 23 x 23 cm, y son de tipo pancromático.

Por las técnicas propias de tomar las fotografías aéreas, el 60% de una se traslapa sobre la siguiente, de tal manera que cada parte del terreno aparece en dos fotos consecutivas. Esto es necesario para obtener una imagen tridimensional por medio de un estereoscopio (22).

Antes de trabajar con las fotografías aéreas se hizo un recorrido por toda el área con el objeto de apreciar a grandes rasgos la fisiografía del terreno en relación a su situación geográfica, así como la geomorfología, y los paisajes característicos del lugar. Luego de esto, en el gabinete, se procedió a realizar la fotointerpretación, separando en una primera aproximación y tentativamente, las posibles unidades de suelos, a la vez que localizar los sitios de muestreo. Posteriormente y ya con los datos finales de análisis físicos y químicos, se ajustaron, en las fotografías aéreas, las líneas divisorias de suelos, para trazarlas definitivamente con las comprobaciones finales de campo (22,60).

3.1.2. Mapas y planos

Los mapas y planos disponibles fueron:

- a) Mapa topográfico a escala 1:50.000 (14) que sirvió de base para la localización exacta del área de estudio.
- b) Plano de los terrenos del CTEI a escala 1:5.000 (33), a partir del cual se construyó el "mapa base".
- c) Plano topográfico a escala 1:5.00 (31) con curvas de nivel cada 10 m; sirvió de guía para ajustar las delimitaciones, de las líneas de suelos, hechas en las fotografías aéreas.

3.2. Trabajo de campo

3.2.1. Localización de los perfiles

Inicialmente, la localización de los perfiles se hizo en las fotografías aéreas; luego en el campo se verificaron las observaciones hechas en las aerofotografías y se procedió a la localización exacta de los perfiles, tomando en consideración de que la zona muestreada sea representativa de la unidad cartográfica en estudio.

En toda el área de trabajo se localizaron 29 perfiles que corresponden a las diferentes unidades de suelos. (Mapa de suelos).

3.2.2. Descripción de los perfiles y toma de muestras

La descripción del sitio y de los perfiles de suelos se hicieron de acuerdo a las técnicas que recomienda la guía de FAO (46). El color de los suelos se determinó en húmedo y seco al aire, utilizando las Tablas de Munsell (42).

El reconocimiento, la separación y descripción individual de los horizontes, se hicieron con las reglas propuestas por FAO (46), el Manual de levantamiento de suelos (60) y la Séptima Aproximación (59).

Las muestras fueron tomadas de cada horizonte, según Cline (11), sin contaminar las muestras de un horizonte con el continuo.

3.2.3. Cartografía de suelos

Con la descripción de los perfiles y con las delimitaciones hechas de cada unidad cartográfica se procedió a realizar el levantamiento de suelos mediante comprobaciones con barreno; se fueron observando los rasgos característicos de cada clase de suelos o sean: pendiente, drenaje, pedregosidad, profundidad, color, estructura, textura y otras características significativas de cada horizonte del perfil. También se observaron la vegetación natural y el estado de los cultivos (60).

Se finalizó el levantamiento con el trazado definitivo de los límites de cada clase de suelos.

3.3. Trabajo de laboratorio

3.3.1. Preparación de las muestras

La preparación de las muestras de suelos se hizo de acuerdo con las técnicas de Cline (11): se secaron al aire y bajo sombra, después de triturarlas suavemente, se pasaron por tamiz de 2 mm (no. 10) de malla y se procedió a su homogenización.

3.3.2. Análisis físicos

3.3.2.1. Humedad de las muestras secadas al aire

El porcentaje de humedad se determinó por gravimetría, a partir de 40 g de suelo secado al aire, sometidas a secado en horno, durante 24 horas, a 105°C (21).

El objeto de esta determinación fue para poder expresar los resultados con base a masa de suelo seco al horno. Los cálculos se hicieron aplicando la siguiente fórmula:

$$M_{sh} = \frac{M_{sa}}{\% H} \cdot \frac{100}{100 - \% H}$$

M_{sh} - Masa de suelo seco al horno (105°C)

M_{sa} - Masa de suelo seco al aire

$\% H$ - % de humedad del suelo.

3.3.2.2. Densidad aparente

Para esta determinación se siguió la técnica descrita por Blake (2), fundamentada en la utilización de un cilindro metálico de volumen conocido para obtener muestras de suelos no alteradas.

3.3.2.3. Densidad de sólidos

Esta determinación se hizo por el método del picnómetro de aire, siguiendo la técnica propuesta por Forsythe* que es una adaptación del método señalado por Russell (53) y los trabajos de Page (47), Kummer y Cooper (40) y Jamison (35).

Las determinaciones fueron hechas usando un picnómetro de aire Beckman, Modelo 930.

3.3.2.4. Porosidad total

Con los datos de densidad aparente y densidad de partículas, se calculó la porosidad total o espacio poroso (20), de acuerdo a la siguiente relación:

* Dr. W. Forsythe, comunicación personal.

$$\% E = \frac{D_s - D_a}{D_s} \times 100$$

donde: E - Porosidad total

D_s - Densidad de partículas o densidad de sólidos

D_a - Densidad aparente

3.3.2.5. Distribución de tamaño de partículas

Se determinó siguiendo el método expuesto originalmente por Boyucos (4), modificado por Day (15) y adaptado por Forsythe (18).

Los porcentajes calculados para cada una de las fracciones de suelo, fueron clasificadas de acuerdo con el Sistema Internacional (9), y las clases texturales, definidas con el triángulo de textura (46).

3.3.2.6. Retención de humedad

Para esta determinación se siguió, básicamente, el método de Richards (50), modificado por Forsythe (19). Este método está fundamentado en la utilización de una olla de presión y de un plato poroso para extraer el agua de la muestra de suelo (no alterado), saturado, a diferentes succiones.

3.3.3. Análisis químicos

3.3.3.1. Reacción del suelo (pH)

Para esta determinación se siguió la técnica descrita por Peech (48); se determinó el pH en agua (relación suelo/líquido 1:1) y en solución de CaCl₂ 0,01 M (relación suelo/líquido 1:2).

Las medidas fueron hechas usando un potenciómetro Beckman de electrodo de vidrio, Modelo 96.

3.3.3.2. Materia orgánica

La materia orgánica se determinó de acuerdo con la técnica descrita por Sáiz del Rio y Bornemisza (54), basada en el método de Walkley y Black.

3.3.3.3. Nitrógeno total

La determinación de nitrógeno total se hizo por el método semi-micro Kjeldahl de Bremmer (7), modificado por Díaz-Romeu*.

3.3.3.4. Capacidad de intercambio de cationes

Para determinar la capacidad de intercambio de cationes, se usó el método de Bower et al (5), modificado por Díaz-Romeu y Balerdi (16).

3.3.3.5. Bases cambiables

Las bases cambiables, K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y Mn^{++} , se determinaron según el método de Bower et al (5), modificado por Díaz-Romeu y Balerdi (16).

Las lecturas se efectuaron en espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer, Modelo 303).

3.3.3.6. Fósforo disponible

Para la determinación se usó el método denominado Bray I (6) modificado por Sáiz del Rio y Bornemisza (54). Este método tiene la propiedad de solubilizar los fosfatos de Fe^{+++} y Al^{+++} y disolver la parte más activa de los fosfatos de Ca^{++} .

* Técnica que se usa en el Laboratorio de Suelos del IICA/CTEI.

3.3.3.7. Oxidos libres de hierro y aluminio

No se efectuaron las determinaciones de los óxidos de hierro y aluminio por existir datos suficientes para cada una de las unidades de suelos del área en general (3).

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Generalidades

Los suelos y las condiciones de las tierras que se encuentran en el área del CTEI, han sido clasificadas en 13 unidades cartográficas, que comprenden 7 series, 5 fases de suelos y una parte de suelos misceláneos. El área que abarca cada unidad cartográfica, así como su porcentaje con relación a la superficie total, se encuentran resumidas en el Cuadro 4.

Las series de suelos con sus respectivas fases y la parte de suelos misceláneos se encuentran en el "Mapa de Suelos" que fue levantado a una escala de 1:5.000. Una reducción del mapa original se incluye en el Apéndice del presente estudio a una escala aproximada de 1:7.500.

Para facilitar la descripción de las series de suelos, se agrupan a los mismos en:

- a) Suelos de tierras bajas: los comprendidos entre 580 y 620 m.s.n.m.:
Series: Reventazón, Juray, Instituto y La Margot, y las fases: Instituto normal, Instituto pedregoso, Instituto pantanoso, La Margot normal y la Margot coluvial.
- b) Suelos de tierras altas: los comprendidos entre 620 y 990 m.s.n.m.:
Series: Cervantes, Colorado y Birrisito y suelos misceláneos.

4.2. Suelos de tierras bajas

4.2.1. Serie Reventazón (R)

Los suelos de esta serie se hallan situados en terrenos de topografía plana con pequeñas ondulaciones o depresiones. Poseen un drenaje deficiente, que se manifiesta por indicaciones de ocurrencia de una napa

Cuadro 4. Extensión y porcentaje de los suelos en el área de estudio

Suelos	Parcial		Total	
	Has.	%	Has.	%
A. Suelos de tierras bajas:				
1. Serie Reventazón			58,8250	5,26
2. Serie Juray			110,0500	9,84
3. Serie Instituto, fase normal	116,3000	10,39		
3.1 Fase Instituto pedregoso	107,7500	9,63		
3.2 Fase Instituto pantanoso	76,2750	6,82		
			300,3250	26,84
4. Serie La Margot, fase normal	169,7500	15,17		
4.1 Fase La Margot coluvial	46,6250	4,17		
			216,3750	19,34
B. Suelos de tierras altas:				
5. Serie Cervantes			16,2500	1,45
6. Serie Colorado			243,8000	21,79
7. Serie Birrisito			54,1500	4,84
C. Suelos misceláneos				
			119,0500	10,64
<hr/>				
Gran total			1.118,8250	100,00

freática alta y fluctuante (70 a 90 cm). En la superficie es común observar un porcentaje variable de cantos rodados y piedras de diferentes diámetros.

Los cultivos más comunes que se observan sobre estos suelos son caña de azúcar, café y pastos.

4.2.1.1. Descripción del perfil modal

El perfil 15 es considerado modal de la serie, y se describe a continuación:

Perfil 15

- | | |
|---------------|---|
| Ap 0 - 15 cm | Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco; estructura de bloques subangulares, mediana, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; cutánes, zonales delgados, en algunos agregados, probablemente de óxidos de hierro; muchos poros intersticiales finos y muy finos; pocas graves, angulares, finas (0,5 a 2 cm); muchas raíces finas; límite neto, plano. |
| AC 15 - 40 cm | Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y gris rosáceo (7,5YR 6/2) en seco; pocos moteos, gruesos difusos, grises y rojizos; franco; estructura de bloques subangulares, mediana, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos; muchas gravas angulares, finas (0,5 a 2 cm); raíces comunes, finas; límite gradual, plano. |

- C₁ 40 - 65 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; pocos moteos, gruesos, difusos, grises y rojizos; franco arcillo arenoso; estructura de bloques subangulares, mediana, débil, adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares finos y gruesos; muchas gravas, angulares, finas (0,5 a 2 cm); pocas raíces finas; límite difuso, irregular.
- C₂ 65 - 110cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y gris pardo claro (10YR 6/2) en seco; abundantes moteos gruesos, difusos, rojizos; franco arcillo arenoso; suelto, sin estructura; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares finos y gruesos; muchas gravas, angulares finas (0,5 a 2 cm) y muchas piedras redondeadas (20 a 40 cm); muy pocas raíces finas.

Los suelos de esta serie se han desarrollado en épocas geológicas recientes (26) y actualmente ocupan las terrazas dejadas por los ríos Reventazón, Turrialba y sus afluentes (17); son suelos aluvionales jóvenes que no presentan ninguna o poca secuencia genética en sus horizontes.

El espesor del horizonte A puede variar entre 15 y 40 cm, según si los suelos son planos o ligeramente ondulados.

La presencia de gravas finas angulares, en porcentajes variables, que aumentan en profundidad, así como la de cantos rodados, evidencian el poco arrastre del aluvión a partir del cual se han derivado estos suelos.

4.2.1.2 Propiedades físicas y químicas

En los Cuadros 5 y 6 se presentan los resultados de las características físicas y químicas del perfil modal, las mismas que con pocas variaciones se hacen extensivas para toda la serie.

Los valores de densidad de partículas son moderadamente altos, con relación al valor promedio de 2,65 g/cc (9) y aumentan con la profundidad; la densidad aparente alcanzó valores asignados a los suelos minerales (9), se incrementó con la profundidad debido, posiblemente, a la disminución de la materia orgánica, aumento de la compactación del suelo y a la presencia de óxidos de hierro (3).

La alta densidad aparente y el moderado contenido de arcilla, hacen que estos suelos tengan una alta porosidad total y una mediana retención gravimétrica de humedad y agua disponible para las plantas.

La reacción ácida de estos suelos está relacionada con el porcentaje bajo de saturación de bases y al alto contenido de óxidos libres de aluminio (3). Los rangos de contenido de materia orgánica, nitrógeno total, la relación C/N y P disponible pueden compararse con los patrones estandar establecidos por Hardy en Trinidad y que se encuentran en el Cuadro 7.

La capacidad de intercambio de cationes permanece más o menos estable en todos los horizontes, esto se debe a que si bien disminuye el contenido de la materia orgánica con la profundidad, aumenta el contenido de otros agentes causantes de la capacidad de intercambio, manteniendo el equilibrio.

Cuadro 5. Características físicas del perfil 15 (Serie Reventazón)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural	
						Arena	Limo Arcilla		
Ap	0-15	1.27	2.7	32.80	52.79	47.00	40.00	11.40	Franco
Ac	15-40	1.35	2.8	32.07	51.26	45.50	34.00	20.50	Franco
C1	40-65	1.39	2.8	33.56	49.64	47.00	27.60	25.40	Franco Arc.Arenoso
C2	65-110	1.39	2.8	36.51	49.82	46.50	28.50	25.00	Franco Arc.Arenoso

Profundidad	Retención de Humedad		Hum. volumétrica		Espacio aéreo		Agua disponible						
	bar	%	bar	%	bar	%	bares	bares					
0-15	43.82	41.00	40.38	35.79	33.33	32.71	31.76	55.65	52.07	0.0	0.72	9.24	7.65
15.40	37.03	33.00	27.88	27.64	25.45	20.68	21.49	49.99	44.55	1.27	6.71	11.51	7.55

Cuadro 6. Características químicas del perfil 15 (Serie Reventazón)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P diponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm	←-----%----->		ppm				
A _p	0-15	5.7	5.1	5.86	3.39	0.33	10.3	14.06
A _c	15-40	6.2	5.3	3.26	1.88	.19	9.9	7.94
C ₁	40-65	6.5	5.7	1.61	.94	.06	15.7	12.65
C ₂	65-110	5.8	5.2	1.66	.96	.04	24.0	0.94

C.I.C.	Bases Cambiables				S.B.			Relaciones		
	Ca	Mg	K	Na	Mn	K/Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg K	
←-----meq/100g de suelo ----->	----->				%					
44.93	1.93	2.66	0.46	0.20	0.01	13.28	2.3	0.7	5.8	10.0
33.79	1.13	2.61	.23	.53	.01	15.03	.4	.4	11.3	16.3
35.00	4.29	5.39	.35	.90	-	35.31'	.4	.8	15.4	27.6
35.93	3.57	4.78	.68	.52	.01	29.69	1.3	.7	7.0	12.3

Cuadro 7. Patrones estandars de comparación (Provisional)*

pH	M.O	N total	C/N	C.I.C.	Bases cambiables		S.B.	P dispon.	Ca Mg	Mg K	Ca Mg	Ca+Mg K
					Ca	K						
	←-----	% -----→		←-----meq/100g suelo -----→			%	ppm				
Alto	7.5	7.0	0.35	11.5	-	24.0	6.0	0.55	-	120	-	55.0
Medio	6.5	3.3	0.20	9.5	-	12.0	3.0	0.35	-	60	4.0	43.0
Bajo	5.0	0.6	0.05	7.5	-	4.0	1.0	0.20	-	20	-	25.0

* Tomado de Hardy (26).

4.2.1.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación

La serie Reventazón, de acuerdo con sus características morfológicas, físicas, químicas, factores de sitio y material parental podrían clasificarse en las siguientes categorías de la Séptima Aproximación* (59,61):

Orden	: Inceptisol
Sub-orden	: Tropepts
Gran Grupo	: Dystropepts
Sub-grupo	: Typic Dystropepts
Familia	: Fine loamy, mixed, isohyperthermic

A continuación se discuten los criterios que sirven para clasificarlos en las categorías antes mencionadas:

Criterio para orden:

El horizonte AC del perfil típico de la serie, se identificó como horizonte cámbico, por reunir las siguientes características que lo definen como tal:

- 1) El horizonte es parte del solum y se encuentra dentro de la zona normalmente enriquecida por las raíces.
- 2) Se sitúa en la posición que tendría un horizonte B, (entre A y C).
- 3) Presenta iluviación insignificante, los agregados carecen de revestimientos y generalmente están debilmente desarrollados.

* En la clasificación de los diferentes categorías de la Séptima Aproximación se mantendrá la terminología en inglés por no existir edición, de la misma, en castellano.

- 4) Presenta una estructura definida de suelo y ausencia de la estructura de la roca.
- 5) Hay pérdidas o transferencias de carbonatos.
- 6) Hay liberación de óxidos de hierro libre (3).
- 7) La retención de agua a 15 bares de tensión es superior a 20%.
- 8) El espesor del horizonte tiene como mínimo 25 cm.
- 9) No posee textura más gruesa que arenoso franco muy fino.

Con la existencia del horizonte cámbico y por las características siguientes, se llega a definir como orden Inceptisol:

- 1) La sección entre 18 y 50 cm de profundidad está generalmente húmeda.
- 2) Poseen un epipedón úmbrico que tienen una saturación de bases menos de 50% (determinado en NH_4OAc).

Por las características siguientes, se permite ubicar a estos suelos en el sub-orden: Tropepts:

- 1) Se supone que los suelos tienen una temperatura media anual mayor de 8°C y que la temperatura promedio de verano, a 50cm de profundidad, difiere de la temperatura promedio de invierno por menos de 5°C .

Para considerar a estos suelos dentro del Gran Grupo: Dystropepts, se tienen las siguientes características:

- 1) Se supone que la temperatura promedio anual del suelo es superior a 22°C .
- 2) Tienen menos de 50% de saturación de bases (determinado en NH_4OAc) en el epipedón úmbrico y en el horizonte cámbico.

Las siguientes características conducen a clasificar a estos suelos en el Sub-grupo : Typic Dystropepts:

- 1) La capacidad de intercambio de cationes es más de 24 meq/100 g de arcilla* en todos los horizontes.
- 2) Poseen horizonte cámbico.
- 3) El contenido de materia orgánica decrece regularmente con la profundidad.
- 4) No tienen ningún contacto lítico entre los 50 cm de la superficie.

Para definir la familia: fine loamy, mixed, isohyperthermic, se tienen las siguientes características:

- 1) El contenido de arcilla es menos del 40% y más del 17%.
- 2) Se supone que la composición coloidal es una mezcla de minerales, con menos del 40% de algún mineral diferente al cuarzo.
- 3) Se considera que la temperatura media anual del suelo es más de 22°C y la diferencia entre la media de verano y la media de invierno en el suelo es menos de 5°C.

4.2.2 Serie Juray (J)

Los suelos pertenecientes a esta serie se ubican en terrenos planos a casi planos, que presentan pendientes que varían de 0 a 3%, siendo éstas algo mayores en las proximidades del río Reventazón. Dentro de la serie, en algunos sitios, se presenta un microrrelieve constituido por pequeños montículos u hondonadas.

Generalmente poseen un drenaje moderado, salvo en los sitios bajos

u hondonadas donde el drenaje se torna imper

* meq/100,g de arcilla = $2,5 \times 15$ bares de retención de agua, escogiendo el valor mayor.

mal drenaje por la presencia de moteaduras; en estos lugares la napa freática puede fluctuar entre 0,70 y 1,20 m.

Las pocas piedras o fragmentos rocosos que se encontraban sobre la superficie de los suelos, especialmente los situados en pie de monte, han sido limpiadas.

4.2.2.1. Descripción del perfil modal

En esta serie pueden considerarse dos perfiles modales, uno (perfil 4) correspondiente a la zona más joven, o con influencia aluvial, más reciente, y otro (perfil 18) correspondiente a la zona con influencia aluvial más antigua.

Perfil: 4

- A₁ 0 - 22 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; franco arcilloso, estructura de bloques subangulares, fina y mediana, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; raíces comunes, finas y medianas; límite neto, plano.
- A₃ 22 - 46 cm Pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo y en seco (5YR 5/4); arcilloso; estructura de bloques subangulares, mediana, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; pocas raíces, finas; límite gradual, plano.
- A₁ 46 - 72 cm Pardo amarillento (5YR 4/6) en húmedo y pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; arcillo limoso; estructura de bloques

subangulares, fina, débil; ligeramente adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros intersticiales, finos y medianos; muy pocas raíces, finas; límite gradual, irregular.

IIC₂ 72-105cm Pardo rojizo (5YR 5/3) en húmedo y rosado (7,5YR 7/4) en seco; abundantes moteos, medianos, difusos, rojizos; arcilloso; estructura de bloques subangulares, mediana, débil; adherente, plástico, firme en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, muy finos; límite difuso, ondulado.

IIC₃ 105-130cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y rosado (7,5YR 7/4) en seco; abundantes moteos, finos y medianos, difusos, grises y rojizos; arcillo limoso; estructura de bloques subangulares, mediana, débil; adherente, plástico, firme en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos y muy finos.

Perfil 18:

Ap 0-25 cm Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo y pardo oscuro (10YR 3/3) en seco; franco arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos; pocas gravas, angulares, finas (0,5 a 1 cm); raíces comunes, finas; límite neto, plano.

- AC 25 - 40 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; arcilloso; estructura granular, fina, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos y muy finos; pocas gravas, angulares, finas (0,5 a 1 cm); pocas raíces finas; límite gradual, plano.
- Ac 40 - 65 cm Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, débil; adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos; gravas comunes, angulares, medianas (2 a 5 cm); límite gradual, irregular.
- C 65 - 90 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco, abundantes moteos, gruesos, difusos rojizos y grises; franco arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, débil; adherente, plástico, friables en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos; abundantes gravas gruesas y piedras redondeadas muy intemperizadas.

Los suelos que comprenden la serie Juray se han representado a través de los dos perfiles anteriores en razón de que el material aluvial sobre el cual se han desarrollado parecen ser de edades diferentes. Esta suposición surge del análisis del perfil y del paisaje. Los suelos representados

por el perfil 4 son más recientes como puede demostrarse por los estratos de material limoso en su perfil y por el hecho de encontrarse situados en terrazas jóvenes del río Reventazón. Los suelos representados por el perfil 18 son más viejos, en ellos puede notarse, aunque en forma incipiente, la formación de horizontes que presentan una secuencia genética muy poco desarrollada; además la presencia de fragmentos finos y gruesos con cierto grado de intemperismo dan fe a su origen más antiguo.

Según Hardy (26), geológicamente, estos suelos son bastante viejos y se han desarrollado sobre el Pleistoceno aluvial.

4.2.2.2. Propiedades físicas y químicas

En los Cuadros 8, 9, 10 y 11 presentan los resultados de las características físicas y químicas de los dos perfiles modales.

La densidad aparente y la densidad de partículas de los suelos desarrollados sobre el aluvial más reciente alcanzan valores un poco más alto, en comparación a los suelos desarrollados a partir del aluvión más viejo, lo que se correlaciona muy bien con su contenido menor de materia orgánica, humedad gravimétrica, porosidad y agua disponible.

Los contenidos de materia orgánica, de los horizontes superiores, de acuerdo a los patrones de comparación de Hardy, alcanzan valores altos. El nitrógeno total es de medio a alto, y la relación C/N es mediana (Cuadro 7).

La capacidad de intercambio de cationes permanece más o menos uniforme en todos los horizontes. El contenido de las bases cambiables puede ser comparado con los patrones estandars establecidos por Hardy (Cuadro 7). En los suelos más jóvenes se aprecia un contenido mayor de Ca y Mg,

Cuadro 8. Características físicas del perfil 4 (Serie Juray)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural
						Arena	Limo Arcilla	
	←--- cm --→	←-----gr/cc-----→		←-----%-----→				
A ₁	0-22	1,25	2,6	43,30	52,29	20,50	40,70 38,80	Franco Arcilloso
A ₃	22-46	1,18	2,8	48,14	57,55	18,00	35,00 47,00	Arcilloso
C ₁	46-72	1,24	2,9	45,54	57,39	13,50	41,50 45,00	Arcillo Limoso
IIC ₂	72-105	1,27	2,8	45,81	54,96	15,50	39,50 45,00	Arcilloso
IIIC ₃	105-103	1,26	2,8	45,05	54,35	8,20	45,80 46,00	Arcillo Limoso

Profundidad	Retención de humedad		Hum. volu-métrica		Espacio aéreo		Agua disponible (0,33 y 15 bares)		Agua fácilmenteponible (5 y 15 bares)				
	0,1 bar	0,33 bar	0,1 bar	0,33 bar	0,1 bar	0,33 bar	0,33 bares	15 bares					
cm	←-----%-----→	←-----%-----→	←-----cc agua/100ccS,←-----%-----→										
0-22	41,88	39,60	37,83	35,71	29,35	28,30	26,28	52,35	49,50	0,0	2,79	13,33	10,25
22-46	46,53	43,90	41,73	40,77	37,50	37,50	28,69	54,90	51,80	2,65	5,75	15,21	6,40

Cuadro 10. Características físicas del perfil 18 (Serie Juray)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural	
						Arena	Limo Arcilla		
Ap	0-25	1,01	2,4	58,35	58,26	28,50	40,00	31,80	Franco Arcilloso
A ₀	25-40	1,09	2,5	51,91	56,22	26,60	29,90	43,50	Arcilloso
C ₁	40-65	1,27	2,5	45,31	50,20	26,00	40,80	33,20	Franco Arcilloso
C ₂	65-90	-	2,6	-	-	31,40	34,60	34,00	Franco Arcilloso

Profundidad	Retención de humedad			Hum. volu- métrica			Espacio aéreo			Agua dispo nible(0,33 bares)			Agua facil- mente(5 y 15 bares)		
	0,1 bar	0,33 bar	0,5 bar	1,0 bar	5,0 bar	10,0 bar	15,0 bares	0,1 bar	0,33 bar	0,1 bar	0,33 bar	0,33 bares	0,33 bares	0,33 bares	0,33 bares
cm	-----> cc agua/100ccS _t -----> % ----->														
0-25	56,82	50,90	40,96	40,84	37,34	34,86	30,43	57,38	51,41	0,88	6,85	17,96	11,12		
25,40	50,00	41,50	40,44	40,00	37,36	35,71	31,50	54,50	45,23	1,72	10,99	8,61	0,25		

Cuadro Características químicas del perfil 18 (Serie Juray)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm	←----- % -----→		ppm				
Ap	0-25	5,3	4,5	6,95	4,04	0,35	11,5	7,90
AO	25-40	5,4	4,5	4,17	2,42	0,15	16,1	1,83
C ₁	40-65	5,5	4,8	1,56	0,90	0,13	6,9	1,37
C ₂	65-90	5,5	5,0	1,30	0,75	0,07	10,7	0,66

C.I.C.	Bases Cambiables					S.B.			Relaciones		
	Ca	Mg	K	Na	Mn	Ca	Mg	K	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg K
	←-----meq/100 g de suelo -----→					%					
44,20	2,04	1,65	0,55	0,16	0,02	11,99	3,4	1,2	3,0	6,7	
43,86	1,55	1,21	0,08	0,13	0,01	8,11	0,6	1,3	15,1	34,5	
44,59	3,16	1,75	0,14	0,21	0,02	12,87	0,7	1,8	12,5	35,1	
46,36	3,52	2,31	0,18	0,29	0,01	15,99	0,6	1,5	12,8	32,4	

posiblemente debido a que sus carbonatos, en parte, han sido menos lixi-
viados por haber estado en menor tiempo expuestos a la intemperización.
El K intercambiable alcanza valores que van de medianos a bajos (Cuadro
7).

Las relaciones entre bases muestran un gran desbalance.

4.2.2.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación

La serie Juray, de acuerdo con sus características morfológicas,
físicas, químicas, factores de sitio y material parental podrían clasificar-
se en las siguientes categorías de la Séptima Aproximación (59, 61):

Orden	:	Inceptisol
Sub-orden	:	Tropepts
Gran Grupo	:	Dystropepts
Sub-grupo	:	Typic Dystropepts
Familia	:	Fine, mixed, isohyperthermic

Los criterios que sirven para la clasificación de las categorías hasta
el nivel de sub-grupo, ya fueron discutidos.

El segundo horizonte de los perfiles modales de la serie, se identi-
ficaron como horizontes cámbricos por reunir las características indicadas
anteriormente.

Las características que se mencionan en seguida definen la familia:
Fine, mixed, isohyperthermic:

- 1) El contenido de arcilla superior al 34% e inferior al 60%.
- 2) Se supone que la composición coloidal es una mezcla de minerales,
con menos de 40% de algún mineral diferente al cuarzo.

- 3) Se considera que la temperatura media anual del suelo es superior a 22°C y la diferencia entre las temperaturas media de verano y media de invierno en el suelo es menos de 5°C.

4.2.3. Serie Instituto, Fase normal (I)

La topografía de la fase normal de esta serie de suelos, es de plana a casi plana, con pendientes que van de 0 a 3%; poseen un microrelieve constituido por pequeñas elevaciones u hondonadas que en la mayoría de las veces dan lugar a pequeños arroyos.

El drenaje va de pobre a imperfecto, en todo caso la tabla de agua siempre está presente a una profundidad que varía de 0,40 a 1,30 metros.

En la superficie pueden observarse muy poca cantidad de piedras lo cual no dificulta el laboreo de estas tierras.

4.2.3.1. Descripción del perfil modal

En esta serie se han considerado dos perfiles modales, el Perfil 11 corresponde a la zona de drenaje moderado, y el Perfil 28 a la zona de drenaje imperfecto a moderado.

Perfil 11:

Ap₁ 0 - 16 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en seco; franco; estructura granular, fina y media, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, blanco en seco; muchos poros tubulares, finos y muy finos; muy pocas gravas, finas de bordes redondeados (0,5 a 2 cm); raíces comunes, finas y medianas; límite neto, plano.

- Ap₂ 16 - 28 cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y pardo fuerte (7,5YR 5/6) en seco; franco; estructura de bloques subangulares, fina; débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, blando en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; muchas gravas, finas, redondeadas (0,5 a 5 cm); raíces comunes, finas y medianas; límite brusco, plano.
- A₃ 28 - 48 cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y pardo fuerte (7,5YR 5/6) en seco; franco arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina y mediana, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, muy finos, finos, medianos y gruesos; pocas raíces, finas y medianas; límite gradual, plano.
- B₁ 48 - 62 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; franco arcilloso; estructura granular, fina y mediana, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, blando en seco; muchos poros tubulares, muy finos, finos, medianos y gruesos; presencia de nódulos, finos, suaves y oscuros; muy pocas raíces, finas; límite neto, plano.
- BC 62 - 84 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; franco arcilloso; estructura granular, fina y mediana, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, blando

en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; muy pocas raíces, finas; límite neto, plano.

C₁ 84 - 103 cm Pardo (7,5YR 5/4) en húmedo y pardo claro (10YR 6/4) en seco; franco arcilloso; estructura granular, fina, débil; adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; abundantes formaciones nodulosas, firmes y duras, negras; muy pocas raíces, muy finas; límite neto, plano.

C₁ 103 - 130 cm Pardo (10YR 5/3) en húmedo y pardo amarillento claro (10YR 6/4) en seco; franco arcilloso; estructura granular, fina, débil; adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; abundantes nódulos, suaves de colores pardo-amarillento; límite gradual, irregular.

C₃ - 130+ cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y pardo fuerte (7,5YR 5/6) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, mediana y gruesa, débil; adherente, plástico, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; abundantes nódulos, suaves, negros y pardo amarillentos.

Perfil 28

Ap₁ 0 - 20 cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en húmedo y pardo gris oscuro (10YR 5/2) en seco; franco arcilloso; estructura granular, fina, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros

tubulares, finos y medianos; abundante cantidad de raíces, finas y medianas; límite neto, plano.

Ap₂ 20 - 32 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; presencia de moteados en forma de parches grandes, grises, rojizo-amarillentos; franco arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos; raíces comunes, finas y medianas; límite neto, plano.

BC 32 - 44 cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en húmedo y en seco (10YR 4/3); pocos moteos, finos, difusos, rojizos y amarillentos; arcilloso; estructura granular, fina, moderada; adherente, plástico, friables en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares e intersticiales, finos y muy finos; presencia de fragmentos rocosos muy intemperizados que se disgregan en gravas finas angulares de coloraciones rojo-amarillentas; pocas raíces finas; límite difuso, irregular.

C₁ 44 - 60 cm Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo y pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; abundantes moteos gleyzados en forma de parches; arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, débil; adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco, muchos poros tubulares, finos y muy finos; abundantes fragmentos rocosos, muy disgregada en gravas finas rojo-amarillentas; límite difuso, irregular.

C₂ 60 - 80 cm Gris oscuro (10YR 4/1) en húmedo y amarillo parduzco (10YR 6/6) en seco; presencia de gley; franco arcilloso; masivo, sin estructura; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, ligeramente duro en seco; presencia de la roca madre, muy intemperizada.

Los suelos pertenecientes a la serie Instituto son de origen aluvial fluvio-lacustre más reciente que las series La Margot y Juray (26).

La distribución de estos suelos, dentro del área cartografiada, ocupan dos posiciones que pueden identificarse por las características de su drenaje interno. La primera posición o variante, moderadamente drenada, se caracteriza a través del perfil 11, en ellos la eliminación de agua del perfil es lenta y permanecen húmedas durante períodos cortos, pero apreciables. A menudo la textura arcillosa y compactación de los horizontes inferiores (más de 1 m) causan la disminución de la permeabilidad que se refleja por la presencia de moteados rojizos.

La segunda variante, imperfectamente drenada, se localiza en suelos de microtopografía ondulada, en ellos el agua se retira del suelo con lentitud suficiente para mantenerlo mojado durante períodos apreciables, pero no todo el tiempo. A menudo hay moteados de gley en la parte inferior del horizonte A o inmediatamente debajo de éste. Estos suelos están representados por el perfil 28.

La tabla de agua siempre está presente y su profundidad es variable desde 30 - 40 cm para la variante imperfectamente drenada, y de 100 - 110 cm en los moderadamente drenados.

4.2.3.2. Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas y químicas, de los dos perfiles típicos, se encuentran en los Cuadros 12, 13, 14 y 15.

La densidad aparente de éstos suelos alcanza valores bajos que se relacionan muy bien al alto contenido de materia orgánica, la buena porosidad y proporción de agua gravimétrica; la densidad de partículas es moderadamente alta o muy cerca del valor promedio de 2,65 gr/cc (9).

Los contenidos de materia orgánica son altos, el nitrógeno total está mejor distribuido en los suelos de la variante imperfectamente drenada; la relación C/N es mediana (Cuadro 7).

La capacidad de intercambio de cationes es moderadamente alta y permanece más o menos estable en todos los horizontes.

Los rangos establecidos por Hardy (Cuadro 7) pueden servir de comparación para evaluar el contenido de las bases cambiables. Los contenidos de Ca y Mg son un tanto mayores en los suelos moderadamente drenados. El K intercambiable alcanza valores de medios a bajos (Cuadro 7), a excepción del horizonte A de los suelos imperfectamente drenados que alcanzan valores muy altos.

El porcentaje de saturación de bases es muy bajo, y las relaciones entre bases no muestran un balance adecuado.

4.2.3.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación

De acuerdo con las características morfológicas, físicas, químicas, factores de sitio y material parental, los suelos de la serie Instituto pueden clasificarse en las siguientes categorías de la Séptima Aproximación (59,61):

Cuadro 12. Características físicas del perfil 11 (Serie Instituto, fase normal)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural	
						Arena	Limo Arcilla		
	←-cm→	←-gr/cc-→		←-%					
Ap1	0-16	1.15	2.6	40.46	55.60	38.00	38.40	23.60	Franco
Ap2	16-28	1.27	2.8	34.05	53.98	44.90	28.10	27.00	Franco
A3	28-48	1.18	2.8	41.92	57.55	36.90	29.60	33.50	Franco Arcilloso
B1	48-62	1.07	2.8	48.45	61.51	39.50	26.60	33.90	Franco Arcilloso
BC	62-84	1.09	2.7	50.16	59.48	32.50	31.50	36.00	Franco Arcilloso
C1	84-103	1.04	2.8	50.68	62.18	42.50	26.40	31.10	Franco Arcilloso
C2	103-130	1.13	2.7	49.16	58.30	42.00	24.10	33.90	Franco Arcilloso
C3	130+	1.14	2.8	52.14	59.27	26.20	26.80	47.00	Arcilloso

58

Profundidad	Retención de humedad		Hum. volu-métrica		Espacio aéreo		Agua disponible (0,33 bares)	Agua fácil mente (5 y 15 bares)
	0,33 bar	0,5 bar	0,1 bar	0,33 bar	0,1 bar	0,33 bar		
	-0,1 bar	1,0 bar	15,0 bares	10,0 bares	0,33 bar	0,1 bar	0,33 bar	15 bares

cm	←-gr/cc-→		←-% <th colspan="2">←-cc agua/100ccS.←-% <th colspan="2">←-% </th></th>		←-cc agua/100ccS.←-% <th colspan="2">←-% </th>		←-%						
0-16	35.11	32.40	32.32	30.10	27.27	26.88	26.74	40.38	37.26	15.22	18.34	5.66	5.31
28-48	41.18	37.00	35.71	35.24	32.69	28.12	27.10	48.59	43.66	8.96	13.89	9.90	4.31

Cuadro 13. Características químicas del perfil 11 (Serie Instituto, fase normal)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P Disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
cm		←-----%-----→		ppm				
Ap1	0-16	5.2	4.5	7.22	4.18	0.32	13.1	1.21
Ap2	16-28	5.5	4.9	2.95	1.70	.10	17.0	.98
A3	28-48	5.6	5.0	2.14	1.24	.07	17.7	.72
B1	48-62	5.7	5.3	1.65	.96	.06	16.0	.38
BC	62-84	5.4	4.7	0.64	.37	.05	7.4	.93
C1	84-103	5.1	4.7	1.09	.63	.04	15.7	1.25
C2	103-130	5.4	4.8	0.95	.56	.03	18.7	1.95
C3	130+	5.5	5.1	Tr	Tr	Tr	-	.97

C.I.C.	Bases Cambiables				S.B.	Relaciones				
	Ca	Mg	K	Na		Mg/K	Ca/Mg	Ca + Mg K		
←-----meq/100 g de suelo -----→	-----%-----				%					
43.24	4.21	1.24	0.15	0.16	0.03	14.39	0.9	3.4	8.3	36.3
34.49	3.45	1.24	.25	.17	.02	16.02	1.5	2.8	4.9	18.8
37.10	4.96	1.52	.25	.19	.01	20.16	1.3	3.3	6.1	25.9
37.63	3.24	2.06	.11	.17	.01	16.01	.6	1.6	18.7	48.2
43.94	1.65	3.90	.10	.19	.01	14.62	.5	.4	39.0	55.5
48.57	1.67	3.89	.10	.28	.01	13.63	.4	.4	38.9	55.6
48.19	1.67	4.06	.13	.38	.01	14.40	.3	.4	31.2	44.1
48.86	2.63	3.99	.20	.31	.01	16.72	.6	.6	19.9	33.1

Cuadro 14. Características físicas del perfil 28 (Serie Instituto, Fase normal)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravitmét.	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural	
						Arena	Limo Arcilla		
Ap ₁	0-20	1.08	2.6	56.64	57.98	28.00	43.00	29.00	Franco Arcilloso
Ap ₂	20-32	0.94	2.6	62.71	63.42	26.00	45.40	28.60	Franco Arcilloso
BC	32-44	1.05	2.6	55.61	59.92	25.10	34.60	40.30	Arcilloso
C ₁	44-60	1.19	2.7	50.57	56.73	26.90	24.40	48.70	Arcilloso
C ₂	60-80	1.04	2.6	60.75	60.75	36.80	26.40	36.80	Franco Arcilloso

Profundidad	Retención de humedad		Hum. volu- métrica		Espacio aéreo		Agua disponible (0,33 y 15 bares)	Agua fácilmente disponible (0,33 y 15 bares)					
	0,1 bar	0,5 bar	1,0 bar	5,0 bares	10,0 bares	15,0 bares			0,1 bar	0,33 bar			
0-20	53.84	53.00	52.80	51.19	46.07	45.45	42.18	58.15	57.24	0.0	0.74	10.85	5.28
20-32	70.31	62.80	61.90	58.46	55.22	47.82	43.28	66.09	59.03	0.0	4.39	19.52	4.99

Cuadro 15. Características químicas del perfil 28 (Serie Instituto, fase normal)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P Disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm		←-----%-----→					ppm
Ap ₁	0-20	5.1	4.6	6.93	4.02	0.32	12.6	2.31
Ap ₂	20-32	5.2	4.6	5.66	3.28	0.32	10.3	2.41
BC	32-44	5.0	4.5	3.69	2.14	0.20	10.7	2.27
C ₁	44-60	4.9	4.4	0.54	0.31	0.09	3.4	0.00
C ₂	60-80	5.1	4.5	Tr	-	0.05	-	2.37

C.I.C.	Bases Cambiables				S.B.			Relaciones:		
	Ca	Mg	K	Na	Mn	K/Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg K	
←-----meq/100 g de suelo -----→ %										
50.01	1.32	1.91	0.85	0.17	0.13	9.35	5.0	0.7	2.2	3.8
49.26	0.57	0.72	0.18	0.15	0.32	3.82	1.2	0.8	4.0	6.9
46.87	0.54	0.53	0.14	0.14	0.22	3.13	1.0	1.0	3.8	7.6
49.69	1.10	0.95	0.09	0.14	0.08	5.08	0.6	1.1	10.5	22.8
50.72	1.35	1.67	0.17	0.16	0.03	7.44	1.1	0.8	9.8	17.8

Orden	:	Inceptisol
Sub-orden	:	Tropepts
Gran Grupo	:	Dystropepts
Sub-grupo	:	Typic Dystropepts
Familia	:	Fine, mixed, isohyperthermic.

La discusión de los criterios, que sirven para clasificar a los suelos de la serie Instituto en las categorías antes enunciadas, ya fueron discutidas en la serie Juray. El horizonte A_3 del perfil 11 y el BC del perfil 28, se han clasificado como Cámbicos.

4.2.4. Fase Instituto pedregoso (I pe)

Esta fase, de la serie Instituto, es muy similar a la fase normal, pero su situación es diferente ya que sus suelos se ubican en zonas de topografía ligeramente ondulada o en pie de monte; contienen abundante cantidad de piedras de diferentes tamaños y fragmentos rocosos.

En las partes planas, que son pocas, se encuentran abundantes cantos rodados distribuidos irregularmente en forma de parches.

El drenaje de estos suelos es de moderado a imperfecto y cuando la tabla de agua está presente se situa entre 0,90 y 1,20 m. Sólo en partes un poco más altas el drenaje puede ser bueno.

4.2.4.1. Descripción del perfil modal

Para ésta fase de suelo se describen a continuación dos perfiles; el perfil 5 corresponde a la parte plana a ligeramente plana, y el perfil 7 a la parte ligeramente ondulada.

Perfil 5

- A₁₁ 0 - 15 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y de pardo a pardo rojizo (7,5YR 4/4) en seco; franco arcilloso; estructura granular, fina y media, moderada; adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros intersticiales y tubulares, muy finos; muy pocas gravas, finas, angulares, de bordes redondeados (5 a 10 cm); pocas raíces finas, límite neto, plano.
- A₁₂ 15 - 30 cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y pardo (7,5YR 5/4) en seco; franco arcilloso a arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina y mediana, moderada; adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos y muy finos; pocas raíces, finas; límite neto, plano.
- AC 30 - 48 cm Pardo (7,5YR 5/4) en húmedo y pardo fuerte (7,5YR 5/6) en seco; franco arcillo arenoso; estructura de bloques subangulares, mediana, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; muchos poros tubulares finos y medianos; muy pocas raíces, finas; límite neto, plano.
- C₁ 48 - 78 cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y amarillento (10YR 7/6) en seco; franco arcillo-arenoso; sin estructura definida; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; muchos poros tubulares, medianos; presencia de nódulos

redondeados, finos y medianos, posiblemente de óxidos de hierro; límite gradual, irregular.

- C₂ 78 - 100 cm Pardo amarillento claro (10YR 6/4) en húmedo y pardo muy pálido (10YR 7/4) en seco; franco arcillo arenoso; sin estructura definida; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedos, blando en seco; muchos poros tubulares, medianos; pocas gravas finas, de bordes redondeados (0,5 a 3 cm), presencia de nódulos redondeados, posiblemente de óxidos de hierro; límite gradual, plano.
- C₃ 100 - 130 cm Pardo amarillento claro (10YR 6/4) en húmedo y amarillento (10YR 7/6) en seco; franco arenoso; sin estructura definida; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; muchos poros tubulares, medianos; abundantes gravas finas, de bordes redondeados (0,5 a 3 cm); presencia de nódulos redondeados, posiblemente de óxidos de hierro.

Perfil 7

- Ap 0 - 22 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y pardo (7,5YR 5/2) en seco; franco arcilloso; estructura granular, fina, débil ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; pocas raíces, medianas; límite neto, plano.
- AC 22 - 50 cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y pardo (7,5YR 5/4) en seco; arcilloso; estructura de bloques

subangulares, fina y mediana, débil; adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, medianos; muy pocas gravas medianas y gruesas (3 a 7 cm); pocas raíces, medianas; límite gradual, plano.

C1 50 - 70 cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y pardo fuerte (7,5YR 5/6) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, débil; adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos y muy finos; pocas gravas gruesas, redondeadas (3 a 7 cm); pocas piedras, muy intemperizadas (7 a 25 cm); límite gradual, irregular.

HC₂ 70-115cm Pardo fuerte (7,5YR 5/6) en húmedo y amarillo rojizo (7,5YR 6/6) en seco; franco arcilloso; estructura de bloques subangulares, mediana, débil; adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, muy finos; abundantes gravas gruesas (3 a 7 cm); muchas piedras, muy intemperizadas (15 a 35 cm); límite gradual, irregular.

HC₃ 115 -140cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y amarillo rojizo (7,5YR 6/6) en seco; franco arcilloso; estructura de bloques subangulares, mediana, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos y muy finos; presencia de rocas , muy intemperizadas.

Los suelos de topografía plana a casi plana abarcan una pequeña extensión y es común observar sobre la superficie de ellos, abundante cantidad de

cantos rodados de diferentes tamaños que se distribuyen en forma de parches o manchas; estos cantos rodados también se observan en el perfil en estratos discontinuos que se ubican a diferentes profundidades.

En las zonas de topografía ligeramente ondulada, que generalmente se ubican en pie de monte, además de la abundante cantidad de piedras, de bordes redondeados, se observan gran cantidad de fragmentos rocosos, que posiblemente hayan sido arrastrados de las partes altas.

En resumen, la cantidad de piedras y fragmentos rocosos son suficientes para impedir el uso de maquinaria, excepto máquinas livianas y herramientas manuales.

4.2.4.2. Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas y químicas de los perfiles modales para esta fase, se encuentran en los Cuadros 16, 17, 18 y 19.

4.2.4.3. Clasificación de la fase y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación

Por los mismos conceptos que se utilizaron para identificar a la fase normal, se puede clasificar a esta fase en las siguientes categorías de la Séptima Aproximación (59, 61):

Orden	:	Inceptisol
Sub-orden	:	Tropepts
Gran Grupo	:	Dystropepts
Sub-grupo	:	Typic Dystropepts
Familia	:	Fine-fine loamy, mixed isohyperthermic.

Cuadro 17. Características químicas del perfil 5 (Serie Instituto, fase pedregosa)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P Disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm			←-----%-----→				pm
A ₁₁	0-15	5.5	4.7	8.13	4.72	0.38	12.4	1.68
A ₁₂	15-30	5.3	4.7	2.92	1.69	.15	14.1	1.43
AC	30-48	5.2	4.8	1.33	.77	.05	15.4	1.38
C ₁	48-78	5.1	4.8	1.04	.61	.03	20.3	1.86
C ₂	78-100	5.1	4.5	.90	.52	.03	17.3	.15
C ₃	100-130	5.7	5.0	.83	.48	.02	24.0	7.88

68

C.I.C.	Bases Cambiables				Relaciones				
	Ca	Mg	K	Mn	K/Na	Ca/Mg	Mg/K	$\frac{Ca + Mg}{K}$	
	-----meq/100 g de suelo -----→				.S.B.				
	←-----%-----→								
47.56	5.57	1.15	0.14	0.05	16.11	0.9	4.8	8.2	48.0
39.60	3.44	1.06	.11	.02	12.87	.9	3.2	9.6	40.9
35.40	3.44	1.13	.09	.01	14.79	.4	3.0	12.5	50.8
29.95	2.88	1.09	.11	.01	15.11	.6	2.6	9.9	36.1
36.07	.50	2.63	.18	.01	10.90	.6	0.2	14.6	17.4
35.45	.98	4.38	.21	.33	18.20	.6	0.2	20.8	25.5

Cuadro 18. Características físicas del perfil 7 (Serie Instituto, fase pedregosa).

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Distrib. de partículas		Clase textural
					Arena	Limo Arcilla	
	←-cm→	←-gr/cc-→	←-→	←-→	%	-----→	
Ap	0-22	1.21	2.6	44.21	54.34	25.00	32.20 Franco Arcilloso
AC	22-50	1.21	2.6	46.84	53.82	18.40	53.20 Arcilloso
C ₁	50-70	1.21	2.7	49.20	35.68	22.20	48.50 Arcilloso
IIC ₂	70-115	1.11	2.7	51.70	59.64	28.30	39.50 Franco Arcilloso
IIC ₃	115-140	1.15	2.8	51.41	58.48	33.00	38.00 Franco Arcilloso

Profundidad	Retención de humedad			Hum. volu-métrica		Espacio aéreo		Agua disponible (0,33 y 15 bares)		Agua fácilmente ponible (5 y 15 bares)			
	0,1 bar	0,33 bar	0,5 bar	1,0 bar	5,0 bar	10,0 bar	15,0 bar	0,1 bar	0,33 bar	1,0 bar	15 bares		
cm	←-→	←-→	←-→	←-→	←-→	←-→	←-→	←-→	←-→	←-→	←-→		
0-22	46.74	43.90	41.82	36.19	34.04	32.96	30.84	56,55	53.12	0.0	1.22	13.06	9.86
22-50	45.29	43.95	43.69	42.34	40.00	39.80	38.38	54.80	53.18	0.0	0.64	5.57	3.95

Cuadro 19. Características químicas del perfil 7 (Serie Instituto, fase pedregosa)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P Disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm	←-----%-----→						ppm
Ap	0-22	5.7	5.2	6.19	3.59	0.30	12.0	1.62
AC	22-50	5.7	5.4	2.74	1.59	.10	15.9	.32
C ₁	50-70	5.1	4.5	Tr	Tr	.05	-	.23
IIC ₂	70-115	5.4	4.3	0.89	0.51	.03	17.0	.74
IIC ₃	115-140	5.1	4.5	1.27	0.74	.05	14.8	1.73

C.I.C.	Bases Cambiales				S.B.	Relaciones				
	Ca	Mg	K	Na		Mn	K/Na	Ca/Mg	Mg/K	
←-----meq/100 g de suelo -----→	%-----→							$\frac{Ca + Mg}{K}$		
42.80	7.96	1.89	0.31	0.12	0.01	26.53	2.6	4.2	6.1	31.8
47.28	6.21	2.31	.10	.27	.01	21.29	.4	2.7	23.1	85.2
34.51	3.23	2.42	.09	.30	.02	19.50	.3	1.3	26.9	62.8
47.72	0.99	2.69	.25	.38	.02	10.02	.7	0.4	10.8	14.7
46.68	3.75	2.58	.31	.30	.02	16.36	1.0	1.4	8.3	20.4

La discusión de los criterios, que sirven para clasificar a los suelos de esta fase, ya fueron mencionados anteriormente, cabiendo anotar que los horizontes AC han sido identificados como Cámbicos.

4.2.5 Fase Instituto pantanoso (I pa)

Los suelos de esta fase están localizados en una depresión que localmente se denomina "la laguna". La superficie de estas tierras son ligeramente onduladas. Durante los meses lluviosos el área se inunda casi en su totalidad.

El drenaje de estos suelos es imperfecto e inadecuado para cualquier clase de cultivo a excepción de unas pocas gramíneas espontáneas de escaso valor forrajero.

El drenaje natural y artificial de estos suelos es deficiente, de allí que la tabla de agua se encuentre en la superficie o muy cercana a ella.

4.2.5.1. Descripción del perfil modal

El perfil 26 es el modal de esta fase, y se describe a continuación.

Perfil 26

A ₁₁ 0 - 16 cm	Negro (5YR 2/1) en húmedo y pardo rojizo oscuro (5YR 2/2) en seco; franco; estructura granular, fina, fuerte; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, duro en seco; muchos poros intersticiales, medianos y gruesos; muchas raíces, finas, medianas y gruesas y abundantes restos de las mismas, en descomposición; límite neto, plano.
---------------------------	---

- A₁₂ 16 - 32 cm Negro (10YR 2/1) en húmedo y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en seco; franco, estructura granular, fina, fuerte; adherente, plástico, muy friable en húmedo, duro en seco; muchos poros intersticiales medianos y gruesos; abundantes raíces, finas y medianas; límite brusco, plano.
- AC 32 - 70 cm Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo y pardo pálido (10YR 6/3) en seco; abundantes moteados, gruesos, nítidos, grises y rojizos. Material gleysado; arcilloso; masivo, sin estructura definida; adherente, plástico, firme en húmedo, extremadamente duro en seco; poros no observados; muy pocas raíces, finas; límite gradual, ondulado.
- C₁ 70 - 95 cm Pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y gris claro (10YR 7/2) en seco; presencia de moteados, difusos, rojizos; franco arenoso; masivo, sin estructura definida, ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme en húmedo, muy duro en seco; poros no observados.

A 90 cm se nota la presencia de un estrato edurecido de material consolidado que pudiera considerarse como un fragipan.

El perfil muestra características de gley, lo que identifica a éstos suelos como Intrazonales hidromórficos (26).

El drenaje interno de estos suelos varía desde muy escasamente drenado a escasamente drenado y éstas variaciones son apreciables de un lugar

a otro. Cuando son muy escasamente drenados el agua se retira del suelo tan lentamente que la capa freática está en la superficie o encima de ésta, la mayor parte del tiempo. Generalmente el lugar es plano o deprimido y está frecuentemente encharcado, la vegetación la constituye principalmente el "pasto Pará" (Panicum purpurascens).

Si el suelo es escasamente drenado, éste permanece mojado gran parte del año. La capa freática está próxima a la superficie; bajo estas condiciones la profundidad del suelo es mayor y la vegetación está dominada por el "gramalote" (Paspalum fasciculatum).

En muchos puntos del área se puede notar en profundidad, la presencia de piedras redondeadas de origen volcánico (26). La proporción de las cantidades de piedras (muy intemperizadas) varía de un lugar a otro y siempre se encuentran entremezcladas con materiales arcillosos que causan la compactación del subsuelo formando un fragipan que impiden el drenaje.

4.2.5.2. Propiedades físicas y químicas

En los Cuadros 20 y 21 se encuentran las propiedades físicas y químicas de la fase.

La densidad de partículas, en relación al valor promedio de 2,65 gr/cc, alcanza valores bajos en los horizontes superiores y aumentan en profundidad; la densidad aparente es muy baja en los primeros horizontes y aumenta en profundidad; la baja densidad aparente es posible que se deba los altos contenidos de materia orgánica, humedad gravimétrica y porosidad total.

El contenido de materia orgánica es muy alto en el horizonte A (Cuadro 7), bajo en el segundo horizonte, y solo trazas en el horizonte C.

Cuadro 20. Características físicas del perfil 26 (Serie Instituto, fase pantanosa)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural	
						Arena	Limo Arcilla		
A ₁₁	0-16	0.39	2.0	222.41	80.79	42.00	35.00	23.00	Franco
A ₁₂	16-32	0.42	2.0	178.29	78.79	46.20	31.30	22.50	Franco
AC	32-70	1.10	2.6	64.90	57.36	20.00	35.20	44.80	Arcilloso
C ₁	70-95	1.36	2.7	49.07	50.62	58.80	26.40	14.80	Franco Arcilloso

Cuadro 21. Características químicas del perfil 26 (Serie Instituto, fase pantanosa)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P Disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm		<-----%----->					ppm
A ₁₁	0-16	4.7	4.6	30.00	17.40	1.57	11.1	5.27
A ₁₂	16-32	4.8	4.6	29.82	17.30	1.59	10.9	3.58
AC	32-70	4.7	4.4	0.74	0.44	0.11	4.0	1.12
C ₁	70-95	5.4	4.9	Tr	-	.03	-	6.05

C.I.C.	Bases Cambiables				S.B.	Relaciones				
	Ca	Mg	K	Na		Mn	K/Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg K
	←-----meq/100 g de suelo -----> %									
80.49	3.24	1.71	0.42	0.15	0.36	7.94	2.8	1.9	4.1	11.8
84.03	3.18	2.28	.37	.15	.39	8.10	2.5	1.3	6.2	14.7
47.61	2.55	3.18	.18	.15	.50	13.54	1.2	.8	17.7	31.8
43.85	3.13	5.34	.27	.16	.55	21.98	1.7	.6	19.8	31.4

El alto contenido de la materia orgánica turbosa puede deberse a que estos suelos siempre permanecen húmedos o mojados impidiendo su adecuado aireamiento y consecuente el proceso de descomposición es lento, lo que favorece su acumulación. En estas condiciones la actividad microbiana es escasa.

El contenido de nitrógeno total es muy alto (Cuadro 7) en el horizonte superior y disminuye bruscamente siguiendo un comportamiento similar al de la materia orgánica.

La capacidad de intercambio de cationes es alta en el primer horizonte y decae bruscamente en profundidad.

Los valores de las bases cambiables pueden compararse con los patrones standards de Hardy (Cuadro 7), pudiendo anotar que el contenido de Ca es bajo en todo el perfil, mientras que el de Mg es bajo en la parte superior y tiende a aumentar con la profundidad. El K intercambiable es medianamente alto y disminuye en profundidad (Cuadro 7).

La saturación de bases es bajo y se debe a la capacidad de intercambio de cationes alta.

4.2.5.3. Clasificación de la fase y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.

Los suelos de esta fase, de acuerdo con sus características morfológicas, físicas, químicas, factores de sitio y material parental podrían clasificarse en las siguientes categorías de la Séptima Aproximación (59, 61).

Orden : Inceptisol
 Sub-orden : Aquepts
 Gran Grupo : Tropaquepts
 Sub-grupo : Fluventic Tropaquepts
 Familia : Fine-fine loamy, mixed isohyperthermic

Los criterios para la clasificación del Orden Inceptisol ya han sido descritos, cabiendo anotar que el horizonte diagnóstico cámbico, es el AC y el horizonte diagnóstico úmbrico es el A(A₁₁ y A₁₂).

A continuación se discuten las características que permiten ubicar a estos suelos en el sub-orden: Aquepts:

- 1) Son fuertemente gleyzados.
- 2) En algún período del año son saturados con agua o tienen drenaje artificial.

Para las consideraciones del Gran Grupo: Tropaquepts, se tienen las siguientes características:

- 1) Tienen menos de 5°C de diferencia entre la temperatura promedio de verano y la temperatura promedio de invierno a 50 cms de profundidad.
- 2) Pueden contener un contacto lítico o paralítico a profundidad variable.
- 3) Tener una saturación sódica de 15% ó menor entre los primeros 50 cm de profundidad, que dicha saturación permanezca constante o que aumente a profundidades mayores de 50 cm.

Las características que conducen a clasificar a estos suelos en el sub-grupo: Fluventic Tropaquepts, son los siguientes:

- 1) Tener un 60% o más de color matriz en todo el horizonte A₁ o Ap.
- 2) Carecer de epipedón hístico.
- 3) Carecer de contacto lítico dentro de los primeros 50 cm a partir de la superficie.
- 4) Carecer de un horizonte enterrado entre los primeros 50 cm de profundidad.

La discusión para la clasificación de la familia: Fine-Fine loamy, mixed, isohyperthermic ya han sido consideradas anteriormente.

4.2.6. Serie La Margot, fase normal (LM)

Los suelos de esta serie se encuentran ubicados en terrenos de topografía plana a casi plana, presentan pendientes que varían de 1 a 4%, pudiendo elevarse este porcentaje en zonas próximas al río Reventazón. En algunos sitios, y en forma bastante dispersa, se presentan microrrelieves constituidos por pequeños montículos, con abundante material grueso y piedras que hacen al suelo más delgado, o depresiones que presentan síntomas de drenaje deficiente, que se evidencia por moteados y tabla de agua al metro de profundidad.

4.2.6.1. Descripción del perfil modal

El perfil 10 es el modal de esta serie y se describe a continuación.

Perfil 10

Ap 0 - 20 cm	Pardo rojizo oscuro (5YR 3/2) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; franco arcilloso; estructura de bloques subangulares que se disgregan
--------------	--

en gránulos finos, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares e intersticiales, finos; muy pocas gravas finas, de bordes redondeados (0,5 a 1,5 cm); raíces comunes, finas y medianas; límite neto, plano.

- A₃ 20 - 40 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, microestructura granular, fina, moderada; adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares e intersticiales, finos; pocas raíces, finas y medianas; límite neto, plano.
- BC 40 - 63 cm Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y pardo (7,5YR 5/4) en seco; arcilloso; adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; muchas gravas medianas y gruesas de bordes redondeados (4 a 15 cm); muy pocas raíces, finas; límite neto, ondulado.
- C₁ 63 - 98 cm Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo y pardo amarillento claro (10YR 6/4) en seco; muy pocos moteados, finos, medianos, difusos, rojizos y amarillentos; arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina y media, muy débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, ligeramente duro en

seco; muchos poros intersticiales, finos y medianos; pocas gravas gruesas, de bordes redondeados (5 a 10 cm); muy pocas raíces, medianas; límite gradual, irregular.

C₂ 98 - 115 cm Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo y pardo amarillento claro (10YR 6/4) en seco; muy pocos moteados, finos, difusos, rojizos y amarillentos; franco arcilloso; estructura de bloques angulares, fina y mediana, muy débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico; muy friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; presencia de abundantes fragmentos rocosos, muy intemperizados.

Según Dóndoli y Torres (17) y posteriormente Hardy (26) los suelos de esta serie tienen origen lacustre o fluvio-lacustre que descansan directamente sobre aglomerados del Plioceno inferior. El aluvión es relativamente viejo y comprende una ancha terraza que ocupa una posición casi inmediata a los ríos Reventazón y Turrialba.

Por el análisis del perfil puede notarse que los horizontes superficiales empiezan a tener una diferenciación genética por haber estado expuestos sus materiales a la acción de la meteorización y a los procesos de eluviación e iluviación.

La presencia de gravas, piedras y fragmentos rocosos, en avanzado estado de meteorización, dentro del perfil, es variable pero generalmente el contenido es mayor con la profundidad.

4.2.5.2. Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas y químicas de la serie, se describen en los Cuadros 22 y 23.

La densidad de partículas alcanzan valores moderadamente superiores al valor promedio de 2,65 g/cc (9); la densidad aparente es baja, pero aún se encuentra dentro de los valores asignados a los suelos minerales (9), se incrementa con la profundidad, posiblemente, debido a la disminución del contenido de materia orgánica, aumento de la compactación del suelo y a la presencia de óxidos de hierro (3).

La baja densidad aparente y el moderado contenido de arcilla hacen que estos suelos tengan una porosidad adecuada, que se incrementa con la profundidad, y una mediana retención gravimétrica y agua disponible para las plantas.

Los rangos para materia orgánica son medianamente altos (Cuadro 7) y decrecen con la profundidad; el contenido de nitrógeno total es alta en superficie y disminuye en profundidad; los valores para la relación C/N son altos (Cuadro 7).

La capacidad de intercambio de cationes permanece más o menos estable en todos los horizontes por el equilibrio que presentan la disminución paulatina de la materia orgánica y el contenido, más o menos uniforme de las otras bases de cambio, en relación a la profundidad del perfil.

Las relaciones entre los diferentes bases de cambio acusan un gran desbalance.

Cuadro 22. Características físicas del perfil 10 (Serie La Margot, fase normal)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimét.	Porosidad	Distrib. de partículas			Clase textural
						Arena	Limo	Arcilla	
	←-cm→	←-gr/cc→		←		←-gr/cc→	←-gr/cc→	←-gr/cc→	
Ap	0-20	1.10	2.6	33.59	57.69	23.00	42.60	35.00	Franco Arcilloso
A ₃	20-40	1.24	2.7	40.62	54.24	15.80	26.20	58.00	Arcilloso
BC	40-63	1.14	2.7	49.12	58.09	25.00	30.00	45.00	Arcilloso
C ₁	63-98	1.06	2.7	52.87	60.74	27.20	31.90	40.90	Arcilloso
C ₂	98-115	1.06	2.9	57.50	63.57	29.50	30.60	39.90	Franco Arcilloso

Profundidad	Retención de humedad			Hum. volu- métrica			Espacio aéreo			Agua dispo- nible (0.33 y 15 bares)	Agua fácil- mente (5 y 15 bares)		
	0,1 bar	0,33 bar	0,5 bar	1,0 bar	5,0 bares	10,0 bares	15,0 bares	0,1 bar	0,33 bar			0,33 bar	
cm ←	←-gr/cc→			←-gr/cc→			←-gr/cc→			←-gr/cc→	←-gr/cc→		
0-20	39.47	37.80	36.73	35.29	33.05	31.91	31.13	43.42	41.58	14.27	16.11	6.67	4.75
20-40	40-62	39.90	39.21	36.17	33.01	31.42	29.70	50.37	49.48	3.87	4.76	10.20	6.89

Cuadro 23. Características químicas del perfil 10 (Serie La Margot, fase normal)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P Disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm			←-----%-----→				ppm
A _p	0-20	5.3	4.5	6.66	3.84	0.35	11.0	2.15
A ₃	20-40	5.4	4.6	3.34	1.94	.13	14.9	0.90
BC	40-63	5.3	4.7	2.13	1.23	.06	20.5	2.20
C ₁	63-98	5.4	4.5	1.53	.88	.05	17.6	1.72
C ₂	98-115	5.2	4.4	1.53	.88	.04	22.0	2.27

C.I.C.	Bases Cambiables						Relaciones			
	Ca	Mg	K	Na	Mn	S.B.	K/Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg / K
←-----meq/100 g de suelo -----→						←-----%-----→				
41.07	4.66	1.49	0.69	0.41	0.09	18.76	1.7	3.1	2.1	8.9
56.68	4.50	1.12	.13	.21	.01	11.29	.6	4.0	8.6	43.2
46.90	4.22	1.96	.48	.22	.01	14.70	2.2	2.1	2.0	12.9
46.74	3.57	2.08	.40	.33	.01	13.68	1.2	1.7	2.2	14.1
48.31	3.36	2.08	.45	.28	.01	12.79	1.6	1.6	1.9	12.1

4.2.6.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.

Los suelos de la serie La Magot, de acuerdo con sus características morfológicas, físicas, químicas, factores de sitio y material parental se clasifican según las categorías de la Séptima Aproximación en:

Orden	:	Inceptisol
Sub-orden	:	Tropepts
Gran Grupo	:	Dystropepts
Sub-grupo	:	Typic Dystropepts
Familia	:	Fine, mixed, isohyperthermic.

Los criterios que han servido para clasificar a estos suelos en las categorías antes mencionadas, ya fueron discutidas en páginas anteriores. El horizonte BC se ha identificado como Cámbico.

4.2.7. Fase: La Margot coluvial (LM cl.)

Los suelos de esta fase son semejantes a los de la fase normal. Se sitúan en zonas de topografía ondulada con pendientes que varían de 3 a 6%. En superficie se encuentran piedras y fragmentos rocosos que cubren aproximadamente el 10% del área, a la vez que mezclas de materiales de origen coluvial reciente, provenientes de laderas vecinas pertenecientes a la serie Colorado.

La cantidad de piedras en la superficie y en el perfil pueden impedir el uso de maquinarias a excepción de máquinas livianas y herramientas manuales.

El drenaje es de bueno a excesivo.

4.2.7.1. Descripción del perfil modal

El perfil 23 es el modal de esta fase, y se describe a continuación:

Perfil 23

Ap ₁	0 - 12 cm	Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco; franco arcilloso; estructura granular, fina, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; abundante cantidad de raíces finas y medianas; límite difuso, plano.
Ap ₂	12 - 35 cm	Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, mediana, moderada; adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos y muy finos; pocas piedras y gravas gruesas de bordes redondeados (2 a 10 cm); raíces comunes, medianas y gruesas; límite gradual, plano.
AC	35 - 60 cm	Pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, débil; adherente, plástico, friable en húmedo, muy duro en seco; muchos poros tubulares, finos; pocas piedras y gravas gruesas de bordes redondeados (5 a 15 cm); pocas raíces, medianas; límite gradual, irregular.

- C₁ 60 - 90 cm Pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo y pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco; arcilloso; adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares e intersticiales finos; abundantes gravas gruesas de bordes redondeados (3 a 10 cm); abundantes fragmentos rocosos; límite difuso, irregular.
- C₂ 90 - 120 cm Pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento oscuro (10YR 5/4) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; muchos poros tubulares e intersticiales, finos; abundantes fragmentos rocosos y piedras.

4.2.7.2. Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas y químicas del perfil modal, se encuentran en los Cuadros 24 y 25.

Como ya se mencionó anteriormente, ésta fase posee características muy similares a la serie y sus diferencias pueden apreciarse en que poseen un contenido menor de materia orgánica y su distribución no es tan profunda.

4.2.7.3. Clasificación de la fase y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación

Los suelos de esta fase, por poseer características similares a los de la fase normal, pueden clasificarse en forma similar en las siguientes categorías de la Séptima Aproximación.

Cuadro 24. Características físicas del perfil 23 (Serie La Margot, fase coluvial).

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural
						Arena	Limo Arcilla	
AP ₁	0-12	1.01	2.6	30.36	61.45	28.20	36.90	Franco Arcilloso
AP ₂	12-35	1.31	2.7	38.57	51.30	27.00	31.00	Arcilloso
BC	35-60	1.27	2.7	38.93	53.48	24.60	27.20	Arcilloso
C ₁	60-90	1.24	2.7	42.51	54.74	25.20	25.40	Arcilloso
C ₂	90-120	1.21	2.7	43.38	55.84	31.40	25.30	Arcilloso

Profundidad	Retención de humedad			Hum. volu-métrica			Espacio aéreo		Agua disponible		Agua fácilmente		
	0,1 bar	0,5 bar	1,0 bar	0,1 bar	0,33 bar	0,1 bar	0,33 bar	0,1 bar	0,33 bar	0,33 bar			
0-12	43.95	42.80	41.58	38.20	35.71	35.44	34.83	44.39	43.23	17.06	18.18	7.97	7.09
12-35	39.60	37.30	34.82	34.65	33.98	32.00	29.46	51.88	48.86	0.0	6.44	7.84	3.32

Cuadro 25. Características químicas del perfil 23 (Serie La Margot, fase coluvial)

Horizonte	Prof. cm	pH		MO	C	N	C/N	P Disponibile
		H ₂ O	CaCl ₂					
Ap ₁	0-12	4.4	3.8	3.78	2.19	0.27	8.1	23.10
Ap ₂	12-35	5.0	4.5	1.02	.59	.16	3.7	2.35
BC	35-60	5.7	5.3	.11	.06	.65	1.2	1.20
C ₁	60-90	5.3	4.7	Tr	-	.04	-	5.28
C ₂	90-120	5.5	4.6	Tr	-	.03	-	1.23

88

C.I.C	Bases Cambiables				S.B.				Relaciones	
	Ca	Mg	K	Na	Mn	K/Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg K	
←-----meq/100 g de suelo -----→										
38.90	0.33	0.62	0.79	0.13	0.11	5.29	6.1	0.8	0.5	1.2
39.78	2.02	1.03	.63	0.16	.02	10.81	3.9	1.6	1.9	4.8
38.74	2.74	1.66	.18	.13	.01	13.94	1.4	9.2	1.6	24.4
45.90	1.97	1.72	.24	.18	.01	10.40	1.3	7.2	1.1	15.4
48.28	1.40	2.73	.14	.17	.01	10.79	.8	19.5	.5	29.5

Orden : Inceptisol
 Sub-orden : Tropepts
 Gran Grupo: Dystropepts
 Sub-grupo : Typic Dystropepts
 Familia : Tine, mixed, isohyperthermic.

El horizonte BC se ha identificado como Cámbico

4.3. Suelos de tierras altas

4.3.1. Serie Cervantes

Los suelos de esta serie están perfectamente localizados y circunscritos a pequeñas áreas que se encuentran diseminadas como inclusiones dentro de otras series o fases de suelos.

Son pequeños cerros o lomadas de topografía fuertemente ondulada o montañosa. Presentan en su superficie, piedras y fragmentos rocosos angulares o subangulares de varios tamaños.

El drenaje es de bueno a excesivo.

4.3.1.1. Descripción de perfil modal

El perfil 29 puede considerarse como modal, y se describe a continuación:

Perfil 29

A₁ 0 - 22 cm Pardo rojizo oscuro (5YR 3/2) en húmedo y pardo oscuro (10YR 4/3) en seco; franco arcilloso; estructura granular, media, moderada; adherente, plástico, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos; muchas gravas gruesas (2,5 a 7 cm); muchas piedras y fragmentos rocosos (15 a 30 cm); raíces comunes, finas; límite difuso, irregular.

- B₂ 22 - 45 cm Pardo amarillento (5YR 4/6) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, moderada; adherente, plástico, muy friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos; gran cantidad de piedras (10 a 60 cm); raíces muy abundantes, finas; límite difuso, irregular.
- BC 45 - 75 cm Pardo rojizo (5YR 4/3) en húmedo y pardo (7,5YR 5/4) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina, débil; adherente, plástico, firme en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, finos y medianos; gran cantidad de gravas gruesas (3 a 7 cm); muchas piedras (10 a 40 cm); muchos fragmentos rocosos, muy intemperizados (40-60 cm); límite difuso, irregular.
- C 75 + cm Pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo y de pardo a pardo fuerte (7,5YR 5/5) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, mediana, débil; adherente, plástico, firme en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, medianos; gran cantidad de piedras y rocas intemperizadas (10-60 cm).

El perfil presentado anteriormente difiere de los descritos por Dóndoli y Torres (17), pero encuentra correspondencia con los encontrados, dentro del afea del CTEI, por Hardy (26) que indica que son suelos que se han desarrollado a partir de lava consolidada y que pueden agruparse como litosoles azonales.

Por comprobaciones con barrenos, dentro de esta unidad, puede indicarse que las variaciones más notables se observan en el horizonte superficial y ello se debe principalmente al grado de uso y manejo de que han sido objeto. Este horizonte puede ser más o menos profundo que el descrito o que su color sea un poco más oscuro, lo cual evidenciaría un mayor contenido de cenizas volcánicas y probablemente mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno total; pero en todo caso, son suelos pedregosos de fuertes pendientes y limitados para ciertos tipos de cultivos, como pastos y silvicultura.

4.3.1.2. Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas y químicas del perfil 29 se encuentran en los Cuadros 26 y 27.

Los valores de la densidad de partículas son altos en todo el perfil en comparación al valor de 2,65 gr/cc; la densidad aparente es superior a 1 gr/cc, notándose una leve disminución en profundidad, lo cual puede deberse a la gran cantidad de gravas y piedras.

El contenido de materia orgánica acusó valores medios sólo en el horizonte A, encontrándose trazas en el resto del perfil; los rangos para nitrógeno total siguen un comportamiento similar a la de la materia orgánica (Cuadro 7).

La capacidad de intercambio de cationes alcanza valores medios y permanece más o menos constante en todos los horizontes; éste valor está posiblemente influenciado por el contenido de Ca que disminuye en profundidad y el de Mg que a la inversa del Ca aumenta con la profundidad. El contenido de K intercambiable es bajo (Cuadro 7).

Cuadro 26. Características físicas del perfil 29 (Serie Cervantes)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimét.	Porosidad	Distrib. de partículas	Clase textural
						Arena	Limo Arcilla
A ₁	0-22	1.3	2.70	35.92	52.59	26.40	37.40 36.20
B ₂	22-45	1.3	2.75	38.44	54.18	25.40	32.60 42.00
BC	45-75	1.2	2.75	44.58	55.64	25.60	34.00 40.40
C	75+	1.2	2.75	46.70	55.27	29.20	30.40 40.40

Profundidad	Retención de Humedad	Hum. volu- métrica	Espacio aéreo	Agua disponible	Agua fácilmente
	bares	bar	bar	bares	bares)
0-22	0,5 1,0 5,0 10,0 15,0	0,1 0,33 0,1	0,33 0,33	0,33 0,33	15 (5 y 15
22-45	0,1 0,33 0,1	0,33 0,33	0,33 0,33	0,33 0,33	bares)

cm	←	gr/cc	→	←	→	cc agua/100cc S.	←	→
0-22	49.14	45.70	43.78	40.00	34.44	33.85	32.41	62.90 58.50 0.0 0.0 13.29 6.53
22-45	48.60	46.90	45.78	44.73	35.76	35.00	33.33	61.24 59.09 0.0 0.0 13.57 7.09

Cuadro 27. Características químicas del perfil 29 (Serie Cervantes)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P Disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm		←-----%-----→					ppm
A ₁	0-22	6.1	5.7	2.01	0.11	0.13	0.85	--
B ₂	22-45	5.9	5.5	Tr	-	0.05	-	0.92
BC	45-75	5.3	4.8	Tr	-	0.04	-	--
C	75+	5.3	4.9	Tr	-	0.03	-	0.23

C.I.C.	Bases Cambiables				S.B.			Relaciones		
	Ca	Mg	K	Na	Mn	K/Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg	K
←-----meq/100 g de suelo -----→										
										%
49.98	10.15	1.10	0.21	0.92	0.02	24.81	0.2	9.2	5.2	53.6
51.08	7.96	2.41	0.07	0.81	0.03	22.08	0.1	3.3	34.4	148.1
54.29	5.40	4.80	0.06	0.76	0.01	20.32	0.1	1.1	80.0	170.0
51.38	4.79	3.99	0.09	0.97	0.02	19.19	0.1	1.2	44.3	97.5

El porcentaje de la saturación de bases, en correspondencia a la CIC, permanece estable a través de todo el perfil.

El desbalance entre las relaciones de bases es muy notorio.

4.3.1.3. Clasificación de la serie y discusión de sus categorías según la Séptima Aproximación.

Los suelos de esta serie pueden clasificarse en las siguientes categorías de la Séptima Aproximación, teniendo en cuenta sus características morfológicas, físicas, químicas, factores de sitio y material parental (59, 61):

Orden	:	Inceptisol
Sub-orden	:	Tropepts
Gran Grupo	:	Dystropepts
Sub-grupo	:	Typic Dystropepts
Familia	:	Fine, mixed, isohyperthermic.

El orden Inceptisol además del horizonte diagnóstico (cámbico) puede poseer un epipedón ócrico (A_1), cuya presencia se evidencia por:

- 1) Las cantidades de carbono orgánico son muy bajas.
- 2) Colores de intensidad más bajos que 5,5 en seco y menores que 3,5 en húmedo, según la tabla de Munsell (42).
- 3) Los colores son más claros que los del horizonte C.

El resto de las consideraciones para la clasificación del orden, sub-orden, Gran Grupo, sub-grupo y familia, ya han sido consideradas anteriormente.

4.3.2. Serie Colorado

Los suelos de la serie Colorado se sitúan en zonas de topografía montañosa, con pendientes variables entre 15 y 30%. Frecuentemente estos suelos son surcados por quebradas profundas que son lechos de arroyos que crecen en épocas lluviosas, causando la erosión de los suelos.

Los suelos son susceptibles al movimiento de tierras que se conocen como de 'reptación', lo cual origina pequeñas terracetas de formas características y de microtopografías ligeramente ondulada.

En lugares erosionados pueden apreciarse la presencia de fragmentos rocosos y piedras.

El drenaje es de bueno a moderadamente bien drenado.

4.3.1.2. Descripción del perfil modal

El perfil 25 corresponde al modal, y se describe a continuación.

Perfil 25

A ₁	0 - 20 cm	Pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo y pardo oscuro (10YR 3/3) en seco; franco arcillo limoso; estructura granular, gruesa, fuerte; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares e intersticiales, finos y medianos; abundante cantidad de raíces, medianas y gruesas; límite gradual, plano.
A ₃	20 - 50 cm	Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en húmedo y en seco (7,5YR 4/4); arcilloso; estructura de bloques subangulares, mediana, moderada; ligeramente adherente,

- ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares e intersticiales, finos; muy finos y gruesos; raíces abundantes, finas, medianas y gruesas; límite gradual, plano.
- B₂₁ 50 - 85 cm Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo y pardo rojizo (5YR 4/4) en seco; arcilloso; estructura granular, fina, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; muchos poros tubulares, finos y muy finos; pocas raíces, finas y medianas; límite gradual, ondulado.
- B₂₂ 85 - 130 cm Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo y pardo fuerte (7,5YR 5/6) en seco; arcilloso; estructura de bloques subangulares, fina y mediana, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares, muy finos, finos y medianos.

El perfil muestra características morfológicas de suelos bien desarrollados, con horizontes definidos y extremadamente profundos cuando no están erodados.

En suelos ubicados en fuertes pendientes, fase erodada según Hardy (26), los suelos son poco profundos con la roca madre o fragmentos rocosos muy superficiales.

El buen desarrollo de estos suelos se debe al gran tiempo en que han estado expuestos a la meteorización y continua lixiviación (28). Se han desarrollado sobre rocas ígneas básicas o sub-básicas (25) pertenecientes al Mioceno superior o Plioceno inferior y han sido clasificados como "Latosoles seniles" (25, 28).

4.3.2.2. Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas y químicas se encuentran en los Cuadros 28 y 29.

El color del horizonte A está relacionado al alto contenido de materia orgánica y el del B a los óxidos libres de hierro (3).

El valor bajo de la densidad aparente, puede deberse a los recientes depósitos de cenizas volcánicas que se han acumulado sobre estos suelos y a su contenido alto de materia orgánica en los primeros horizontes.

La humedad gravimétrica muestra valores medios al igual que el porcentaje de humedad volumétrica y la disponibilidad de agua calculada entre 0,33 y 15,0 bares.

La materia orgánica y el nitrógeno total alcanzan valores altos en el horizonte A (Cuadro 7) y sus contenidos disminuyen con la profundidad.

La capacidad de intercambio de cationes, las bases cambiables y el porcentaje de saturación de bases alcanzan valores de medios a bajos a excepción del Mg que va de valores altos a medianos (Cuadro 7).

4.3.1.4 Clasificación de la serie y discusión de sus características según la Séptima Aproximación.

Estos suelos anteriormente habían sido agrupados como lateríticos (17) o latosoles seniles (25, 28) que correspondían de acuerdo a la Séptima Aproximación al Orden Oxisoles; sin embargo en los suelos estudiados no se detecta en ellos, horizontes diagnósticos argílicos ni óxicos. El horizonte diagnóstico identificado es cámbico y corresponde al B₂₁; aparentemente existe un ligero aumento de la fracción arcilla al paso del horizonte A a B, pero no llega al 10% requerido para producir un cambio textural y constituirse en horizonte argílico.

Cuadro 28. Características físicas del perfil 25 (Serie Colorado)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distrib. de partículas	
						Arena	Limo Arcilla Clase textural
A ₁	0-20	0.90	2.6	57.36	64.84	18.20	35.20 Franco Arcillo Limoso
A ₃	20-50	0.95	2.7	48.35	64.94	11.20	62.60 Arcilloso
B ₂₁	50-85	1.04	2.7	52.00	61.90	12.00	67.00 Arcilloso
B ₂₂	85-130	1.01	2.8	57.30	63.67	8.00	78.70 Arcilloso

Profundidad	Retención de humedad		Hum. volúmetrica		Espacio aéreo	Agua disponible	Agua fácilmente
	0,1 bar	0,5 bar	0,1 bar	0,33 bar			
0-20	0,1 bar	0,5 bar	0,1 bar	0,33 bar	0,33 bar	(0,33 y 15 bares)	5 y 15 bares)
20-50	49.44	44.60	42.30	42.10	39.70	38.82	38.54
0-20	58.33	55.70	53.09	53.00	46.39	43.58	42.85
20-50	49.44	44.60	42.30	42.10	39.70	38.82	38.54
0-20	58.33	55.70	53.09	53.00	46.39	43.58	42.85
20-50	49.44	44.60	42.30	42.10	39.70	38.82	38.54

Cuadro 29. Características químicas del perfil 25 (Serie Colorado)

Horizonte	Prof.	pH		MO	C	N	C/N	P Disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm			←-----%----->				
A ₁	0-20	5.2	5.6	8.52	4.94	0.50	9.9	2.25
A ₃	20-50	5.5	5.1	1.87	1.09	.19	5.7	1.87
B ₂₁	50-85	5.3	5.0	.82	.47	.13	3.6	3.39
B ₂₂	85-130	5.4	4.7	.30	.17	.07	2.4	1.13

C. I. C.	Bases Cambiables				S. B.	Relaciones				
	Ca	Mg	K	Na		Mn	K/Na	Ca/Mg	Ca + Mg / K	
←-----meq/100 g de suelo ----->										
42.92	3.43	5.18	0.28	0.14	0.14	22.54	2.0	0.7	18.5	30.7
36.64	.96	2.51	.10	.13	.04	10.79	.8	.4	25.1	34.7
35.63	.64	1.13	.07	.14	.04	6.00	.5	.6	16.1	25.3
35.76	.32	.11	.05	.14	Tr	1.89	.4	2.9	2.2	8.6

Por sus características morfológicas, físicas, químicas, factores de sitio y material parental, se han clasificado a estos suelos en las siguientes categorías de la Séptima Aproximación (59, 61).

Orden : Inceptisol
 Sub-orden : Tropepts
 Gran Grupo : Dystropepts
 Sub-grupo : Typic Dystropepts
 Familia : Very fine, mixed, isohyperthermic.

Las discusiones para esta clasificación ya fueron hechas en anteriores series de suelos, cabiendo anotar que para definir la familia se tomó en cuenta la enunciado por Hardy (26) de que en estos suelos existen pequeñas cantidades de caolinita cristalizada y cantidades medias de gibsitita, además, Dóndoli y Torres (17) mencionan la existencia de caolinita entre 0,1 a 0,5%. La presencia de metahalosita ha sido detectada por Besoain.*

4.3.3. Serie Birrisito

Dentro de los terrenos del CTEI, estos suelos ocupan las partes más elevadas. Sus características topográficas son similares a la serie Colorado, diferenciándose de ésta en que poseen un recubrimiento de cenizas en la superficie, mucho más grueso y por consiguiente las características del perfil son diferentes.

4.3.3.1. Descripción del perfil modal

El perfil modal de esta serie es el 24; y se describe a continuación.

* Dr. E. Besoain, comunicación personal.

Perfil 24

- A₁ 0 - 25 cm Pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo y pardo gris oscuro (10YR 4/2) en seco; franco; estructura de bloques subangulares, microestructura granular, fina, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, muy duro en seco; muchos poros tubulares e intersticiales, finos y medianos; raíces comunes, finas y medianas; límite gradual, plano.
- AB 25 - 55 cm Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo y de pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en seco; franco arcilloso; estructura granular, fina y mediana, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, blando en seco; muchos poros tubulares, finos y muy finos; raíces muy abundantes, finas y medianas; límite gradual, plano.
- B₂ 55 - 85 cm Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo y pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; arcilloso; estructura granular, fina, débil; adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, duro en seco; muchos poros tubulares e intersticiales, finos y muy finos; gran cantidad de piedras, de origen volcánico, muy intemperizadas (10 a 25 cm).

Los suelos de esta serie se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas que descansan sobre lava vieja muy meteorizada que constituyen el basamento geológico (17, 26). Son muy profundos y bien desarrollados.

4.3.3.2. Propiedades físicas y químicas

Ambas propiedades, correspondientes al perfil modal, se encuentran en los Cuadros 30 y 31.

Las características del perfil son extensivas para todos los suelos de la serie.

Los valores de densidad aparente son bajos en todo el perfil, e inferiores a 1g/cc. La porosidad alcanza valores que disminuyen con la profundidad del perfil.

El buen desarrollo y la madurez de los horizontes queda evidenciado por la fuerte lixiviación de las bases; ésto queda demostrado por la pobreza casi absoluta de Ca y Mg que es probable que se deba al efecto acidulante de la materia orgánica.

Los valores de materia orgánica son muy altos, especialmente en el horizonte A y concuerda con el alto contenido de alofana en este horizonte (41), disminuyendo ambos con la profundidad.

Los contenidos de nitrógeno total son relativamente altos (Cuadro 7) y no obstante la relación C/N resulta alta debiéndose ello, posiblemente, a la alta cantidad de alofana que fija la materia orgánica.

La capacidad de intercambio de cationes alcanza valores medios que disminuyen en profundidad en relación al contenido de materia orgánica y alofana.

Los valores del porcentaje de saturación de bases son muy bajos, lo que está relacionado a la buena capacidad de cambio, el bajo contenido de bases cambiables y la alta acidez.

Las bases de cambio alcanzan valores muy bajos (Cuadro 7) debido a la fuerte lixiviación.

Cuadro 30. Características físicas del perfil 24 (Serie Birrisito)

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partícula	Humedad gravimét.	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural
						Arena	Limo Arcilla	
A ₁	0-25	0.75	2.4	89.34	68.49	38.60	42.90	18.50 Franco
AB	25-55	0.79	2.6	77.38	69.38	33.00	36.40	30.60 Franco Arcilloso
B ₂	55-85	0.99	2.6	58.74	62.64	28.00	29.80	42.20 Arcilloso

103

Profundidad	Retención de humedad		Hum. vol-métrica		Espacio aéreo	Agua disponible (0,33 y 15 bares)	Agua fácilmente disponible (5 y 15 bares)
	0,5 bar	1,0 bar	0,1 bar	0,33 bar			
0,1 bar	0,33 bar	5,0 bares	10,0 bares	15,0 bares	0,1 bar	0,33 bar	
cm		gr/cc	%	cc agua/100ccS.	%	%	
0-25	79.40	77.19	71.87	68.35	65.00	62.22	61.64 59.55 6,85 78,94 17.18 11.05
25-55	67.80	65.51	63.88	57.14	55.88	54.41	55.77 53.56 13.61 15.82 13.39 10.66

Cuadro 31. Características químicas del perfil 24. (Serie Birrisito)

Horizonte	Prof.	pH		MC	C	N	C/N	P Disponible
		H ₂ O	CaCl ₂					
	cm			←-----%-----→				ppm
A ₁	0-25	5.1	4.5	15.70	9.69	0.45	21.5	4.89
AB	25-55	5.0	4.5	8.06	4.67	0.30	15.6	1.87
B ₂	55-85	4.9	4.6	3.17	1.84	0.15	12.3	1.11

C.I.C.	Bases Cambiables				S.B.	Relaciones				
	Ca	Mg	Na	Mn		K/Na	Ca/Mg	Mg/K		
	-----meq/100 g de suelo -----→				%					
49.06	0.64	1.02	0.36	0.14	0.07	4.70	2.6	0.6	2.8	4.6
41.46	0.05	0.14	0.08	0.17	Tr	1.06	0.5	0.4	1.7	2.3
32.96	0.04	0.17	0.06	0.14	Tr	1.24	0.4	0.2	2.8	3.5

4.3.3.3. Clasificación de la serie y discusión de sus características según la Séptima Aproximación

De acuerdo a las características morfológicas, físicas, químicas, factores de sitio y material parental, pueden clasificarse a estos suelos en las siguientes categorías de la Séptima Aproximación (59, 61).

Orden	:	Inceptisol
Sub-orden	:	Andept
Gran Grupo	:	Dystrandeps
Sub-grupo:	:	Typic Dystrandeps
Familia	:	Ashy isohyperthermic

Los conceptos para clasificar a estos suelos dentro del orden Inceptisol, ya fueron discutidos.

Los criterios para la ubicación de estos suelos dentro del sub-orden Andept, son los siguientes:

1) Densidad aparente, en la fracción fina del suelo, menor de 0,85 gr/cc en el epipedón (úmbrico) o en el horizonte cámbico, y el complejo de cambio está dominado por materiales amorfos (41).

2) No son saturados con agua en ninguna estación, o carecen de las características asociadas con la humedad para los Aquepts.

3) Carecen de epipedon "plaggen".

Por las siguientes características se define que pertenecen al Gran Grupo: Dystrandeps:

1) Tienen epipedon úmbrico

2) La retención de humedad a 15 bares es superior al 20% en la succión de control de 25 cm a 1 m de profundidad.

- 3) Ocurren a temperaturas más elevadas que los Cryandepts.
- 4) Carecen de arcillas que se deshidratan irreversiblemente en agregados del tamaño de grava.
- 5) No tienen duripan.

A continuación se describen los criterios para el sub-grupo Typic Dystrandeps:

- 1) Carecen de moteaduras con cromas de 2 ó menos dentro de 1 m de profundidad a partir de la superficie.
- 2) Poseen epipedón úmbrico de 25 cm o más de espesor.
- 3) No se aprecia tixotropismo, en ningún horizonte dentro de la sección de control entre 25 cm y 1 m.
- 4) Carecen de contacto lítico dentro de los 50 cm a partir de la superficie.
- 5) La capacidad de intercambio de cationes es superior a 30 meq/100 g de suelo (determinado en NH_4OAc) en todos los horizontes hasta 1 m de profundidad.

Para la agrupación de la familia Ashy, isohyperthermic, se ha considerado la clasificación hecha por Knox y Maldonado (38) para la serie Birrisito, aunque los lugares por ellos descritos se encuentran a alturas, sobre el nivel del mar, un poco más elevado, con la posibilidad de que la influencia volcánica sobre estos suelos sea más acentuada.

4.3.4. Suelos misceláneos

Se agrupan aquí a todos aquellos suelos que se encuentran localizados en laderas montañosas de los ríos Reventazón, Turrialba y sus afluentes,

con declive cóncavo, relieve escarpado y pendientes mayores de 50%. Son suelos muy superficiales y heterogéneos con severa erosión y piedras, a aflorando en varios puntos la roca madre.

Según Hardy (26) el material parental, de estos suelos, es aglomerado del Plioceno inferior y caen dentro del grupo de litosoles (17, 26).

Estos suelos están expuestos a un rejuvenecimiento constante por acción de la erosión, por tal razón, son poco desarrollados.

4.4. Clasificación de los suelos por su capacidad de uso:

Es un orden sistemático de las diferentes clases de suelos para mostrar su uso más intensivo sin dañarlo e indicar los manejos que requieran.

Básicamente es el resultado de una evaluación de las principales características de los suelos que definen un tipo ideal que presenta todas y cada una de las mejores condiciones para la producción de cosechas y al cual se considera como patrón de comparación para los suelos en estudio en términos de limitación de factores para el uso agrícola adecuado de la tierra.

4.4.1. Metodología empleada

La clasificación de los suelos por su capacidad de uso es preferible que sea hecha para áreas pequeñas, debido a la limitada aplicabilidad de alguno de sus criterios de evaluación y en concordancia con el nivel de estudio del suelo a partir del cual se está trabajando (29).

La metodología que aquí se propone ha surgido de la compilación o formas de evaluación de otros métodos (27, 29, 37) y se considerarán tres grupos de condiciones, las que pueden producir respuestas en el cultivo en interacción con el medio ambiente y en relaciones de unas con otras.

Los tres grupos de características son:

- A) Características de sitio. Se agrupan aquí a las propiedades permanentes del suelo en relación a su posición fisiográfica. Las propiedades consideradas son: relieve (pendiente), erosión, pedregosidad (o rocosidad) superficial, drenaje y nivel freático.
- B) Características del perfil de suelo. Se considera que a partir de una profundidad, llamada profundidad de control (61) y que se encuentra entre 25 y 100 cm a partir de la superficie, existen propiedades del suelo que permanecen estables para cada agrupación de suelos. Esas propiedades que aquí se han considerado son: textura, profundidad y pedregosidad (ó rocosidad).
- C) Características químicas. El horizonte superficial de los suelos, o capa arable, es la que entra en contacto directo e inmediato con las plantas y por consiguiente se dió importancia al contenido de los elementos químicos o nutritivos, que se encuentran en dicho horizonte. Se utilizaran los patrones de comparación establecidos por Hardy (27) como provisionales para la presente evaluación.

En el Cuadro 32 se encuentran resumidas las propiedades, a considerar, de las tres características antes enunciadas. La escala establecida en orden decreciente es de bueno, favorable, pobre y malo con puntajes de 10 á 7, 7 a 3, 3 a 0 y 0 a -10 respectivamente. El detalle de estos puntajes se encuentran en el Cuadro 33.

Por la forma como cada grupo de condiciones intervienen en el uso de los suelos, se ha establecido que las condiciones de sitio alcancen un porcentaje total de 50% y las condiciones permanentes del suelo y las condiciones químicas, cada una, tengan un valor de 25%.

Para la clasificación de los terrenos del CTEI se propone cuatro clases de capacidad de uso, a las mismas que se asignan los siguientes puntajes:

Clase I	De 100 a 75 puntos (esta Clase no está presente en el área estudiada).
Clase II	De 75 a 50 puntos
Clase III	De 50 a 25 puntos
Clase IV	De menos de 25 puntos.

En el "Mapa de Capacidad de Uso", que se adjunta en el Apéndice del presente trabajo, se indica la Clase II con color azul, la Clase III con color amarillo y la Clase IV con color rojo. El Mapa original está a una escala de 1:5.000, y una reducción del mismo a una escala aproximada de 1:7.500.

Para la determinación de los puntajes se procede en la siguiente forma:

- A) Las características de sitio tienen un puntaje máximo de 50, valor que se multiplica por 10 y se divide entre 10 para alcanzar el valor asignado de 50%.
- B) El puntaje máximo a que pueden llegar las características permanentes del suelo es de 30, valor que se multiplica por 8,3 y se divide entre 10 para alcanzar el 25%.
- C) El porcentaje asignado para las características químicas es de 25% y se llega a él al amultiplicar por 3,3 el puntaje máximo de 80 a que pueden llegar estas condiciones y, dividirlo entre 10.

En el Cuadro 34 se encuentran anotados los valores o rangos para cada uno de los componentes, de las tres diferentes condiciones, para todos los suelos bajo estudio.

Cuadro 32. Escala de evaluación de las características de capacidad.

Características	Bueno (10-7)	Favorable (7-3)	Pobre (3-0)	Malo (0 á-10)	Puntaje máximo
I) Del sitio:					
Pendiente (%)	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	10
Erosión	Sin	Ligera	Moderada	Fuerte	10
Pedregosidad	Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 4	10
Drenaje	Bueno	Moderado	Imperfecto	Pobre	10
N. freático	150-75 cm	75-35 cm	35-15 cm	15-0 cm	10
II) Del perfil					
Textura	Franca	Arcillosa	Arenosa	Gravas	10
Profundidad	Profundo	Mod. prof.	Superficial	Muy superf.	10
Pedregosidad	0-10 %	10-30%	30-50%	Más de 50%	10
III) Químicas					
Reacción(pH)	6-7 ó 7-8	5-6 ó 8-9	4-5 ó 9-10	< 4 ó > 10	10
Mat. orgánica(%)	Más de 5%	2 a 5%	1 a 2%	0 a 1%	10
Nitró. total (%)	0,25-0,50	0,10-0,25	0,05-0,10	0,0-0,05	10
Fós. disp. (ppm)	60-100	30-60	10-30	0-10	10
K(meq/100g S.)	0,50-0,80	0,30-0,50	0,15-0,30	0,0-0,15	10
Ca(meq/100g S.)	18-30	10-18	5-10	0-5	10
Mg(meq/100g S.)	4,5-8,0	2,5-4,5	1,0-2,5	0,0-1,0	10
Sat. Bases (%)	75-100	30-75	10-30	0-10	10

I) Características del sitio: Puntaje máximo 50. Corresponde al 50%
 II) Características del perfil: Puntaje máximo 30. Corresponde al 25%
 III) Características químicas: Puntaje máximo 80. Corresponde al 25%

160

100 %

Cuadro 33. Detalle de la escala de evaluación para características del sitio y del perfil

Características del sitio:	Puntajes
1) Pendiente:	
Clase 1 : Plano a casi plano : 0 - 2 %	10 a 7
Clase 2 : Suavemente inclinado : 2 - 6 %	7 a 3
Clase 3 : Inclinado : 6 - 13 %	3 a 0
Clase 4 : Moderad. escarpado : 13 - 25 %	0 a -5
Clase 5 : Muy escarpado : Más 25 %	-10
2) Erosión:	
Ninguna	10 a 7
Ligera	7 a 3
Moderada	3 a 0
Fuerte	0 a -5
Muy fuerte	-10
3) Pedregosidad superficial:	
Clase 0 : Menos del 0,01 %	10
Clase 1 : De 0,01 a 0,1 %	10 a 7
Clase 2 : De 0,1 a 3 %	7 a 3
Clase 3 : De 3 a 15 %	3 a 0
Clase 4 : Más de 15%	0 a -10
4) Drenaje	
Bueno	10
Moderado	7
Imperfecto	3
Pobre	0
Muy pobre	-10
5) Nivel freático	
De 75 a 150 cm de profundidad	10
De 35 a 75 cm de profundidad	7
De 15 a 35 cm de profundidad	3
De 0 a 15 cm de profundidad	0
En la superficie	-10

Cuadro 33 (cont.)

Características del perfil:	Puntajes
1) Textura	
Franca (franca, franco arenoso, franco limoso, limoso, franco arcilloso, Fr. Arc. Arenoso, franco arcilloso-limoso)	10
Arcillosa (arcilloso-arenoso, arcilloso-limoso, arcillosa)	7
Arenosa (arenosa, arenoso-franco)	3
Gravas	0
2) Profundidad	
Profundo (más de 1 metro)	10
Moderadamente profundo (entre 1 m y 50 cm)	7
Superficial (entre 50 y 25 cm)	3
Muy superficial (menos de 25 cm)	0
3) Pedregosidad en el perfil	
De 0 a 10 %	10
De 10 a 30 %	7
De 30 a 50 %	3
Más de 50%	0

El puntaje para cada característica así como los puntos para cada uno de los suelos, se encuentran en el Cuadro 35. Con este puntaje final se llega a la clasificación de los suelos por su capacidad de uso.

Por los resultados obtenidos y que se presentan en el Cuadro 35, y por las observaciones y apreciaciones hechas en el campo, se han clasificado a los suelos del CTEI en las siguientes clases de capacidad:

Clase II : Comprende un total de 441,4250 hectáreas, lo que significa el 39,45% del área.

Clase III : Comprende un total de 223,4000 hectáreas, lo que significa el 19,97% del área.

Clase IV : Comprende un total de 454,000 hectáreas, lo que significa el 40,50% del área.

4.4.1.1. Características de las clases:

Clase II. Tierras aptas para cultivos y ganadería en pastos cultivados.

Dentro de esta clase se han agrupado a los suelos que poseen limitaciones moderadas y una aptitud mediana para los cultivos agrícolas y pastos cultivados. La productividad de estas tierras pueden ser tan altas como las de primera clase, pero para ello se requieren mayores inversiones en el manejo de los suelos para corregir los factores adversos.

En general, el relieve es plano a casi plano sin obstáculos mayores para la mecanización agrícola.

En los suelos de esta clase se han observado cuando menos uno de los siguientes factores limitantes ó una combinación de ellos:

Cuadro 34. Propiedades de las características de los diferentes suelos.

Suelos	Características del Sitio				Características del perfil			
	Pendiente	Erosión	Pedregosidad	Drenaje	N. f réatico	Textura	Profundidad	Pedregosidad
Reventazón	1 - 2	Ninguna	1 - 2	Moderado	70 - 90	Franca	Mod. profundo	10 - 30
Juray	0 - 3	Ninguna	0,1 - 1	Moderado	70 - 120	Franca/ Arc.	Profundo	10 - 15
Instituto	0 - 3	Ninguna	0,1 - 1	Moderado	70 - 130	Franca	Profundo	0 - 5
Instituto	0 - 3	Moderada	1 - 2	Imperfecto	40 - 70	Arcilloso	Mod. profundo	10 *
Instituto	0 - 3	Ninguna	1 - 2	Moderado	90 - 120	Franca	Mod. profundo	30 - 50*
Pedregoso	0 - 3	Ligera	3 - 15	Moderado	90 - 120	Arcilloso	Mod. profundo	30 - 50
Instituto	0 - 1	Moderada	0	Imperfecto	0 - 35	Franca	Mod. profundo	0 - 5
Pantanosos	0 - 1	Fuerte	0	Muy pobre	En supf.	Franca	Superficial	10 - 15 *
La Margot	1 - 4	Ligera	0,1 - 1	Moderado	80 - 100	Arcilloso	Profundo	0 - 10
La Margot coluvial	2 - 6	Moderada	3 - 15	Bueno	Más 150	Arcilloso	Moderado	5 - 15
Cervantes	10 - 15	Fuerte	10 - 20	Bueno	Más 150	Arcilloso	Superficial	30 - 50
Colorado	15 - 30	Muy fuerte	2 - 3	Bueno	Más 150	Arcilloso	Profundo	0 - 10
Birrisito	15 - 30	Muy fuerte	2 - 3	Bueno	Más 150	Franca/ Arc.	Profundo	10 - 20

* Pequeñas áreas dentro de la serie o fase, con ciertas características que pueden hacerlas cambiar de clase.

Cuadro 34. (Cont.)

Suelos	Reacción (pH)	Materia orgánica	Nitrógeno total	Características Químicas					Magnesio intercamb. de bases	Saturación de bases
				Fósforo disponible	Potasio intercamb.	Calcio intercamb.	Magnesio intercamb.	%		
		←-----%-----→	ppm	←-----meq/100g S.-----→	ppm	←-----meq/100g S.-----→	ppm	←-----meq/100g S.-----→	%	
Reventazón	6,0	5,80	0,33	14,06	0,46	1,93	2,66	13,3		
Juray	5,4	4,37-6,95	0,21-0,35	1,18-7,90	0,32-0,55	8,14-2,04	4,34-1,65	33,02-11,99		
Instituto F. normal	5,4	7,22	0,32	1,21	0,15	4,21	1,24	14,39		
Instituto F. pedregosa	5,1	6,95	0,32	2,31	0,85	1,32	1,91	9,35 *		
Instituto F. pedregosa	5,5	8,13	0,38	1,68	0,14	5,57	1,15	16,11 *		
Instituto F. pantanosa	5,7	6,19	0,30	1,62	0,31	7,96	1,89	26,53		
La Margot F. normal	4,7	30,00	1,57	5,27	0,42	3,24	1,71	7,94		
La Margot F. colovial	5,3	6,66	0,35	2,15	0,69	4,66	1,49	18,76		
Cervantes	4,4	3,78	0,27	23,10	0,79	0,33	0,62	5,29		
Colorado	6,1	2,01	0,13	0,92	0,21	10,15	1,10	24,81		
Birrisito	5,2	8,52	0,50	2,25	0,28	3,43	5,18	22,54		
Birrisito	5,1	16,70	0,45	0,36	4,89	0,64	1,02	4,76		

* Pequeñas áreas dentro de la serie o fase, con ciertas características que pueden hacerlas cambiar de clase.

Cuadro 35. Calificación de las características de los diferentes suelos y determinación de su capacidad de uso.

Suelo Símb.	Características del sitio			Caract. del perfil			Características químicas							Clase			
	Pend.	Eros.	Pedg. Dren	N Freat.	Text.	Prof.	Pedg.	pH	M.O.	N.	P.	K.	Ca		Mg	%SB	Puntj.
R	7	10	2	7	7	10	7	7	10	10	3	7	0	5	3	67,77	II
J	6	10	5	7	8	10	7	7	9	9	0	7	2	5	7	71,93	II
I	6	10	7	7	10	10	10	7	10	10	0	3	0	3	3	73,78	II
Ipe	6	3	3	3	7	7	3	7	10	10	0	10	0	3	0	49,31	III*
	6	10	5	7	10	7	7	3	10	10	0	0	3	3	3	63,99	II**
	6	7	0	7	10	10	7	3	10	10	0	3	3	3	3	49,47	III
Ipa	10	0	10	0	10	10	7	10	3	10	0	7	0	3	0	43,30	III
	0	-5	10	-10	10	10	3	7	3	10	0	7	0	3	0	22,45	IV
LM	5	7	3	7	8	7	10	10	7	10	0	10	0	3	3	66,60	II
LMcl	3	0	0	10	10	7	3	7	3	7	10	3	10	0	0	48,00	III
C	-5	-5	-10	10	10	7	3	3	7	3	5	0	3	7	3	21,02	IV
Cd	-10	-10	5	10	10	7	10	10	7	10	0	3	0	7	3	40,61	(III)***
B	-10	-10	5	10	10	8	10	7	7	10	0	10	0	0	0	37,96	(III)***

* Pertenece a la serie Instituto, pasa a Clase III por condiciones adversas más severas.

** Pertenece a la fase Instituto pedregoso, sube a Clase II por condiciones adversas menos severas.

*** El puntaje y la clasificación en Clase (III) corresponden a un mínimo porcentaje de los suelos de la serie, la misma que queda clasificada en Clase IV.

- a) Nivel freático fluctuante entre 0,40 y 1,20 m, que se eleva en épocas lluviosas.
- b) Moderada susceptibilidad a la erosión hídrica.
- c) Profundidad del suelo de moderada a superficial (Cuadro 33).
- d) Humedad corregible por drenaje pero existiendo limitaciones permanentes en forma moderada.

Pertenecen a esta clase, los suelos de las series Reventazón (R), Juray (J), Instituto, fase normal (I) y La Margot, fase normal (LM).

Del análisis de los factores adversos se deduce que todas las series antes mencionadas tienen una napa freática fluctuante que se eleva en épocas lluviosas, por lo tanto, los suelos permanecen húmedos gran parte del año, este exceso de humedad puede disminuirse mediante el planeamiento de un buen sistema de drenaje.

Los peligros de erosión no son manifiestos en esta clase, a excepción de la serie La Margot que presenta evidencias de una erosión hídrica ligera.

Un 15,70% de los suelos de la serie Instituto, fase normal, se han clasificado en Clase III por presentar limitaciones más severas y difíciles de corregir que las de la Clase II. Por otro lado a la Clase II debe adicionársele un 6,73% del área que pertenece a la fase Instituto pedregoso, debido a que los factores adversos que presenta no son tan graves para ser clasificados en Clase III como corresponde a la casi totalidad de la fase Instituto pedregoso.

Los suelos de la Clase II pueden ser utilizados para cultivos agrícolas pero considerando cuidadosamente los factores adversos.

La aplicación de fertilizantes es indispensable en la mayoría de los suelos de esta clase para obtener buenos rendimientos. En todo caso, para su aplicación debe establecerse ensayos de campo y/o invernadero, a fin de conocer las dosificaciones más convenientes a emplearse.

Clase III. Tierras aptas para cultivos, pastos, lotes de árboles y pastoreo extensivo.

Se han agrupado en ésta clase a los suelos que poseen severas limitaciones que dificultan el cultivo o requieren prácticas especiales de conservación, o ambas al mismo tiempo.

Los factores adversos que causan las limitaciones, de estos suelos, pueden ser:

- a) Pendientes moderadamente elevadas
- b) Suceptibilidad a la erosión, o efectos severos de pasadas erosiones.
- c) Peligros de encharcamientos o con agua superficial en gran parte del año.
- d) Pedregosidad o rocosidad superficial, o en el perfil, que hacen impráctico el uso de maquinarias agrícolas, o impiden el buen desarrollo de las raíces.

La Clase III la integran las fases de suelos siguientes: Instituto pedregoso, Instituto pantanoso y La Margot coluvial.

Los factores adversos que más han influido para que las fases Instituto pedregoso y La Margot coluvial estén consideradas en Clase III han sido: la excesiva pedregosidad en superficie y en el perfil que unido a su topografía ligeramente ondulada, o para el caso de La Margot coluvial,

muy disectada por erosiones pasadas, se hacen susceptibles a erosiones hídricas moderadas.

El manejo de estos suelos debe ser muy cauteloso, tratándo de seleccionar cultivos perennes (café, caña de azúcar) donde las condiciones topográficas no sean muy severas; y plantaciones forestales o pastizales, para pastoreo extensivo, donde la topografía tenga características más desfavorables.

Todas las decisiones de uso y manejo, de estos suelos, deben ir acompañadas de un buen plan de fertilización.

La fase Instituto pantanoso ha sido clasificada en Clase III debido a que su drenaje natural es de imperfecto a pobre, condición que hace que los suelos estén encharcados la mayor parte del año, lo cual dificulta las labores agrícolas y hace que los suelos sean aptos para unos pocos cultivos que puedan desarrollarse en estas condiciones.

Es probable que al mejorar las condiciones de drenaje, se puedan utilizar estos suelos para pastizales o praderas de "corte" y ensilar el producto; otra posibilidad sería ensayar cultivos de arroz.

Una extensión de esta fase, que alcanza el 23,93% de la misma, se ha clasificado en Clase IV por presentar los factores adversos más acentuados, siendo los períodos de encharcamiento más prolongados.

Clase IV. Tierras aptas para pastoreo, lotes de árboles, vida silvestre y en menor proporsión, cultivos agrícolas.

Generalmente las condiciones fisiográficas y a veces las características físicas o químicas de estos suelos son muy desfavorables para la mayoría de los cultivos.

Los suelos de la Clase IV poseen limitaciones muy severas que limitan la elección de cultivos a la vez que requieren cuidadosas prácticas de manejo y de conservación de suelos.

Los factores adversos son características permanentes, y entre ellos pueden enunciarse a los siguientes:

- a) Pendiente muy pronunciada.
- b) Susceptibilidad a la erosión, severa o muy fuerte.
- c) Erosiones pasadas de severos efectos.
- d) Suelos superficiales, muchas veces pedregosos o con afloramientos de la roca madre.

Los suelos de las series Cervantes, Colorado y Birrisito pertenecen a esta agrupación de capacidad. Los puntajes que aparecen en el Cuadro 35 ubican a estas series en Clase III. Esto es relativamente cierto, pues los lugares donde se efectuaron los muestreos de estas series, presentan características de Clase III, pero como inclusiones o cubriendo pequeñas áreas que son difíciles de separar, por lo que se ha creído conveniente dejarlas dentro de la Clase IV.

Los suelos Misceláneos, quedan también como Clase IV.

Los suelos de esta clase pueden ser usados en pastoreo donde las condiciones topográficas lo permitan, evitando el sobre pastoreo y manteniendo el suelo bajo cubierta vegetal para disminuir los peligros de erosión. Donde la vegetación natural es de bosque, puede resultar mejor mantenerla para la explotación racional de maderas, a la vez que renovar el bosque con plantaciones de especies que tengan mayor valor forestal.