

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE CULTIVOS Y SUELOS TROPICALES

CARACTERIZACION Y CLASIFICACION DE ALGUNOS SUELOS
DEL BOSQUE AMAZONICO PERUANO, IQUITOS.

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR — CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

SALVADOR FLORES PAITAN

Turrialba, Costa Rica

1977

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

JURADO:



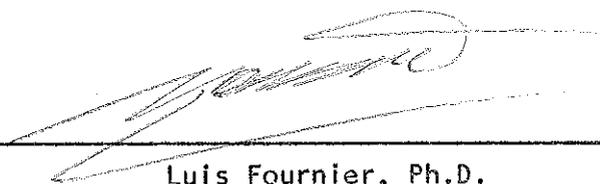
Consejero

Elemer Bornemisza, Ph.D.



Comité

Rufo Bazán, Ph.D.



Comité

Luis Fournier, Ph.D.



Comité

Alfredo Alvarado, M.S.



Coordinador

Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A mi padre, en homenagen póstuma

A mi madre

A Herminia, amiga y hermana

A Maribel
mi esposa

A mis hermanas

A mis sobrinos(as)

Al Dr. Nicolás Roulet
Mi maestro

A la Universidad San Cristóbal de Huamanga
Alma Mater

A los estudiantes de ciencias del suelo
de la Universidad de la Amazonía Peruana

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos:

Al Dr. Elemer Bornemisza, Consejero Principal, por su constante estímulo, colaboración y orientación en la elaboración de la tesis.

A los Doctores Rufo Bazán, Luis Fournier e Ing. M.S. Alfredo Alvarado, miembros de su Comité Consejero, por sus sugerencias.

Al Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE y a North Carolina State University, Department of Soil Science, por las facilidades brindadas en sus laboratorios de suelos.

Al Dr. Stanley W. Buol, Profesor de Clasificación de Suelos de North Carolina State University, por su interés, valiosos consejos y análisis e interpretación mineralógica.

A los Doctores Mathew Drosdoff, Walter Couto, Fausto Maldonado e Ing. M.S. Hugo Villachica, por sus valiosas sugerencias en las diversas fases del trabajo.

A los Directores Generales de la UNESCO y de la FAO y a los Doctores A. Pécrot y R. Dudal de FAO, por su interés, estímulo y materiales proporcionados para la realización de la tesis.

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, al Gobierno de Holanda, a la Zona Andina y Dirección General del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA), porque hicieron posible sus estudios.

A todo el personal del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE, en particular a los señores Eduardo Tencio, Arturo Cotto y Alfredo Picado.

A todas aquellas personas que le prestaron colaboración durante la realización del presente trabajo, particularmente al Périto Forestal Luis Documet y estudiantes de suelos forestales de la UNAP.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Huancayo, Departamento de Junín, Perú.

Realizó sus estudios primarios en el Colegio 530 de Huancayo y sus estudios secundarios en la Gran Unidad Escolar "Santa Isabel" de la misma ciudad.

Cursó estudios universitarios en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, graduándose de Ingeniero Rural en diciembre de 1968.

En 1967, becado por el Gobierno Suizo, obtuvo el título a nivel de posgrado de Especialista en Reforma Agraria, en la Universidad de San Cristóbal de Huamanga.

A partir de diciembre de 1967 laboró en el Programa de Investigación en Suelos, Pastos y Alimentación del Convenio Universidad de Huamanga-Cooperación Técnica del Gobierno Suizo (UNSCH-COTESU) como jefe de la sección de Física, Manejo y Conservación de Suelos con participación activa en la docencia universitaria.

En 1971 fue asignado por la Cooperación Técnica Suiza a la Sección Forestal del Proyecto de Colonización de Jenaro Herrera en el Trópico Húmedo Peruano convenio Universidad Agraria La Molina (UNA)-Cooperación Técnica Suiza (COTESU)-Ministerio de Agricultura (M.A.Z.A. VIII).

En agosto de 1972 se incorporó como docente en el Departamento de Agronomía y Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, cátedra de suelos.

En marzo de 1975 ingresó al Programa de Estudios Graduados de la Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), en Turrialba, donde realizó estudios de posgrado en los Departamentos de Cultivos y Suelos Tropicales y de Ciencias Forestales, en la especialidad de Suelos Tropicales, graduándose de *Magister Scientiae* en abril de 1977.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Suelos de los Trópicos Húmedos	4
2.2 Estudios de clasificación de suelos en la región amazónica Peruana	7
2.3 Sistemas de clasificación aplicados	14
2.3.1 Generalidades	14
2.3.2 Taxonomía de suelos de los Estados Unidos ...	16
2.3.3 Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/ UNESCO	20
2.3.4 Sistema Capacidad-Fertilidad	22
3. MATERIALES Y METODOS	24
3.1 Descripción del área	24
3.2 Trabajos de campo	28
3.2.1 Ubicación del área	28
3.2.2 Ubicación de los perfiles	28
3.2.3 Descripción de los perfiles y toma de muestras	28
3.3 Clasificación de suelos	29
3.4 Trabajos de laboratorio	29
3.4.1 Preparación de muestras	29
3.4.2 Determinaciones físicas	29
3.4.2.1 Humedad de las muestras secadas al aire ..	29
3.4.2.2 Densidad aparente	30
3.4.2.3 Densidad de partículas	30
3.4.2.4 Dispersión de arcilla en agua	30
3.4.2.5 Distribución del tamaño de las partículas	30
3.4.2.6 Determinación del color	31
3.4.2.7 Separación de la fracción arcilla	31
3.4.2.8 Pretratamiento de arcilla para análisis mineralógico por difracción de rayos X ..	31
3.4.3 Determinaciones químicas	31
3.4.3.1 Reacción del suelo (pH)	31
3.4.3.2 Materia orgánica	31
3.4.3.3 Nitrógeno total	32
3.4.3.4 Acidez intercambiable	32
3.4.3.5 Bases cambiables, retención de bases y saturación de bases	32

	<u>Página</u>
3.4.3.6 Capacidad de intercambio catiónico	32
3.4.3.7 Oxidos libres de hierro y aluminio	33
3.4.3.8 Fósforo disponible	33
3.5 Mineralogía de arcillas	33
4. RESULTADOS Y DISCUSION	35
4.1 Grupo 1: Suelos con horizonte cementado	35
4.1.1 Características morfológicas	35
4.1.2 Características físicas	39
4.1.3 Características químicas	41
4.1.4 Mineralogía de arcillas	45
4.1.5 Clasificación	50
4.1.5.1 Taxonomía de suelos	50
4.1.5.1.1 Orden	50
4.1.5.1.2 Suborden	51
4.1.5.1.3 Gran Grupo	51
4.1.5.1.4 Subgrupo	51
4.1.5.1.5 Familia	53
4.1.5.2 Leyenda de Suelos FAO/UNESCO	53
4.1.5.2.1 Categoría superior	53
4.1.5.2.2 Unidades de suelo	53
4.1.5.3 Sistema Capacidad-Fertilidad	55
4.1.5.3.1 Tipo-Subtipo	55
4.1.5.3.2 Modificadores	57
4.2 Grupo 2: Suelos sin horizonte cementado	58
4.2.1 Características morfológicas	58
4.2.2 Características físicas	59
4.2.3 Características químicas	61
4.2.4 Mineralogía de arcillas	63
4.2.5 Clasificación	69
4.2.5.1 Taxonomía de suelos	69
4.2.5.1.1 Orden	69
4.2.5.1.2 Suborden	69
4.2.5.1.3 Gran Grupo	70
4.2.5.1.4 Subgrupo	70
4.2.5.1.5 Familia	71
4.2.5.2 Leyenda de Suelos FAO/UNESCO	71

	<u>Página</u>
4.2.5.2.1 Categoría superior	71
4.2.5.2.2 Unidades de suelo	72
4.2.5.3 Sistema Capacidad-Fertilidad	74
4.2.5.3.1 Tipo-Subtipo	74
4.2.5.3.2 Modificadores	74
4.3 Discusión sobre clasificación	75
5. CONCLUSIONES	82
6. RESUMEN	83
6a. SUMMARY	84
7. LITERATURA CITADA	85
8. APENDICE	95

LISTA DE CUADROS

TEXTO

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Características morfológicas de algunos suelos del bosque Amazónico Peruano, Iquitos	37
2	Características físicas de algunos suelos del bosque Amazónico Peruano, Iquitos	40
3	Características químicas de algunos suelos del bosque Amazónico Peruano, Iquitos	42
4	Algunos análisis químicos y relaciones para determinación de horizontes de diagnóstico de algunos suelos del bosque Amazónico Peruano, Iquitos	43
5	Mineralogía de la fracción arcilla de muestras seleccionadas de suelos de bosque vírgen de la Cuenca Superior Amazónica Peruana, Iquitos, Perú	46
6	Determinación de los horizontes de diagnóstico y clasificación: Taxonomía de Suelos	52
7	Clasificación según la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO	54
8	Sistema Técnico de Clasificación Capacidad-Fertilidad	56

APENDICE

9	Datos meteorológicos de la Estación G.O. Zúñgaro Cocha. UNAP-Iquitos, Perú	96
10	Clasificación de once perfiles de suelos de bosque vírgen del Amazonas Peruano, zona de Iquitos, aplicando tres sistemas de clasificación	97

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Ubicación geográfica de la zona de Iquitos en estudio	25
2	Valores medios de temperatura promedio mensual (1969-1974)	27
3	Valores medios de precipitación promedio mensual (1969-1974)	27
4	Perfiles de suelo de bosque virgen del Amazonas Peruano - Iquitos	36
5	Difractograma por rayos X de las arcillas-P8:A2 ...	47
6	Difractograma por rayos X de las arcillas-P8:B2mh..	48
7	Difractograma por rayos X de las arcillas-P8:B21..	49
8	Difractograma por rayos X de las arcillas-P5:A2.....	64
9	Difractograma por rayos X de las arcillas-P5:B1g.....	65
10	Difractograma por rayos X de las arcillas-P5:B2g...	66
11	Difractograma por rayos X de las arcillas-P2:A2.....	67
12	Difractograma por rayos X de las arcillas-P2:B2.....	68

"El desarrollo económico de las regiones Ecuatoriales continuará dependiendo de los recursos del suelo.

Los estudios de suelos son fundamentales para conocer mejor el potencial de la tierra."

Aubert y Tavernier
(Soils of the Humid Tropics)
1974

1. INTRODUCCION

La vasta llanura amazónica o selva baja peruana, que prácticamente forma el curso superior del río Amazonas, constituye el ámbito más extenso y menos poblado del Perú y representa cerca de 55 millones de hectáreas, aproximadamente el 43 por ciento de la superficie territorial (125). Se caracteriza por presentar una densa y exuberante vegetación dándonos una impresión aparente de fertilidad y productividad (85).

La explotación de esta área se ha dado a escala reducida con prácticas muy elementales y frecuentemente poco compatibles con los ecosistemas. El informe del Perú a la Reunión sobre Sistemas de Uso de la Tierra para el Trópico Americano (30), estima que "hasta el momento se han destruído 4,5 millones de ha de bosques en cerca de 50 años de actividad agrícola en la Selva Peruana", en áreas en su mayoría no adecuadas para estas actividades, lo que posiblemente se debe en gran parte al poco conocimiento de los suelos de la región (94).

Los asentamientos espontáneos y dirigidos en esta zona sólo han traído mayor pobreza para el poblador, no obstante que ellos han sido ejecutados con altos costos (28). Las políticas de colonización que no son basadas en la realidad ecológica del área ponen en peligro el ecosistema.

Esto plantea la necesidad de una política realista de expansión agrícola en áreas de verdadera vocación agropecuaria (108), fundamentada en estudios de suelos de las áreas vírgenes antes de que las ocupe la colonización (3).

El Gobierno Peruano en la Reunión Internacional sobre Sistemas de Uso de la Tierra para el Trópico Americano, propone un modelo de manejo de los ecosistemas, cuyo punto de partida es una Clasificación y agrupación de los suelos para su manejo. Así mismo, plantea el desarrollo de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales en suelos aptos para tales actividades en armonía con las condiciones ecológicas; también promueve un fortalecimiento de los proyectos de colonización en marcha (30, 63).

El documento final de la Reunión sobre Sistemas de Uso de la Tierra, recomienda a los países de la región, establecer un mecanismo institucional y multidisciplinario que ejerza funciones de arbitraje sobre el uso más adecuado de las tierras aún no incorporadas a la producción (87). Una de las investigaciones prioritarias en esta región es el inventario general de los suelos y la correlación de los nombres de las unidades de suelos con sistemas de clasificación internacionalmente aceptados como la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos y la leyenda del mapa mundial de suelos FAO/UNESCO (1).

Las consideraciones anteriores conducen a la necesidad de un adecuado planeamiento del uso de la tierra, basado en el conocimiento de las propiedades del suelo (3).

Los estudios de caracterización y clasificación de suelos aplicados como métodos científicos que conducen a un fin práctico son instrumentos

importantes en el proceso de desarrollo de la América Tropical (7), y deberán marcar pautas para realizar planeamientos más adecuados del manejo del recurso suelo en condiciones del Trópico Húmedo Peruano.

El objetivo del presente trabajo es clasificar once perfiles de suelo de bosque vírgen de la región de Iquitos, Perú, en base a tres sistemas de clasificación: 1) Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos (115), 2) Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO (38) y 3) Sistema técnico Capacidad-Fertilidad de Buol et al. (17). Para este fin se estudia y se clasifica un trayecto de suelos en bosque virgen seleccionados con base en fotointerpretación como probablemente representativos de dos importantes asociaciones de plantas en la región.

El Sistema Taxonómico (115) se escogió porque está convirtiéndose en el sistema de comparación principal para mapeo. Se usó el Sistema FAO/UNESCO (38) por existir el Mapa Mundial de Suelos que permite extrapolación de resultados, aunque en escala muy grande. Finalmente, se usó el Sistema de Buol et al. (17) para dar una evaluación tentativa al potencial agropecuario de estos suelos.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Suelos de los Trópicos Húmedos

Sánchez y Buol (95) indican que muchas de las propiedades y el potencial de los suelos de los trópicos son pobremente entendidos. La vieja idea de formación de laterita cuando los suelos tropicales son despejados, es sólo verdad en pequeña proporción del área. Informan también que los suelos mejor representados en el trópico húmedo son bajos en bases y altamente lavados y se clasifican principalmente como: Oxisoles, Ultisoles, algunos Inceptisoles y Entisoles aranosos. Estos suelos cubren aproximadamente el 51 por ciento de los trópicos y así vastas áreas de América del Sur, África Central y pequeñas áreas del Sur este de Asia.

Chan Jen-Hu (25) indica que en general, los suelos en los trópicos húmedos tienen baja fertilidad, constituyendo los latosoles el mayor grupo dominante y las pocas excepciones de suelos fértiles son los de origen aluvial o volcánico que ocupan áreas muy pequeñas o tienen problemas de control de las inundaciones periódicas.

Nye y Greenland (72) y Segalen (97) informan que bajo la cubierta original forestal la fertilidad de estos suelos se mantienen por un delicado equilibrio y cuando el bosque ha sido despejado, éste se altera y la fertilidad del suelo declina rápidamente como resultado de intensa oxidación y lavado bajo condiciones de alta temperatura y precipitación.

Alvim (1) considera que los suelos que cubren más del 90 por ciento de los trópicos bajos de América Latina son los Latosoles forestados, denominados Oxisoles o Ferralsoles. Señala que en la mayoría de los casos estos suelos poseen buenas características físicas pero son químicamente pobres. Los suelos de aluvión, Entisoles o Fluvisoles, cubren extensiones

de aproximadamente 1 por ciento de la región. También informa que la Comisión de Suelos Tropicales propone como necesidad prioritaria en la investigación de las tierras bajas tropicales el inventario general de los suelos y la correlación de los nombres de las unidades de suelo con uno de los sistemas reconocidos internacionalmente: Taxonomía de Suelos o Sistema FAO/UNESCO.

Aubert y Tavernier (3) describen las características de los suelos de las áreas tropicales y discuten la variabilidad en las denominaciones en los diversos países. Esos autores presentan un mapa de distribución de Ordenes, Subórdenes y Grandes Grupos de suelos de las zonas tropicales de acuerdo al Sistema Comprensivo de la 7a Aproximación. En el mapa se observa que la mayoría de estos suelos, enumerados de acuerdo con una secuencia genética que comienza con los más recientes, pertenecen a los Ordenes: Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles, Ultisoles y Oxisoles. Estos mismos suelos correlacionados con el Sistema FAO/UNESCO corresponden en la misma secuencia genética a los Arenosoles, Regosoles; Fluvisoles, Gleysoles, Andosoles, Cambisoles; Planosoles, Luvisoles; Acrisoles y Ferralsoles. En los trópicos húmedos Sudamericanos se distingue el predominio de los Oxisoles y en pequeña proporción los Inceptisoles.

La hoja IV-1 del Mapa Mundial de Suelos de la FAO/UNESCO (37) presenta la distribución de los suelos en los trópicos húmedos Sudamericanos, se observa que los Ferralsoles xánticos constituyen las unidades de suelo dominantes asociados con Acrisoles plínticos, Acrisoles órticos y Ferralsoles plínticos con inclusiones de Gleysoles dístricos, Gleysoles plínticos y Arenosoles álbicos. Según la Taxonomía de suelos la unidad de suelo dominante correspondería al orden Oxisol.

Segalen (97) indica que las dos terceras partes de la América del Sur está en la zona Intertropical, distinguiéndose al nivel del Ecuador una zona muy lluviosa, que en condiciones de selva densa primaria presenta suelos en las mejores condiciones compatibles con el medio en general, es decir, ácidos a muy ácidos y con moderados contenidos de materia orgánica y bases intercambiables. Estudiando los suelos de la región Intertropical el mismo autor expone ampliamente sobre los suelos Ferralíticos desde su denominación como Laterita en 1807 hasta su denominación actual de Oxisol en la clasificación americana y suelos Ferralíticos en la clasificación francesa. Junto a estos suelos se refiere también a los suelos Ferruginosos tropicales (Ultisoles) y finalmente a los suelos subáridos ubicados principalmente en África Occidental.

Buringh (18) informa que en las regiones tropicales húmedas de Indonesia, Sureste de Asia, África Central, Brasil, Hawaii, Cuba y Puerto Rico, se hallan ampliamente distribuidos los suelos Ferralíticos conocidos también como Latosoles y en la nueva taxonomía como Oxisoles. Ese autor informa que en la actualidad algunos Latosoles son clasificados como subgrupos óxicos de los Ultisoles. Asociados con los suelos Ferralíticos menciona a los suelos Ferruginosos (Ultisoles), suelos Podzólicos Tropicales (Alfisol) y suelos aluviales (Entisoles e Inceptisoles). Hace referencia también a la presencia de siete millones de hectáreas de Podzoles (Espodosoles) en las tierras bajas tropicales.

Mohr et al, (68) discuten los suelos Lateríticos pardo grisáceos (Oxisoles) e indican que son los más comunes en las áreas tropicales, mencionan también la presencia de suelos Lateríticos pardo rojizos (Ultisoles u Oxisoles), suelos Podzólicos rojos y amarillos (Ultisoles) y los Podzoles

(Espodosoles), y con menor frecuencia suelos Mediterráneos rojos y pardos (Alfisoles).

Los mismos autores (68) presentan un mapa de distribución de los suelos lateríticos en varios lugares del mundo, en el cual se observa que los suelos mencionados en América del Sur se concentran en la región de los Trópicos Húmedos; informan que según la nueva Taxonomía de suelos se clasifican como Oxisoles siendo las áreas predominantemente Plintaquox.

Estudios recientes en áreas tropicales no evidencian la gran incidencia de los suelos Lateríticos, Latosoles y Oxisoles de muy baja fertilidad que antiguamente se consideraban dominantes en estas regiones, más bien se detectan suelos menos evolucionados como los Ultisoles (16, 63, 70, 93, 123) e inclusive Alfisoles (1, 68). Este hecho que contradice los principios anteriores confirma la falta de estudios en suelos tropicales, usados por millones de personas para los cuales no se tiene adecuadas descripciones, datos de laboratorio, o resultados controlados con pruebas de campo (51). La falta de una clasificación uniforme de suelos así como correlación e interpretación de áreas tropicales dificulta hacer uso de resultados experimentales obtenidos hasta ahora; por otra parte, la experiencia muestra que el manejo de los suelos tropicales difiere en muchos aspectos de los suelos de las regiones templadas, así que nuestros principios desarrollados para suelos de regiones templadas no pueden ser siempre aplicados a los que ocurren en los trópicos (1, 48).

2.2 Estudios de Clasificación de Suelos en la Región Amazónica Peruana

En el Perú, a partir de 1947, se inician estudios de reconocimiento y clasificación de suelos sobre bases sistemáticas ceñidas principalmente

a las normas, conceptos y técnicas establecidas por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (77). Los estudios realizados para el trópico son escasos y a nivel exploratorio; en ellos se clasifican los suelos generalmente por su origen, otros además consideran la fisiografía. Así tenemos, entre otros, los estudios realizados en Kcosñipata-Alto Madre de Dios-Manú (78), Río Apurímac (79), Río Pachitea (80), Yurimaguas (81), Río Tambo-Gran Pajonal (82), Villarica-Puerto Pachitea (83), Río Santiago y Morona (84), Inambari-Madre de Dios (86).

Muro, citado por Watters (120) indica que aproximadamente el 85 por ciento del área total de la Selva Peruana está constituida por suelos con poco potencial agrícola y el 13 por ciento por suelos fértiles. Ese autor clasifica los suelos selváticos e indica que los suelos Zonales lateríticos y los suelos Lateríticos residuales ocupan la mayor extensión y que las partes menos extensas pero fértiles están ocupadas por suelos Azonales. Menciona también que las mejores perspectivas agrícolas las proporcionan los suelos Azonales, que en su mayoría son aluviones recientes, de textura excelente, reacción neutra y de buen estado nutritivo, y que de los suelos Zonales se sabe muy poco.

No existe un mapa de suelos del Perú adecuado que indique los suelos propiamente clasificados. Los existentes únicamente señalan amplias relaciones de suelos y no su clasificación genética (35). El mismo informe FAO (35) también menciona la existencia de considerable confusión entre los científicos peruanos en cuanto a clasificación de suelos y recomienda adecuar los conocimientos a la luz de los modernos principios de clasificación, como prerequisite para el establecimiento de la correlación de suelos. El informe de Santhirasegaram (96) evidencia la confusión de los

Investigadores de suelo quienes clasifican los mismos suelos de Pucallpa como Suelos Lateríticos, Oxisoles o Ultisoles indistintamente.

Villachica (119) informa que la clasificación de suelos en el Perú ha sido efectuada en muchos casos con criterios demasiado prácticos, lo que ha motivado, paradójicamente, que la utilidad que estos resultados prestan a los agricultores sea limitada. Afirma que esta experiencia ha servido para que los estudios posteriores fuesen efectuados con mayor base científica, lo que está dando mejores resultados en la utilidad adecuada de estas clasificaciones.

El mismo autor (119) informa que en la Selva Peruana se han clasificado los suelos de acuerdo a varios sistemas, según el sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1938 (4), los grupos de suelos más abundantes son los Rojo Amarillos Podzólicos y los suelos Gley en la Selva Alta y Baja, y los menos abundantes los suelos Podzólicos Tropicales y los Suelos Orgánicos. Estos suelos homologados con la 7a aproximación corresponden a los Ultisoles e Inceptisoles entre los más abundantes y a los Espodosoles y Suelos Orgánicos entre los menos abundantes.

Zamora y Bao (124) reconocen que los suelos de la Selva Peruana según la Leyenda FAO/UNESCO están comprendidos en las regiones edáficas Litocambisólica, Acrisólica y Ferralsólica. La región Litocambisólica comprende la parte más elevada del borde oriental boscoso de la Selva Alta y la región Ferralsólica incluye la vasta penillanura Amazónica o Selva Baja que representa alrededor del 43 por ciento del territorio nacional. En la región Ferralsólica los suelos dominantes están constituidos principalmente por Acrisoles órticos y Acrisoles plínticos, y en los límites con Brasil predominan los Ferralsoles. También señalan que es frecuente

encontrar áreas relativamente extensas de Podzoles húmicos, muchos de ellos prácticamente Arenosoles cuarzosos. En las áreas bajas de relleno aluvial reciente predominan los Fluvisoles y Gleysoles generalmente dístricos.

Zamora (122) agrupa los suelos de la región selvática del Perú según el sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1938 (4). En el orden Zonal señala dos grandes formaciones edafogénicas de gran importancia por su vasta extensión: los Latosoles y los Rojo Amarillos Podzólicos; en el grupo Azonal o suelos con escaso desarrollo los Litosoles Forestales, Aluviales forestales y Regosoles cuarzosos. Estos suelos homologados con la nueva Taxonomía de suelos corresponden a los Oxisoles, Ultisoles, Inceptisoles, algunos Vertisoles y Entisoles. Los suelos de Podzol o Espodosoles en la nueva Taxonomía de suelos son reportados en la Selva Alta y Baja del Perú interasociados con Regosoles cuarzosos ácidos (123).

Aplicando la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO, Zamora (125) indica en la Llanura Amazónica Peruana la presencia de las Unidades de Suelo Fluvisoles, Gleysoles, Nitosoles, Acrisoles, Podzoles y Ferralsoles; con respecto a este último comenta que tradicionalmente se consideraba como grupo dominante típico de las regiones húmedas y boscosas del Perú, pero que en la actualidad que se dispone de mayor información hasta el momento no se ha encontrado un perfil de suelo que pueda asimilarse a este grupo de Ferralsoles en las tierras bajas de la Llanura Amazónica.

Aplicando la nueva Taxonomía, los suelos de la Llanura Amazónica pertenecen a los órdenes: Entisol, Inceptisol, Ultisol y Espodosol; el Oxisol aún no ha sido reportado a la luz de los últimos conocimientos en contra posición a creencias tradicionales (125).

Marbut y Manifold (61) informan que la Cuenca del Amazonas es una de las dos grandes áreas en el mundo cuyos suelos se han desarrollado a partir de depósitos de gran espesor de arenas y arcillas no consolidadas, bajo la influencia de alta humedad y relativa alta temperatura. En términos generales, indican que los suelos del Amazonas desde el punto de vista físico son suelos productivos, pero que por su composición química requieren fertilización en corto tiempo después de iniciado el cultivo.

Los mismos autores (61) clasifican los suelos del Amazonas con base en la textura de la superficie, y el color y las características del subsuelo. Los suelos que corresponden a la Amazonía Peruana los clasifican en los siguientes grupos: Grupo 3, Suelos franco arcillosos y arcillas con subsuelo arcillosos rojos o rojizos friables; Grupo 5, Suelos franco arenosos muy finos con subsuelo arcilloso rojizo o amarillo rojizo; y Grupo 6, Suelos aluviales recientes.

Drosdoff et al. (31) estiman que aproximadamente el 50 por ciento de las áreas del Perú están incluidas en la Región Boscosa del Este y en la Llanura Amazónica. Esos autores reconocen tres grupos de suelos en esta vasta región: 1) Latosoles montañosos accidentados, 2) Suelos de la foresta sub-húmeda, y 3) Asociación de Suelos de la Llanura Amazónica. Indican que los suelos más extensos de la región son los Latosoles formados de los viejos depósitos aluviales lacustres, estos son altamente ácidos y profundos. Asociados con estos suelos de terraza vieja, a lo largo de los amplios ríos y riachuelos, encontraron fajas largas de depósitos aluviales y terrazas bajas de suelos generalmente profundos, ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos y con buena fertilidad natural. La desventaja

que mencionan son su inaccesibilidad, poca extensión y peligro de inundaciones periódicas en las áreas más bajas.

El Informe de la Comisión de Suelos Tropicales (71) indica que varios científicos de suelos estudiaron las propiedades de los suelos de la Cuenca superior Amazónica del Perú y Colombia, lo que les permitió hacer una primera clasificación cuantitativa de estos suelos. Indican que los suelos predominantes con buen drenaje en las zonas de Yurimaguas, Iquitos y Pucallpa son Ultisoles, principalmente Paleudults Típicos, llamados anteriormente Podzoles Rojo Amarillos. Son perfiles profundos, sumamente ácidos, bajos en materia orgánica, fósforo disponible y bases intercambiables. Los minerales de la fracción arcillosa consisten de caolinita, con presencia de minerales 2:1 en menor proporción. Los suelos de drenaje imperfecto o pobre se encuentran en asociación con los Paleudults, son principalmente Ultisoles, Alfisoles e Inceptisoles mal drenados (Paleaquults, Tropaqualfs o Tropaquepts). Estos suelos aunque ácidos tienen mayor cantidad de bases intercambiables que los Paleudults. Su mineralogía es una mezcla de caolinita y montmorillonita. Estos suelos habían sido considerados anteriormente como Lateritas Hidromórficas.

Las asociaciones de estos Ultisoles con sus componentes mal drenados representan la gran mayoría de las áreas estudiadas. El Informe de la ONERN (81) señala que las asociaciones de suelos rojos anteriores ocupan el 70 por ciento del área de Yurimaguas. Existen, sin embargo, otros suelos extensivos e importantes. En zonas donde el material originario es de arenas cuarzosas se encuentran Podzoles, llamados también Podzoles tropicales. En las terrazas recientes a lo largo de los ríos se encuentran Mollisoles e Inceptisoles muy fértiles pero susceptibles a inundación.

El mismo informe (71) reporta que de acuerdo a estudios de Benavides (10) los suelos predominantes en la selva Colombiana son muy parecidos a los de la Selva Baja del Perú. Los mismos tipos de Ultisoles, Inceptisoles y Alfisoles, todos fuera de la influencia del Escudo de Guayana; en cambio Cortéz et al. (23) identifican en la Amazonía Colombiana principalmente Oxisoles.

Finalmente, el informe de la Comisión de Suelos Tropicales (71) indica que estudios publicados en la Amazonía Brasileña y observaciones en las zonas de Manaus y Belém, evidencian como suelos dominantes los Ultisoles. Suelos parecidos a los Espodosoles del Perú abundan en la zona de Manaus. Al extremo este de la Amazonía se encuentran Oxisoles y plintita verdadera.

Sánchez y Buol (94) afirman que se sabe muy poco acerca de los suelos de la Cuenca superior del Amazonas que cubre cerca del 45 por ciento de la superficie del Perú y una apreciable proporción de Colombia, Ecuador y Brasil. Indican que solamente existen estudios a nivel de reconocimiento de medio millón de hectáreas circundantes a Yurimaguas (81). Cerca del 57 por ciento del área está mapeado como Series Yurimaguas, Shanusi y Pucallpa que corresponden a Suelos Podzólicos rojo amarillentos y Lateritas hidromórficas. Los pantanos cubren el 28 por ciento del área y los aluviales cerca de los ríos el 8 por ciento. Los autores clasifican suelos selectos de dos áreas de la región Amazónica superior del Perú: Yurimaguas e Iquitos. Los perfiles bien drenados, profundos y morfológicamente uniformes clasifican en el Subgrupo de Paleudult Típico según la nueva taxonomía de suelos que corresponde al Nitosol ócrico en la Leyenda FAO/UNESCO.

Las asociaciones con menor drenaje clasifican como Lateritas

hidromórficas, al nivel de Subgrupo de la nueva Taxonomía como Tropacualf Típico, Paleudalf Acuico, Paleudult Acuico, Tropacuult Aérico o Tropacuept Típico dependiendo principalmente de la profundidad del horizonte gleyzado y el grado de saturación de bases. En la Leyenda FAO/UNESCO se clasifican como Gleysols dísticos y eútricos.

Dos perfiles con material parental grueso, se caracterizan por la presencia de un horizonte espódico y son Tropacuod Grossarénico y Haplorthod Típico. Sobre la terraza, se encuentran suelos jóvenes altos en bases que se clasifican como Fluventic Haplaquoll (8% en Yurimaguas).

El volumen IV del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO (37) muestra la distribución de los principales suelos de la América del Sur. Los suelos del área estudiada están comprendidas en la Región de Suelos de las Tierras Bajas como Suelos de la Cuenca del Amazonas, en la hoja IV-1 (37) se identifican con el símbolo cartográfico FX3-2a que corresponden a la Unidad de suelo dominante Ferralsol xántico asociados con Acrisol plíntico, Acrisol órtico y Ferralsols plínticos y las inclusiones Gleysol dístico, Gleysol plíntico y Arenosol albio. En la nueva Taxonomía de suelos la unidad de suelo dominante correspondería al Orden Oxisol.

Aubert y Tavernier (3) en el mapa de suelos de las zonas tropicales de acuerdo a la 7a aproximación, identifica los suelos de la región amazónica como Oxisols, los suelos del área en estudio comprenden la asociación de Orthox con Tropudults y en pequeña proporción la asociación de Tropacuepts con Tropudults.

2.3 Sistemas de Clasificación aplicados

2.3.1 Generalidades

Cline (20) indica que el propósito de cualquier clasificación es

organizar nuestro conocimiento de modo que las propiedades de los objetos pueden ser descritos y sus relaciones puedan ser entendidas más fácilmente para un objetivo específico. El proceso incluye formación de clases por agrupación de objetos sobre las bases de sus propiedades comunes. La clasificación también ayuda a desarrollar predicciones de comportamiento y respuestas a su manejo (52).

Barnes (5) refiere que los suelos deben ser clasificados no sólo en términos de sus propiedades características, sino también en términos de su comportamiento o capacidad. La clasificación interpretativa es el proceso de agrupar suelos dentro de clases hechas para indicar predicciones de sus comportamientos o capacidades, u otras cosas acerca de ellos que son inferidos de sus características. Gibbons (42) complementa la información señalando que los requerimientos para que un sistema de clasificación sea utilizado incluyen exactitud de datos, habilidad predictiva y la relevancia de los atributos predictivos para el uso propuesto.

Van Wambeke (117) señala que el agrupamiento de suelos semejantes ayuda en la generalización de datos básicos, en el entendimiento de sus relaciones, en la transmisión de conocimiento de un país a otro y en la conducción de adecuado entrenamiento, enseñanza y programas de asistencia técnica.

Glazovskaya (43) manifiesta que los esfuerzos de científicos de suelos de varios países han sido dirigidos al establecimiento de una clasificación de suelos científica y universal. Afirma que todavía no se puede decir que los logros de la ciencia mundial en esta dirección son su ficientemente adecuados. Las diferencias en nomenclatura del suelo y en sistemas de clasificación aplicados en varios países son un serio obstáculo

para el estudio de las relaciones entre suelos que ocurren en diferentes lugares (38).

2.3.2 Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos

Es un sistema de clasificación natural (110) desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos con la cooperación de científicos de suelo norteamericanos y pedólogos de otros países (51). El sistema experimentó varias aproximaciones; en 1960 en el Séptimo Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo (Estados Unidos) se presentó la 7a aproximación, diversos aspectos del sistema fueron expuestos por connotados científicos de suelos (22, 49, 74, 88, 98, 99, 102, 106). Posteriormente, se sometió a revisión la 7a aproximación y en marzo de 1967 fue publicado un suplemento a todo el sistema anterior (111). y otro sobre Histosoles en octubre de 1968 (112), el texto completo por primera vez fue publicado en 1975 bajo el título de Taxonomía de Suelos: Un sistema básico de Clasificación de Suelos para la conducción e interpretación de reconocimiento de suelos (115).

La Taxonomía de suelos es un sistema multicategorico. Cada categoría es un agregado de taxa, definida más o menos al mismo nivel de abstracción, con el menor número de clases en la categoría más alta y el mayor número en la categoría más baja. En orden jerárquico decreciente, estas categorías son: Orden, Subórden, Gran Grupo, Subgrupo, Familia y Serie. Aplicando los conceptos de procesos pedogenéticos, los Ordenes, Subórdenes y Grandes Grupos son diferenciados sobre la base de presencia o ausencia de una variedad de combinaciones de horizontes de diagnóstico y de propiedades del suelo; los Subgrupos son subdivisiones de los Grandes

Grupos y representan el concepto central de la categoría, integrados a otros Grandes Grupos, o extragrados que tienen propiedades adicionales anormales. Las Familias y Series son distinguidas basándose en las propiedades seleccionadas para crear taxa que son suficientemente más homogéneas para uso práctico de los suelos (7).

Los suelos de los trópicos se diferencian por su régimen de temperatura y se da importancia al grado de continuidad de la actividad biológica (100).

La nomenclatura de la Taxonomía de Suelos marca una completa divergencia de la práctica pasada. El nombre de cada taxón claramente indica el lugar del taxón en el sistema y connota algunas de sus propiedades importantes (7).

Cline (21), refiriéndose al cambio en el modelo del suelo manifiesta que el mejor ejemplo de incremento en la precisión del modelo es en la 7a aproximación, que considera los límites entre clases sobre la base de valores cuantitativos claros y exactos, a su juicio, la mayor contribución del sistema radica en las definiciones cuantitativas en la extensión que el conocimiento lo permite.

Duchaufour (32), refiriéndose al sistema de la 7a aproximación, indica que la idea más nueva de esta clasificación es haber definido horizontes de diagnóstico, que permiten caracterizar y clasificar el perfil; estos horizontes son descritos minuciosamente en cuanto a sus diversas propiedades morfológicas, físico-químicas e incluso su microestructura, lo cual generalmente adquiere una gran importancia.

Hardy (44) señala, con respecto a la 7a aproximación, que este sistema es esencialmente taxonómico y que clasifica los suelos como objetos

naturales que tienen características propias y propiedades que pueden describirse en el campo por observación directa y determinarse cuantitativamente en el laboratorio por métodos físicos y químico-analíticos rutinarios; está basado exclusivamente en el horizonte B y en el concepto de epipedón. Indica además, que el sistema está designado a proporcionar un medio de agrupar suelos agrícolas actuales cuyas características, medibles tanto en el campo como en el laboratorio, deben conocerse con exactitud para poder decidir su mejor uso posible en la producción remunerativa de cultivos específicos.

Sys (104) realiza una revisión histórica de los términos y criterios utilizados en la clasificación de los suelos tropicales, expone los principales sistemas de clasificación utilizados en los trópicos y finalmente trata de correlacionar el sistema de la 7a aproximación con el Sistema Francés, Portugués y Congolés, manifestando problemas de correlación que posteriormente corrobora en un estudio de suelos del Africa Central y su relación con la 7a aproximación (105).

Beinroth et al. (8) clasificaron series de suelos de Hawai aplicando cuatro sistemas de clasificación: la Taxonomía de los Estados Unidos, la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO, la clasificación Francesa y el sistema de los Estados Unidos de 1938. Los tres primeros se utilizaron ampliamente en los trópicos y la última porque aún se refieren a ellas en Hawai y en algunos países de América Central. Los objetivos del trabajo fueron proporcionar correlaciones que podrían usarse como referencia en las clasificaciones de suelos de Hawai, para propósitos de enseñanza conjuntamente con el Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO, y para una comparación de los suelos de Hawai con aquéllas de otras áreas

tropicales.

Esos autores (8) señalan que la correlación que presentan son para series específicas y por lo tanto son únicamente válidas para los suelos particulares en consideración. Como las unidades de los esquemas de clasificación Francés y de la FAO/UNESCO no siempre concuerdan con la misma taxa de la Taxonomía de Suelos, no podrían utilizarse para identificación de unidades de estos dos sistemas en la Taxonomía de Suelos.

La aplicación de la Taxonomía de Suelos en otras áreas de los Trópicos Húmedos han sido realizadas en Nigeria (46), en Puerto Rico (11, 58) y en los Estados Unidos, Puerto Rico y las Islas Vírgenes (114).

Buol (15) indica que los sistemas de clasificación más usados en América Latina son el Sistema Brasileño basado en el sistema de los Estados Unidos, de 1938, el nuevo Sistema de la 7a aproximación de los Estados Unidos, introducido en 1960 y la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO. Con respecto a la 7a aproximación manifiesta su importancia por haber establecido límites cuantitativos de variación dentro de cada categoría para que todos los grupos a cualquier nivel del sistema, sean mutuamente excluyentes. Indica también que lamentablemente, la agrupación de algunos suelos extensos encontrados en zonas tropicales son tratados a groso modo, porque su ocurrencia es muy limitada en los Estados Unidos.

Reinroth (7) informa que en la América Tropical se emplean actualmente varios sistemas de clasificación, entre ellos, en términos de área de aplicación la Taxonomía de Suelos, el Sistema Brasileño y el esquema FAO/UNESCO son los más importantes. El autor discute y compara los tres sistemas de clasificación y concluye que la Taxonomía de Suelos es el esquema más elaborado que los otros dos, que es particularmente preciso

en la definición de taxa en términos de las propiedades del suelo, evidencia dificultad en correlacionar los taxa de los tres esquemas principalmente por la diferencia de criterios empleados para definirlos. El autor también expresa su desacuerdo con la afirmación de Buol (14) en el sentido de no existir alta correlación entre los esquemas.

2.3.3 Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO

Por recomendación de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, en 1961 se inició el proyecto conjunto FAO/UNESCO para preparar un Mapa Mundial de Suelos a escala 1:5 000 000 basado en la compilación de los materiales existentes de levantamiento y correlación de suelos. El grupo consultivo establecido, después de varias reuniones, presentó en 1964 el primer borrador de definiciones de las Unidades de Suelos y una tabla de correlación; posteriormente, en 1968 presentaron el primer bosquejo del Mapa Mundial de Suelos en el Noveno Congreso de la Sociedad Internacional de Ciencias del Suelo (Adelaide) (42), el Congreso aprobó el esquema básico para la leyenda y los conceptos fundamentales en que se apoyaban las unidades del suelo y la nomenclatura. La publicación de las primeras hojas comenzó en 1970 y la leyenda final del mapa de suelos fue publicada en 1976 (38).

La Leyenda del Mapa Mundial de Suelos se compone de 106 unidades, es una clasificación bicategorica de suelos y no un sistema taxonómico cuyas características corresponden a diferentes niveles de generalización. Sin embargo, con el fin de que la presentación sea lógica, las unidades de la leyenda general se han agrupado sobre la base de principios edafogenáticos generalmente aceptados (7). Para las unidades del

mapa se suministran tres clases texturales, tres clases de pendientes y nueve fases.

La mayoría de las definiciones y nomenclatura de los horizontes de diagnóstico que utiliza el sistema, son tomados de los adoptados por la Taxonomía de Suelos aunque no al detalle de la definición; también reconoce otros horizontes de diagnóstico como los horizontes gléyicos, plínticos y tiónicos.

En relación a la nomenclatura, la leyenda indica que han tratado de hacer uso del mayor número posible de nombres "tradicionales" (chernozems, solonchaks, podzoles, solonetz, rendzinas, regosoles, kastanozems, planosoles y litosoles); en otros casos han adoptado otros nombres que en los últimos años han merecido una aceptación general (vertisoles, rankers, andosoles, gleysoles y ferralsoles), y en algunos casos resultó imperativo crear nuevos nombres en un cierto número de casos (luvisoles, acrisoles, cambisoles, nitosoles, fluvisoles y otros) (38).

La Leyenda señala que la finalidad del Mapa Mundial de Suelos es permitir una síntesis creativa y un inventario factual de la distribución y características de los suelos mundiales que pueda utilizarse para fines tanto prácticos como científicos. Añade, queda plenamente reconocido que el presente intento presenta muchos defectos, algunos de ellos obedecen a la necesidad de llegar a una conciliación de criterios antagónicos. No obstante, es de esperar que esta empresa constituya un importante paso adelante en la adopción de una clasificación de suelos aceptada internacionalmente.

Reinroth (7) indica que el sistema FAO/UNESCO constituye básicamente una recopilación organizada de definiciones de unidades de mapa y

puede considerarse como una posición intermedia entre la clasificación técnica y la taxonomía. Señala además que el principal mérito de este esquema es que proporcionará un vehículo para la comparación de un grupo de suelos bien definido y mutuamente exclusivo, con bastante extensión a escala mundial una vez que todas las hojas del Mapa de Suelos hayan sido publicadas.

Duol (15) refiere que el sistema FAO/UNESCO es un sistema de dos niveles que fue diseñado para usarse en el nombramiento de unidades de mapas generales, por lo tanto no es tan detallado como el sistema taxonómico de los Estados Unidos que sirve los detalles requeridos en mapas detallados en una escala de cuatro pulgadas por milla. Así, mientras el sistema de los Estados Unidos contiene unas diez mil categorías para suelos para este país, el sistema FAO/UNESCO tiene únicamente 106 categorías para todos los suelos del mundo. En general, los grupos del sistema anterior son comparables al tercer nivel del sistema de la Taxonomía de Suelos.

Duchaufour (32) hace un comentario acerca del sistema e indica que los recopiladores de la FAO comprobaron que las definiciones de los suelos a nivel de los grupos, permitían compaginar fácilmente unas clasificaciones con otras; en estas condiciones, no han intentado poner a punto una verdadera clasificación jerarquizada, sino simplemente precisar las definiciones de los grupos, encontrarles una definición válida en el plano internacional y finalmente presentar una clave de determinación.

2.3.4 Sistema Capacidad-Fertilidad

La cantidad de información que necesitan los especialistas de

fertilidad es sólo una fracción de los datos recolectados durante el mapeo de suelos, por lo tanto, es deseable diseñar un sistema de clasificación, específico para problemas de fertilidad (17).

Buol et al. (17) proponen el Sistema de Capacidad-Fertilidad e indican que es un sistema técnico de clasificación, diseñado para agrupar los suelos de acuerdo con limitaciones similares de fertilidad. Los suelos son agrupados en su nivel categórico más elevado, de acuerdo a la textura superficial y del subsuelo. Trece modificadores son usados para delimitar parámetros específicos relativos a su fertilidad.

En conjunto, afirman los autores, el sistema permite el agrupamiento de suelos con un propósito definido, el manejo de su fertilidad y por consiguiente, proveerá una base para la extrapolación de las técnicas de manejo de fertilidad en un área. Al ser de gran valor en el manejo de la fertilidad del suelo, el sistema ofrecerá un mecanismo que puede ser incorporado en los informes de reconocimiento de suelo.

Finalmente, los autores indican que el sistema propuesto puede ser utilizado para interpretar mapas de suelos siempre y cuando existan ciertos datos analíticos. Los parámetros de este sistema han sido definidos en forma adaptable a la nueva Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos y otros sistemas de clasificación, además que fueron escogidos para ser determinados en el campo o con trabajo moderado de laboratorio.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área

Los suelos clasificados en el presente estudio están comprendidos dentro de la Cuenca Superior del Amazonas Peruano, en el área de Puerto Almendra-Iquitos, zona bajo cubierta boscosa tropical representativa de aproximadamente el 60 por ciento de los suelos de la región, que incluyen áreas consideradas en programas de asentamientos de grupos humanos.

Las coordenadas geográficas corresponden a 3° 45' latitud sur y 73° 11' longitud oeste de Greenwich; su elevación es de 108 m.s.n.m. (107). (Fig. 1).

Fisiográficamente, dentro de la llanura amazónica, ocupan las terrazas altas no inundables, con relieve variable entre plano a ligeramente ondulado y topografía plana a ligeramente inclinada (125).

La geología de la Amazonía fue estudiada por Debry en 1877, por Katzer en 1903 y por PETROBRAS en 1961 (101). Vista en conjunto, la parte sedimentaria de la Amazonía tiene en su superficie una gran proporción de sedimentos Cretáceos o del Terciario, de textura y color variables compuestos principalmente de arcillas caoliníticas y arenas cuarzosas, y son poco consolidadas (37, 101). El espesor y la extensión de los propios de pósitos del Pleistoceno, que consisten de arcillas caoliníticas y arenas cuarzosas, son aparentemente limitados especialmente en la parte oeste de la Amazonía (101).

Geológicamente los suelos del Amazonas se han desarrollado sobre materiales Terciario-Cuaternario o Terciario superior. Los materiales parentales consisten en su mayor parte de sedimentos no consolidados, conformado

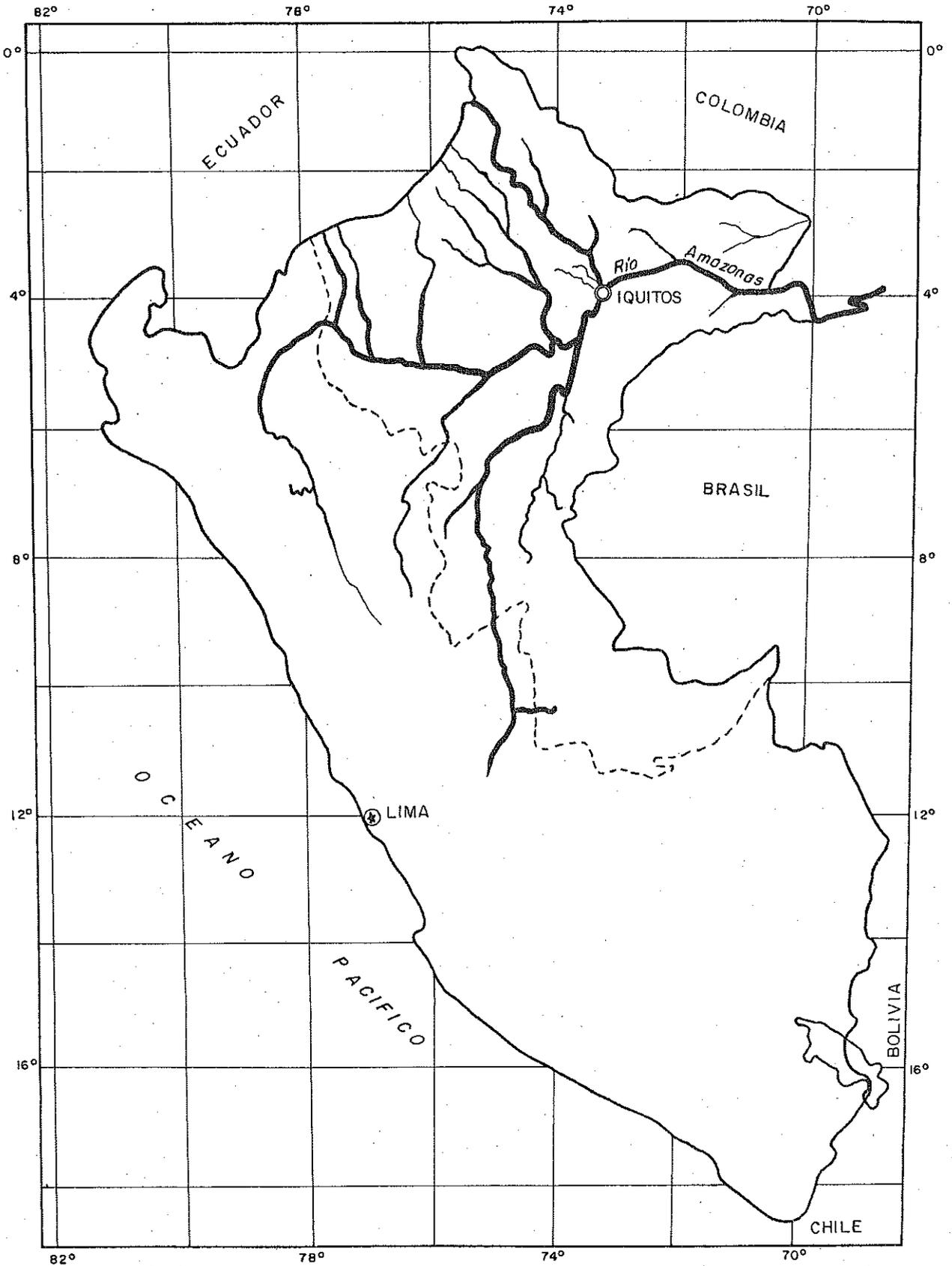


Fig. I Ubicación geográfica de la zona de Iquitos en estudio

a base de arcillas, areniscas o arenas cuarzosas; los depósitos aluviales recientes cerca de los ríos ocupan áreas pequeñas (23, 61, 124, 125). En el mapa litológico de América del Sur (37) se observa en la región Amazónica la predominancia de rocas sedimentarias: Sedimentos clásticos jóvenes poco consolidados y no consolidados.

Tosi (107) señala que los materiales aluviales diversificados de la capa superficial, son de edad cuaternaria y reciente y que provienen de la erosión de las colinas de estratos terciario-continetales que rodean este geosinclino estructural al oeste, sur y sureste igual que los Andes mismos.

De acuerdo al mapa ecológico del Perú (107), esta área está clasificada como Bosque Húmedo Tropical; según el mapa climático de América del Sur (37) está clasificada como Clima Ecuatorial Húmedo Semi Cálido. La precipitación promedio anual registrada en los últimos cinco años es de 3000 mm sin estación seca marcada, humedad relativa media de 86 por ciento y una relación evapotranspiración/precipitación menor de uno en al menos nueve meses, esta condición evidencia la predominancia de un régimen de humedad del suelo Udico. La temperatura promedio anual es de 26°C, aproximadamente constante todo el año, lo que sugiere un régimen de temperatura del suelo Isohipertérmico (Fig. 2 y Fig. 3).

La vegetación dominante de estos suelos es un bosque virgen de composición florística bastante heterogénea, en la que podemos distinguir a simple vista dos formaciones bien definidas: 1) Bosque primario perennifolio, con especies arbóreas bien desarrolladas, densidad y cobertura buenas, dosel superior regular (22-25 m) con presencia esporádica de árboles emergentes; algunos géneros más importantes: *Hymenaeae*, *Iryanthera*,

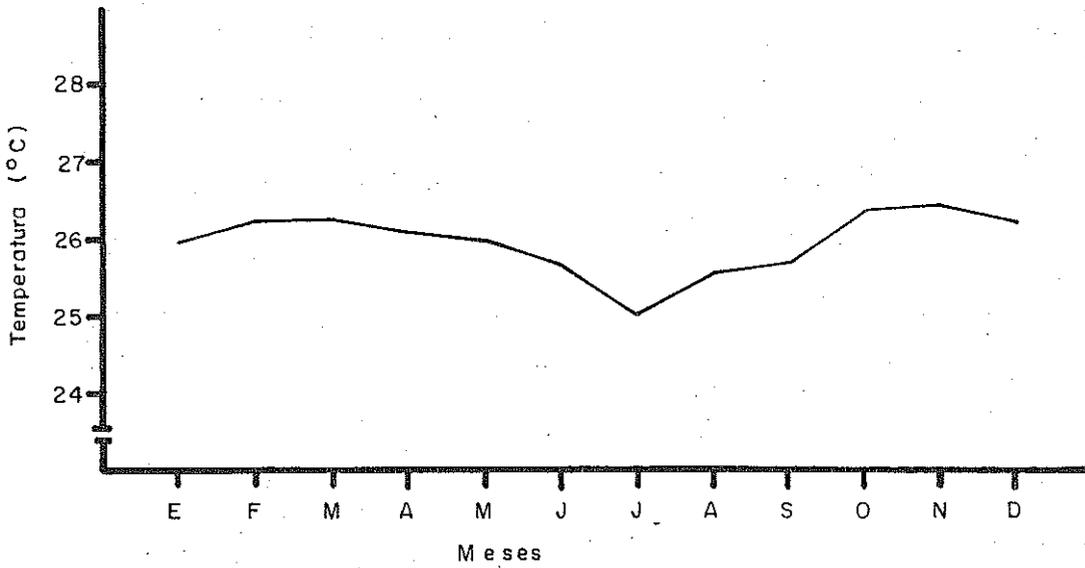


Fig. 2 Valores medios de temperatura promedio mensual (1969-1974)*

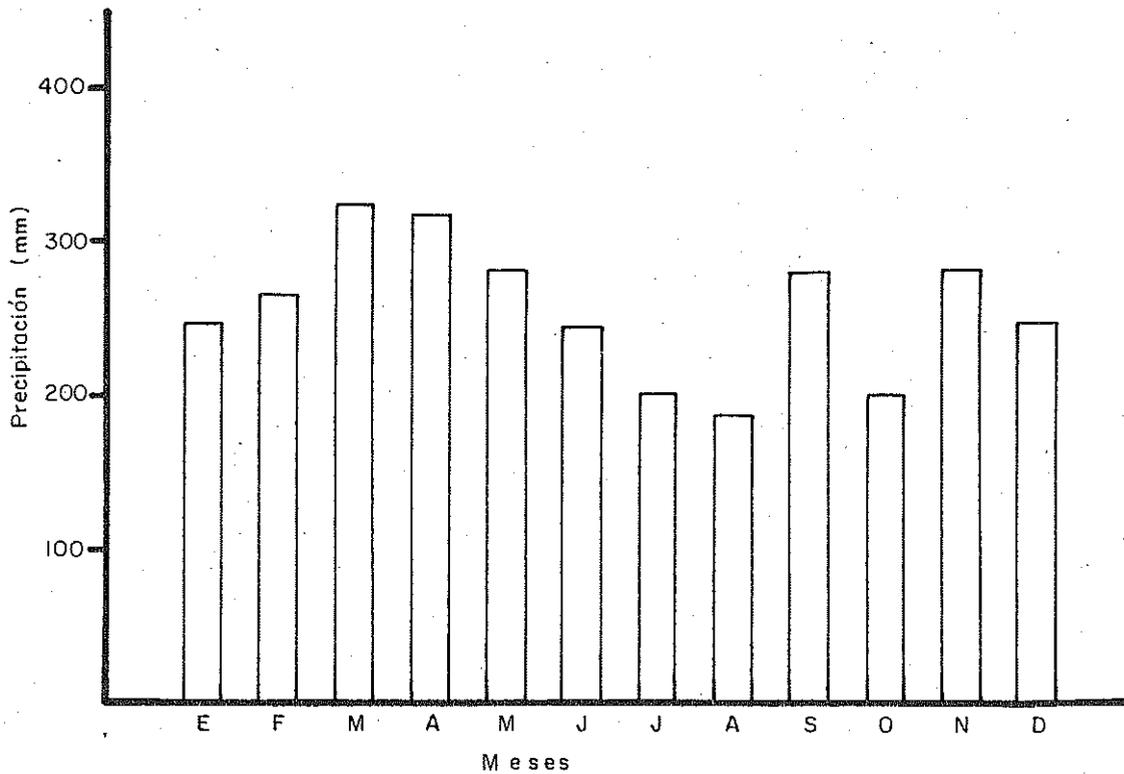


Fig. 3 Valores medios de precipitación promedio mensual (1969-1974)*

* Datos meteorológicos SENAMHI, Estación Zúngaro Cocha Iquitos, Perú

Virola, *Simarouba*, *Aniba*, *Nectandra*, *Lecythis*, *Cecropia*, *Pourouma*, *Manilkara*, y 2) Bosque primario perennifolio tipo "varillal", con árboles poco desarrollados, densidad y cobertura bajas, dosel superior bajo (15-20 m); algunos géneros: *Bombax*, *Manilkara*, *Hevea*, *Protium*, *Schizolobium*, *Symphonia* y abundantes palmeras.

3.2 Trabajos de campo

3.2.1 Ubicación del área

Para seleccionar un sitio representativo se hicieron varios recorridos exploratorios de la zona, incidiendo mayormente en las áreas consideradas para futuros asentamientos humanos; posteriormente con base en fotografías aéreas a la escala 1/4500 se seleccionaron las áreas más dominantes. En el campo se comprobó que existían las áreas representativas en los bosques del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.

3.2.2 Ubicación de los perfiles

Dentro del área seleccionada, se procedió a la apertura de una trocha de 2 km de longitud con rumbo 5° N-E indicado por la brújula, habiéndose tenido el cuidado de incluir en éstos 2 km de extensión las dos formaciones de bosque primario perennifolio descritas anteriormente.

Se localizaron once perfiles a lo largo de la trocha distancia dos 200 m uno de otro.

3.2.3 Descripción de los perfiles y toma de muestra

Se excavaron calicatas de 1,5 m de profundidad y se realizaron controles laterales hasta 100 m a cada lado del eje de la trocha para observar la variabilidad del suelo. Se describieron los perfiles de acuerdo

a la técnica recomendada por la FAO (36) y por el Soil Survey Manual (109).

Se tomaron muestras individuales de la parte central del espesor de cada horizonte o estrato diferenciado del perfil, se identificaron y embolsaron.

Las muestras para la determinación de la densidad aparente fueron extraídas por el método del cilindro (45).

3.3 Clasificación de Suelos

En el reconocimiento, separación y descripción individual de horizontes y en la clasificación de suelos se siguieron los criterios expuestos en el Soil Taxonomy (115), Leyenda Mundial de Suelos FAO/UNESCO (37) y el Sistema técnico Capacidad-Fertilidad de Puol et al. (17).

3.4 Trabajo de laboratorio

3.4.1 Preparación de muestras

Se secaron las muestras al aire y bajo sombra; se trituraron suavemente con rodillos de madera en bandejas adecuadas, se pasaron por tamíz de malla de 2mm, se homogeneizaron y embolsaron.

3.4.2 Determinaciones físicas

3.4.2.1 Humedad de las muestras secadas al aire

Se determinó el contenido de humedad de las muestras por gravimetría (41), con secamiento al horno a 105°C durante 24 horas. El objetivo fue expresar los resultados con base en masa de suelo seco al horno.

3.4.2.2 Densidad aparente

Se siguió la técnica descrita por Hardy (45) fundamentada en

la utilización de un cilindro metálico de volumen conocido para obtener muestras de suelo no alterados.

Las muestras se sometieron a desecación a la estufa a 105°C durante 24 horas, por gravimetría se determinó la masa de suelo seco y se relacionó con el volumen del cilindro, obteniéndose los valores de densidad aparente en g/cc de todas las muestras.

3.4.2.3 Densidad de partículas

Se siguió la técnica original de Blake (10), adoptada y modificada por Forsythe (39), fundamentada en la utilización de un fluido no polar para determinar el volumen ocupado por las partículas del suelo.

La densidad de partículas fue calculada en base a la masa de suelo seco a 105°C y el volumen del suelo se calculó considerando que el volumen del suelo es igual al volumen del frasco menos el volumen del kerosene añadido al suelo.

3.4.2.4 Dispersión de arcilla en agua

Se siguió la técnica descrita por Macías (59) que consistió en agitar una suspensión suelo-agua durante 16 horas, dejar reposar 4 horas, tomar una alícuota de la suspensión y someter a desecación en estufa a 105°C por 24 horas, finalmente determinar por gravimetría el contenido de arcilla.

3.4.2.5 Distribución del tamaño de las partículas

Se aplicó la técnica descrita por Forsythe (39), fundamentada en el método del hidrómetro modificado por Day (26).

No fue necesario eliminar la materia orgánica por su bajo contenido en los suelos.

Todas las fracciones fueron agrupadas de acuerdo a la Clasificación Textural de los Estados Unidos y la clase textural definida con el triángulo de texturas (115).

3.4.2.6 Determinación del color

El color fue determinado en muestras secas al aire, utilizando las tablas Munsell (69, 70). Las medidas se hicieron en condición de suelo alterado.

3.4.2.7 Separación de la fracción arcilla

Se siguió la técnica indicada en el Manual de Métodos de Laboratorio (109).

3.4.2.8 Pretratamiento de la arcilla para análisis mineralógico por difracción de rayos X

Se siguió la técnica indicada en el Manual de Métodos de Laboratorio (109).

3.4.3 Determinaciones químicas

3.4.3.1 Reacción del suelo (pH)

Se determinó la acidez del suelo potenciométricamente, en agua y KCl 1N, dilución Suelo-agua y Suelo-KCl 1N 1:1 (75).

3.4.3.2 Materia orgánica

Se siguió la técnica descrita por Saíz del Río y Bornemisza (92), basada en el método de Walkley y Black: Oxidación de la materia orgánica con dicromato de potasio en presencia de ácido sulfúrico y determinación del exceso de dicromato con sal de Mohr utilizando difenilamina

como indicador.

3.4.3.3 Nitrógeno total

La determinación del nitrógeno total se hizo por el método micro-Kjeldahl, según Bremner (13).

3.4.3.4 Acidez intercambiable

Se siguió la técnica descrita por McLean (64), basada en el método de Yuan (121). Se usó como extractante el KCl 1N y se tituló con hidróxido de sodio 0,01 N. El aluminio intercambiable fue cuantificado por el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, modelo 303.

3.4.3.5 Bases cambiables, Retención de bases y Saturación de bases

Se siguió la técnica descrita por Díaz-Romeu y Balerdi (28), basada en el método de Bower et al. (12). La extracción de las bases cambiables se realizó con NH_4OAc pH 7,0 y la determinación en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, modelo 303.

La retención de bases fue la suma de bases cambiables más el aluminio cambiabile.

El porcentaje de saturación de bases fue calculado como porcentaje de bases retenidas (Ca, Mg, K y Na) de la capacidad de cambio obtenido por la suma de cationes.

3.4.3.6 Capacidad de Intercambio de Cationes del Suelo

Se siguieron dos métodos por exigencia de la Taxonomía de Suelos.

1) La técnica descrita por Díaz-Romeu y Balerdi (28), basada en el método de Bower et al. (12) que consistió en la saturación del

suelo con amonio mediante NH_4OAc 1N pH 7,0 seguido por un desplazamiento del amonio del suelo con KCl 10% pH 2,5 y determinación del amonio en el sobrenadante por micro-Kjeldahl.

2) Método BaCl_2 -TEA pH 8,2 descrito en el Manual de Laboratorio (109), basado en el método de Peech et al. (76). Lavado del suelo con una solución BaCl_2 -TEA y posteriormente con solución de reemplazamiento de BaCl_2 . Lavado con metanol para eliminar los cloruros y lavado con BaCl_2 0,001 N para eliminar metanol. Lavado con $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 1N, recoger filtrado y productos de enjuague y completar con agua destilada. Determinación del Bario en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer, modelo 303.

3.4.3.7 Oxidos libres de hierro y aluminio

Se aplicaron dos métodos de extracción descritos en el manual de laboratorio (109):

- 1) Método ditionito-citrato-bicarbonato (65), y
- 2) Método de Pirofosfato de sodio (6).

El hierro y el aluminio extraídos fueron determinados en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer, modelo 303.

3.4.3.8 Fósforo disponible

Se siguió el método descrito por Hunter (47), basado en el método de Olsen (73), que usa una solución extractora NaHCO_3 0,5 N pH 8,5.

3.5 Mineralogía de arcillas

Las muestras de arcilla pretratadas fueron enviadas al Departamento de Suelos de la Universidad de Carolina del Norte, E.U.A.*

*El Dr. Stanley Buol se responsabilizó del análisis mineralógico y de su interpretación.

El método difractométrico por rayos X fue aplicado, habiéndose utilizado un difractómetro de rayos X General Electric XRD-5.

Todas las muestras fueron montadas en placas de vidrio e irradiadas usando cobalto K α 1, radiación λ 1,7889 Å.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En los Cuadros 1, 2, 3 y 4 se presentan las características morfológicas, físicas y químicas de los 11 perfiles de suelo de la región de Iquitos y en el Cuadro 5 las características mineralógicas de algunos horizontes seleccionados de tal manera que incluyan los horizontes principales de los 11 perfiles estudiados.

En el Cuadro 1 y Figura 4 se observan perfiles con presencia o ausencia de un horizonte cementado, se utilizará esta diferenciación en la separación de los suelos en dos grupos: 1) Grupo 1, de suelos con horizonte cementado, y 2) Grupo 2, de suelos sin horizonte cementado. Esta agrupación facilitará la presentación de los resultados y la discusión.

A continuación se presentan las características más sobresalientes por grupos.

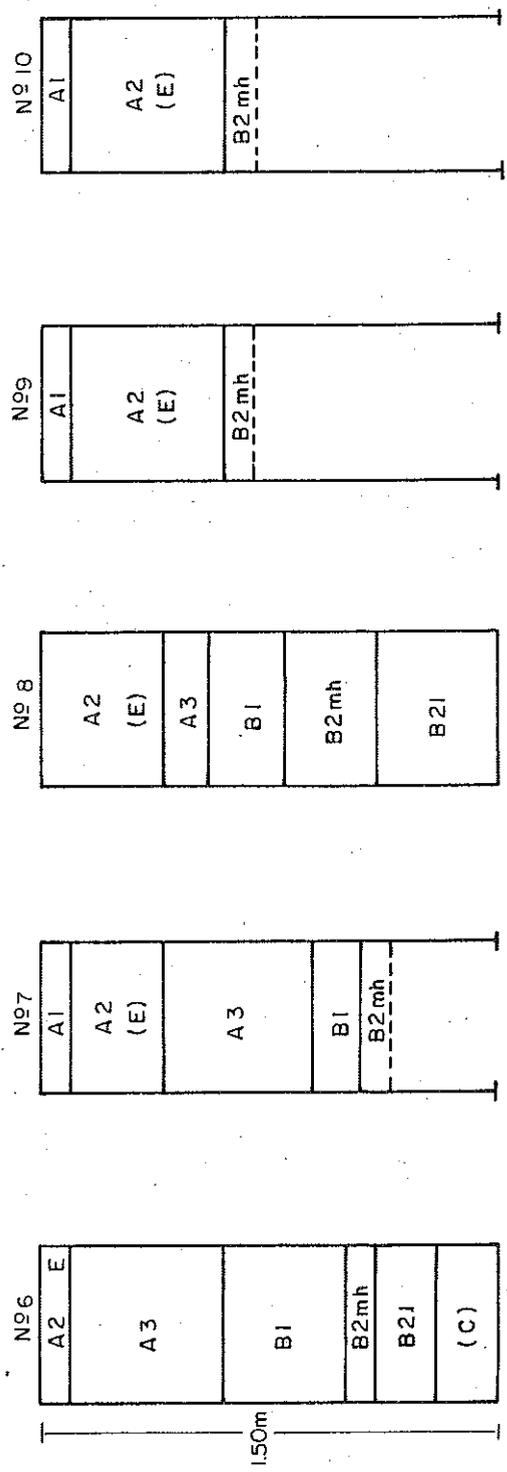
4.1 Grupo 1: Suelos con horizonte cementado

A este grupo pertenecen los perfiles 6, 7, 8, 9 y 10 ubicados bajo vegetación boscosa primaria de árboles poco desarrollados con predominancia de palmeras, a este tipo de bosque virgen los naturales de la zona denominan "varillal".

4.1.1 Características morfológicas (Cuadro 1)

La profundidad del solum varía entre 60 y 100 cm, a esta profundidad se distingue la presencia de una capa cementada principalmente por materia orgánica, esta característica evidencia la movilización de la materia orgánica y la formación del horizonte espódico.

Grupo 1: Suelos con horizonte cementado en bosque mixto perennifolio "varillal"



Grupo 2: Suelos sin horizonte cementado en bosque mixto perennifolio común

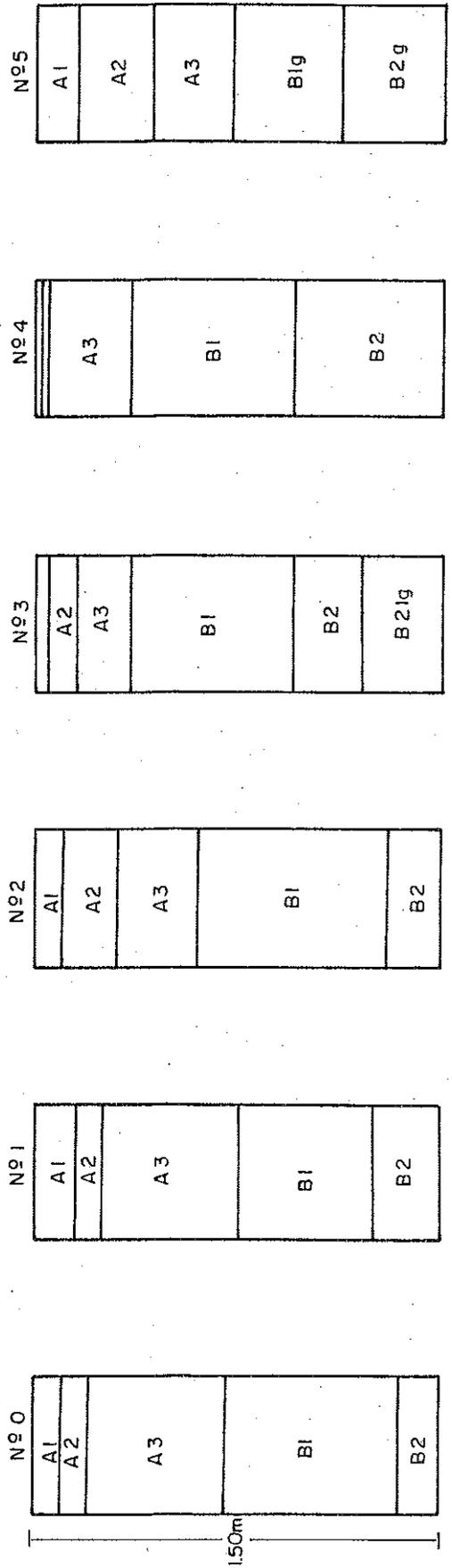


Fig. 4 Perfiles de suelo de bosque virgen del Amazonas Peruano - Iquitos

Cuadro 1. Características morfológicas de algunos suelos del bosque Amazónico Peruano, Iquitos.

PERFIL Nº	HORI- ZON- TE	PROFUNDIDAD cm	COLOR SECO	ESTRUCTU- RA.	CONSIS- TENCIA HUMEDO	RAICES	LIMITE DE HORIZONTE SUPERIOR	DRENAJE
0	A1	0-10	10YR5/2	NoGs	S	Ab	-----	B
	A2	10-20	10YR5/3	NoGs	S	Ab	Claro	F
	A3	20-70	10YR6/2	NoGs	S	Mod	Claro	F
	B1	70-135	10YR7/2	BsMgD	Mf	Esc	Gradual	B
	B2	135-150	10YR8/4	BsMgD	Mf	Aus	Gradual	F
1	A1	0-15	10YR5/4	BsGD	Mf	Ab	-----	B
	A2	15-25	10YR5/6	BsGM	F	Ab	Claro	B
	A3	25-75	10YR6/3	BsGF	Fir	Mod	Claro	B
	B1	75-125	10YR7/6	BsGF	Fir	Esc	Gradual	B
	B2	125-150	10YR8/6	BsGF	Fir	Aus	Gradual	F
2	A1	0-10	10YR6/4	NoGs	S	Ab	-----	B
	A2	10-30	10YR6/3	BsGM	F	Ab	Claro	B
	A3	30-60	10YR5/4	BsGM	F	Mod	Claro	B
	B1	60-130	10YR7/6	BsGM	F	Esc	Gradual	B
	B2	130-150	7.5YR7/6	BsGM	F	Aus	Gradual	B
3	A1	0-5	10YR4/3	BsGM	F	Ab	-----	B
	A2	5-15	10YR5/3	BsGM	F	Ab	Claro	B
	A3	15-35	10YR5/2	BsGF	Fir	Esc	Claro	B
	B1	35-95	10YR7/4	BsGF	Fir	Aus	Gradual	Mb
	B2	95-110	10YR8/3	BsGF	Fir	Aus	Gradual	Mb
	B21g	110-150	10YR8/3	BsGF	Fir	Aus	Gradual	I
4	A1	0-2	10YR5/3	NoGs	S	Ab	-----	B
	A2	2-5	10YR6/2	NoGs	S	Ab	Abrupto	B
	A3	5-35	10YR6/3	NoGs	S	Ab	Claro	B
	B1	35-95	2.5Y7/2	BsGM	F	Esc	Gradual	B
	B2	95-150	10YR8/1	BsGM	F	Aus	Gradual	B
5	A1	0-15	10YR6/2	BsGD	Mf	Ab	-----	B
	A2	15-40	10YR7/3	BsGF	Fir	Mod	Claro	Mb
	A3	40-70	10YR8/3	BsGF	Fir	Aus	Claro	Mb
	B1g	70-110	10YR8/4	BsGF	Fir	Aus	Gradual	I
	B2g	110-150	10YR8/2	BsGF	Fir	Aus	Gradual	I
	6	A2	0-10	10YR7/2	NoGs	S	Ab	-----
A3		10-60	10YR8/2	NoGs	S	Ab	Claro	Mb
B1		60-100	10YR7/3	BsGM	F	Aus	Gradual	I
B2mh		100-110	10YR6/3	Bmh	Fuer-Cem	Aus	Abrupto	I
B21		110-130	10YR7/3	BsGM	F	Aus	Abrupto	I
(C)		130-150	10YR8/2	NoGs	S	Aus	Gradual	I
7	A1	0-10	10YR6/1	NoGs	S	Ab	-----	I
	A2	10-40	10YR7/1	NoGs	S	Ab	Claro	I
	A3	40-87	10YR7/2	BsGM	F	Mod	Claro	I
	B1	87-102	10YR8/3	BsGF	Fir	Esc	Gradual	I
	B2mh	102-120	10YR4/4	Bmh	Endur	Aus	Abrupto	I
8	A2	0-40	10YR8/1	NoGs	S	Ab	-----	I
	A3	40-55	10YR5/4	BsGM	F	Esc	Claro	I
	B1	55-80	10YR5/6	BsGM	F	Aus	Gradual	I
	B2mh	80-110	10YR6/4	Bmh	Endur	Aus	Abrupto	I
	B21	110-150	10YR7/3	BsGF	Fir	Aus	Abrupto	I
9	A1	0-10	5Y6/1	NoGs	S	Ab	-----	I
	A2	10-60	5Y8/1	NoGs	S	Mod	Claro	I
	B2mh	+ 60		Bmh	Endur			
10	A1	0-10	5Y6/1	NoGs	S	Ab	-----	I
	A2	10-60	5Y8/1	NoGs	S	Mod	Claro	I
	B2mh	+ 60		Bmh	Endur			

SINROLOGIA

Estructura

Bmh: Cementado
 Bs: Bloques subangulares
 D: Débil
 F: Fuerte
 G: Grueso
 Gs: Grano simple
 M: Moderado
 Mg: Muy grueso
 No: Sin estructura

Consistencia

Endur: Endurecido
 F: Friable
 Fir: Firme
 Fuer-
 Cem: Fuertemente cementado
 Mf: Muy friable
 S: Suelto

Raíces

Ab: Abundante
 Aus: Ausente
 Esc: Escazo
 Mod: Moderado

Drenaje

B: Buen drenaje
 I: Drenaje imperfecto
 Mb: Moderadamente buen drenaje

s.f.p.

El espesor y la disposición de los horizontes presentan ligeras variaciones como pueden observarse en la Fig. 4.

En conjunto, por el espesor y la secuencia de los horizontes se pueden definir como suelos bien desarrollados. En todos los perfiles se observa en el horizonte A un sub-horizonte alábico (A2) muy definido.

El color determinado en seco es variable con la profundidad. Los colores de blanco a gris corresponden a los horizontes superficiales y de pardo pálido a pardo oscuro a los horizontes B. Estos matices aparentemente están asociados con el contenido de materia orgánica, correspondiendo los colores más claros en A a menores contenidos de materia orgánica y los colores más oscuros de los horizontes cementados al mayor contenido de materia orgánica.

Los horizontes superficiales arenosos, no poseen estructura, son de grano simple, mientras que en los horizontes B predominan la estructura de bloques subangulares, de tamaño grueso y de grado moderado a fuerte (115).

La consistencia en húmedo es de suelta a muy friable en los horizontes más superficiales y de friable a firme en los horizontes B excepto los horizontes cementados que son duros en húmedo y en seco (115).

La mayor concentración de raíces y raicillas se observa entre los primeros 30 cm superficiales, en el horizonte B son nulas. La orientación de las raíces es predominantemente horizontal.

Los límites de horizonte característicos son claros y de topografía plana en A y de graduales a abruptos con topografía plana en B (115).

Estos suelos, excepto el perfil 6, presentan fluctuaciones

del nivel freático durante el año, permanecen saturados en el período de máxima precipitación como se pudo comprobar en el campo.

La condición de saturación de agua en un período del año, es reconocida por la Taxonomía de Suelos (115) como una característica para definir a los suelos "gley".

4.1.2 Características físicas (Cuadro 2)

La densidad aparente es variable en todos los perfiles y dentro de los mismos, y en general se observa variaciones entre 1,03 y 2,43 g/cc y en la mayoría de los perfiles tiende a aumentar con la profundidad.

La densidad de partículas varía entre 2,52 y 2,68 g/cc, valores próximos al promedio de 2,65 g/cc aceptado para suelos minerales (14, 89) con valores ligeramente inferiores para los horizontes cementados que comprueba la contribución importante de la materia orgánica a estos horizontes.

La fracción arena es predominante en estos suelos, las fracciones limo y arcilla ocupan porcentajes muy bajos. En general, la textura varía de arenoso, arenoso franco a franco arenoso en los horizontes A y de arenoso a arenoso franco en los horizontes cementados. El contenido de arcilla tiende a aumentar con la profundidad.

La relación limo/arcilla varía de 0,21 a 2,00 en los horizontes A y de 0,38 a 1,12 en B. Estos valores son superiores a los índices de 0,15 y 0,20 propuestos para suelos altamente meteorizados (97, 116), lo que probablemente significa que estos suelos no son tan evolucionados como anteriormente se pensaba.

Cuadro 2. Características físicas de algunos suelos del bosque Amazónico Peruano, Iquitos.

PERFIL No.	HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	DENSIDAD g/cc		GRANULOMETRIA			CLASE TEXTURAL	ARCILLA DISPERSABLE EN AGUA %	LIMO ARCILLA
			PARTICULAS	APARENTE	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			
0	A1	0-10	2.57	1.96	93.5	5.8	0.8	Arenoso	0.084	7.67
	A2	10-20	2.58	1.58	86.8	5.5	0.8	Arenoso franco	0.082	0.71
	A3	20-70	2.63	1.48	88.5	3.3	11.3	Arenoso franco	0.002	0.39
	B1	70-135	2.61	2.20	86.5	2.3	11.3	Arenoso franco	0.001	0.20
	B2	135-150	2.63	2.39	88.3	0.5	11.3	Arenoso franco	0.001	0.04
1	A1	0-15	2.57	1.67	81.5	10.3	8.3	Arenoso franco	0.312	1.24
	A2	15-25	2.59	1.66	76.5	8.3	15.3	Franco arenoso	0.558	0.54
	A3	25-75	2.65	1.66	74.5	8.0	17.5	Franco arenoso	0.644	0.46
	B1	75-125	2.61	2.18	73.0	5.8	21.3	Fra.Arc.arenoso	0.002	0.27
	B2	125-150	2.62	2.47	69.5	7.0	23.5	Fra.Arc.arenoso	0.001	0.30
2	A1	0-10	2.60	1.80	91.5	3.5	5.0	Arenoso	0.075	0.70
	A2	10-30	2.58	1.57	77.0	8.0	15.0	Franco arenoso	0.311	0.53
	A3	30-60	2.60	1.56	81.3	3.5	15.3	Franco arenoso	0.358	0.23
	B1	60-130	2.64	1.79	78.0	5.5	16.5	Franco arenoso	0.044	0.33
	B2	130-150	2.62	2.13	77.8	3.8	18.5	Franco arenoso	0.001	0.20
3	A1	0-5	2.51	1.01	76.5	11.3	12.3	Franco arenoso	0.144	0.92
	A2	5-15	2.61	1.53	72.5	9.0	18.5	Franco arenoso	0.171	0.49
	A3	15-35	2.75	1.83	66.5	12.0	21.5	Fra.arc.arenoso	0.423	0.56
	B1	35-95	2.66	2.09	59.3	13.3	27.5	Fra.arc.arenoso	0.006	0.48
	B2	95-110	2.65	2.30	56.0	10.5	33.5	Fra.arc.arenoso	0.002	0.31
	B21g	110-150	2.64	2.43	52.5	11.3	36.3	Fra.arc.arenoso	0.001	0.31
4	A1	0-2	2.46	- - -	81.8	11.0	7.3	Arenoso franco	0.090	1.52
	A2	2-5	2.62	- - -	90.0	3.5	6.5	Arenoso	0.078	0.54
	A3	5-35	2.60	1.48	80.0	10.3	9.8	Arenoso franco	0.106	1.05
	B1	35-95	2.60	1.68	75.5	12.0	12.5	Arenoso franco	0.007	0.96
	B2	95-150	2.62	1.88	77.5	7.5	15.0	Franco arenoso	0.012	0.50
5	A1	0-15	2.59	1.45	55.0	36.0	9.0	Franco arenoso	0.156	4.00
	A2	15-40	2.57	1.90	46.5	38.0	15.5	Franco	0.407	2.45
	A3	40-70	2.65	2.36	38.5	42.5	19.0	Franco	0.579	2.24
	B1g	70-110	2.60	2.47	31.0	34.0	35.0	Fra. arcilloso	0.001	0.97
	B2g	110-150	2.68	2.14	59.5	18.5	22.0	Fra.arc.arenoso	0.001	0.84
6	A2	0-10	2.61	2.43	89.8	3.0	7.3	Arenoso	- - -	0.41
	A3	10-60	2.60	1.94	91.5	1.5	7.0	Arenoso	- - -	0.21
	B1	60-100	2.61	1.90	68.5	20.8	10.8	Franco arenoso	- - -	1.93
	B2mh	100-110	2.56	- - -	65.5	18.3	16.3	Franco arenoso	- - -	1.12
	B21	110-130	2.60	1.78	79.5	7.8	12.8	Franco arenoso	- - -	0.61
	(C)	130-150	2.68	1.97	90.3	0.5	9.3	Arenoso	- - -	0.05
7	A1	0-10	2.56	1.03	83.5	9.3	7.3	Arenoso franco	- - -	1.28
	A2	10-40	2.63	2.20	83.3	10.3	6.5	Arenoso franco	- - -	1.58
	A3	40-87	2.60	- - -	66.5	19.5	14.0	Franco arenoso	- - -	1.39
	B1	87-102	2.57	- - -	57.5	19.0	23.5	Fra.arc.arenoso	- - -	0.81
	B2mh	102-120	2.54	- - -	86.5	3.8	9.8	Arenoso franco	- - -	0.38
8	A2	0-40	2.63	1.39	80.5	13.0	6.5	Arenoso franco	- - -	2.00
	A3	40-55	2.55	2.35	69.5	16.5	14.0	Franco arenoso	- - -	1.18
	B1	55-80	2.52	2.29	69.5	12.3	18.3	Franco arenoso	- - -	0.67
	B2mh	80-110	2.48	- - -	79.5	6.8	13.8	Franco arenoso	- - -	0.49
	B21	110-150	2.56	- - -	71.8	7.8	20.5	Fra.arc.arenoso	- - -	0.38
9	A1	0-10	2.58	1.49	85.5	7.5	7.0	Arenoso franco	- - -	1.07
	A2	10-60	2.63	2.41	83.0	9.3	7.8	Arenoso franco	- - -	1.19
	B2mh	+60								
10	A1	0-10	2.63	1.70	90.5	3.0	6.5	Arenoso	- - -	0.64
	A2	10-60	2.56	2.26	89.0	4.5	6.5	Arenoso	- - -	0.69
	B2mh	+60								

4.1.3 Características químicas (Cuadros 3 y 4)

El pH en todos los suelos, según los niveles establecidos por el Soil Survey Manual (109), varía de extremadamente ácido a fuertemente ácido determinados en agua (pH 3,30-5,30) y KCl (pH 2,8-4,6). Se observa una diferencia entre los valores de pH determinados en agua y en KCl de 0,4 a 1,4 y esta diferencia evidencia un bajo contenido de cationes como consecuencia de un alto lavado provocado principalmente por las abundantes precipitaciones propias del ecosistema tropical húmedo.

El contenido de materia orgánica es variable, los horizontes álbicos registran los valores más bajos (trazas), los horizontes superficiales niveles medios (3,2-3,7%) y los horizontes cementados niveles medios a altos (3,9-6,6%) confirmando la acumulación de materia orgánica en este horizonte. La interpretación se basa en los niveles críticos de materia orgánica establecidos para los suelos selváticos del Perú (19).

Los valores de materia orgánica indican un proceso de movilización de la materia orgánica y de su acumulación en el horizonte cementado. Este proceso explica en gran parte el proceso de podsolización, que según la Taxonomía de Suelos (115), es definida como un conjunto de procesos que giran alrededor de translocación de materia orgánica, Fe y Al de la parte superior a la inferior del solum, bajo la influencia de compuestos orgánicos e H^+ . La misma taxonomía indica que el transporte de arcilla en suspensión y su acumulación es también común en la formación de los espodosoles, los datos indicados de contenidos de arcilla en el horizonte cementado (Cuadro 1) satisface esta condición. Finalmente, la Taxonomía de Suelos resume el proceso de formación de espodosoles en los siguientes sub-procesos: Acumulación de materia orgánica, lixiviación,

Cuadro 3. Características químicas de algunos suelos del bosque Amazónico Peruano, Iquitos.

PER- FIL Nº	HORI- ZON- TE	PROFUNDIDAD cm	pH		%C	N Total %	Meq/100 g de suelo										S.B. %	P Disp. ppm
			H ₂ O	KCl			S.O.C. pH 7.0					ACIDEZ CAMBIABLE		SUMA DE CA- TIONES				
			1:1	1:1			CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H					
0	A1	0-10	3.75	3.20	1.63	0.10	2.8	.23	.05	.10	.05	0.80	0.85	2.08	21	8		
	A2	10-20	3.95	3.50	2.26	0.13	4.6	.27	.07	.09	.04	1.35	1.15	2.97	16	4		
	A3	20-70	4.30	3.90	1.79	0.12	4.6	.15	.06	.07	.05	0.56	0.54	1.43	23	4		
	B1	70-135	4.35	3.90	0.20	0.05	2.3	.17	.06	.08	.04	0.50	0.55	1.40	25	1		
	B2	135-150	4.25	3.75	0.04	0.03	2.3	.17	.05	.07	.04	1.05	0.57	1.95	17	1		
1	A1	0-15	3.70	3.30	2.02	0.17	4.8	.26	.10	.08	.17	2.25	1.07	3.93	16	14		
	A2	15-25	3.80	3.40	1.32	0.14	5.3	.29	.11	.07	.19	2.34	0.34	3.34	20	7		
	A3	25-75	4.30	3.80	0.66	0.10	4.8	.14	.06	.06	.19	1.79	1.03	3.32	14	4		
	B1	75-125	4.40	3.70	---	---	3.6	.14	.10	.07	.22	2.05	1.50	4.08	13	1		
	B2	125-150	4.60	3.60	---	---	2.9	.17	.08	.07	.14	2.50	1.25	4.21	11	1		
2	A1	0-10	3.90	3.40	2.22	0.17	3.2	.25	.07	.09	.05	0.52	0.83	1.81	25	10		
	A2	10-30	4.20	3.70	1.99	0.15	2.7	.23	.09	.09	.08	1.42	0.93	2.84	17	8		
	A3	30-60	5.30	4.00	1.37	0.10	3.7	.30	.05	.08	.05	0.81	0.79	2.03	3	4		
	B1	60-130	4.60	3.90	0.19	0.06	2.8	.21	.06	.07	.05	1.05	0.80	2.24	17	1		
	B2	130-150	4.50	3.80	0.58	0.05	1.8	.20	.05	.10	.10	1.18	0.80	2.43	19	1		
3	A1	0-5	3.40	3.00	3.16	0.19	8.7	.27	.10	.13	.05	2.40	1.93	4.93	11	12		
	A2	5-15	4.50	3.80	2.10	0.13	6.4	.23	.07	.10	.06	1.72	1.03	3.21	14	4		
	A3	15-35	4.60	4.00	1.44	0.10	2.3	.15	.05	.08	.05	1.18	0.87	2.38	14	1		
	B1	35-95	4.40	3.80	0.19	0.05	5.5	.17	.07	.10	.06	2.60	1.25	4.25	9	1		
	B2	95-110	4.40	3.70	---	---	8.8	.12	.06	.09	.06	3.84	1.66	5.83	6	1		
	B21g	110-150	4.20	3.60	---	---	5.3	.16	.05	.12	.05	4.90	1.75	7.03	5	1		
4	A1	0-2	3.20	2.70	3.54	0.27	9.9	.31	.17	.11	.18	1.75	1.75	4.27	18	22		
	A2	2-5	3.60	3.30	1.32	0.13	2.5	.26	.09	.07	.19	0.92	1.06	2.66	26	6		
	A3	5-35	4.30	3.90	1.87	0.15	3.7	.22	.06	.07	.17	0.75	0.73	2.00	26	1		
	B1	35-95	4.00	4.10	0.27	0.07	2.3	.18	.09	.05	.18	0.48	0.62	1.60	31	1		
	B2	95-150	4.80	4.20	0.16	0.05	1.8	.22	.06	.07	.10	0.15	0.55	1.24	44	1		
5	A1	0-15	4.00	3.40	1.56	0.12	4.1	.31	.10	.15	.07	0.99	1.01	2.63	24	12		
	A2	15-40	4.30	3.70	0.43	0.05	3.2	.25	.07	.14	.10	1.55	3.07	5.18	11	1		
	A3	40-70	4.40	3.80	0.27	0.04	2.3	.30	.04	.08	.07	1.36	0.92	2.77	18	1		
	B1g	70-110	4.20	3.70	0.12	0.03	9.7	.09	.04	.11	.09	4.30	1.55	6.18	5	1		
	B2g	110-150	4.30	3.70	0.04	0.03	6.9	.16	.05	.12	.07	5.00	1.68	7.08	6	1		
6	A2	0-10	4.10	3.30	1.83	0.09	1.8	.25	.07	.09	.05	0.06	0.92	1.44	32	8		
	A3	10-60	4.80	4.10	---	---	0.5	.15	.05	.09	.04	---	0.24	0.57	58	1		
	B1	60-100	4.00	3.60	1.29	0.08	2.8	.26	.10	.12	.04	0.55	0.93	2.05	25	4		
	B2mh	100-110	4.60	4.10	2.26	0.10	8.3	.17	.05	.09	.05	1.00	1.00	2.36	15	6		
	B21	110-130	5.00	4.40	0.90	0.05	3.7	.28	.03	.07	.05	0.18	0.50	1.11	39	4		
	(C)	130-150	5.20	4.60	0.16	0.02	0.9	.23	.03	.08	.05	---	0.37	0.76	51	1		
7	A1	0-10	3.60	2.95	2.14	0.12	3.5	.19	.13	.12	.24	0.05	1.15	1.88	36	10		
	A2	10-40	5.00	3.90	---	---	0.7	.15	.06	.06	.18	---	0.22	0.67	67	1		
	A3	40-87	4.90	4.20	0.55	0.05	2.8	.16	.05	.06	.19	0.38	1.56	2.40	19	1		
	B1	87-102	4.70	4.20	1.62	0.07	8.1	.20	.05	.07	.18	1.42	0.93	2.85	18	1		
	B2mh	102-120	4.40	4.00	3.81	0.11	10.6	.17	.06	.09	.22	4.20	1.90	6.64	8	6		
8	A2	0-40	5.20	4.40	---	---	0.5	.17	.04	.07	.04	---	0.18	0.50	64	1		
	A3	40-55	4.00	3.20	2.61	0.07	5.9	.31	.05	.08	.05	2.10	2.00	4.59	11	1		
	B1	55-80	4.00	3.40	2.69	0.07	10.9	.15	.03	.26	.06	2.84	2.16	5.50	9	1		
	B2mh	80-110	4.20	3.60	3.27	0.07	14.3	.11	.05	.07	.06	3.15	2.20	5.64	5	11		
	B21	110-150	4.40	4.00	1.75	0.03	3.2	.13	.08	.07	.05	0.88	1.00	2.21	15	3		
9	A1	0-10	4.00	3.00	1.36	0.09	2.5	.18	.08	.07	.18	---	0.50	1.01	50	4		
	A2	10-60	5.30	4.00	---	---	0.5	.15	.08	.06	.19	---	0.14	0.64	78	1		
	B2mh	+ 60																
10	A1	0-10	3.30	2.80	1.36	0.15	2.1	.15	.07	.08	.17	---	0.80	1.27	37	2		
	A2	10-60	5.20	3.80	---	---	0.5	.14	.06	.06	.19	---	0.16	0.61	74	1		
	B2mh	+ 60																

* Suma de bases + acidez cambiante.

s.f.p.

Cuadro 4. Algunos análisis químicos y relaciones para determinación de horizontes de diagnóstico de algunos suelos del bosque Amazónico Peruano, Iquitos.

PERFIL Nº	HORI ZON- TE	PROFUNDIDAD cm	CIC meq/100g. s.		OXIDOS LIBRES %				CIC Arcilla *	Saturac. Al % **
			H ₂ PO ₄ ⁻ pH 7.0	BaCl ₂ - TEA pH 8.2	Fe ₂ O ₃		Al ₂ O ₃			
					Piro- fosfa to Na	Ditioni to-Citra to.	Piro- fosfa to Na	Ditioni to-Citra to.		
0	A1	0-10	2.8	18.9	0.13	0.18	0.11	0.05	164	65
	A2	10-20	4.6	29.2	0.53	0.66	0.30	0.38	23	74
	A3	20-70	4.6	29.6	0.56	0.66	0.64	0.85	11	63
	B1	70-135	2.3	11.4	0.56	0.56	0.42	0.71	8	59
	B2	135-150	2.3	11.4	0.17	0.45	0.11	0.33	12	76
1	A1	0-15	4.8	29.8	0.56	0.52	0.26	0.28	35	65
	A2	15-25	5.3	31.7	0.41	0.71	0.19	0.43	20	78
	A3	25-75	4.8	26.5	0.57	0.54	0.45	0.66	13	80
	B1	75-125	3.6	21.5	0.56	0.72	0.26	0.43	12	79
	B2	125-150	2.9	20.7	0.26	0.77	0.19	0.43	13	84
2	A1	0-10	3.2	18.3	0.29	0.41	0.08	0.09	20	53
	A2	10-30	2.7	33.9	0.86	0.72	0.45	0.57	13	74
	A3	30-60	3.7	28.5	0.72	1.07	0.53	0.76	9	63
	B1	60-130	2.8	19.6	0.50	1.07	0.30	0.57	9	73
	B2	130-150	1.8	26.3	0.57	1.25	0.26	0.52	9	64
3	A1	0-5	8.7	59.9	0.31	0.36	0.11	0.24	24	81
	A2	5-15	6.4	52.6	0.49	0.66	0.45	0.57	12	79
	A3	15-35	2.3	55.5	0.57	0.75	0.64	0.76	7	78
	B1	35-95	5.5	25.9	0.36	0.73	0.15	0.38	11	87
	B2	95-110	8.8	24.8	0.04	0.52	0.08	0.28	12	92
	B21g	110-150	5.3	25.8	0.03	0.27	0.15	0.28	16	92
4	A1	0-2	9.9	80.3	0.17	0.21	0.23	0.33	35	85
	A2	2-5	2.5	23.1	0.11	0.14	0.08	0.09	25	57
	A3	5-35	3.7	36.2	0.37	0.43	0.34	0.76	13	59
	B1	35-95	2.3	22.5	0.33	0.41	0.38	0.66	8	49
	B2	95-150	1.8	19.3	0.26	0.37	0.23	0.52	5	22
5	A1	0-15	4.1	29.2	0.14	0.20	0.04	0.09	18	61
	A2	15-40	3.2	25.6	0.37	0.52	0.11	0.28	14	73
	A3	40-70	2.3	22.6	0.36	0.63	0.11	0.33	10	74
	B1	70-110	9.7	26.7	0.10	0.18	0.08	0.43	13	93
	B2	110-150	6.9	29.1	0.03	0.27	0.11	0.24	25	93
6	A2	0-10	1.8	24.9	0.01	0.02	0.01	---	7	12
	A3	10-60	0.5	7.6	0.01	0.01	---	---	5	---
	B1	60-100	2.8	28.6	0.07	0.05	0.11	0.09	10	55
	B2mh	100-110	8.3	58.4	0.01	0.02	0.98	1.23	8	74
	B21	110-130	3.7	33.6	0.24	0.34	0.45	0.81	5	30
	(C)	130-150	0.9	14.9	0.31	0.45	0.15	0.33	4	---
7	A1	0-10	3.5	27.0	0.01	0.02	0.01	---	10	7
	A2	10-40	0.7	7.9	0.01	---	0.01	---	7	---
	A3	40-87	2.8	29.8	0.04	0.02	0.23	0.38	6	45
	B1	87-102	8.1	64.2	0.19	0.20	1.21	1.80	8	74
	B2mh	102-120	10.6	112.5	0.06	0.05	1.44	2.08	49	89
8	A2	0-40	0.5	5.8	0.01	0.01	---	---	5	---
	A3	40-55	5.9	62.8	0.01	0.01	0.30	0.38	19	81
	B1	55-80	10.9	78.8	0.01	0.01	0.57	0.66	18	85
	B2mh	80-110	14.3	97.8	0.04	0.02	1.59	2.03	25	92
	B21	110-150	3.2	58.4	0.09	0.09	1.10	1.56	6	58
9	A1	0-10	2.5	18.5	0.01	0.01	---	---	7	---
	A2	10-60	0.5	4.9	0.01	0.01	---	---	6	---
	B2mh	+60								
10	A1	0-10	2.1	17.2	0.01	0.01	---	---	7	---
	A2	10-60	0.5	5.4	0.01	---	---	---	7	---
	B2mh	+60								

* CIC arcilla: $\frac{K+H+Na+Al}{\% \text{ arcilla}} \times 100$
(calculado)

** % Sat. Aluminio: $\frac{\text{Req Al}}{\text{Req Al} + \text{Ca} + \text{K} + \text{Mg} + \text{Na}} \times 100$

s.f.p.

intemperismo, translocación de Fe y Al, inmovilización de ácidos orgánicos, peletización, reducción de densidad aparente y cementación.

Los niveles de nitrógeno total en estos suelos en comparación con los datos proporcionados por Sáenz (91) son de muy bajos a bajos (0,02-0,15%), relativamente concentrados en los horizontes con mayores contenidos de materia orgánica especialmente en los horizontes cementados.

Los porcentajes de óxido de hierro libre son bajos y varían entre 0,01 y 0,45 por ciento.

La naturaleza de la CIC determinada en condición de pH 7,0 en NH_4OAc muestra valores muy bajos en los horizontes álbicos (0,5-0,7 meq/100 g.s.) y en los horizontes superficiales (1,8-5,9 meq/100 g.s.), y niveles bajos a medios (8,3 - 14,3 meq/100 g.s.) en los horizontes cementados. La interpretación se basa en los niveles indicados por Sáenz (91) para suelos tropicales.

Se observa mayor CIC en los horizontes que contienen los mayores valores de materia orgánica y se asume que el tipo de material coloidal que imparte esta capacidad es de naturaleza predominantemente orgánica y en menor proporción la fracción mineral (arcilla y limo) que en general tienden a incrementarse con la profundidad.

Los valores de CIC determinados por BaCl_2 -TEA pH 8,4 son mayores a los obtenidos por NH_4OAc pH 7,0 (Cuadro 4). Esta diferencia evidencia la presencia de cargas dependientes del pH por predominio de coloides orgánicos y en ausencia de éstos, por la ionización de grupos superficiales en las arcillas, que pueden ocasionar los tratamientos químicos, lo que produciría un incremento de la CIC.

El Cuadro 3 proporciona valores muy variables del porcentaje

de saturación de bases. Los horizontes superficiales registran los valores más elevados (11 - 78%); esta acumulación de cationes en la superficie es característico para bosques del trópico húmedo y se debe a que las raíces extraen cationes de amplias capas de suelo que utilizan en la producción de biomasa, que posteriormente se reincorporan y acumulan en la capa superficial del bosque por descomposición de la materia orgánica. Los horizontes más profundos registran los valores más bajos de saturación de bases (5 - 18%), están relacionados en general con los mayores valores de aluminio intercambiable en estos horizontes.

El contenido de aluminio cambiante varía en estos suelos, y mientras los horizontes álbicos no evidencian la presencia de aluminio cambiante, los horizontes superficiales registran valores de 0,2 a 10 meq Al/100 g.s., observándose una mayor concentración en los horizontes cementados (1,0 - 4,2 meq Al/100 g.s.).

Los valores de fósforo disponible indican niveles bajos a medios (2 - 11 ppm) en los horizontes con mayor contenido de materia orgánica y niveles bajos (<1 - 3 ppm) en los horizontes con menores contenidos de materia orgánica. La interpretación se basa en los niveles críticos establecidos para el método de Olsen (73) para suelos selváticos del Perú (19) y para suelos tropicales (91).

4.1.4 Mineralogía de arcillas

El Cuadro 5 resume los resultados obtenidos de la interpretación de los difractogramas de rayos X de las arcillas de los horizontes A y B seleccionados de los seis perfiles del primer grupo.

Las Figuras 5, 6 y 7 son difractogramas de las muestras del

PERFIL 8

A2: 0-40 cm

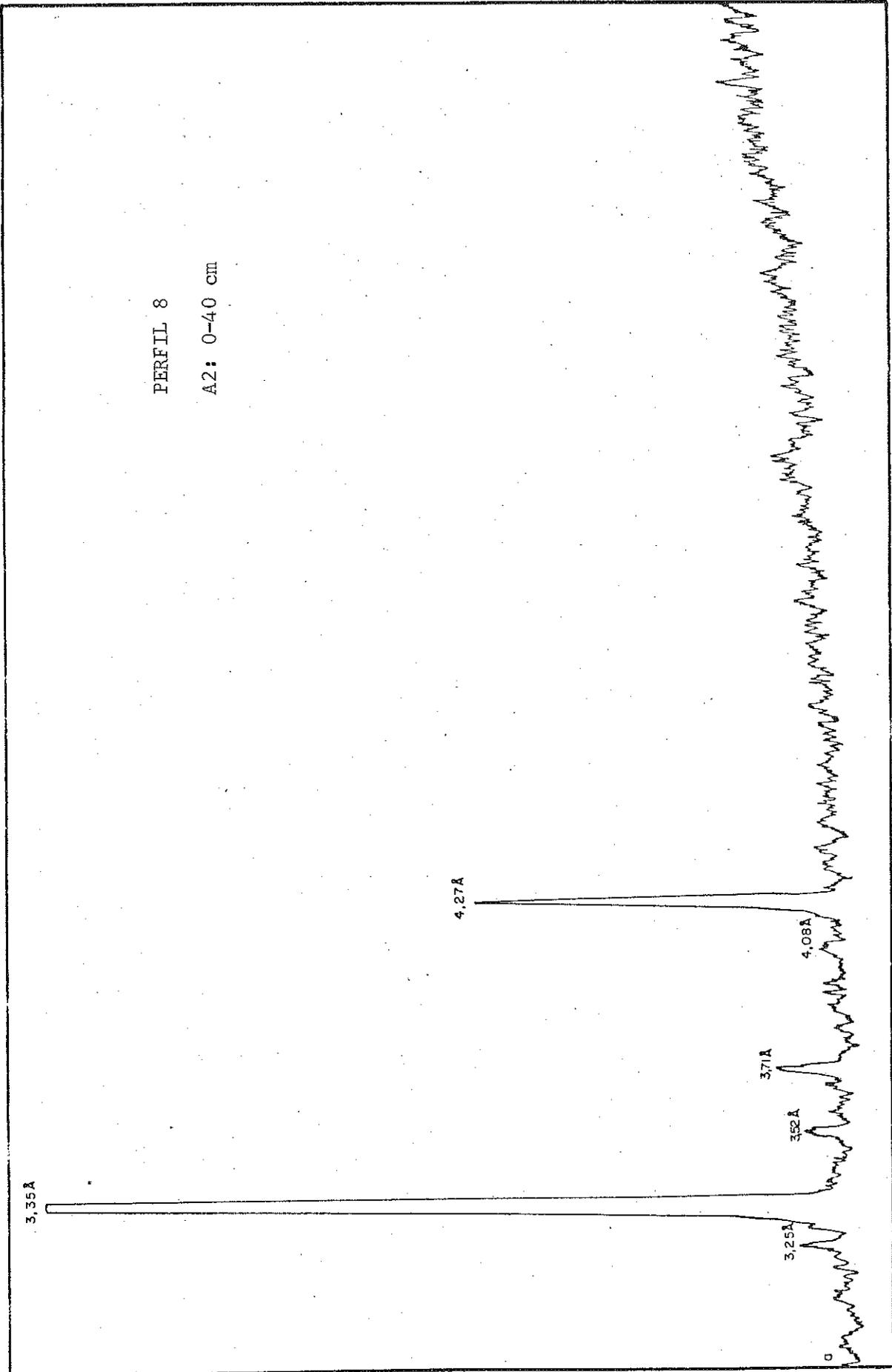


Fig. 5 Difractograma por rayos X de las arcillas (< 2μ): a = Mg-saturada 4°C

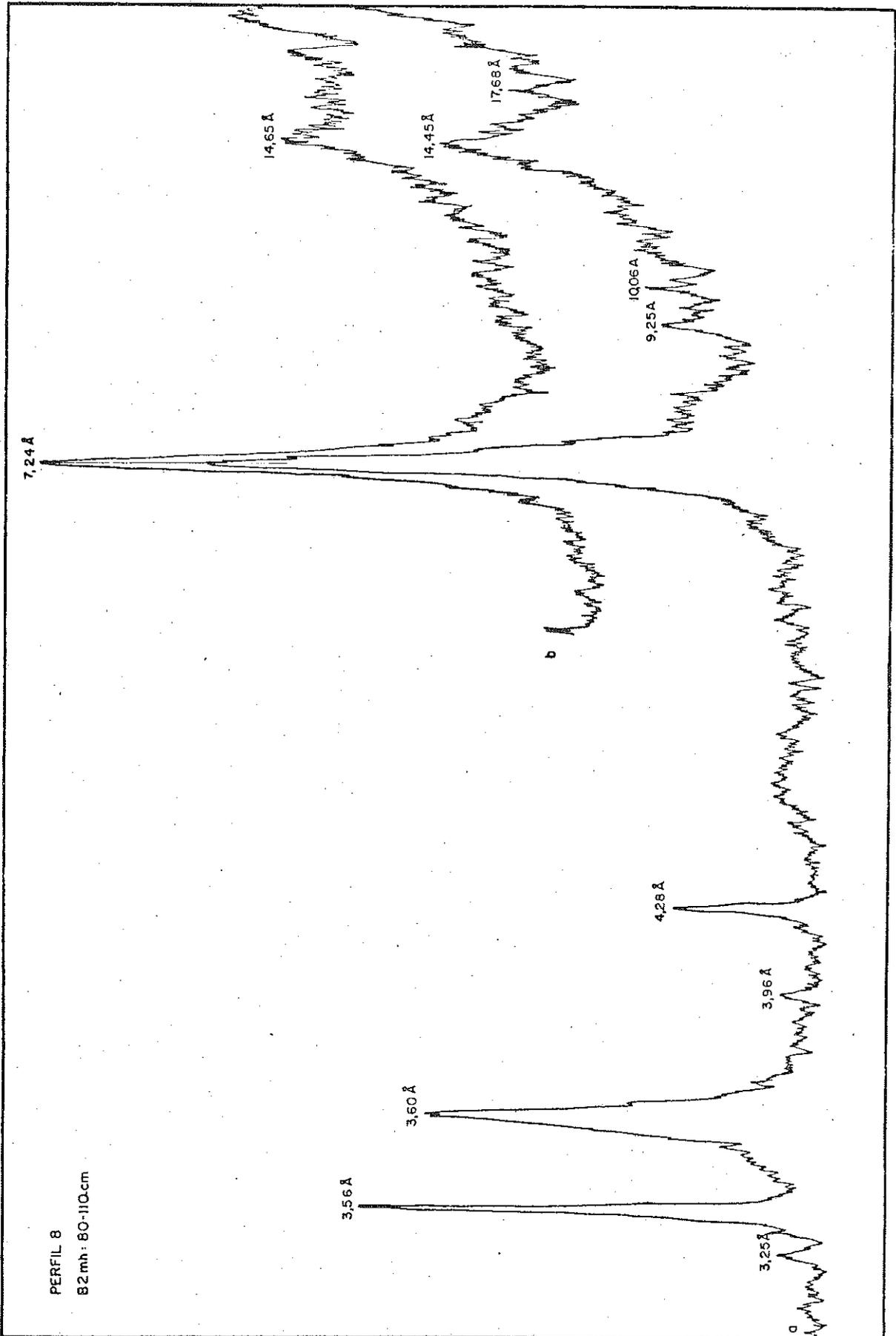


Fig. 6 Difractograma por rayos X de las arcillas (<math>< 2 \mu</math>): a = Mg-saturada 4° ; b = Mg-saturada 4° C. salivada en etileno-glicol

PERFIL 8
B 21 : 110-150 cm

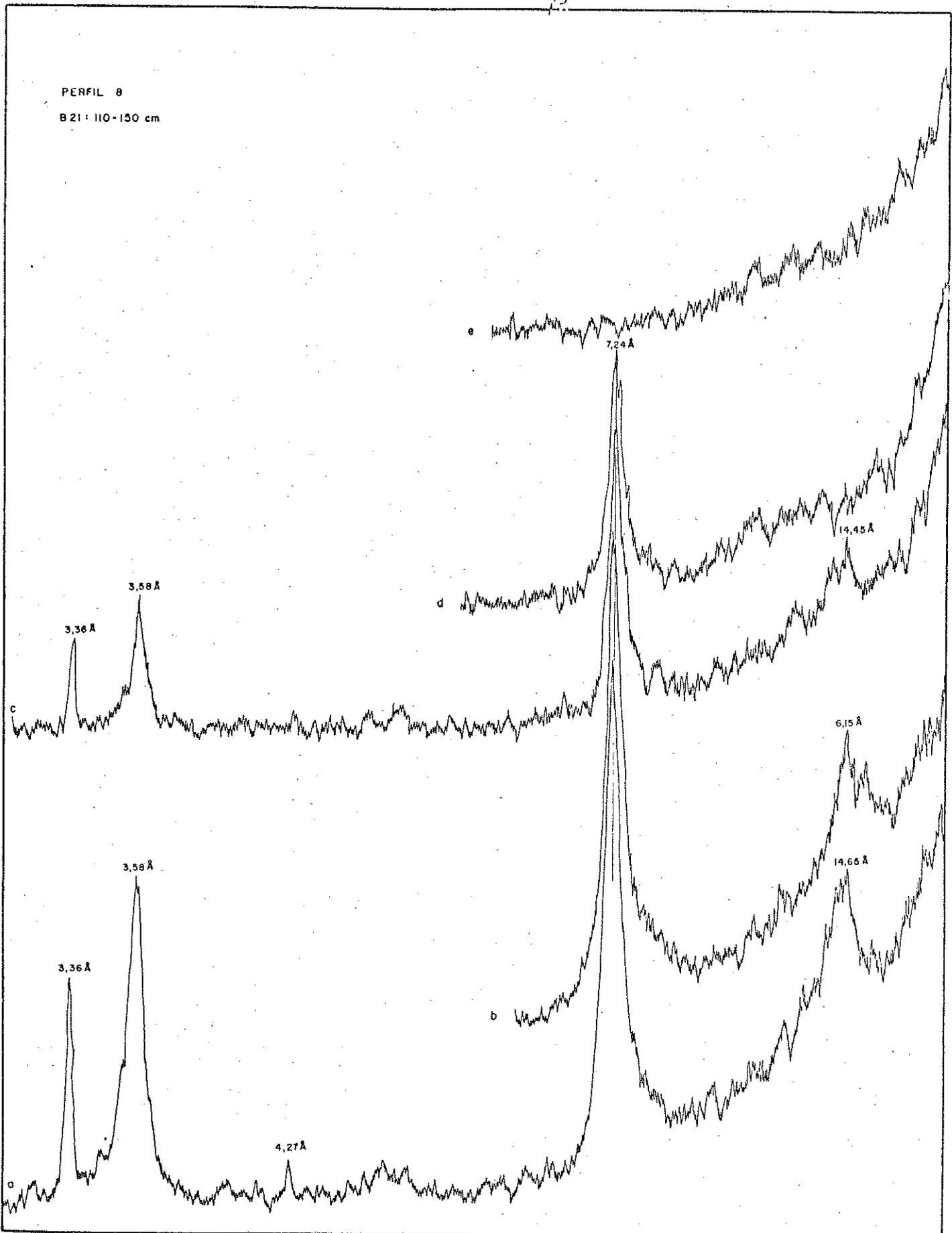


Fig. 7 Difractograma por rayos X de las arcillas (<2μ): a=Mg-saturada 4°C; b = Mg-saturada 4°C solvatada en etileno glicol; c=K-saturada 4°C; d=K-saturada 350°C; e=K-saturada calentada a 550°C

perfil 8 el cual es característico de los perfiles de este primer grupo.

En todas las muestras del horizonte A fue común el cuarzo, que se manifestó solo en todos los perfiles, excepto en el perfil 6 que además presentó trazas de caolinita. En las muestras del horizonte B fue común la caolinita y los minerales intergradados; mica, cuarzo, pirophyllita y montmorillonita se presentaron indistintamente en todos los perfiles.

La estimación cuantitativa de los difractogramas muestran la predominancia del cuarzo (>50%) en todas las muestras del horizonte al-bico. En los horizontes cementados (B2mh) la caolinita fue el mineral predominante (>50%), seguido por los minerales intergradados 2:1-2:2 (<10-25%); los minerales que se presentaron indistintamente fueron mica (10-25%), cuarzo (10-25%) y pirophyllita (<10%). En las muestras de los horizontes B no cementados de los perfiles 6 y 8 se presenta la montmorillonita (Trazas- 10%).

4.1.5 Clasificación

Los cinco perfiles del primer grupo (6, 7, 8, 9 y 10) presentan características diagnósticas que permiten agruparlos según los sistemas de clasificación escogidos para este trabajo. A continuación se describen las características más sobresalientes en los tres sistemas.

4.1.5.1 Taxonomía de Suelos (115)

4.1.5.1.1 Orden: Espodosol

1. A esta categoría pertenecen los cinco perfiles del primer grupo, porque satisfacen los requerimientos establecidos por la Taxonomía de Suelos para un horizonte espódico, incluyendo el grosor y el

Índice de acumulación de material amorfo (119).

Las características se presentan en el Cuadro 6.

4.1.5.1.2 Suborden

4.1.5.1.2.1 Acuod : Perfiles 7, 8, 9 y 10.

1. Pertenecen aquí los esodosoles que están comúnmente saturados de agua en el período de mayor precipitación.

4.1.5.1.2.2 Humod : Perfil 6.

1. Tiene drenaje más o menos libre, y
2. Relación hierro libre/carbón menor a 0,2 en el horizonte espódico.

4.1.5.1.3 Gran Grupo

4.1.5.1.3.1 Tropacuod : Perfiles 7, 8, 9 y 10.

1. Régimen de temperatura del suelo Isohipertérmico.

4.1.5.1.3.2 Tropohumod : Perfil 6.

1. Régimen de temperatura del suelo Isohipertérmico.

4.1.5.1.4 Subgrupo

4.1.5.1.4.1 Haplohumod Típico: Perfil 6.

1. La Taxonomía de Suelos indica que no se han desarrollado subgrupos para la categoría Tropohumods y se asume que se parezcan a los Haplohumods.

Acceptando esta proposición se encuentra que el perfil 6 satisface los requerimientos de un Haplohumod Típico.

4.1.5.1.4.2 Tropacuod Ultico : Perfil 8.

1. Satisface los requerimientos de un Tropacuod Típico,

excepto que tiene un argílico debajo del espódico y tiene epipedón ócrico.

Los perfiles 7, 9 y 10, por la dureza del horizonte cementado y la saturación de agua en el momento de la apertura de calicatas y del muestreo, imposibilitaron atravesar estos subhorizontes y observar los subyacentes; sin embargo, en base a características comunes con el perfil 8, se asume que pertenecen a este subgrupo: Tropacuod Ultico.

4.1.5.1.5 Familia:

4.1.5.1.5.1 Por cementación

1. Ortstein: Perfiles 6, 7, 8, 9 y 10.

4.1.5.1.5.2 Por granulometría

1. Arenoso: Perfiles 6, 7, 8, 9 y 10.

4.1.5.1.5.3 Por mineralogía

1. Silíceo: Perfiles 6, 7, 8, 9 y 10.

4.1.5.1.5.4 Por temperatura

1. Isohipertérmico: Perfiles 6, 7, 8, 9 y 10.

4.1.5.2 Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO

4.1.5.2.1 Categoría superior: Podzoles.

1. Los cinco perfiles del primer grupo (6, 7, 8, 9 y 10) satisfacen los requerimientos del horizonte espódico establecidos por la Leyenda de Suelos FAO/UNESCO (38). Cuadros 6 y 7.

4.1.5.2.2 Unidades de Suelo

4.1.5.2.2.1 Podzol órtico (Po): Perfil 6.

1. Podzoles con B espódico que presenta una relación hierro libre/carbón menor de 6.
2. Presentan E álbico contínuo con espesor superior a los 2 cm.

Cuadro 7. Clasificación según la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO

Perfil No	ARGILLO % arcilla no difiere de 20% del máximo en todo el perfil	% S.B. < 50% al menos en parte del B argílico en 125 cm supe- riores.	Sin B álbico	Sin A mólico	Sin propiedades ferricas	Sin propiedades hidromórficas en los 50 cm superiores	ARGILLO % S.B. < 50% al menos en la par- te inferior de B en 125 cm sup.	Con A órtico	Sin elevada M.O. en B	Con elevada M.O. en B ó 125 cm	B espódico	En todos los sub-horizontes de espódico: % Pe libre < 6 % C	Con B álbico continuo > 2 cm de espesor	Sin capa ferruginosa dolgada en B o por encima de ésta	Sin propiedades hidromórficas en 50 cm superiores	Con propiedades hidromórficas en 50 cm superiores	Sub-horizonte de B espódico con M.O. dispersa, carece de Pe libre	UNIDADES DE SUELO	SIMBOLO CARTO - GRAFICO	DESCRIPCION
0	X	X	X	X				X	X	X								Nitosol húmico	Nh-la	Nitosol húmico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.
1			X	X	X	X	X	X	X									Acrisol órtico	Ao-la	Acrisol órtico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.
2			X	X	X	X	X	X	X	X								Acrisol húmico	Ah-la	Acrisol húmico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.
3			X	X	X	X	X	X	X	X								Acrisol húmico	Ah-2a	Acrisol húmico, de textura media, de llanos a suavemente ondulados.
4			X	X	X	X	X	X	X	X								Acrisol órtico	Ao-la	Acrisol órtico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.
5	X	X	X	X			X	X	X									Nitosol diástrico	Nd-la	Nitosol diástrico, de text. gruesa, de llanos a suavemente ondulados.
6											X	X	X	X	X	X	X	Podzol órtico	Po-la	Podzol órtico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.
7											X	X	X	X	X	X	X	Podzol gleico	Pg-la	Podzol gleico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.
8											X	X	X	X	X	X	X	Podzol gleico	Pg-la	Podzol gleico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.
9											X	X	X	X	X	X	X	Podzol gleico	Pg-la	Podzol gleico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.
10											X	X	X	X	X	X	X	Podzol gleico	pg-la	Podzol gleico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.

3. Sin propiedades hidromórficas en los 50 cm superiores, y

4. Ausencia de capa ferruginosa delgada en el interior del espódico o por encima de éste.

Clase textural: 1

1. Textura gruesa: Arenosa en los 30 cm superiores.

Clase de inclinación: a

a De llana a suavemente ondulada: Pendiente dominante 0-8 por ciento.

4.1.5.2.2.2 Podzol gleico (Pg): Perfiles 7, 8, 9 y 10.

1. Podzoles que presentan propiedades hidromórficas en los 30 cm superiores: Están saturados de agua en el período más lluvioso del año, y

2. Ausencia de capa ferruginosa delgada en el interior del horizonte espódico o por encima de éste.

Clase textural: 1

1 Textura gruesa: Arenosa a arenosa franca en los 30 cm superficiales.

Clase de inclinación: a

a De llana a suavemente ondulada: Pendiente dominante 0 - 8 por ciento.

4.1.5.3 Sistema Técnico: Capacidad-Fertilidad

Según lo establecido por Buol et al. (17), los perfiles del grupo 1 se clasifican en los grupos indicados en el Cuadro 8. Las características más importantes se detallan a continuación.

4.1.5.3.1 Tipo-Subtipo

4.1.5.3.1.1 S (Arenoso): Perfiles 6, 9 y 10.

Cuadro 8. Sistema Técnico de Clasificación Capacidad-Fertilidad.

	Tipo y sub-tipo	Modificadores	Control				
			e	k	a	g	h
Perfil 0	S	eak	X	X	X		
Perfil 1	SL	eak	X	X	X		
Perfil 2	SL	eak	X	X	X		
Perfil 3	L	eak	X	X	X		
Perfil 4	S	eak	X	X	X		
Perfil 5	L	eak	X	X	X		
Perfil 6	S	ehk	X	X			X
Perfil 7	SL	ehkg	X	X		X	X
Perfil 8	SL	eakg*	X	X	X	X	
Perfil 9	S	ekg	X	X		X	
Perfil 10	S	ekg	X	X		X	

* 40-55 cm

Modificadores: e : Baja CIC
 <4 meq/100 g.s. (suma de bases + Al extraído por KCl 1N)

k : Deficiencia de K
 <0,2 meq K/100 g.s.

a : Toxicidad de Aluminio
 >60% de la CIC saturada con Al (Suma de bases + Al)
 en los primeros 50 cm

g : Gley
 Saturado de agua en período de mayor precipitación.

h : Acido
 10-60% de la CIC saturada con Al (Suma de bases + Al)
 en los primeros 50 cm.

1. Textura arenosa en la capa de 20 cm superficiales.

4.1.5.3.1.2 SL (Arenoso-Franco): Perfiles 7 y 8.

1. Suelo de textura arenosa sobre subsuelo de textura franca.

4.1.5.3.2. Modificadores (Cuadro 8)

4.1.5.3.2.1. "e" : Presentan todos los perfiles.

Este modificador indica baja CIC en la capa arable (<4 meq/100 g.s. determinado por suma de bases más aluminio extraído por KCl 1M). Esta condición infiere problemas serios de fertilidad debido a la lixiviación de los cationes o complicaciones en las recomendaciones del encalado (17).

4.1.5.3.2.2 "k" : Presentan todos los perfiles.

Este modificador indica que estos suelos son deficientes en potasio (<0,2 meq K/100 g.s.); establece que casi siempre será necesario incluir este elemento en los programas de fertilización; se esperan buenas respuestas a la fertilización potásica (17).

4.1.5.3.2.3 "g" : Perfiles 7, 8, 9 y 10.

Este modificador "gley" indica que los suelos permanecen saturados con agua dentro de los 60 cm superficiales por más de 60 días en la mayoría de los años (19); establece la necesidad de drenaje.

4.1.5.3.2.4 "h" : Perfiles 6 y 7.

Este modificador indica que los suelos tienen un nivel moderado de acidez en los primeros 50 cm (10-60% de la CIC saturada con aluminio); esta condición retardaría el crecimiento de algunas plantas muy sensitivas al aluminio cambiante (17).

4.1.5.3.2.5 "a" : Perfil 8

Este modificador indica niveles tóxicos de aluminio (más del

60% de la CIC saturada con aluminio); esta condición podría ser tóxica para la mayoría de los cultivos; también implica un alto grado de fijación de fósforo por compuestos de aluminio (17).

4.2 Grupo 2: Suelos sin horizonte cementado

A este grupo pertenecen los perfiles 0, 1, 2, 3, 4 y 5 que están ubicados bajo vegetación boscosa primaria mixta de árboles bien desarrollados con especies maderables de valor comercial. Se describe a continuación las características más importantes.

4.2.1 Características morfológicas (Cuadro 1)

La profundidad del solum excede los 150 cm en todos los perfiles. El espesor y la disposición de los horizontes presentan variaciones que pueden apreciarse en la Fig. 4.

En general, por el espesor de los horizontes B y la secuencia de los horizontes se puede juzgar que son suelos con alto grado de desarrollo pedogenético.

El color determinado en seco, según el sistema Munsell (69, 70), varía con la profundidad, de pardo pálido a pardo oscuro en A y de pardo muy pálido a amarillo en B, excepto los subhorizontes más profundos de los perfiles 4 y 5 que presentan coloraciones blancas.

Los matices de los horizontes superficiales están asociados con el mayor contenido de materia orgánica y los horizontes B con los menores contenidos de materia orgánica. En general, estos matices son también indicadores de buen drenaje y de alta meteorización a que han sido sometidos estos suelos.

Los horizontes superficiales de los perfiles 0, 2 y 4 no

tienen estructura, son de grano simple; en cambio los perfiles 1, 3 y 5 y los horizontes B de todos los perfiles tienen estructura de bloques subangulares, de tamaño grueso y de grado moderado a fuerte (115).

La consistencia en húmedo de estos suelos es de suelta a firme en los horizontes A y de muy friable a firme en los horizontes B (115).

La distribución de las raíces y raicillas indican concentración principalmente en los horizontes superficiales y escasez o ausencia en B. La orientación de las raíces es predominantemente horizontal.

Los límites de horizontes característicos son claros y de topografía plana en A y graduales con topografía plana en B (115).

Los límites graduales son característicos de suelos con alto grado de formación pedogenética, por esta razón Kellog (50) y otros autores las incluyen como características para definir los latosoles.

Todos los perfiles muestran buen drenaje (Cuadro 1), aunque los perfiles 3 y 5 presentan en sus subhorizontes más profundos evidencias de un drenaje deficiente manifestados por algunas moteaduras blanco grisáceas, posiblemente se deba a un nivel freático fluctuante a esta profundidad.

4.2.2 Características físicas (Cuadro 2)

La densidad aparente varía entre 1,0 y 2,5 g/cc. Generalmente los valores más bajos corresponden a los horizontes superficiales y los valores más altos a los horizontes más profundos lo que evidencia un aumento de la densidad aparente con la profundidad. Explicaciones de este fenómeno podrían basarse en la disminución del contenido de materia orgánica con la profundidad y la falta de otro material de origen orgánico

como raíces.

La densidad de partículas en todos los horizontes varía entre 2,42 y 2,68 g/cc, valores próximos al promedio de 2,65 g/cc considerado para suelos minerales (14, 89).

La distribución de partículas minerales del suelo indica la predominancia de la fracción arena en estos suelos y valores bajos a medios de las fracciones limo y arcilla. La fracción arcilla tiende a incrementarse con la profundidad en todos los perfiles, evidenciándose la presencia de arcilla iluvial en el horizonte B que satisface los requerimientos de la Taxonomía de Suelos (115) para un horizonte argílico como puede observarse en el Cuadro 6. La fracción limo tiene un comportamiento variable, en general se observa que tiende a disminuir con la profundidad.

La clase textural varía entre arenoso y franco arenoso en los horizontes superficiales y de franco a franco arcilloso en los horizontes más profundos.

La relación limo/arcilla varía de 0,20 a 7,67, estos valores son superiores a los índices de 0,15 y de 0,2 (97, 116), condición que indica que los suelos de esta región del Amazonas no son tan evolucionados como anteriormente se creía para todos los suelos del área.

Los valores de arcilla dispersable en agua son inferiores a uno por ciento en todos los horizontes, se registran los mayores valores en los horizontes superficiales y los menores en los horizontes B. Posiblemente exista relación con los contenidos de óxido de hierro libre que actúan como cementantes de la fracción arcilla.

4.2.3 Características químicas (Cuadro 3)

Los suelos tienen una reacción ácida que tiende a disminuir con la profundidad. El pH medido en agua varía de extremadamente ácido a fuertemente ácido (pH 3,2 - 5,3), en cambio en KCl es sólo extremadamente ácido (pH 2,7 - 4,2). Se observa una diferencia entre los valores de pH determinados en agua y en KCl de 0,3 a 1,3, esta condición evidencia un bajo contenido de cationes como consecuencia de alta meteorización provocada principalmente por las abundantes precipitaciones registradas en este ecosistema.

Los valores de la materia orgánica revelan una notoria disminución del contenido de materia orgánica con la profundidad. Los horizontes superficiales tienen niveles medios a altos (1,1 - 6,1%) excepto el perfil 5 que tiene valores bajos y medios (0,47 - 2,68%), en los horizontes más profundos la materia orgánica tiende a hacerse casi nula (<1%). Esta disminución de la materia orgánica con la profundidad tiene relación directa con la cantidad y distribución de las raíces en el perfil que gradualmente disminuyen con la profundidad, esta condición corrobora informaciones de Robinson (89), quien indica que la distribución de la materia orgánica por debajo de la capa superficial es casi paralela al desarrollo de las raíces. El mismo autor indica que la disminución gradual de la materia orgánica con la profundidad se produce en suelos con buen drenaje.

Los valores de nitrógeno indican que los suelos en estudio son deficientes en nitrógeno, también revelan una notoria disminución del nitrógeno con la profundidad; los niveles según los datos de Sáenz (91) son de bajos a medios en los horizontes superficiales (0,1 - 0.3%)

y de muy bajos a bajos en los horizontes más profundos (0,04 - 0,07%), esta disminución está asociada con los contenidos de materia orgánica.

Los porcentajes de óxido de hierro libre son bajos y muy variables en todos los horizontes; se asume que las coloraciones amarillas están asociadas con el contenido de óxido de hierro libre.

La capacidad de intercambio catiónico determinada por NH_4OAc pH 7,0, según los datos de Sáenz (91), muestra niveles de muy bajos a bajos (1,8 - 9,9 meq/100 g.s.), los mayores valores se asocian con los contenidos de materia orgánica en los horizontes superficiales y con el incremento de la fracción arcilla en profundidad en los horizontes subyacentes.

La CIC determinada por $\text{BaCl}_2\text{-TEA}$ pH 8,4 registra valores superiores en 4 y 11 unidades a las cantidades determinadas por NH_4OAc pH 7,0, correspondiendo las mayores diferencias a las capas superficiales. Esta condición evidencia la presencia de cargas dependientes del pH por predominio de coloides orgánicos en los horizontes superficiales, y en ausencia de éstos posiblemente por la ionización de grupos superficiales de las arcillas que pueden ocasionar los tratamientos químicos, lo que produciría un incremento de la CIC.

Los porcentajes de saturación de bases son muy variables en estos suelos, y en general se observa que los valores son inferiores a 26 por ciento excepto en el perfil 5 que registra valores de hasta 44 por ciento.

Los valores de aluminio cambiante indican una amplia variación de 0,15 - 5,0 meq Al/100 g.s. En general, se aprecia considerable concentración de aluminio cambiante, condición responsable de la extrema

acidez de estos suelos comentada anteriormente.

Los contenidos de fósforo disponible son variables. En general, se observa una disminución acentuada con la profundidad; los niveles medios a altos (8 - 22 ppm) corresponden a los horizontes superficiales, los niveles bajos (4 - 7 ppm) a los horizontes intermedios y valores inferiores a 1 ppm en los horizontes más profundos.

Los mayores valores de fósforo disponible están relacionados con el contenido de materia orgánica, lo que infiere que el fósforo es de origen orgánico; en ausencia de materia orgánica el fósforo en profundidad se hace prácticamente nulo (<1 ppm).

4.2.4 Mineralogía de arcillas

El Cuadro 5 resume los resultados obtenidos de la interpretación de los difractogramas de rayos X de las arcillas de los horizontes A y B seleccionados de los seis perfiles del Grupo 2.

Las Figuras 8, 9, 10, 11 y 12 son difractogramas de las muestras de los perfiles 2 y 5 los cuales son característicos de los perfiles del Grupo 2.

En todas las muestras de los horizontes A y B fueron comunes la caolinita y las arcillas intergradadas 2:1 - 2:2, la pirophyllita fue común excepto en el perfil 1; el cuarzo fue común excepto en los perfiles 1 y 3, la mica se identificó en el perfil 3 y en los horizontes B de los perfiles 2 y 5.

La estimación cuantitativa de los difractogramas muestran que la caolinita fue la arcilla más predominante (>50%) juntamente con las arcillas intergradadas 2:1 - 2:2 (10-25%) y la pirophyllita (<10-25%).

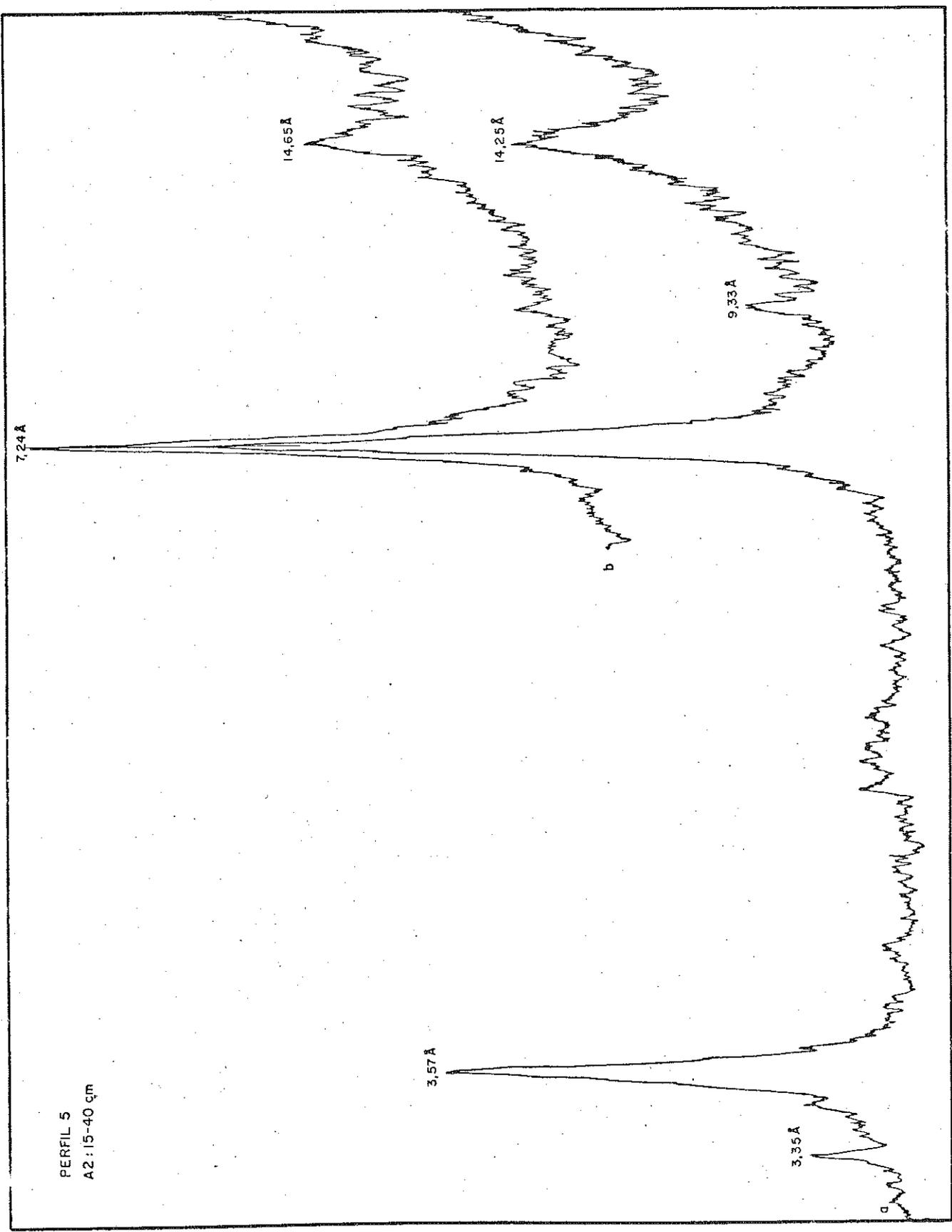


Fig. 8 Difractograma por rayos X de las arcillas (<2μ): a = Mg-saturada 4°C; b = Mg-saturada 4°C solvatada en etileno-glicol

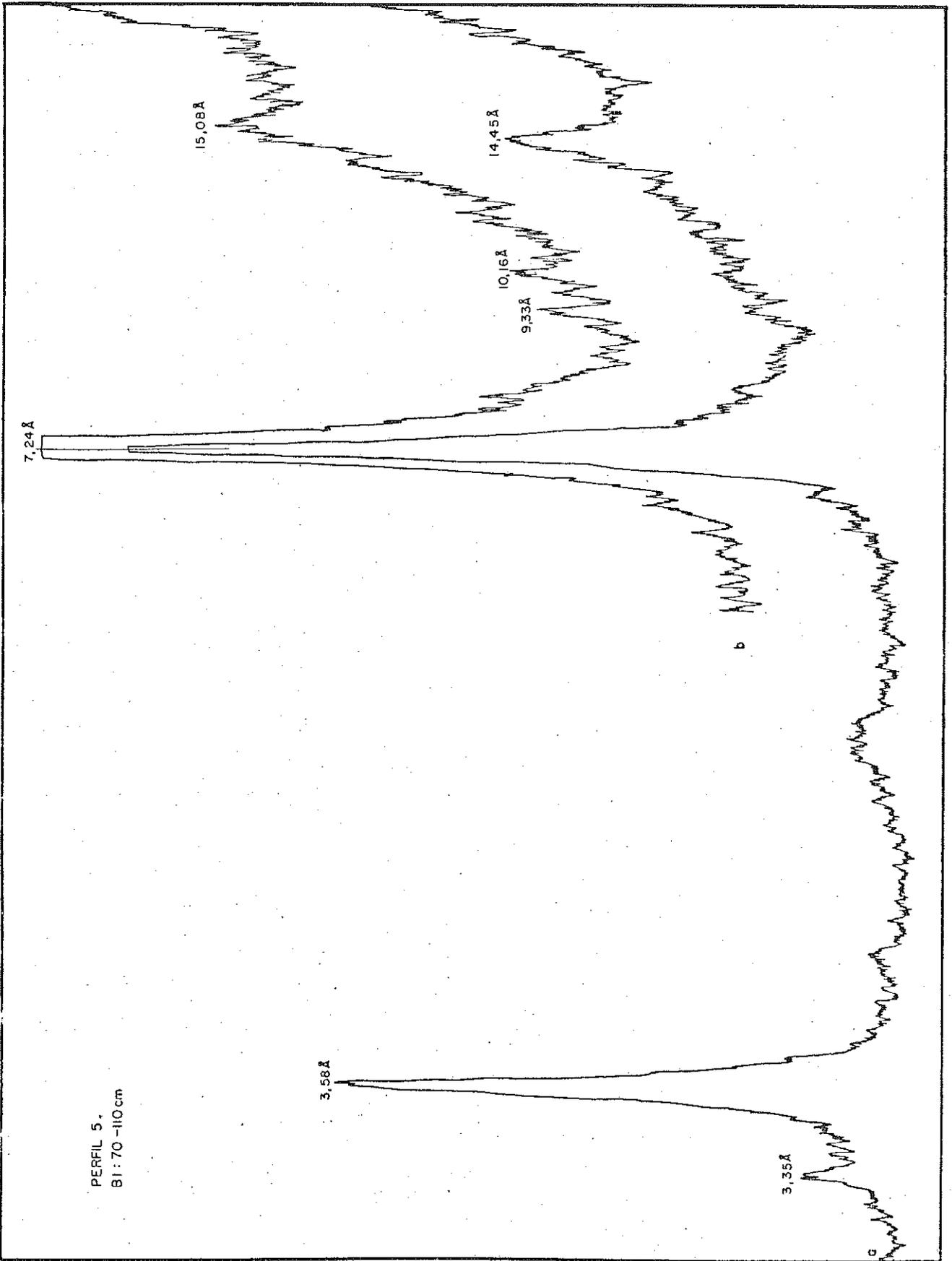


Fig. 9 Difractograma por rayos X de las arcillas (< 2 μ): a = Mg saturada 4°C; b = Mg saturada 4°C solvatada en etileno-glicol

PERFIL 5
B2 : 110-150 cm

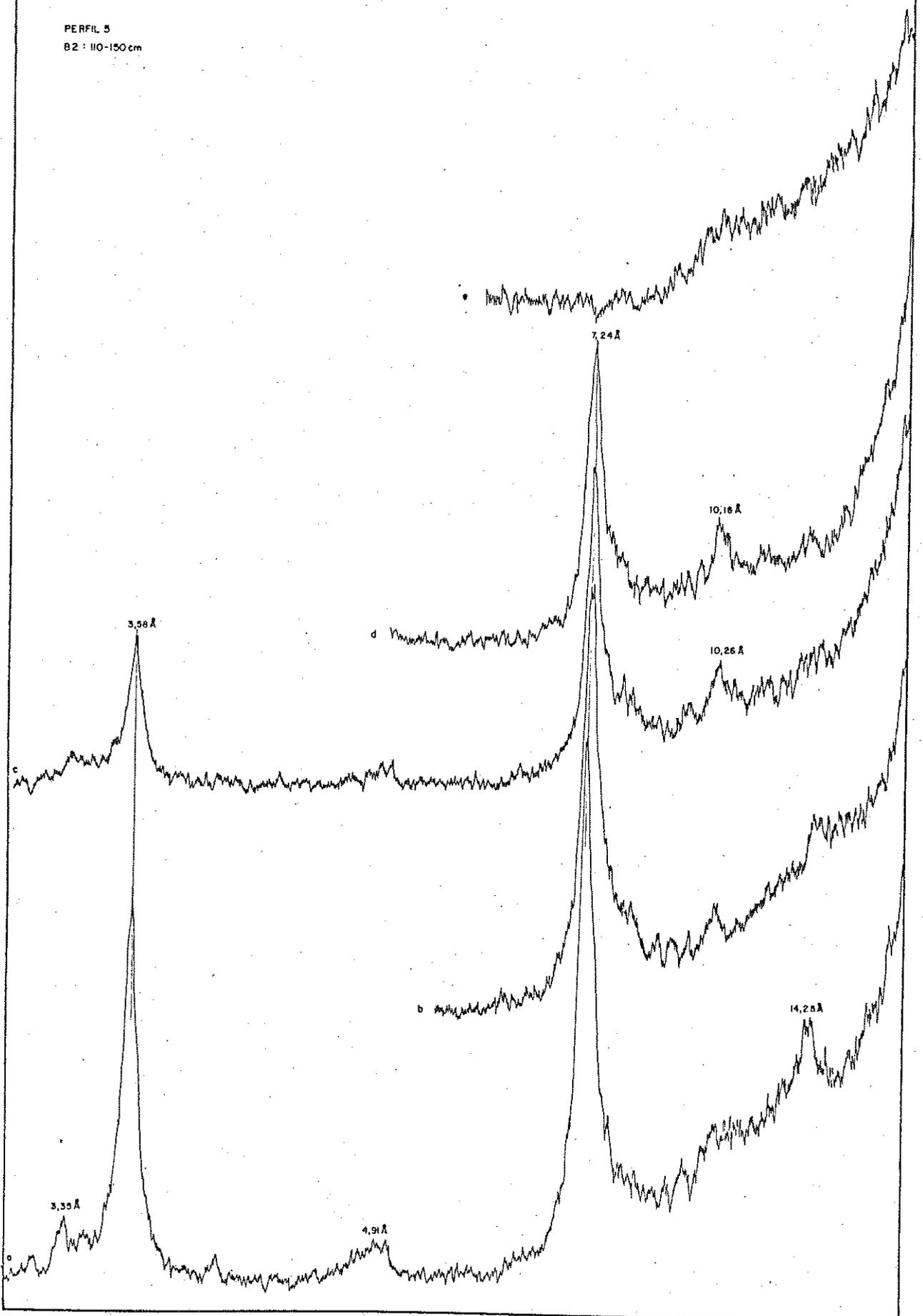


Fig. 10 Difractograma por rayos X de las arcillas ($< 2 \mu$): a=Mg-saturado 4°C; b=Mg-saturado 4°C solvatado en etileno-glicol; c=K-saturado 4°C; d=K-saturado 350°C; e=K-saturado calentado a 550°C

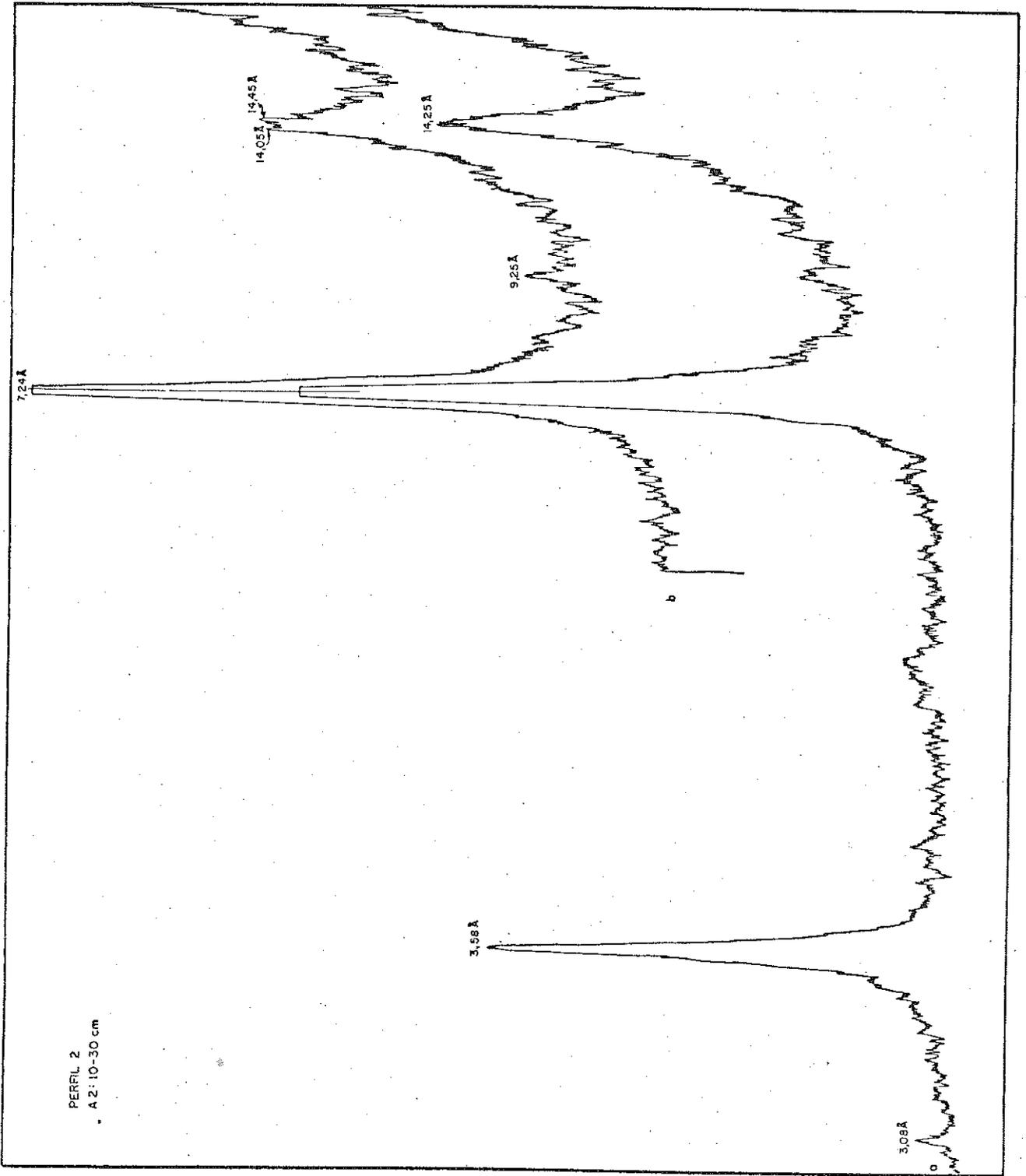


Fig. 11 Difractograma por rayos X de las arcillas ($\lambda = 2\text{Å}$): a=Mg-saturada 4°C; b=Mg-saturada 4°C solvatada en etileno-glicol

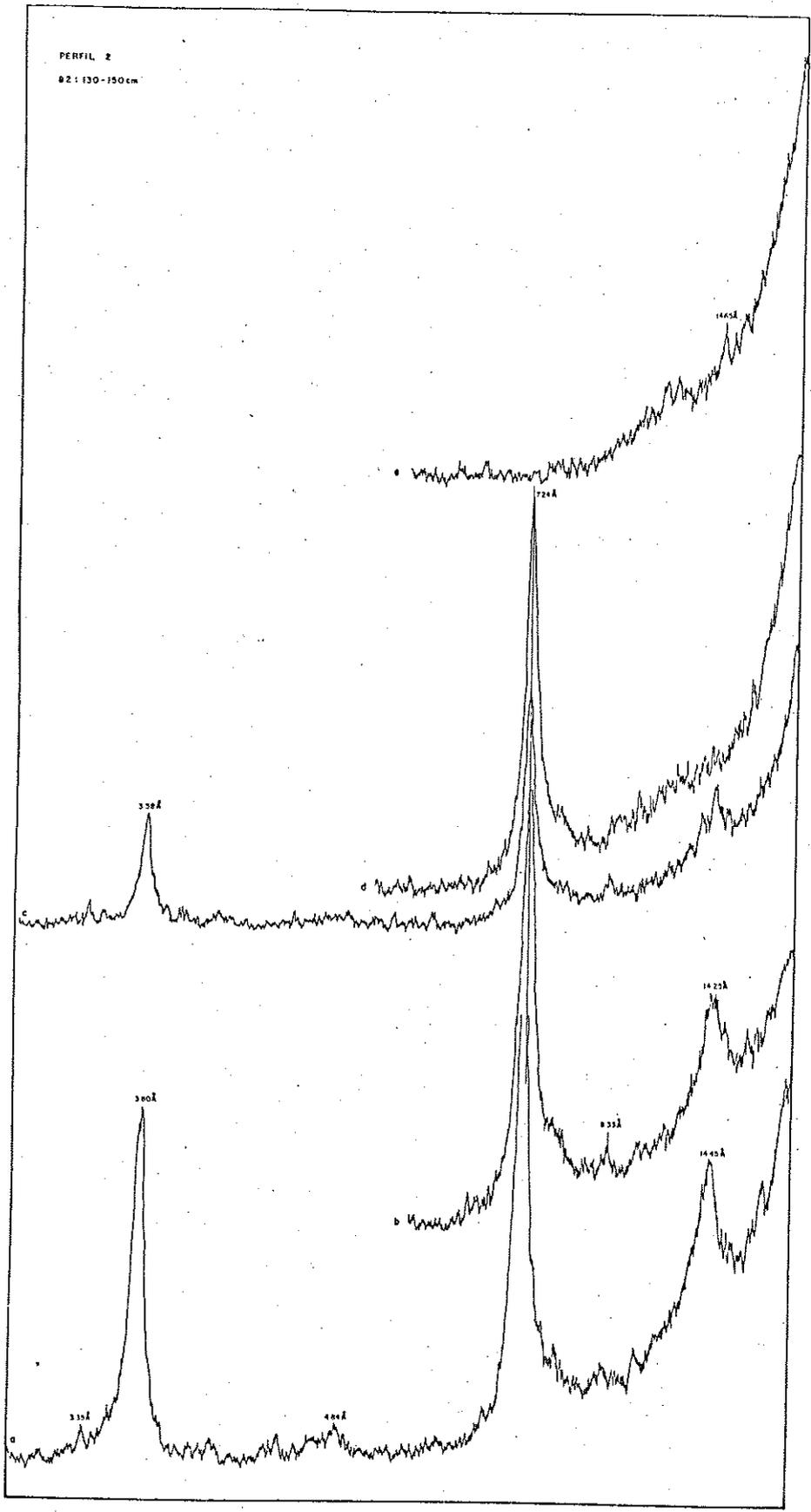


Fig. 12 Difractograma por rayos X de las arcillas (2μ): a=Mg-saturada 4°C ; b=Mg-saturada 4°C solvatada en etileno-glicol ; c=K-saturada 4°C ; d=K-saturada 350°C ; e=K-saturada calentada a 550°C

Los minerales que se encuentran en menores cantidades son la halloisita, el cuarzo y la mica.

La presencia de los minerales dominantes tanto en los horizontes A como en B evidencian la presencia de arcilla iluvial.

Estudios mineralógicos en suelos de la Cuenca Superior del Amazonas Peruano por Miller (67) y Sánchez y Buol (94) evidencian también el predominio de la caolinita en estos suelos.

4.2.5 Clasificación

4.2.5.1 Taxonomía de Suelos

4.2.5.1.1 Orden: Ultisoles

A esta categoría pertenecen los perfiles 0, 1, 2, 3, 4 y 5 que conforman el Grupo 2, por satisfacer los requerimientos establecidos por la Taxonomía de Suelos (115).

1. Tienen horizontes de diagnóstico argílico, evidenciado por las características indicadas en el Cuadro 6 y confirmadas por observación de pedos recubiertos por arcilla iluvial en A3 y B con lente 10X.

2. Porcentaje de saturación de bases <35 por ciento hasta una profundidad de 1,25 m, y

3. Régimen de temperatura del suelo mayor a 8°C.

4.2.5.1.2 Suborden

4.2.5.1.2.1 Humult: Perfiles 0, 1, 2, 3 y 4.

1. Tienen 12 kg o más de carbón orgánico en una unidad de volumen de 1 metro cuadrado a una profundidad de 1 metro, excluyendo los horizontes orgánicos, y

2. Nunca están saturados de agua.

4.2.5.1.2.2 Udult: Perfil 5.

1. Tiene régimen de humedad del suelo údico,
2. Menos de 12 kg de carbón orgánico en una unidad de volumen de 1 metro cuadrado a una profundidad de 1 metro, y
3. Nunca está saturado de agua.

4.2.5.1.3 Gran Grupo

4.2.5.1.3.1 Tropohumults: Perfiles 0, 1, 2, 3 y 4.

1. Tienen régimen de temperatura isohipertérmico,
2. No tienen fragipan, plintita ni horizonte sómblico,
3. Tienen epipedón ócrico, y
4. Horizonte argílico con 10 por ciento o más de minerales meteorizables en la fracción de 20 a 200 micras.

4.2.5.1.3.2 Tropudult: Perfil 5.

La Taxonomía de Suelos indica que la clasificación es incompleta para esta categoría.

1. Tienen régimen de temperatura isohipertérmico,
2. No tienen fragipan ni plintita, y
3. Argílico tiene más de 10 por ciento de minerales meteorizables en la fracción de 20 a 200 micras.

4.2.5.1.4 Subgrupo

4.2.5.1.4.1 Tropohumult Humóxico: Perfiles 0, 1, 2, 3 y 4.

1. Satisface todos los requerimientos establecidos para la clasificación como Tropohumult Típico (115), excepto que tiene menos de 24 meq/100 g de arcilla en todo el argílico, condición que lo define como Tropohumult Humóxico.

4.2.5.1.4.2 Tropudult Ortóxico: Perfil 5.

1. Satisface todos los requerimientos establecidos por la Taxonomía de suelos (115) para la clasificación como Tropudult Típico, excepto que tiene menos de 24 meq/100 g de arcilla de CIC, hecho que lo clasifica como Tropudult Ortóxico.

4.2.5.1.5 Familia

4.2.5.1.5.1 Por granulometría

1. Arenoso: Perfil 4.
2. Franco grueso: Perfiles 0 y 2.
3. Franco fino : Perfiles 1, 3 y 5.

4.2.5.1.5.2 Por mineralogía

1. Mezclado: Perfiles 0, 1, 2, 3, 4 y 5.

4.2.5.1.5.3 Por temperatura

1. Isohipertérmico: Perfiles 0, 1, 2, 3, 4 y 5.

4.2.5.2 Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO

4.2.5.2.1 Categoría superior

Los seis perfiles de suelo (0, 1, 2, 3, 4 y 5) satisfacen los requerimientos del horizonte argílico establecido por la Leyenda de Suelos FAO/UNESCO (38). Cuadros 6 y 7.

4.2.5.2.1.1 Nitosol: Perfiles 0 y 5.

1. Tienen suelos con horizontes argílico que presentan una distribución de arcilla tal que el porcentaje de ésta no llega a disminuir de su cantidad máxima en un 20 por ciento en todo el perfil, y
2. Ausencia de: A mólico y E álbito, penetración de lengüetas,

propiedades férricas y vérticas, plintita en los 125 cm superiores y régimen higrométrico arídico.

4.2.5.2.1.2 Acrisol: Perfiles 1, 2, 3 y 4.

1. Son suelos que tienen horizonte argílico,
2. Porcentaje de saturación de bases por NH_4OAc <50 por ciento en todo el perfil, y
3. Ausencia de: E albico, penetración de lengüetas, régimen de distribución de arcilla y régimen higrométrico arídico.

4.2.5.2.2 Unidades de Suelo

4.2.5.2.2.1 Nitosol húmico (Nh)

Perfil 0: Nh-1a

1. Nitosol con saturación de bases <50 por ciento (NH_4OAc) en todo el perfil, y
2. Elevado contenido de materia orgánica en B.

Clase textural: 1

1 Textura gruesa: Arenosa en los 30 cm superiores del suelo.

Clase de inclinación: a

a De llana a suavemente ondulada: Pendiente dominante 0-8 por ciento.

4.2.5.2.2.2 Nitosol dístrico (Nd)

Perfil 5: Nd-1a

1. Nitosol con saturación de bases menor a 50 por ciento (NH_4OAc) en los 125 cm superiores, y
2. Ausencia de: Elevado contenido de materia orgánica en B y horizonte A úmbrico.

Clase textural: 1

1 Textura gruesa: Franco arenoso en los 30 cm superiores del suelo.

Clase de inclinación: a

a De llana a suavemente ondulada: Pendiente dominante 0-8 por ciento.

4.2.5.2.2.3 Acrisol órtico (Ao)

Perfiles 1 y 4: Ao-1a

1. Acrisoles con A órtico,
2. Ausencia de: Elevado contenido de materia orgánica en los 100 cm superiores, plintita en los 125 cm superiores y propiedades hidromórficas en los 50 cm superiores.

Clase textural: 1

1 Textura gruesa: Franco arenoso y arenoso franco en los 30 cm superficiales.

Clase de inclinación: a

a De llana a suavemente ondulada: Pendiente dominante 0-8 por ciento.

4.2.5.2.2.4 Acrisol húmico (Ah)

Perfil 2 : Ah-1a

Perfil 3 : Ah-2a

1. Acrisoles con elevado contenido de materia orgánica en los 125 cm superiores, y
2. Ausencia de propiedades hidromórficas en los 50 cm superiores.

Clase textural: 1 y 2

- 1 Textura gruesa: Arenoso a Franco arenoso en los 30 cm superiores.
- 2 Textura media: Franco arenoso a Franco arcillo arenoso en los 30 cm superiores del suelo.

Clase de inclinación: a

- a De llana a suavemente ondulada.

4.2.5.3 Sistema técnico Capacidad-Fertilidad

Según lo establecido por Buol et al. (17), los perfiles del grupo 2 se clasifican en las categorías indicadas en el Cuadro 8, las características más importantes se detallan a continuación.

4.2.5.3.1 Tipo-Subtipo

4.2.5.3.1.1 S (Arenoso, Arenoso franco): Perfiles 0 y 4.

1. Textura arenosa en la capa de 20 cm superficiales. En el Cuadro 2 se observa que hay cambio de textura en los 50 cm superficiales, el sistema indica que cuando el cambio es de textura arenosa a arenosa franca la clasificación se mantiene como S (17).

4.2.5.3.1.2 L (Franco): Perfiles 3 y 5.

1. Textura franca en los 20 cm superficiales: Menos de 35 por ciento de arcilla.

5.2.5.3.1.3 SL (Arenoso-Franco): Perfiles 1 y 2

1. Suelo de textura arenosa sobre subsuelo franco.

4.2.5.3.2 Modificadores (Cuadro 8)

Los modificadores identificados en el presente grupo corresponden a los mismos indicados en el grupo uno, excepto el modificador "g";

la discusión anterior es válida para el grupo 2. A continuación se indica la distribución de los modificadores.

4.2.5.3.2.1 "e": Perfiles 0, 1, 2, 3, 4 y 5.

4.2.5.3.2.2 "k": Perfiles 0, 1, 2, 3, 4 y 5.

4.2.5.3.2.3 "a": Perfiles 0, 1, 2, 3, 4 y 5.

4.3 Discusión sobre Clasificación

La Taxonomía de Suelos agrupa los suelos en la forma que indica el Cuadro 6, y en base de esta información se puede distinguir en la categoría más alta dos órdenes: Ultisoles y Espodosoles; a nivel de subgrupo los perfiles 0, 1, 2, 3 y 4 son Tropohumult Humóxico; el perfil 5 es Tropudult Ortóxico; los perfiles 7, 8, 9 y 10 Tropacuod Ultico y el perfil 6 Haplohumod Típico.

Según la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO estos mismos suelos clasifican como Nitosoles, Acrisoles y Podzoles; las unidades de suelo identificadas son seis: Perfil 0, Nitosol húmico; perfil 5, Nitosol dístrico; perfil 1 y 4, Acrisol órtico; perfiles 2 y 3, Acrisoles húmicos; perfiles 7, 8, 9 y 10, Podzoles gleícos; y perfil 6, Podzol órtico.

En el presente trabajo podemos apreciar que la clasificación Taxonómica ha permitido reconocer dos áreas diferenciadas principalmente por el material parental; los Ultisoles que se desarrollan sobre materiales finos de origen aluvial antiguo constituídos a base de arcillas friables caoliníticas y bajo un relieve ondulado, y los Espodosoles desarrollados a partir de materiales de partículas menos finas altamente silíceos y

fuertemente lixiviados que ocupan las terrazas altas y viejas de superficies onduladas y planas (125). La evidencia de esta diferenciación se refleja en la vegetación desarrollada en cada uno de estos grupos de suelos: Bosque mixto común de árboles bien desarrollados y con especies maderables de gran valor en Ultisoles y Bosque mixto "varilla" de árboles poco desarrollados generalmente sin valor comercial con predominio de palmeras en los Espodosoles.

Tanto la Clasificación Taxonómica como la Clasificación según la Leyenda de Suelos FAO/UNESCO, confirman estudios anteriores realizados en la Cuenca Superior del Amazonas Peruano por Sánchez y Buol (94), quienes identificaron en suelos de Yurimaguas e Iquitos los Ultisoles como orden dominante, siendo los subgrupos reportados los Paleudults Típicos en suelos bien drenados y Paleudult Acuico y Tropacuult Aéreo en suelos con drenaje imperfecto; según los mismos autores, estos suelos corresponden a los Mitoles y Acrisoles en suelos con buen drenaje y a los Gleysoles Dístricos en suelos con mal drenaje según la Leyenda FAO/UNESCO. Los autores también reportan en áreas con material parental grueso los Espodosoles, principalmente Tropacuods Grossarénico y Haplorthod Típico, que corresponden a los Podzoles en la Leyenda FAO/UNESCO.

Los suelos identificados también concuerdan con las informaciones indicados por Zamora (125), quien reconoce los Ultisoles como grupo dominante en la Llanura Amazónica Peruana, señalando los Paeludults y Tropudults como los Grandes Grupos más representativos. Según el autor anterior estos suelos corresponden a los Mitoles y Acrisoles según la Leyenda FAO/UNESCO. El autor (125) también identifica Espodosoles en la

región Amazónica peruana y refiere como centros importantes de ocurrencia las inmediaciones de Iquitos, Pucallpa y Yurimaguas en Selva Baja y en Tarapoto y Yurimaguas en Selva Alta; también informa que estos suelos ocupan tierras altas con relieve ondulado a colinado y desarrollan sobre material sedimentario no consolidado a base de areniscas sueltas o arenas cuarzosas y que están dominados por foresta tropical delgada. Las descripciones morfológicas que indica corresponden a los Tropohumod y Tropacuod encontrados en el presente estudio (123).

Los Espodosoles en el Perú fueron señalados por primera vez en Iquitos en 1954 y posteriormente en 1964 por Elleberg y para la Amazonía Brasileña por Klinge (54) y Sombroek (101). Este último autor describe los Ground Water Humus Podzol que corresponde a los Tropacuods estudiados. Otros autores también refieren la ocurrencia de los Espodosoles en las regiones húmedas bajas tropicales, cuyas descripciones morfológicas coinciden con los Tropacuods y Tropohumods que indica el presente estudio (18, 29, 37, 66, 68).

En el trabajo que se expone aquí también se indica que los principales suelos de la Cuenca del Amazonas Superior del Perú no son Oxisoles (3, 31, 120) ni Ferralsoles (37) como anteriormente se pensaba, sino Ultisoles, corroborando las afirmaciones de Sánchez y Buol (94) y Zamora (125).

La Clasificación Capacidad-Fertilidad (17) agrupa los suelos en estudio en tres combinaciones de Tipo-Subtipo, de las 13 que establece el sistema: Perfiles 0, 4, 6, 9 y 10 Tipo S (Arenoso); perfiles 3 y 5 Tipo L (Franco); y perfiles 1, 2, 7 y 8 Tipo-Subtipo SL (Suelos arenosos sobre subsuelo franco). Cinco modificadores, de los 13 considerados

por el sistema, cubrieron indistintamente el 100 por ciento de perfiles en estudio ("e", "k", "a", "g" y "h"); ningún modificador ocurrió solo, esto refleja el hecho de que varios de estos parámetros ocurren juntos en estos suelos.

En general, en base a la clasificación antes mencionada, se puede indicar que los suelos en estudio tienen limitaciones serias de fertilidad: todos los perfiles mostraron baja CIC "e" y bajo contenido de potasio "k" en la superficie. Esta observación refleja el estado de alta meteorización de estos suelos. El estudio también muestra que los suelos son predominantemente ácidos "h", presentando el 60 por ciento de los perfiles problemas de toxicidad de aluminio "a" y el 36 por ciento de los suelos problemas de drenaje "g".

A pesar que los parámetros específicos del sistema Capacidad-Fertilidad deben evaluarse independientemente, en este sistema se puede hacer una extrapolación directa indicando que todos los Ultisoles y Espodosoles identificados tienen el modificador "e" y "k"; todos los Ultisoles tienen el modificador "a"; todos los Espodosoles tienen el modificador "h" y que todos los subgrupos ácuicos de los Espodosoles tienen el modificador "g".

En conjunto, la interpretación de las características señaladas indican las limitaciones de uso de estos suelos con fines agrícolas, principalmente por su alta meteorización y baja fertilidad en términos generales y en particular por problemas de toxicidad por aluminio en Ultisoles y en Espodosoles por el material arenoso con poca capacidad retentiva de agua y nutrientes además del drenaje imperfecto de los Tropocluods.

Las características y limitaciones señaladas en el uso de estos suelos, han sido evidenciados por estudiosos de suelos tropicales.

Con respecto a los Ultisoles, Zamora (125) indica que estos suelos constituyen los suelos problemas del Perú, pero que pueden ser adaptados mediante técnicas y tratamientos diseñados al medio ecológico amazónico, que permita la explotación de ciertos cultivos propios de estas regiones húmedas dentro de marcos racionalmente económicos. Indica que por lo general, permite una agricultura mixta principalmente a base de cultivos permanentes en asociación con la actividad pecuaria. Sin embargo, concluye indicando que su máximo potencial radica en la explotación racional del recurso forestal, aptitud que es ratificada por otros autores (16, 29).

La baja fertilidad y bajo estado de bases de los Ultisoles ha sido y aún continúa siendo la mayor limitación para uso agrícola (16), presentando algunos de ellos niveles tóxicos de aluminio y problemas de fijación de fósforo (29). Estos suelos producen buenas cosechas en los primeros años y posteriormente declinan la producción provocando una agricultura migratoria (14, 66), lo que demuestra la dependencia de estos suelos del reciclaje de nutrientes para mantener la fertilidad en la superficie del suelo, la misma que se ve sometida a una rápida degradación cuando se corta la foresta nativa (16).

Las limitaciones de estos suelos pueden superarse por modernas prácticas de encalado, fertilización y manejo adecuado cuando se cultivan estos suelos (16, 66); sin embargo, estas correcciones nutricionales implican considerables inversiones (95), por lo tanto el problema subsiste

y debe ser resuelto: El desarrollo de métodos de bajo costo para incorporar estos insumos al suelo (66).

Con respecto a los Espodosoles, Zamora (123, 125) indica que las características edáficas de estos suelos, baja fertilidad y pobre capacidad retentiva para el agua y nutrientes, los hacen poco apropiados para cultivos tropicales y aún para el establecimiento de pastizales, por lo tanto indica, deben ser relegados exclusivamente para bosques de protección o a una explotación más restringida de algunas especies maderables que sean de interés comercial.

El Vol IV del Mapa Mundial de Suelos (37) refiriéndose a la aptitud de los Espodosoles, indica que se trata de suelos pobres en condiciones de agricultura tradicional y tampoco presentan gran atractivo para los métodos modernos debido a su alto índice de lixiviación y a su escasa reacción a los fertilizantes. Refiere también que en algunos podzoles bajos, el agua queda estancada durante la estación de lluvias en el horizonte B espódico duro e impenetrable (Podzoles gleyicos) y también cuando sube la capa freática.

Millar, Turk y Foth (66) indican que estos suelos son de naturaleza muy estéril para la mayor parte de cultivos. Refieren que lo inadecuado de los Espodosoles para la agricultura fue reportado en 1954 por C.C.W. Swason, quien refiere que el abandono de áreas de podzoles de muy baja fertilidad, no fue porque la tierra necesariamente fuera mal utilizada, sino que los altos costos de producción hicieron que no pudiera competir para una agricultura de tipo general.

Otros autores han confirmado el bajo valor agrícola de los espodosoles, refiriendo que pueden ser mejorados mediante aplicaciones

abundantes de fertilizantes y de cal, pero que éstos no se justifican económicamente, por lo tanto, recomiendan dedicar estas áreas a recreación y reservas naturales con su vegetación original (16, 18, 29).

En resumen, las informaciones disponibles indican la necesidad de muchos cuidados en el manejo de Ultisoles y Espodosoles, señalando sus aptitudes eminentemente forestales. Reportan restricciones de los Ultisoles para uso agrícola, con algunas posibilidades que ofrece el empleo de enmiendas calcáreas y la fertilización, aunque todavía no se ha encontrado el sistema económico adecuado, lo que sugiere investigación específica para estudiar alternativas de uso agrícola, mientras tanto se recomienda un uso racional del recurso forestal. Respecto a los Espodosoles, recomiendan mantenerlos como reservas naturales o recreacionales con su vegetación original, mientras se encuentre un sistema que permita aprovechar adecuadamente las pocas especies forestales de cierto valor económico.

Experiencias que se vienen efectuando sobre manejo de Ultisoles (Paleudults) desde 1972 en la Selva Baja Peruana (Yurimaguas), con el objetivo principal de determinar cuáles son las prácticas necesarias para cultivar en forma continua terrenos de la Selva, proporcionan informes preliminares que dan esperanzas de utilización agropecuaria eficiente de estos suelos (71).

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en la ejecución del presente trabajo son las siguientes:

1. La Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos agrupa los once perfiles en dos órdenes: Ultisoles y Espodosoles. Los subgrupos identificados son: Tropudult Ortóxico, Tropohumult Humóxico, Tropacuod Ultico y Haplohumod Típico.
2. La Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO agrupa los once perfiles en seis Unidades de Suelos: Nitosol húmico, Nitosol dístrico, Acrisol órtico, Acrisol húmico, Podzol gleico y Podzol órtico.
3. El Sistema Técnico Capacidad-Fertilidad agrupa los once perfiles en tres combinaciones: Tipo-Subtipo: Tipo S (Arenoso), Tipo L (Franco) y Tipo-Subtipo SL (Arenoso sobre franco).
4. Cinco modificadores identificados en el Sistema Capacidad-Fertilidad: "e", "k", "g", "a" y "h" indican limitaciones de estos suelos para uso agrícola y confirman la infertilidad de estos suelos y cuidados en su manejo.
5. Los suelos identificados en el presente trabajo, corroboran la posición importante de los Ultisoles y Espodosoles en la región de Iquitos e indican que no dominan en la región los Oxisoles o Ferralsoles como anteriormente se pensaba.

6. RESUMEN

Se estudió once perfiles de suelos de la Cuenca Superior del Amazonas Peruano, zona de Iquitos, área ubicada a $3^{\circ}45' S$, $73^{\circ}11' W$ y a una altitud de 108 m.s.n.m. El sitio de muestreo ecológicamente corresponde a la formación de Bosque Húmedo Tropical, con precipitación promedio anual de 3000 mm, temperatura media mensual de $26^{\circ}C$ y humedad relativa media mensual de 86 por ciento. La geología de la región es de sedimentos no consolidados de arcillas caolínificas y arenas cuarzosas del Terciario-Cuaternario.

Los perfiles se ubicaron a lo largo de una trocha de 2 km de longitud en bosque vírgen perennifolio que ocupa terrazas altas no inundables con relieve plano a ligeramente ondulado.

Se caracterizaron los perfiles en su morfología y condiciones físicas, químicas y mineralógicas estableciéndose interrelaciones que permitieran agruparlos aplicando tres sistemas de clasificación: Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos, Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO y Sistema Técnico Capacidad-Fertilidad de Buol et al.

La clasificación taxonómica agrupa los suelos en Ultisoles y Espodosoles; la Leyenda de Suelos FAO/UNESCO agrupa los suelos en Acrisoles, Nitsoles y Podzoles; y la clasificación Capacidad-Fertilidad agrupa los suelos en tres combinaciones de Tipo-Subtipo (S, L y SL) e identifica cinco modificadores que confirma la infertilidad de estos suelos. El estudio indica que los suelos de la región de Iquitos no son Oxisoles o Ferralsoles como anteriormente se pensaba.

6a. SUMMARY

Eleven soil profiles from the Iquitos Region of the upper Peruvian Amazon basin were studied. The area is located at 3°45'S and 73°11'W, at an altitude of 108 meters above sea level. Ecologically, the sampling site is Tropical Wet Forest; it has a mean annual rainfall of 3,000 mm, a mean monthly temperature of 26°C and a mean monthly relative humidity of 86 per cent. Geologically, the region is formed of unconsolidated sediments of kaolinitic clays and quartz sand from the Tertiary-Quaternary.

The profiles were located along a path, 2 km length in a virgin evergreen forest that occupies high terraces not subject to flooding and of flat to slightly undulating topography.

The morphology, physical, chemical and mineralogical properties of the profiles were studied. Interrelations were established which would allow profile grouping using three soil classification systems: U.S. Soil Taxonomy, FAO/UNESCO World Soil Map and the Fertility-Capability System of Buol et al.

The soils fall into the Ultisol and Spodosol groups in the U.S. Soil Taxonomy. The soils are Acrisols, Nitosols and Podzols according to the FAO/UNESCO World Soil Map. In the Fertility-Capability classification system the soils are in three Type-Subtype combinations (S, L and SL) with five modifiers that confirm the infertility of these soils. This study indicates that the soils of the Iquitos region are not Oxisols or Ferralsols as was previously thought.

7. LITERATURA CITADA

1. ALVIZ, F. de T. Los trópicos bajos de la América Latina; recursos y ambiente para el desarrollo agrícola. In Simposio sobre el Potencial del Trópico Bajo. Colombia, CIAT, 1973. pp. 43-61.
2. AUBERT, G. Les sol lateritiques. In International Congress of Soil Science, 5th, Leopoldville, 1954. Actes et Comptes Rendus. Bruxelles, Societe Internationale de la Science du Sol, 1954. v.1, pp. 103-113.
3. _____. y CAVERNIER, R. Estudio edafológico. In Suelos de la regiones tropicales húmedas. Argentina, Larymar, 1975. pp. 29-62.
4. BALDWIN, W., KELLOGG, C.E. y THORP, J. Soil classification. In Soils and men: Yearbook of Agriculture, 1931. Washington, U.S.A.: Department of Agriculture, 1933. pp. 973-1001.
5. BARNES, C. F. Interpretive soil classification: relation to purpose. Soil Science 66: 127-129. 1949.
6. BASCOB, C. L. Distribution of pyrophosphate extractable iron and organic carbon in soils of various groups. Journal of Soil Science 19: 251-260. 1963.
7. BEINROTH, F. H., IKAWA, H. y UEMURA, T. Classification of the soil series of the State of Hawaii in different systems. Washington, Agency for International Development. Technical Series no 10. 1974. 96 p.
8. _____. Relaciones entre la taxonomía de suelos de los Estados Unidos, el sistema de clasificación de suelos de Brasil y las unidades de suelos de FAO/UNESCO. In Bornemisza, E. y Alvarado, A. eds. Manejo de Suelos en la América Tropical, North Carolina, State University, 1975. pp. 129-144.
9. BENAVIDES, S. T. Mineralogical and chemical characteristics of some soils of the Amazonia of Colombia. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, 1973. 225 p.
10. BLAKE, C. R. Particle density. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 371-373.
11. BONNET, J. Los suelos de Puerto Rico y la clasificación de la séptima aproximación. Revista de Agricultura de Puerto Rico, 50(2): 114-124. 1963.

12. BOWER, C.A. et al. Exchangeable cation analysis of saline and alkaline soils. *Soil Science* 73(3): 251-261. 1952.
13. BREMER, J. H. Total nitrogen. In Black, C. A., Ed. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1171-1175.
14. BUCKMAN, H. O. y BRADY, N. G. Naturaleza y propiedades de los suelos. Traducción de la 5 ed. inglesa por R. Salord Barcelo. México, UTNEA, 1966. 590 p.
15. BUOL, S. W. Génesis, morfología y clasificación de suelos. In Sánchez, P. A. ed. *Un Resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina tropical*. North Carolina, State university. Technical bulletin no 219, 1973. pp. 1-39.
16. _____. HOLE, F. D. y McCracken, R. J. Soil genesis and classification. Ames, Iowa, State University press, 1973. 360 p.
17. _____. et al. Clasificación de suelos en base a su fertilidad. In Bornemisza, E. y Alvarado, A. eds. *Manejo de Suelos en la América Tropical*. North Carolina, State University, 1975. pp. 129-144.
18. BURETT, F. Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions. 2 ed. Wageningen, Netherlands, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1970. 99 p.
19. CANO, O. M. Evaluación de la fertilidad de los suelos del Perú; tercera aproximación. Perú. Ministerio de Agricultura, Boletín Técnico no 78, 1973. pp. 5-15.
20. CLINE, M. G. Basic principles of soil classification. *Soil Science* 66: 81-91. 1949.
21. _____. The changing model of soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 25(6): 442-446. 1961.
22. _____. Logic of the new system of soil classification. *Soil Science* 96(1): 17-22. 1963.
23. CORTEZ, A., JIMENEZ, R. y REY, C. Génesis y clasificación de algunos suelos de la Amazonía Colombiana. Colombia, Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano, 1972. 34 p.
24. COSTA DE LEMOS, R. Progress in soil survey and its application in Latin America. In *Systematic Land and Water Evaluation*, Chile, FAO. Bulletin no 1, 1971. pp. 102-112.
25. CHAN, JEN-HU. The agricultural potential of the humid tropics. *Geographic Review* 58(3): 333-361. 1968.

26. DAY, R.P. Particle fractionation and particle size analysis. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 545-567.
27. D'HOORE, J. L. Clay mineral and gibbsite crystals as clues to the mode of formation of ancient sesquioxide accumulation zones. In International Congress of Soil Science, 5 th, Leopoldville, 1954. Actes et Comptes Rendus, Bruxelles. Societe Internationale de la Science du Sol, 1954. v.4. pp.45-48.
28. DIAZ-ROQUE, R. y BALERDI, D. Determinación de la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 3p.
29. DIJKERMAN, J.C. Introduction to pedology. Netherlands, Wageningen, Agricultural University, 1975. 100 p.
30. DOUROJEANNI, R. M. et al. Informe de Perú. In Reunión Internacional Sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano; Sistemas de Uso de la Tierra, Lima, Perú, 1974. Informe. Lima, Perú, IICA, 1974. s.p. (Informe de Conferencias, Cursos y Reuniones).
31. DROSDOFF, M., QUEVEDO, F. y ZAMORA, C. Soils of Perú. In International Congress of Soil Science, 7th, Madison, Wisconsin, 1960. Amsterdam, International Society of Soil Science, 1961. v.3; pp 97-111.
32. DUCHAUFOUR, P. Manual de edafología. Traducida de la 3 ed francesa por Carballas, F.T. Barcelona, Moray-Masson, 1975. pp. 210-226.
33. EDELMAN, C. H. y VAN DER VOORDE, P. K. J. Important characteristics of alluvial soils in the tropics. Soil Science 95(4):258-263 . 1963.
34. FALESI, I. C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazonia Brasileira. In Simposio sobre a Biota Amazônica, Belem, 1966. Atas Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Pesquisas, 1967. v.1, pp: 151-168.
35. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Adequacy of soil studies in Paraguay, Bolivia and Perú. Roma, World Soils Resources, Rep. no 9, 1964. pp. 58-72.
36. _____. Guías para la descripción de perfiles de suelos. Roma, 1968. 60 p.
37. _____. Mapa mundial de suelos. América del Sur, UNESCO, París, 1971. v.4; 201 p.

38. _____. Mapa mundial de suelos. Leyenda, UNESCO, París, 1976. v.1; 60 p.
39. FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, IICA, 1974. pp. 34-37.
40. GALLEGO, R. Estudios sobre distribución de hierro en suelos y su relación con otros factores. Anales de Edafología y Fisiología Vegetal (España) 18(7-9): 547-582. 1959.
41. GARDNER, W. H. Water content. In Black, C. A. ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 82-125.
42. GIBBONS, F. R. Limitations to the usefulness of soil classification. In International Congress of Soil Science, 9th, Adelaide, Australia, 1968. Transactions. Australia, International Society of Soil Science, 1968. v.4; pp. 82-125.
43. GLAZOVSKAYA, M. A. Principles for classifying soils of the world. Soviet Soil Science, 8 : 857-877. 1966.
44. HARDY, F. Suelos tropicales; pedología tropical con énfasis en América, México, Herrero, 1970. pp. 226-231.
45. _____. Edafología tropical. México, Herrero, 1970. pp. 16-17.
46. HARSPEAD, E. I. The classification of some Nigerian soils. Soil Science, 116: 437-443. 1974.
47. HUNTER, A. H. Soil analytical procedure using the modified NHCO_3 extracting solution. North Carolina, State University. In-³ International Soil Fertility Evaluation Improvement Program. s.f. 6 p.
48. IGNATIEF, V. y LEMOS, P. Some management aspects of more important tropical soils. Soil Science 95(4): 243-149. 1963.
49. JOHNSON, W. E. Relation of the new comprehensive soil classification system to soil mapping. Soil Science 96(1):31-34. 1963.
50. KELLOGG, C. E. Preliminary suggestions for the classification and nomenclature of great soil groups in tropical and equatorial regions. Commonwealth Bureau of Soil Science. Technical Communication no 40, England, 1949. pp. 76-85.
51. _____. Symposium on tropical resources. Soil Science 95(4): 219-220. 1963.
52. _____. Why a new system of soil classification ?. Soil Science 96: 1-5. 1963.

53. KLINGE, H. Podzol soils in the Amazon Basin. *Journal of Soil Science* 16(1): 95-103. 1965.
54. _____. Podzol soils; a source of blackwater rivers in Amazonia. *In* Simposio sobre a Biota Amazónica, Belem, 1966. Atas. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Pesquisas, 1967. v.s; pp. 117-125.
55. KNOX, E. G. Criterios para diferenciación de familias de suelos; sistema taxonómico americano 7a aproximación. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia, v. 10(3), 1974. 20 p.
56. _____. Criterios para clasificación de suelos en las tres categorías superiores de soil taxonomy. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia, c. 11(2), 1975. 31 p.
57. LEPSCH, I. F. y BUOL, S. W.. Investigation in an oxisol-ultisol to-
posequense in Sao Paulo state, Brazil. *Soil Science Society of America Proceedings* 38: 491-496. 1974.
58. LUGO-LOPEZ, M. A., BARTELLI, L.J. y ABRUÑA, F. An overview of the soils of Puerto Rico; classification and physical, chemical and mineralogical properties. Puerto Rico. Agricultural Experiment Station, Publication no 79, 1973. 15 p.
59. MACIAS, M. Propiedades morfológicas, físicas, químicas y clasificación de ocho "latosoles" de Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, IICA, 1969. pp. 24-25.
60. BALDONADO, P. F. La adaptación al castellano de los nombres usados en la 7a aproximación. Turrialba, Costa Rica. IICA, Publicación miscelánea no 78, 1971. pp. 30-43.
61. MARBUT, C. F. y MANIFOLD, C. B. The soils of the Amazon Basin in relation to agricultural possibilities. *Geographic Review* 16: 414-442. 1926.
62. MARTINI, J. A. y MACIAS, M. A study of six "latosols" from Costa Rica to elucidate the problems of classification, productivity and management of tropical soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 38: 644-652. 1974.
63. MASS, A. Colonización integral; modelo de un nuevo tipo de colonización incluyendo varios sistemas de uso de la tierra en el Perú. *In* Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano; Sistemas de Uso de la Tierra, Lima, Perú, 1974. Informe. Lima, Perú, IICA, 1974. s.p. (Informe de Conferencias, Cursos y Reuniones no 41).
64. McLEAN, E. O. Aluminum. *In* Black, C. A. ed. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 973-998.

65. MEHRA, O. P. y JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In National Conference on Clays and Clay minerals, 7th, Washington, 1958. Pergamon Press, New York, 1960. pp. 317-327.
66. MILLAR, G. E., TURK, L. L. y FOOTH, H. D. Fundamentos de la ciencia del suelo. México, CECSA, 1975. pp. 275-322.
67. MILLER, E. V. y COLEMAN, N. T. Colloidal properties of soils from Western Equatorial South America. Soil Science Society of America Proceedings 16: 239-246. 1952.
68. MOHR, E. C. J., VAN BAREN, F. A. y SCHUYLENBORGH, J. Tropical Soils; a comprehensive study of their genesis. 3 ed. Netherlands, Mouton, 1972. 481 p.
69. MUNSSELL COLOR. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland, 1975. Seven charts.
70. _____. Munsell tropical soil color charts. Baltimore, Maryland, 1975. Two charts.
71. NORTH CAROLINA. STATE UNIVERSITY. Proyecto internacional de suelos tropicales, Yurimaguas, Perú. Informe anual 1972-73. 46 p.
72. NYE, P. H. y GREENLAND, D. J.. Changes in the after clearing tropical forest. Plant and Soil 21(1): 101-112. 1964.
73. OLSEN, S. R. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture. Circular no 939, 1954. 19 p.
74. ORVEDAL, A. C. The 7th approximation; its application in engineering. Soil Science 96(1): 62-67. 1963.
75. PEECH, M., COWAN, R. L. y BAKER, J. H. A critical study of the $BaCl_2$ triethanolamine and the ammonium acetate methods for determining the exchangeable hydrogen content of soils. Soil Science Society of America Proceedings 26(1): 37-40. 1962.
76. _____. Hydrogen-ion activity. In Black, C. A. ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 914-925.
77. PERU.. INSTITUTO NACIONAL DE PLANIFICACION. Inventario de estudios de suelos del Perú; primera aproximación. Dirección de Planificación Regional de Estudios de Recursos Naturales, 1963. 127 p.

78. PERU. OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES. Inventario y evaluación del potencial económico y social de la zona de Kcosñipata-Alto Madre de Dios-Manú. Lima, Perú, 1965. 130 p.
79. _____. Estudio detallado de suelos de la zona de colonización del río Apurímac. Lima, Perú, 1966. 43 p.
80. _____. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona del río Pachitea. Lima, Perú, 1966. 233 p.
81. _____. Estudio de los suelos de la zona de Yurimaguas; reconocimiento sistemático. Lima, Perú, 1967.
82. _____. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona del río Tambo-Gran Pajonal. Lima, Perú, 1968. 310 p.
83. _____. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona Villarica-Puerto Pachitca (ríos Pichis y Palcaza). Lima, Perú, 1970. 240 p.
84. _____. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de los ríos Santiago y Morona. Lima, Perú, 1970. 180 p.
85. _____. Capacidad de uso de los suelos del Perú; tercera aproximación. Lima, Perú, 1971. 57 p.
86. _____. Estudio de los suelos de la zona de los ríos Inambari, Madre de Dios. Lima, Perú, 1972.
87. REUNION INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE PRODUCCION PARA EL TROPICO AMERICANO: SISTEMA DE USO DE LA TIERRA. Lima, Perú, 1974. Informe. Lima, Perú, IICA, 1974. s.p. (Informe de Conferencias, Cursos y Reuniones no 41).
88. RIECKEN, F. F. Some aspects of soil classification in farming. Soil Science 96(1): 49-61. 1963.
89. ROBINSON, G. W. Los suelos, su origen, constitución y clasificación. Traducido por J.L. Amores de la 3 ed inglesa. Barcelona, OMEGA, 1967. 515 p.
90. ROEDER, E. y BORNEWISZA, E. Algunas propiedades de suelos de la región amazónica del Estado de Maranhao, Brasil. Turrialba 18(1): 39-44. 1968.
91. SAENZ, M. A. Formulario técnico de suelos tropicales. Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, Serie Textos no 241, 1975. pp. 114-116.

92. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos; métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.
93. SANCHEZ, P. A. y BUOL, S. W. Características morfológicas, químicas y mineralógicas de algunos suelos de la Selva Baja del Perú. Lambayeque, Perú. Programa Nacional de Arroz. Informe Técnico no 56, 1971.
94. _____. y BUOL, S. W. Properties of some soils of the upper Amazon Basin of Perú. Soil Science Society of America Proceedings 38: 117-121. 1973.
95. _____. y BUOL, S. W. Soils of the tropics and the world crisis. Science 183: 598-603. 1975.
96. SANTHIRASEGARAM, K. Investigaciones en pastos en la zona de Pucallpa. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura. Informe Técnico (interno), 1973. 153 p.
97. SEGALEN, P. Suelos de la zona intertropical. México, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, 1966. 176 p.
98. SIMONSON, R. W. Soil correlation and the new classification system. Soil Science 96(1): 23-30. 1963.
99. SMITH, G. D. Objectives and basic assumptions of the new soil classification system. Soil Science 96(1): 6-16. 1963.
100. _____. Lectures on soil classification. Pedologie. Spec. no 4, 1965. 134 p.
101. SOMBROEK, W. G. Amazon soils; a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen, Netherlands, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1966. 292 p.
102. STEPHENS, C. G. The 7th approximation; its application in Australia. Soil Science 96(1): 40-48. 1963.
103. STORIE, R. E. Preliminary study of bolivian soils. Soil Science Society of America Proceedings 17(2): 128-131. 1953.
104. SYS, C. The concept of ferrallitic and fersialtic soils in Central Africa; their classification and their correlation with the 7th approximation. Pedologie 17(3): 284-325. 1967.
105. _____. The soils of Central Africa in the american classification 7th approximation. African Soils 14(1-2): 25-44. 1969.
106. TAVERNIER, R. The 7th approximation; its application in Western Europe. Soil Science 96(1): 35-43. 1963.

107. TOSI, J. Zonas de vida natural en el Perú. Lima, Perú, IICA, 1960. 271 p. (IICA. Boletín Técnico no 5).
108. _____. Desarrollo forestal del trópico americano frente a otras actividades económicas. In Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción en el Trópico Americano; Sistemas de Uso de la Tierra, Lima, Perú, 1974. Informe. Lima, Perú, IICA, 1974. s.p. (Informe de Conferencias, Cursos y Reuniones).
109. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL CONSERVATION SERVICE. Soil survey manual. Agricultural Handbook no 18, 1951. 503 p.
110. _____. Soil classification a comprehensive system, 7th approximation, 1960. 254 p.
111. _____. Supplement to soil classification system, 7th approximation, 1967. 207 p.
112. _____. Supplement to soil classification, 7th approximation, histosols, 1968. 22 p.
113. _____. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples, 1972. 90 p.
114. _____. Soil series of the United States, Puerto Rico and the Virgin Islands; their taxonomic classification, 1972. 360 p.
115. _____. Soil taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agricultural Handbook no 436, 1975. 754 p.
116. VAN WANBEKE, A. R. Criteria for classifying tropical soils by age. Journal of Soil Science 13(1): 124-132. 1964.
117. _____. A recent development in the classification of the soils of the tropics. Soil Science 104(5): 309-313. 1967.
118. _____. Geografía general de los suelos tropicales de Sur América. In Simposium sobre suelos de sabana en el Trópico. Santo Domingo, República Dominicana, Prairie View A & M University Prairie View, Texas y Universidad de Puerto Rico, 1973. pp. 39-56.
119. VILLACHICA, L. H. Suelos tropicales. Lima, Perú. Universidad Agraria La Molina, 1973. pp. 120-139.
120. WATERS, R. F. La agricultura migratoria en América Latina. Roma, FAO. Cuadernos de Fomento Forestal no 17. 1971. pp. 263-268.
121. YUAN, T. L. Determination of exchangeable hydrogen in soils by titration method. Soil Science 88: 164-167. 1959.

122. ZANORA, C. Esquema de los suelos de la región selvática del Perú. Lima, Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, 1966. 6 p.
123. _____. Breve reseña sobre los suelos de podzol de las regiones tropicales del Perú. Lima, Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, 1968. 7 p.
124. _____. y BAC, R. Regiones edáficas del Perú. Lima, Perú, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, 1972. 21.p.
125. _____. Los suelos de las tierras bajas del Perú. In Bornemisza, E. y Alvarado, A. eds. Manejo de Suelos en la América Tropical; North Carolina, State University, 1975. pp. 45-60.

8. A P E N D I C E

S.E.N.A.M.H.I.

DATOS METEOROLOGICOS DE LA ESTACION G.O. ZUNGARO COCHA. UNAP-IQUITOS, PERU.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1969	251.6	305.6	277.0	391.7	332.9	119.8	214.0	176.5	274.0	154.1	223.7	205.0	2926
T _a Med. °C	25.9	26.6	26.7	26.7	26.4	26.2	24.4	25.5	26.3	26.4	26.7	26.5	
Hum.Rel.Med%	87.0	85.0	85.0	86.0	86.0	85.0	85.0	85.0	85.0	83.0	85.0	85.0	
1970	295.1	283.5	326.9	471.6	287.9	211.9	142.6	139.5	293.6	131.7	300.3	267.6	3152
T _a Med. °C	26.2	26.5	26.4	26.1	26.2	25.5	25.2	25.9	25.7	26.9	26.4	26.5	
Hum.Rel.Med%	86.0	85.0	85.0	88.0	86.0	86.0	85.0	83.0	85.0	83.0	84.0	85.0	
1971	274.3	382.2	425.3	196.3	233.3	218.9	151.6	157.7	247.8	264.8	395.6	283.7	3233
T _a Med. °C	26.2	25.5	25.7	25.6	25.3	25.2	25.1	25.3	26.0	25.8	26.1	25.8	
Hum.Rel.Med%	86.0	87.0	87.0	87.0	88.0	89.0	86.0	86.0	86.0	87.0	88.0	88.0	
1972	162.7	170.8	323.6	298.7	363.7	331.8	220.0	289.6	200.8	280.1	279.2	258.8	3280
T _a Med. °C	25.7	26.5	25.9	25.7	26.8	25.4	25.4	25.7	24.6	26.3	26.8	26.3	
Hum.Rel.Med%	88.0	86.0	89.0	90.0	83.0	84.0	85.0	82.0	90.0	87.0	85.0	87.0	
1973	349.7	257.5	368.4	191.5	259.2	267.5	267.1	111.3	257.8	206.5	305.3	155.6	2997
T _a Med. °C	25.6	26.9	27.0	26.7	25.8	26.2	25.4	25.8	26.1	26.8	26.4	26.1	
Hum.Rel.Med%	89.0	86.0	88.0	89.0	89.0	88.0	90.0	87.0	85.0	86.0	88.0	87.0	
1974	138.7	194.7	226.6	358.3	219.0	319.1	218.5	257.4	412.9	174.4	183.7	219.8	2923
T _a Med. °C	26.1	25.9	26.1	26.2	25.3	25.4	24.5	25.5	26.5	26.0	26.1	26.1	
Hum.Rel.Med%	84.0	87.0	87.0	86.0	89.0	88.0	88.0	86.0	86.0	89.0	85.0	84.0	
Promedio 1969-1974													
pp total mm	245.5	265.9	324.6	318.2	282.7	244.8	202.3	188.7	281.2	201.9	281.3	248.3	3085
T _a Med. °C	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	25.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	
Hum Rel.Med. %	87.0	86.0	87.0	88.0	87.0	87.0	87.0	85.0	86.0	86.0	86.0	86.0	

Cuadro 10. Clasificación de once perfiles de suelos de bosque virgen del Amazonas Peruano, zona de Iquitos, aplicando tres sistemas de clasificación.

PERFIL No	TAXONOMIA DE SUELOS	LEYENDA DE SUELOS FAO/UNESCO	SISTEMA CAPACIDAD-FERTILIDAD
0	Trophumult Humóxico, franco grueso, mezclado, isohipertérmico.	Nitosol húmico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo arenoso, baja CIC, deficiente en K, niveles tóxicos de Al.
1	Trophumult Humóxico, franco fino, mezclado, isohipertérmico.	Acrisol órtico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo arenoso sobre subsuelo franco, Baja CIC, def. K, niveles tóxicos Al.
2	Trophumult Humóxico, franco grueso, mezclado, isohipertérmico.	Acrisol húmico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo arenoso sobre subsuelo franco, Baja CIC, def. K, niveles tóxicos Al.
3	Trophumult Humóxico, franco fino, mezclado, isohipertérmico.	Acrisol húmico, de textura media, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo franco, baja CIC, deficiente en K, niveles tóxicos de Al.
4	Trophumult Humóxico, arenoso, mezclado, isohipertérmico.	Acrisol órtico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo arenoso, baja CIC, deficiente en K, niveles tóxicos de Al.
5	Tropudult Ortóxico, franco fino, mezclado, isohipertérmico.	Nitosol dístico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo franco, baja CIC, deficiente en K, niveles tóxicos de Al.
6	Haplohumod Típico, ortstein, arenoso, silíceo, isohipertérmico.	Podzol órtico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo arenoso, baja CIC, deficiente en K, ácido.
7	Tropacuod Ultico, ortstein, arenoso, silíceo, isohipertérmico.	Podzol gleico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo arenoso sobre subsuelo franco, Baja CIC, def. K, drenaje imperfecto.
8	Tropacuod Ultico, ortstein, arenoso, silíceo, isohipertérmico.	Podzol gleico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo arenoso sobre subsuelo franco, Baja CIC, def. K, drenaje imperfecto.
9	Tropacuod Ultico, ortstein, arenoso, silíceo, isohipertérmico.	Podzol gleico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo arenoso, baja CIC, deficiente en K, con drenaje imperfecto.
10	Tropacuod Ultico, ortstein, arenoso, silíceo, isohipertérmico.	Podzol gleico, de textura gruesa, de llanos a suavemente ondulados.	Suelo arenoso, baja CIC, deficiente en K, con drenaje imperfecto.