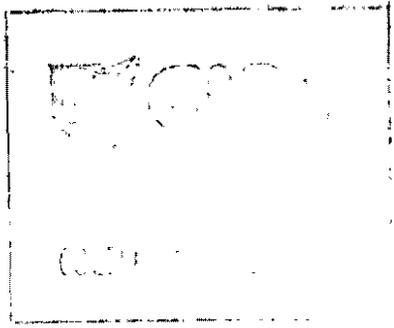


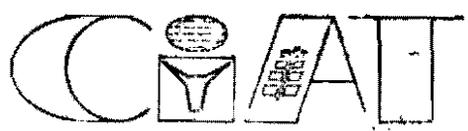
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

1211  
S  
111A  
CG2



CLASIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS SUELOS DE LA REGION  
CENTRAL BAJA DE SUDAMERICA TROPICAL

T.T. Cochrane y L.F. Sánchez



BIBLIOTECA

000374

7 MAR. 1986

334

C I A T

Centro Internacional de Agricultura Tropical

Septiembre 1980

1111

# C O N T E N I D O

## Página

1		
2		
3		
4	INTRODUCCION	1
5	METODOLOGIA	2
6	EL RECURSO TIERRA BASE	6
7	Subregiones de clima y vegetación	6
8	Paisaje	10
9	Tierras pobremente drenadas	10
10	Tierras bien drenadas	11
11	GEOGRAFIA DE SUELOS	13
12	Oxisoles	14
13	Ultisoles	14
14	Suelos aluviales	15
15	Suelos arenosos	15
16	Spodosols	15
17	Suelos fértiles bien drenados	16
18	Peligros por laterita o plintita	16
19	Suelos en relación a subregiones climáticas, posiciones topográficas y materiales originarios	17
20	PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO	18
21	Textura del suelo	18
22	Peligro por erosión	19
23	Relaciones de humedad del suelo	19
24	PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO	21
25	Acidez del suelo	21
26	Deficiencia de fósforo	23
27	Bajas reservas de potasio	24
	Capacidad de intercambio catiónica efectiva baja	24
	Deficiencia de otros nutrientes	24
	Limitaciones que ocurren juntas	25
	DISCUSION Y CONCLUSIONES	26
	BIBLIOGRAFIA CITADA	28
	PRINCIPALES ESTUDIOS DE SUELOS USADOS COMO FUENTE DE INFORMACION	33

## T A B L A S

- 1
- 2
- 3 Tabla 1. Subregiones climáticas de Sudamerica tropical.
- 4 Tabla 2. Resumen climático de un sitio en cada una de las subregiones  
5 climáticas de Sudamerica tropical.
- 6 Tabla 3. La topografía de las subregiones climáticas.
- 7 Tabla 4. Distribución de suelos de la región central de Sudamerica  
8 tropical a nivel de gran grupo.
- 9 Tabla 5. Muestra de perfiles representativos de suelos de mayor dis-  
10 tribución en Sudamerica tropical.
- 11 Tabla 6. Distribución de Grandes Grupos de suelos de Sudamerica central  
12 tropical por subregiones climáticas y posiciones topográficas.
- 13 Tabla 7. Distribución de clases texturales de los suelos de las tierras  
14 bajas centrales de Sudamerica tropical por subregiones climá-  
15 ticas y subdivisiones topográficas.
- 16 Tabla 8. Resumen de parámetros seleccionados de fertilidad de la región  
17 central de Sudamerica tropical.
- 18 Tabla 9. La extensión areal de algunas propiedades químicas para el  
19 horizonte superficial y subsuelo dentro de las subregiones  
20 climáticas y subdivisiones topográficas.
- 21 Tabla 10. La extensión areal de las combinaciones de modificadores del  
22 sistema de clasificación de capacidad de fertilidad (FCC) de  
23 los suelos de la región central baja de Sudamerica tropical.
- 24 Tabla 11. Niveles de fósforo en suelos de Sudamerica tropical por sub-  
25 regiones climáticas y subdivisiones topográficas.
- 26 Tabla 12. Composición química promedio de Oxisol arcilloso, bajo bosque  
27 y pastura de diferentes edades en Paragominas.

## LISTA DE FIGURAS

- 1
- 2
- 3 Figura 1. Principales estudios de suelos usados como fuente de informa-  
4 ción.
- 5 Figura 2. Cobertura de mapas de sistemas de tierras de CIAT de Sudameri-  
6 ca central tropical.
- 7 Figura 3. Mapa diagramático de vegetación.
- 8 Figura 4. Mapa diagramático de meses secos.
- 9 Figura 5. Diagrama computarizado de vegetación en términos de WSPE y  
10 WSMT.
- 11 Figura 6. Mapa diagramático de la evapotranspiración potencial en la  
12 época húmeda dentro de las zonas de vegetación principal.
- 13 Figura 7. Mapa computarizado de subregiones climáticas.
- 14 Figura 8. Delineación de sistemas de tierras sobre imágenes de satélite  
15 y de radar.
- 16 Figura 9. Diagrama de la forma de la tierra mostrando la subdivisión  
17 del paisaje en facetas.
- 18 Figura 10. Mapa computarizado de Topografía.
- 19 Figura 11. Mapa computarizado de Ordenes de Suelos.
- 20 Figura 12. Mapa computarizado de Subórdenes de Suelos.
- 21 Figura 13. Mapa computarizado de Grandes Grupos de Suelos
- 22 Figura 14. Mapa computarizado de Textura de Suelos.
- 23 Figura 15. Mapa computarizado de Fertilidad de Suelos (Sistema FCC).
- 24 Figura 16. Mapa computarizado del Porcentaje de Saturación de Aluminio  
25 de suelo superficial.  
26  
27

1 LISTA DE FIGURAS (Cont.)

2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

Figura 17. Mapa computarizado de Niveles de Fósforo en el suelo superficial.

Figura 18. Mapa computarizado de Niveles de Fósforo en el subsuelo.

Figura 19. Mapa computarizado de Fijación de Fósforo.

Figura anexa 20: Mapa computarizado de Vegetación Natural.

Figura anexa 21: Mapa computarizado de niveles de pH en el suelo superficial.

Figura anexa 22: Mapa computarizado de niveles de potasio en el suelo superficial.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

A P E N D I C E S

APENDICE I. Características generales de los taxones de suelos existentes en Sudamerica tropical.

APENDICE II. Antecedentes históricos de clasificación de suelos en América tropical.

APENDICE III. Clasificación de suelos en base a su fertilidad.

1 CLASIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS SUELOS DE LA REGION  
2 CENTRAL BAJA DE SUDAMERICA TROPICAL

3 T.T. Cochrane y L.F. Sánchez  
4

5 INTRODUCCION

6 El propósito de este informe es presentar una revisión geográfica del  
7 estado del conocimiento del recurso tierra base y propiedades del suelo so-  
8 bre la región central de las tierras bajas de Sudamerica tropical. Cuando  
9 se consideran los problemas y potencialidades del desarrollo y producción  
10 agrícola y la aplicabilidad de transferir agrotecnología desde un área a  
11 otra, el recurso tierra base es obviamente una primera consideración. En  
12 el caso de las tierras bajas de Sudamerica tropical, el Mapa de Suelos  
13 del Mundo de FAO-UNESCO (1971-1975) indica que hay extensas áreas de sue-  
14 los muy pobres y posiblemente frágiles, principalmente Oxisoles y Ultiso-  
15 les, los cuales indicarían la necesidad de una inquietud especial para el  
16 entendimiento de la naturaleza del recurso suelo.

17 Hay muchas, y a menudo conflictivas opiniones como la relacionada  
18 con la naturaleza de las dos mayores regiones de las tierras bajas de Sud-  
19 américa tropical, las sabanas y los bosques amazónicos. En el caso de las  
20 sabanas, su simple existencia es un enigma que ha provocado considerable  
21 controversia (Goodland, 1975). Sin embargo, estudios tales como la revi-  
22 sión erudita de Eiten de los cerrados de Brasil central (1972), y publica-  
23 ciones más recientes incluyendo aquellas publicadas en las actas del simpo-  
24 sio de 1976 sobre los cerrados (Ferri ed., 1976) indican que estas tierras  
25 son ahora mucho mejor comprendidas. En lo que concierne a la Amazonía, mu-  
26 chas autoridades consideran a sus suelos incapaces de sostener producción  
27 agrícola o ganadera una vez que se elimina la vegetación primaria (Gouru,  
1961; Setzer, 1967; Reis, 1972; Tosi, 1974; Budowski, 1976, Schubart, 1977;

1 Irion, 1978; Goodland et al. 1978). No obstante, hay amplia evidencia  
2 para mostrar que la producción agrícola y ganadera es no solamente posible,  
3 sino aún rentable (Falesi, 1976, 1978; Alvim, 1978, 1979; Sánchez, 1977,  
4 1979; Serrao et al., 1979; Toledo y Morales, 1979; Cochrane y Sánchez,  
5 1980).

6 La cantidad de información sobre relevamientos de suelos e inventa-  
7 rios del recurso tierra sobre Sudamerica tropical ha aumentado rápidamen-  
8 te durante los pasados quince años. La sección de referencia enumera algu-  
9 nos de los trabajos disponibles para los autores, pero no es de ninguna ma-  
10 nera exhaustiva. Una síntesis de esta información, aunque preliminar, se  
11 intenta hacer en este trabajo.

#### 12 METODOLOGIA:

13 Este trabajo es una síntesis geográfica del recurso tierra base. Fue  
14 preparado como una contribución del Estudio de Evaluación de Recurso Tie-  
15 rra de CIAT. A continuación se ofrece una descripción del procedimiento.

16 CIAT, en colaboración con las agencias nacionales\*, ha estado recolec-  
17 tando información sobre el recurso tierra de Sur América tropical desde  
18 mediados de 1977 (CIAT, 1978, 1979, 1980; Cochrane, 1979; Cochrane et al.,  
19 1979). Los objetivos son la formulación de una guía práctica para la se-  
20 lección de cultivares apropiados de leguminosas y gramíneas, frijol, yuca,  
21 maíz y arroz para los ecosistemas de mayor importancia económica, formar  
22 una base geográfica para la transferencia de agrotecnología basada en ger-  
23 moplasma relacionado a esos cultivos, y proveer información para produc-  
24 ción de cultivos, pastos y agroforestal en general. La información del

25 \* Ministerios de Agricultura de la mayoría de los países sudamericanos,  
26 excepto para el Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados de EMBRAPA,  
27 Brasil.

1 recurso tierra se pone dentro de una base geográfica comparable mediante la  
2 delimitación de sistemas de tierras (áreas que tienen un patrón repetitivo  
3 de clima, paisaje y suelos), directamente sobre imágenes de satélite y de  
4 radar. Aunque el trabajo ha sido principalmente un ejercicio de recopilación  
5 de la información existente, se llevó a cabo una cantidad limitada de  
6 trabajo de campo para ayudar a cerrar brechas de conocimientos y estandarizar  
7 criterios. La Figura 1 resume la cobertura de los principales estudios  
8 de relevamientos de suelos y recurso tierra que proveyeron la mayor parte  
9 de la información para la evaluación de CIAT. Siguiendo a la recopilación,  
10 revisión y mapeo de la información de clima, paisaje y suelo, los datos  
11 son codificados y registrados en un sistema computarizado analítico de almacenamiento,  
12 recuperación e impresión de datos y mapas para facilitar y agilizar los análisis.  
13 Se obtuvieron datos climáticos de largos períodos de 1144 estaciones de América tropical,  
14 compilados por Hancock *et al.*, (1979). Sin embargo, hay grandes áreas, particularmente en la Amazonía  
15 sin estaciones, o donde las distancias entre ellas son demasiado grandes  
16 como para permitir extrapolaciones altamente seguras.

17 La evapotranspiración potencial (POT ET), fue calculada para fijar la  
18 cantidad de energía disponible y para determinar el balance de agua y las  
19 estaciones de crecimiento. Se usó la ecuación de Hargreaves (1977), basada  
20 principalmente sobre la radiación solar y la temperatura. El déficit  
21 de precipitación (DEF PREC) es la diferencia entre la precipitación media  
22 y la POT ET. La precipitación confiable (DEP PREC) refleja la ocurrencia  
23 de precipitación al nivel de 75% de probabilidad, ésto es, la cantidad de  
24 precipitación que será igualada o excedida en tres de cada cuatro años.  
25 El índice de disponibilidad de humedad (MAI) es un índice de adecuación  
26 de humedad al nivel de 75% de probabilidad de ocurrencia de precipitación,  
27 calculada dividiendo la DEP PREC por la POT ET. Hargreaves (1975) cita

1 varias fuentes ilustrando buenas correlaciones entre MAI y crecimiento de  
2 cultivos (tan altas como  $R = .92$  para trigo de secano en Irán). Sin embar-  
3 go, Hargreaves nota que "cuando la capacidad de almacenamiento de humedad  
4 del suelo es adecuada por menos de una semana, la correlación entre el MAI  
5 y la producción del cultivo probablemente bajará". Recomendó que un mes se-  
6 co se definiera como aquel con valores  $MAI < 0.33$ . Este nivel, sin embargo  
7 puede ser demasiado alto para suelos con muy baja capacidad de retención  
8 de humedad. La estación húmeda, por lo tanto, se define como aquella parte  
9 del año con valores de MAI mayores que 0.33. La evapotranspiración total  
10 de la época húmeda (WSPET) fue calculada como la suma de la POT ET durante  
11 los meses húmedos o parte de ellos. Las temperaturas medias de la esta-  
12 ción húmeda (WSMT) fueron calculadas de manera similar.

13 Las clases de vegetación fueron identificadas siguiendo el criterio  
14 de Eyre (1968) para bosques tropicales y Eiten (1972) para sabanas tropi-  
15 cales. Se hicieron correlaciones entre tipos de vegetación fisionómicos y  
16 parámetros climáticos para suelos bien drenados con más de 20 años de datos  
17 climáticos. Se identificaron subregiones climáticas como resultado de  
18 tales análisis.

19 El paisaje fue subdividido en sistemas de tierras los cuales fueron  
20 delineados sobre imágenes de satélite y de radar de visión lateral (U.S.  
21 Geological Survey 1977, Projeto Radambrasil 1972-1078). Los mapas fueron  
22 cotejados, dibujados a escala 1:1.000.000 y computarizados en unidades de  
23 4 x 5 minutos (aproximadamente 6.800 ha) para servir como base a la produc-  
24 ción de mapas temáticos. Una cantidad limitada de trabajo de campo fue lle-  
25 vada a cabo para proveer control terrestre y ayudar a estandarizar criterio  
26 descriptivo de los sistemas de tierra. Estas variaciones, aunque no mapea-  
27 das debido a limitaciones de escala, fueron descritas como facetas del

1 terreno, estimándose la proporción de cada una dentro de los sistemas de  
2 tierra. De este modo fueron computados rasgos seleccionados del paisaje  
3 sobre la base de la subdivisión de facetas del terreno. Debe notarse que  
4 como la unidad de mapeo más pequeña fue el sistema de tierra, el mapeo te-  
5 mático para una característica dada a menos que se condicione de otro modo,  
6 representa la clasificación para la principal faceta del terreno.

7 La subdivisión de sistemas de tierra en facetas del terreno fue par-  
8 ticularmente útil para cubrir la brecha entre sistemas de tierra y unida-  
9 des de suelo. Obviamente las facetas del terreno contienen suelos con una  
10 variación en sus propiedades, pero debe aceptarse algún nivel de generali-  
11 zación al hacer un inventario del recurso tierra. Los suelos más extensi-  
12 vos en cada faceta del terreno fueron primero clasificados hasta la cate-  
13 goría de gran grupo del sistema de Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff  
14 1975), luego descritos en términos de sus propiedades físicas y químicas.  
15 Fueron hechas estimaciones areales de cada gran grupo de acuerdo a divisiones  
16 topográficas dentro de subregiones climáticas.

17 Varias propiedades físicas y químicas del horizonte superficial (0-20  
18 cm de profundidad) y del subsuelo (21-50 cm de profundidad) fueron regis-  
19 tradas, tabuladas y codificadas, donde estaban disponibles. Las propieda-  
20 des físicas del suelo incluyen pendiente, textura, presencia de material  
21 grueso, profundidad, tasa de infiltración inicial, conductividad hidráulica,  
22 drenaje, capacidad de retención de humedad, régimen de temperatura,  
23 régimen de humedad y presencia de arcillas expandibles. Las propiedades  
24 químicas del suelo incluídas fueron pH, % saturación Al; Al, Ca, Mg, K, Na  
25 intercambiables, bases totales intercambiables (TEB), capacidad de cambio  
26 catiónica efectiva (CICE), M.O., P disponible (los datos de P disponible  
27 usando las metodologías de Bray, Olsen y Truog fueron aproximados con valo-  
res asumidos derivados del método descrito por Vettori, 1969), fijación

1 de P, Mn, S, Zn, Fe, Cu, B, Mo disponibles, carbonatos libres, salinidad,  
2 % saturación Na, presencia de arcillas cat, amorfismo rayos-x, y elementos  
3 de importancia para la nutrición animal. Debe enfatizarse que la cantidad  
4 y calidad de datos disponibles variaron considerablemente de una región a  
5 otra, que la información de elementos menores y traza raramente estuvo dis-  
6 ponible, y las a menudo largas distancias entre los sitios de muestreo com-  
7 plicaron el problema de generalización de datos. Sin embargo, ellos fueron  
8 tabulados de acuerdo al sistema de Clasificación de Capacidad de Fertilidad  
9 del Suelo (FCC) descrito por Buol et al. (1975) y modificado por Sánchez  
10 et al. (1980). Las unidades FCC fueron incorporadas dentro de los progra-  
11 mas de computación para permitir la producción de mapas temáticos. Otros  
12 parámetros no incluidos en el sistema FCC fueron divididos en clases arbi-  
13 trarias.

#### 14 EL RECURSO TIERRA BASE

15 La Figura 2 detalla la cobertura de mapas computarizadas de sistemas  
16 de tierras de CIAT en Sudamerica tropical, una superficie de 817 millones  
17 de hect. con los códigos referidos a la Carta Internacional del Mundo al  
18 millonésimo. Junto con la Figura 1 provee una definición geográfica conve-  
19 niente para esta revisión que resume algunos hallazgos recientes en rela-  
20 ción a clima, paisajes y suelos. Este estudio cubre una gran parte de las  
21 áreas de tierras principalmente húmedas y menos desarrolladas de Sudamerica  
22 entre 12°N y 20°S de latitud, al este de los Andes, y al oeste del meridia-  
23 no 42°W. Un total de 536 sistemas de tierra fueron identificados.

#### 24 Subregiones de Clima y Vegetación

25 La Figura 3 es el croquis de un mapa mostrando las amplias clases de  
26 vegetación nativa a través de la región. Las principales clases mostradas  
27 son: bosques lluviosos tropicales, bosques tropicales estacionales semi-

1 siempreverdes, sabanas bien drenadas y sabanas mal drenadas. La Figura 4  
2 comparada con la Figura 3 muestra la relación entre la vegetación nativa y  
3 el número de meses húmedos. Es evidente que existe una buena relación,  
4 pero el número de meses húmedos se sobrepone en las clases de bosque esta-  
5 cional semi-siempreverde y sabana. Esto indicaría que las consideraciones  
6 de balance de agua solamente, no pueden explicar plenamente las diferencias  
7 de vegetación. Cochrane y Jones (1980) han investigado recientemente la  
8 dependencia de la vegetación sobre un número de parámetros climáticos a  
9 través de toda Sudamerica tropical usando los datos de Hancock. Fue asig-  
10 nada una clase de vegetación a los suelos bien drenados de cada uno de los  
11 251 sitios para los cuales había datos meteorológicos disponibles de un pe-  
12 ríodo largo (más de 20 años).

13 Como resultado de una serie de análisis estadísticos sobre los 251  
14 grupos de datos incluyendo WSPE, WSMT, radiación de la estación húmeda,  
15 número de meses húmedos, disponibilidad de humedad promedio de la estación  
16 seca, PET anual medio, temperatura anual media y radiación anual media, se  
17 encontró que los parámetros que más influenciaban la vegetación eran WSPET,  
18 el número de meses húmedos y WSMT.

19 El WSPET y WSMT de los 251 grupos de datos fueron sujetos a análisis  
20 discriminatorios, no solamente paramétricos sino también no paramétricos y  
21 tramados por computadora como se muestra en la Figura 5. El agrupamiento  
22 de las clases de vegetación puede verse fácilmente. Las probabilidades  
23 posteriores de asignaciones correctas fueron estimadas como: A, bosques  
24 deciduos .91; B, sabanas bien drenadas .68; D, bosques tropicales estacio-  
25 nales semi-siempreverdes .71; E, bosques lluviosos tropicales .87; F, bos-  
26 ques subtropicales semi-siempreverdes .67 ; y G, bosques subtropicales  
27 siempreverdes .60. Usando la clasificación vecina más cercana descrita

1 por Cover y Hart (12) e implementada por Barr et al. (13), las probabilida-  
2 des de clasificación correcta fueron también muy buenas.

3 Los regímenes WSPE dentro de las zonas de vegetación principal se  
4 muestran en la Figura 6. Junto con la duración de la estación húmeda,  
5 las WSMT han provisto una subdivisión conveniente de la región en cinco  
6 principales subregiones climáticas, descritas en la Tabla 1, y mostradas  
7 en mayor detalle en el mapa producido por la computadora, Figura 7. La WSPE  
8 determina el total anual de energía disponible para el crecimiento de  
9 la planta cuando los suelos almacenan suficiente humedad para permitir el  
10 crecimiento satisfactorio por al menos una semana bajo los regímenes de  
11 POT ET prevalecientes. Se considera solamente la precipitación natural al  
12 nivel de 75% de probabilidad de ocurrencia, sin riego suplementario.

13 Aproximadamente 27 % de la región cae dentro de la subregión de bos-  
14 ques lluviosos tropicales, principalmente en la mitad occidental de la cuen-  
15 ca Amazónica. Los bosques tropicales estacionales, caracterizados por el  
16 estrecho rango de estación húmeda de 8 a 9 meses, ocupa 38 % del área, la  
17 mayor parte en el Brasil al este de Manaus. Las sabanas isohipertérmicas  
18 son pastizales naturales usualmente bien drenados rodeados de vegetación  
19 de bosque. Ellas incluyen una parte de los Cerrados brasileños, los Llanos  
20 nororientales bolivianos, los Llanos orientales de Colombia, una gran  
21 parte de los Llanos centrales de Venezuela, los planos de Amapá y las saba-  
22 nas de Cachimbo y Rupunini de Amazonia. La subregión D es parte actualmen-  
23 te del Cerrado de Brasil la cual difiere de los Llanos en términos de un  
24 régimen de temperatura más frío. La subregion E son áreas principalmente  
25 cubiertas con vegetación decidua. Las características de las subregiones  
26 climáticas no toman en cuenta las diferencias entre sabanas bien drenadas  
27 y pobremente drenadas. Esta diferencia fundamental entre sabanas ha condu-

1 las mismas. Las sabanas pobremente drenadas se encuentran en subregiones  
2 climáticas con 3 a 6 meses de estación seca y con un rango variable de  
3 WSPE. La Tabla 2 muestra los datos meteorológicos de un sitio representa-  
4 tivo de cada una de las subzonas.

5 Al considerar la relación entre WSPE y vegetación, debe notarse que  
6 el "stress" por sequía en el suelo se describe en términos del potencial  
7 climático para suplementar y extraer humedad del suelo en una localidad  
8 dada durante un período dado de tiempo, y la habilidad de suelos de textu-  
9 ra media bien drenados para almacenar y suplir agua. En suelos que tie-  
10 nen menos que una mediana capacidad para almacenar agua disponible para  
11 las plantas, tales como los Spodosoles arenosos, la vegetación puede sufrir  
12 rápidamente "stress" por agua. Tales situaciones ocurren ampliamente en  
13 la cuenca Amazónica. Como Alvim (1978) ha notado, las áreas de vegetación  
14 de "campina", un tipo de sabana, son prevalecientes sobre suelos arenosos  
15 con muy baja capacidad de almacenamiento de agua rodeadas por suelos con  
16 más altas capacidades de almacenamiento de agua cubiertos por bosques esta-  
17 cionales semi-siempreverdes. Alvim y Silva (1979) también han señalado el  
18 valor de los estudios del balance de agua en su comparación de los bosques  
19 Amazónicos con las sabanas de Brasil central, y que las diferencias de ve-  
20 getación pueden ser explicadas sobre la base de cifras del balance de  
21 agua anual. Esto no está en conflicto con el concepto del WSPE ya que la  
22 determinación del balance de agua es básico para su definición. Más aún,  
23 dependiendo de circunstancias específicas, en la estación seca tiene lugar  
24 algo de crecimiento vegetativo. De hecho, un trabajo reciente de Jones  
25 (com. pers.), ha mostrado que la vegetación "caatinga" (bosque decíduo ba-  
26 jo con algunas especies comunes a sabanas) encontradas en Brasil, puede  
27 ser discriminada de otros bosques deciduos usando un índice de disponibi-  
lidad de humedad de la estación seca para clasificar "stress" por sequía,

1 junto con el parámetro WSPE. Lo que se está volviendo claro en todo este  
2 trabajo, es que la distribución e intensidad de la energía que puede ser  
3 usada para el crecimiento de la planta de acuerdo con las condiciones va-  
4 riables del balance de agua a través del año, está estrechamente asociado  
5 con la vegetación nativa.

6 El concepto de WSPE ha provisto una aproximación fresca para el zonea-  
7 miento de subregiones climáticas a través de las tierras bajas de Sudameri-  
8 ca tropical para la producción de cultivos perennes sin riego. Esto está  
9 conduciendo a un mejor entendimiento de la región y ha provisto a CIAT de  
10 una base para definir ampliamente condiciones climáticas comparables para  
11 el desarrollo y transferencia de nuevas accesiones de plantas para pastu-  
12 ras (CIAT, 1980). Estudios que incluyen aquellos recientemente publicados  
13 por Ranzani (1978) ayudarán a definir la habilidad de los suelos per sé  
14 para suplir humedad del suelo más precisamente, y mejorarán las estimacio-  
15 nes del balance de agua para sistemas agrícolas específicos.

### 15 Paisaje

16 La región ha sido subdividida en 536 sistemas de tierra. La Figura 8a  
17 es un ejemplo del mapeo de sistemas de tierra sobre imágenes de satélite  
18 de visión lateral 350 km al oeste de Manaus. La Figura 8b muestra la deli-  
19 mitación hecha sobre imagen de satélite. La Figura 9, reproducida por co-  
20 dificación computada del land system 257, muestra como este sistema de tie-  
21 rra particular se subdivide en facetas del terreno. La Figura 10 es un  
22 mapa basado en computador que resume la topografía de la región.

23 Tierras pobremente drenadas. Aproximadamente 21% (170 millones de ha)  
24 son tierras pobremente drenadas. 82% de esta área (139 millones de ha)  
25 están cubiertas por bosques, y el resto por sabanas nativas. La vasta ex-  
26 tensión de bosques pobremente drenados, encontrados a lo largo del piede-  
27 monte andino y especialmente en Amazonía noroeste, impone una barrera

1 natural al desarrollo agrícola. Sin embargo, las tierras periódicamente  
2 inundadas o "varzeas" de los principales sistemas fluviales, a menudo  
3 tienen suelos naturalmente fértiles, y parece que en un futuro no muy dis-  
4 tante, importantes áreas en aumento se pondrán bajo una más intensa produc-  
5 ción de cultivos, incluyendo arroz de tierras húmedas. Las tierras de  
6 sabanas mal drenadas han sido usadas exitosamente desde tiempos coloniales  
7 para producción extensiva de ganado; áreas significativas se encuentran en  
8 el Pantanal brasileño, el llamado Pantanal de Araguaia de Brasil central,  
9 las "Pampas de Mojos" bolivianas, la isla de Marajo en la desembocadura  
10 del río Amazonas, los planos de Humaitá al sur de Porto Velho en Rondonia,  
11 parte de las sabanas de Amapá cerca de la desembocadura del Amazonas,  
12 partes de las sabanas de Boa Vista en Roraima en el norte de Brasil con  
13 las sabanas contiguas de Rupunini en Guyana, y las sabanas mal drenadas al  
14 norte del río Meta en Colombia y su continuación en el Estado de Apure en  
15 Venezuela.

16 Tierras bien drenadas. Alrededor del 79% de la región (649 millones de  
17 ha) están razonablemente bien drenadas. La mayor parte (508 millones de  
18 ha) están cubiertas por bosques, y los restantes 141 millones de ha inclu-  
19 yen las facetas bien drenadas de los cerrados de Brasil central, las saba-  
20 nas del norte de Bolivia, las sabanas de Amapá y Boa Vista, junto con una  
21 parte de las sabanas de Araguaia y Alcantilados hacia el sur y el este.  
22 Aproximadamente 77% de las tierras bien drenadas (497 millones de ha) tie-  
23 nen pendientes menores que 8%, y 23% (152 millones de ha) tienen pendientes  
24 mayores que 8%. Las tierras relativamente planas a menudo están densamen-  
25 te disectadas por pequeñas corrientes. De hecho, sobre 86% del área como  
26 un todo, se encuentran corrientes perennes a intervalos menores de 10 km y  
27 39% con separación de menos de 5 km.

1 La Tabla 3 provee un resumen de la topografía dentro de las amplias  
2 subregiones climáticas. Hay una proporción significativamente más alta  
3 de tierras pobremente drenadas en la subregión A, localizadas principal-  
4 mente en Amazonía occidental. Aún así, 70% de las áreas de bosques lluvio-  
5 sos tropicales son bien drenadas. De éstas, 128 millones tienen pendien-  
6 tes menores de 8%. Con la notable excepción de algunas áreas en las estri-  
7 baciones subandinas, tales como la región de Florencia en Colombia, y cer-  
8 ca de las principales ciudades en la Selva Baja de Perú, la mayoría de  
9 estas tierras están aún cubiertas por la vegetación nativa de bosques llu-  
10 viosos tropicales. Son comunes y pintorescas las variaciones en fisiogra-  
11 fía a lo largo del angosto piedemonte subandino y las regiones afectadas  
12 por los escudos Precámbricos de Brasil y Guayanas. Entre las estribacio-  
13 nes andinas y las mesetas, muchas de las formas de la tierra son ondulacio-  
14 nes suaves y uniformes, aunque a menudo se encuentran diseminadas áreas  
15 extensivas de tierras mal drenadas.

16 Las áreas más grandes de tierras bien drenadas se encuentran sin duda  
17 en las subregiones B, C, D y E, en Amazonía central, oriental y sur. La  
18 vegetación original de bosque estacional semi-siempreverde está intacta en  
19 su mayor parte, aunque en años recientes se han alterado áreas medibles  
20 especialmente en Rondonia. Alrededor del 73% (189 millones ha) de estas  
21 tierras bien drenadas, en la subregion B son relativamente planas, con  
22 pendientes menores que 8%. El paisaje de la subregión B tiende a ser me-  
23 nos variable que las tierras encontradas en las otras subregiones. Sin  
24 embargo, hay diferencias fisiográficas menores, una gran parte de la sub-  
25 región B está densamente disectada por los muchos tributarios del sistema  
26 del río Amazonas. La subregión C está en gran parte definida por las tie-  
27 rras de sabana bien drenada, isohipertérmica. Se encuentran algunas áreas  
extensivas de tierras planas pero grandes sectores de estas tierras están

1 fuertemente disectados. La subregión D principalmente define las tierras  
2 de meseta más altas (> 900 m) de Brasil central, por ejemplo aquellas tie-  
3 rras de los alrededores de Brasilia, y aquellas en los límites latitudina-  
4 les más bajos y fríos de los cerrados de Brasil. También hay a menudo ex-  
5 tensos sectores de tierras planas disectadas por valles escarpados en las  
6 regiones de mesetas más altas. La subregión E cubre un rango mucho más  
7 amplio de clima y topografía que las otras.

8 No hay duda que los 613 millones de hectáreas de tierras bien drena-  
9 das de la región con pendientes menores que 30% probablemente representan  
10 la mayor reserva mundial para producción de cultivos, pastos y agroforestal  
11 bajo condiciones de secano. Se desprende de ésto que sus condiciones edá-  
12 ficas deben ser examinadas cuidadosamente.

### 13 GEOGRAFIA DE SUELOS

14 La distribución areal de suelos de la región se muestra en la Tabla  
15 4 a nivel de orden, suborden y gran grupo de suelos. Esta tabla se consi-  
16 dera tentativa y sujeta a cambios a medida que se disponga de relevamientos  
17 más detallados. Todos los 10 órdenes de suelos están representados en la  
18 región. La Figura 11 es un mapa dibujado del computador que muestra la  
19 extensión de los órdenes de suelos con la excepción de Histosoles y Verti-  
20 soles debido a su extensión limitada. La mayoría de los suelos se clasifi-  
21 can como Oxisoles y Ultisoles, los que juntos totalizan el 66% de la región.  
22 Les siguen en extensión los Entisoles, con alrededor del 19%, algunos de los  
23 cuales son de origen aluvial y se encuentran bordeando la red fluvial, y  
24 otros están sobre depósitos arenosos. Los restantes órdenes cubren áreas  
25 relativamente más pequeñas pero son localmente importantes: Alfisoles  
26 (6.7%), Inceptisoles (6.3%), Spodosoles (1.4%), Molisoles (0.2%), Aridiso-  
27 les (0.1%), Vertisoles (< 0.1%), Histosoles (< 0.1%). La Tabla 4 muestra

1 que el 48% de la región se clasifica en cinco grupos: Haplorthox (18%),  
2 Tropudults (10%), Acrorthox (8%), Fluvaquents (6%) y Quartzipsamments (6%)

3  
4 Oxisoles: Los Haplorthox son Oxisoles uniformes, bien drenados, con  
5 muy baja fertilidad nativa pero buena estructura de suelo. Ellos también  
6 son conocidos como Latosol Amarelo y Ferralsoles Xánticos. Muchos de  
7 ellos tienen muy alto contenido de arcilla. Los Acrorthox son similares  
8 excepto por una capacidad de intercambio de la arcilla más baja. La Tabla  
9 5 muestra 3 perfiles de Oxisoles, uno de los cerrados de Brasil central y  
10 dos de la Amazonía. Son suelos profundos, uniformes, bien drenados y do-  
11 minados por arcilla de baja actividad. Su estructura es buena, pero son  
12 extremadamente ácidos y muy bajos en fósforo y bases. Los Oxisoles de las  
13 sabanas pueden ser altos fijadores de P; los encontrados en las regiones  
14 forestadas no son generalmente grandes fijadores de fósforo. Los Oxisoles  
15 de la Amazonía están principalmente bajo vegetación natural, pero se están  
16 limpiando áreas crecientes para producción ganadera y de cultivos perma-  
17 nentes.

18 Ultisoles: Los Ultisoles son muy extensos en ambas posiciones, bien  
19 y pobremente drenados. Los Tropudults y Paleudults son suelos bien drena-  
20 dos, ácidos e infértiles, pero con menos propiedades físicas deseables que  
21 los Oxisoles debido a un significativo aumento de arcilla en profundidad.  
22 Ellos son también conocidos como Podzólicos Rojo Amarillos, Acrisoles Orti-  
23 cos, y Podzólicos Vermelho Amarelo. En la Tabla 5 se dan ejemplos para un  
24 Paleudult bien y pobremente drenado encontrados en posiciones de tierra  
25 firme bien y mal drenadas respectivamente de la subregión A de bosques llu-  
26 viosos tropicales. Algunos de estos suelos están dedicados a agricultura  
27 migratoria en la cuenca superior del Amazonas, pero la mayoría están aún  
bajo vegetación nativa debido a su baja productividad.

1        Suelos aluviales. Los suelos a lo largo de los planos de inundación  
2 de los ríos, aunque menos extensivos, son muy importantes porque es allí  
3 donde se esperan buenas cosechas de cultivos sin enmiendas al suelo. Ellos  
4 muestran poco o nada desarrollo del perfil y se clasifican como Entisols  
5 (Fluvaquents), Inceptisols y Mollisols. Estos suelos se conocen en otras  
6 clasificaciones como suelos Aluviales, Gleys bajo húmicos y Gleysols dis-  
7 tricos e éutricos. Su principal limitación son las inundaciones periódicas,  
8 en parte debido a su impredecibilidad. Los suelos aluviales tienen  
9 diferencias en cuanto a su fertilidad nativa, debido a la fuente de sedi-  
10 mentos, la cual es una característica muy variable de los suelos "barria-  
11 les" y de "varzeas". Consecuentemente, no puede generalizarse que los sue-  
12 los aluviales son siempre altos en cuanto a fertilidad nativa.

13        Suelos arenosos: Existen 52 millones de has (6.4% de la región) de  
14 suelos arenosos de baja fertilidad, clasificados como Quartzipsamments.  
15 Están ubicados principalmente en la región de la Sierra de Parecis, y tam-  
16 bién en la meseta cubierta de arena de Espigao Mestre, entre los ríos Para-  
17 nã y Sao Francisco, en el oeste del Estado de Bahía, Brasil.

18        Spodosols. Otro orden de suelo que merece la atención es el de los  
19 Spodosols, también conocido como Podzoles, Podzoles de agua subterránea, y  
20 Podzoles Tropicales Gigantes, incluyendo sus variantes más profundas como  
21 Psamments. Estos suelos derivan de materiales arenosos gruesos y se encuen-  
22 tran en manchones claramente definidos en partes de la Amazonía alejados de  
23 los planos de inundación. La vegetación forestal nativa es diferente de  
24 la que se encuentra en Oxisols y Ultisols. Se le llama "campinaramas" en  
25 Brasil. El Proyecto Radambrasil ha identificado recientemente grandes  
26 áreas de Spodosols a lo largo de las cabeceras del río Negro, los cuales  
27 son en gran parte responsables del color de este río ya que el agua que

1 pasa a través de los Spodosols característicamente lleva en suspensión ma-  
2 teria orgánica. Siendo extremadamente infértiles y muy susceptibles a la  
3 erosión, estos Spodosols deberían mejor ser dejados en su estado natural.  
4 Desafortunadamente los Spodosols han recibido más atención científica de  
5 la que se merecen en términos de su extensión areal (1.4% de la región).  
6 Sin embargo, la investigación sobre Podsoles tropicales en la literatura  
7 internacional (Klinge 1965, 1967, 1975, Stark 1978, Sombroek 1979) debe  
8 mantenerse en expectativa; bajo ninguna circunstancia puede ser extrapola-  
9 da a los Oxisols y Ultisols dominantes.

10 Suelos fértiles bien drenados. Desafortunadamente solo alrededor de  
11 5.2% de la región tiene suelos bien drenados altos en fertilidad nativa  
12 (Tabla 10, suelos sin modificadores). Estos se clasifican principalmente  
13 como Tropudalfs y Paleustalfs (Terra Roxa Estructurada) Eutrocept (Eutric  
14 Cambisols), Tropofluvents (Aluviales bien drenados), Argiudolls (Cherno-  
15 zems), Eustrtox y Eutrorthox (Terra Roxa Legítima) y Chromuderts (Verti-  
16 sols). Sin embargo, ellos representan un total de 42.4 millones de hect.y  
17 donde ellos ocurren la agricultura permanente tiene mayor probabilidad de  
18 éxito, particularmente en los suelos Terra Roxa, los cuales combinan alta  
19 fertilidad nativa con excelentes propiedades físicas. La Tabla 5 muestra  
20 un ejemplo de una Terra Roxa Estructurada cerca de Altamira, Brasil. Muchas  
21 de las exitosas plantaciones de cacao se localizan en dichos suelos. Se  
22 hallan ejemplos cerca de Altamira, Porto Velho y Río Branco en Brasil. Las  
23 Figuras 12 y 13 son dibujos computarizados de mapas de subórdenes y gran-  
24 des grupos que muestran la extensión relativamente limitada de estos suelos.

25 Peligros por Laterita o Plintita.

26 La extensión areal de suelos con plintita en el subsuelo (Plinthaquox,  
27 Plinthudults y Plinthaquults) es limitada. Ellos totalizan cerca de 46

1 millones de hect. o 5.6% de la región. Este punto merece énfasis, dadas las  
2 amplias generalizaciones en el sentido de que muchos suelos tropicales al  
3 ponerlos en producción se convertirán irreversiblemente en laterita o plintita  
4 endurecida. Estos tres grandes grupos son los únicos suelos donde este fenó-  
5 meno puede ocurrir, pero como la plintita blanda está en el subsuelo, la  
6 capa superficial necesita primero ser removida por erosión. Desde que  
7 estos suelos ocurren principalmente en paisajes planos y mal drenados, la  
8 erosión parece no ser muy extensiva.

9 Los afloramientos de laterita endurecida ocurren en posiciones geomor-  
10 fológicamente predecibles en partes de la región incluyendo aquellas geoló-  
11 gicamente afectadas por los Escudos Brasileño y Guayanés, y en las regio-  
12 nes de sabanas bien drenadas, y algunas veces mezclados con materiales de  
13 suelo como los "Latosoles Concrecionarios". Estos afloramientos geológi-  
14 cos constituyen un patrimonio disponible para el desarrollo porque proveen  
15 excelentes materiales para la construcción de caminos de bajo costo. La  
16 falta de plintita o laterita en muchas áreas no afectadas por los escudos  
17 precámbricos es una limitación definitiva para la construcción de caminos.  
18 Muchos subsuelos pobremente drenados de estas áreas, tienen colores motea-  
19 dos que parecen plintita, pero de hecho son mezclas de minerales arcillo-  
20 sos 1:1 y 2:1 (Sánchez y Buol, 1974; Tyler et al., 1978). Estos materia-  
21 les hacen que los bajos costos de los caminos sean difíciles de mantener.

22 Suelos en relación a subregiones climáticas, posiciones topográficas  
23 y materiales originarios.

24 La Tabla 6 provee estimaciones areales para la clasificación de los  
25 grandes grupos de acuerdo a subregiones climáticas y subdivisiones topográ-  
26 ficas. Los Ultisols contribuyen con un porcentaje mucho más bajo de suelos  
27 en la subregiones C, D y E. Las proporciones de los grandes grupos de

1 Oxisols más comúnmente encontrados varían entre las subregiones, ilustrando  
2 el efecto del clima sobre el desarrollo del suelo. Hay una proporción  
3 mucho más alta de Haplorthox en la subregión A, Acrorthox en la subregión  
4 B, Haplustox en la subregión C y Acrustox en la subregión D. Los Oxisols  
5 solo contribuyen con una pequeña proporción de los suelos en la subregión  
6 E. La alta proporción de Acrorthox en la subregión B indicaría una más  
7 grande extensión de suelos con muy baja capacidad de intercambio catiónica  
8 ( $< 1.5 \text{ meq}/100 \text{ g}$  arcilla) que en la subregión A. La extensión relativamen-  
9 te grande de Inceptisols bien drenados en la subregión A está principalmen-  
10 te asociada a sedimentos originalmente derivados de materiales volcánicos  
11 en la región de los Andes. Los Alfisols encontrados en las subregiones A,  
12 B, C y D están también asociados con materiales superiores básicos indican-  
13 do la fuerte influencia que tienen los materiales originarios en la forma-  
14 ción del suelo, aún bajo condiciones de vigorosa meteorización. Los mejo-  
15 res suelos encontrados en toda la región generalmente están sobre aluvio-  
16 nes recientes (Entisols), aunque muchos de estos están sujetos a inundacio-  
17 nes periódicas. No todos los Entisols son fértiles, como lo evidencian los  
18 depósitos arenosos estériles (Quartzipsamments) que cubren extensas áreas  
19 de Brasil.

## 20 PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.

### 21 Textura del Suelo:

22 La Figura 14 es un mapa basado en computador de la textura del suelo  
23 hasta los 50 cm de profundidad de acuerdo al criterio FCC. La Tabla 7  
24 muestra los datos tabulados por subdivisiones climáticas y topográficas.  
25 Las texturas más extensivas son franco (18-35% de arcilla), y franco sobre  
26 subsuelos arcillosos. Estas clases L y LC juntas totalizan el 55% de los  
27

1 suelos. Le siguen perfiles uniformemente arcillosos, C, 26% del área,  
2 estando el resto dividido en suelos someros sobre roca y otras combinacio-  
3 nes texturales. La Tabla 7 muestra que existe una barrera física para el  
4 desarrollo radicular a 50 cm o menos en solamente 16 millones de hect.  
5 (2% de la región).

#### 6 Peligro por erosión.

7 La Tabla 7 también provee una síntesis de las clases de pendientes de  
8 la región. Alrededor del 61% de la región tiene niveles de pendientes sua-  
9 ves (0-8%). La topografía es fuertemente ondulada (8-30%) en 14% de la  
10 región y escarpada (> 30%) en el restante 4% de la región. La presencia  
11 de un cambio textural dentro de los 50 cm de profundidad, tales como LC,  
12 SL y SC, hace a los suelos susceptibles a la erosión, particularmente  
13 sobre pendientes escarpadas. La Tabla 7 muestra que 64.8 millones de hect  
14 (8% de la región) tiene suelos con un cambio textural abrupto sobre pen-  
15 dientes mayores que 8% o tienen suelos someros (LR y CR). Los suelos pro-  
16 fundos con cambios texturales, principalmente clasificados como Ultisols y  
17 Alfisols son generalmente bastante susceptibles a la erosión a menos que  
18 estén protegidos por la cubierta vegetal durante los períodos de fuertes  
19 lluvias.

20 Entre las cinco principales subregiones climáticas, las C y E, tienen  
21 la mayor proporción de suelos empinados (1.1% y 1% respectivamente) al com-  
22 pararlos con el 0.6% en la subregión B de bosques estacionales semi-siempre-  
23 verdes, y solamente 0.4% en las subregiones A y D.

#### 24 Relaciones de Humedad del Suelo.

25 La definición de grandes grupos de suelos y su extensión areal mos-  
26 trada en la Tabla 6 permite un cálculo de la importancia relativa de los  
27 regímenes de humedad del suelo en la región de acuerdo a las definiciones

1 en la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff 1975). Alrededor del 61% de  
2 la región tienen régimen de humedad del suelo údico o perúdic, indicando  
3 que el subsuelo está húmedo durante 9 o más meses por año. Aproximadamen-  
4 te 21% del área tiene un régimen ácuico, indicando presencia de condicio-  
5 nes de anegamiento en algunas partes del solum durante el año. Aproxima-  
6 damente 18% tiene régimen de humedad ústico, lo cual indica que el subsuelo  
7 está seco por más de 90 pero menos de 180 días consecutivos durante el año.

8 Dejando a un lado las consideraciones de clasificación, es relevante  
9 destacar que la mayoría de los suelos en la subregión B sufren un "stress"  
10 por sequía temporario pero severo, durante 3 a 4 meses del año, el cual  
11 ciertamente afecta el crecimiento de las plantas. La estación seca clara-  
12 mente definida en las sabanas hace esta situación más obvia, en los suelos  
13 bien drenados de las subregiones C y D. Aún en los regímenes de humedad  
14 del suelo údico, claramente definidos, de la subregión A, ocurren "stress"  
15 por sequía del suelo temporario y esporádicamente afectando severamente  
16 los cultivos tales como maíz y arroz de tierras altas (Bandy, 1977). Con-  
17 secuentemente, es importante señalar que el crecimiento de las plantas  
18 sobre la mayoría de los suelos bien drenados en la región, pueden sufrir  
19 por falta de agua durante parte del año.

20 Es pertinente notar que las propiedades físicas de la mayoría de los  
21 suelos de la Amazonía y muchos de sabana son buenas. En cambio, la domi-  
22 nancia de capas superficiales de grava gruesa subyacidas por plintita en  
23 gran parte de la región occidental de Africa equivalente a la subregión B  
24 de Sudamerica, impone mayores limitaciones al desarrollo de agricultura  
25 permanente en aquella vasta región (Lat et al., 1975). Esta situación vir-  
26 tualmente no existe en Sudamerica tropical. Aunque hay importantes limita-  
27 ciones físicas tales como pobre drenaje en 21% de la región, peligro severo

1 por erosión en 8%, y "stress" por sequía en general, las propiedades físi-  
2 cas de los suelos pueden considerarse generalmente favorables.

3

#### 4 PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO.

5 Una aseveración opuesta puede hacerse en relación a las propiedades  
6 químicas. La vasta mayoría de los suelos de la región son ácidos y con muy  
7 baja fertilidad nativa en su estado no-disturbado. Como ya fue mencionado,  
8 solamente alrededor del 5% de la región tiene suelos con alto status de  
9 bases con fertilidad nativa relativamente alta. Las mayores limitaciones  
10 químicas de los suelos de la región son deficiencia de P, acidez, capaci-  
11 dad de intercambio efectiva baja, y deficiencias ampliamente difundidas de  
12 los siguientes nutrientes: N, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn y ocasionalmente  
13 otros (Sánchez y Cochrane, 1979). La Tabla 8 muestra la extensión areal  
14 de éstos y otros parámetros de fertilidad en la región. La Tabla 9 descri-  
15 mina los datos del suelo superficial y subsuelo de acuerdo a las subregio-  
16 nes y posiciones topográficas. La Tabla 10 interpreta estos datos en tér-  
17 minos de unidades FCC. La Figura 15 muestra el mapa computarizado de las  
18 combinaciones de unidades FCC.

#### 19 Acidez del Suelo

20 Las Tablas 8 y 9 muestran que el 75% de la región tienen valores de  
21 pH del suelo menores que 5.3, indicando no solamente una reacción ácida  
22 pero la presencia de niveles potencialmente tóxicos del porcentaje de satu-  
23 ración de Al para muchos cultivos. La proporción de suelos ácidos es menor  
24 en topografías planas mal drenadas (52%), sugiriendo una extensión iguali-  
25 taria de suelos ácidos y no-ácidos en esta posición topográfica.

26 La toxicidad de aluminio para las plantas es la principal consecuen-  
27 cia de la alta acidez del suelo. Las especies vegetales y los cultivares

1 dentro de las especies difieren en su tolerancia al Al y ésto se expresa  
2 en términos del porcentaje de saturación de Al crítico. Las plantas muy  
3 sensibles al aluminio sufren a niveles de 10 a 60% de saturación de Al, y  
4 este rango está indicado por el modificador "h" en la Tabla 10. En gene-  
5 ral, cuando hay un 60% de saturación de Al o más dentro de los 50 cm super-  
6 ficiales, el suelo se considera tóxico por aluminio. Tales suelos tienen  
7 el modificador "a" en el sistema FCC. La Tabla 10 muestra que 358 millo-  
8 nes de hect., o 44% de los suelos de la región son alumino-tóxicos en su  
9 estado natural. La Figura 16 muestra un mapa computarizado de niveles de  
10 saturación de aluminio de la región.

11 La limpieza y quema de los bosques cambia esta situación, debido al  
12 contenido básico de la ceniza, como virtualmente ha demostrado Ranzani  
13 (1979). Es relevante destacar en este punto que los análisis de suelos  
14 deben conducirse después de la limpieza y quema para estimar los requeri-  
15 mientos de cal para cultivos y cultivares específicos. El método de  
16 Kamprath de aplicación de 1.6 tons/ha de  $\text{CaCO}_3$  equivalente para neutralizar  
17 la mayor parte del Al de cambio en el suelo superficial, funciona bien en  
18 los suelos ácidos de la Amazonía (North Caroline State University, 1973-  
19 1978; Sánchez 1977). Usando la fórmula recientemente publicada de Cochrane  
20 et al., (1980), las tasas recomendadas pueden ser calculadas para plantas  
21 de diferentes niveles de tolerancia a la saturación de Al, y teniendo en  
22 cuenta los efectos de los niveles de Ca y Mg en el complejo de intercambio  
23 del suelo. Aunque el encalado neutraliza el Al solamente en el suelo super-  
24 ficial, también decrecen los niveles de saturación de Al en el subsuelo  
25 después de 1 ó 2 años en un ambiente de bosque tropical (Villachica y Sán-  
26 chez, 1980).

## Deficiencia de Fósforo

La Tabla 11 muestra que el 88% de los suelos de la región tienen horizonte superficial con niveles de P disponible más bajos que 7 ppm, de acuerdo al método de la doble extracción ácida. La Figura 17 y 18 muestran la distribución de los niveles de P en la región, para el horizonte superficial y el subsuperficial respectivamente. Desde que el nivel crítico generalmente reconocido para este método en Oxisols y Ultisols de Brasil es de 7 ppm de P para los cultivos, es seguro que la mayoría de los suelos en el área son deficientes en fósforo. Afortunadamente, esta difundida deficiencia de P no está acompañada por una difundida alta capacidad de fijación de fósforo. Las tablas 8, 10 y 11 muestran que solamente 100 millones de hect. (12% de la región) tienen suelos con una alta capacidad de fijación de P, según está definida por el modificador "i" del sistema FCC. La Figura 19 es un mapa computarizado que muestra la distribución de esta propiedad. Solamente aquellos horizontes superficiales de suelo con contenido de arcilla mayor que 35% y con alta proporción de óxido de hierro presente, son considerados altos fijadores de P, lo cual significa que requerirán más de 100 kg/ha de P para corregir las deficiencias de fósforo (Sánchez y Uehara 1980; Sánchez *et al.*, 1980). Los isoterms de adsorción de fósforo conducido con muestras de Ultisols tomadas de Perú y Brasil por North Carolina State University (1973) y Dynia *et al.*, (1977), muestran que la capacidad de fijación es baja. La Figura 19 muestra que las principales áreas de posible fijación de fósforo se encuentran en el Cerrado de Brasil y los Llanos de Colombia. El uso de especies y cultivos tolerantes a bajos niveles de P es una alternativa viable para disminuir los requerimientos de fertilización de P en suelos deficientes.

## 1 Bajas reservas de Potasio

2 Alrededor del 58% de la región (477 millones de hect.) tienen suelos  
3 con bajas reservas de K. La Tabla 10 muestra cifras menores de estos  
4 suelos señalados con el modificador "K" debido a que toma en cuenta sola-  
5 mente aquellos que no están afectados además por los modificadores "g" y  
6 "d". Aunque la quema aumenta los niveles de K disponibles, este efecto es  
7 de corta duración. A diferencia de la acidéz del suelo y bajo P, no hay  
8 estrategias genéticas para plantas en relación a las deficiencias de K.  
9 Consecuentemente, ésta es una limitación económica importante en alrededor  
10 de la mitad de la región.

## 11 Capacidad de intercambio catiónica efectiva baja

12 La baja CICE es una limitación del suelo importante debido a la suscep-  
13 tibilidad de los nutrientes móviles a ser lixiviados del perfil del suelo y  
14 el daño de crear serios desequilibrios nutricionales entre cationes, tales  
15 como K, Ca y Mg. Las Tablas 8 y 10 muestran que 242 millones de hect. (30%  
16 de la región) tienen esta condición en el horizonte superficial y 414 millo-  
17 nes (50% de la región) en el subsuelo. La baja CICE prevalece más en las subre-  
18 giones B y C, y ocurren principalmente en Oxisols arcillosos (Acrorthox y  
19 Acrustox), Ultisols de textura arenosa y en todos los Spodosoles. Se han  
20 informado pérdidas por lixiviaciones rápidas y serios desequilibrios K-Mg  
21 en Ultisols de Perú (Villachica, 1978; Villachica y Sánchez, 1980 ab).

## 22 Deficiencias de otros nutrientes

23 La región es un paraíso para los científicos interesados en deficien-  
24 cias de nutrientes. En Ultisols de Yurimaguas, por ejemplo, se han repor-  
25 tado deficiencias de todos los elementos nutrientes esenciales, excepto  
26 para Fe y Cl en cultivos anuales. (Villachica y Sánchez, 1980). En adición  
27 a N, P y K, las más ampliamente difundidas parecen ser Mg, S y Zn. La

1 limitada base de datos sobre el tema impide una evaluación geográfica de  
2 donde ocurren deficiencias específicas y sus relaciones con las propieda-  
3 des de los suelos. Donde determinado tipo de trabajo se llevó a cabo, se  
4 hicieron mejoramientos sustanciales en la producción después que se iden-  
5 tificó la deficiencia de los nutrientes y se corrigió con una fertiliza-  
6 ción apropiada. Un ejemplo es la deficiencia de azufre en "varzeas" a lo  
7 largo del río Jarí en la Amazonía oriental (Waug et al., 1976).

8 Frecuentemente se observan síntomas de deficiencias de nutrientes en  
9 cultivos anuales o perennes, pasturas y aún plantaciones forestales a  
10 través de la región. Se han visto frecuentemente síntomas de deficiencias  
11 de K, Mg y Zn en una amplia variedad de plantas, en adición a las deficien-  
12 cias ubicuas de N y P. Es necesario hacer muchos trabajos para identifi-  
13 car tales limitaciones y desarrollar métodos de análisis de suelos y de  
14 plantas para poder hacer una apropiada corrección.

#### 15 Limitaciones que ocurren juntas

16 La Tabla 10 muestra la manera en que varias de estas limitaciones ocu-  
17 rren juntas y en las mismas unidades de tierra, tal como se define por las  
18 varias combinaciones de modificadores FCC. Solamente 42 millones de hect.  
19 (5% de la región) demostraron no tener mayores limitaciones de fertilidad.  
20 El resto mostró varias combinaciones de toxicidad por Al (a), ácido pero  
21 no aluminio-tóxico (h), baja capacidad de intercambio catiónica efectiva  
22 (e), bajas reservas de K (k), alta fijación de P (i), drenaje pobre (g), y  
23 "stress" por estación seca (d). Las combinaciones más frecuentes involu-  
24 craron toxicidad por Al, baja reserva de K, baja CICE y alta fijación de P.  
25 En la Tabla 5 se dan ejemplos de tales clases de FCC que ocurren juntas,  
26 cuando los 9 perfiles listados se clasifican de acuerdo al sistema FCC.  
27

## 1 DISCUSION Y CONCLUSIONES

2 La revisión del recurso tierra base de la región central baja de Sudame-  
3 rica tropical ilustra la necesidad de considerar el uso potencial de  
4 la tierra en términos de clima, paisajes y suelos. Se ha visto que existe  
5 una relación estrecha entre las clases de vegetación natural y los regíme-  
6 nes WSPE. Esto indica que a menos que ocurran cambios climáticos sustan-  
7 ciales, cualquier fragilidad en el sentido de, por ejemplo, tierras fores-  
8 tadas y limpiadas de su vegetación natural que no se reconvertirán en bos-  
9 ques si se dejan solas, probablemente serán confinadas a áreas de transi-  
10 ción entre las sabanas y los bosques. Al igual que con el clima, la mayo-  
11 ría de las tierras bien drenadas son adecuadas para pastos, cultivos y, o  
12 producción forestal, con una producción de pastos y cultivos anuales favo-  
13 rables para las regiones de sabanas. Para la producción de pasturas en  
14 regiones forestales, uno de los problemas previstos será la dificultad de  
15 controlar el rebrote de especies forestales. Resumiendo, el parámetro  
16 WSPE provee una aproximación fresca para definir subregiones climáticas  
17 para producción de pastos y cultivos en los trópicos.

18 Del estudio ha emergido un cuadro más claro de los suelos de las  
19 tierras bajas de Sudamerica central tropical en términos de su clasifica-  
20 ción, morfología y distribución geográfica. Deben ser reconsideradas mu-  
21 chas de las pasadas generalizaciones acerca de su importancia relativa.  
22 Su patrón de variabilidad entre las diferentes subregiones climáticas y  
23 posición topográfica debería servir como una base para un desarrollo orde-  
24 nado. En este sentido, muchas de las ambigüedades inherentes a los mapas  
25 de suelos de escala pequeña han sido superadas. Por ejemplo, pueden iden-  
26 tificarse aquellos suelos que es mejor dejarlos en su estado natural, como  
27 los Spodosols, o la importancia relativa de Ultisoles comparada con

1 Oxisoles en las regiones de bosques tropicales lluviosos.

2 La evaluación geográfica del recurso tierra, sin embargo, debe ser con-  
3 siderada en el contexto del manejo de suelo y tierra. Esto no ha sido es-  
4 pecíficamente discutido en este trabajo. Por ejemplo, Falesi (Serrao et al.,  
5 1978) han mostrado como la limpieza y quema de un bosque tropical semi-  
6 siempreverde tropical seguido por cultivo de pasturas, cambiarán completa-  
7 mente las propiedades de Oxisoles, Tabla 12; más aún, estos cambios persis-  
8 ten por muchos años. Por otro lado, para áreas de sabanas sin cubierta fo-  
9 restal - o muy escasa - para quemar, la situación es completamente diferente.

10 En términos de propiedades físicas del suelo, la evaluación ha mostra-  
11 do que la mayoría de los suelos en la región no tienen limitaciones supera-  
12 bles para la producción agrícola. Sin embargo, 21% son tierras pobremente  
13 drenadas y éstas deben ser usadas o bien para pastos y cultivos tolerantes  
14 a condiciones húmedas o bien simplemente ser dejadas en sus estado natural.  
15 Sobre las tierras bien drenadas, las principales limitaciones son químicas,  
16 principalmente deficiencias potenciales de P y, en el caso de las sabanas,  
17 problemas potenciales de toxicidad de Al. Sin embargo, existen otros pro-  
18 blemas, y algunas deficiencias, incluyendo S y elementos traza que pueden  
19 ser más ampliamente difundidas de lo que hasta el presente se reconoce.

20 Las limitaciones químicas del suelo pueden ser manejadas por una combina-  
21 ción de fertilización y, o encalado, más el uso de especies y cultivares  
22 tolerantes a algunas de las principales limitaciones. Es evidente, sin em-  
23 bargo, que el manejo adecuado del suelo y del cultivo debe ser compatible  
24 con los patrones fundamentales de clima, paisaje y suelos. Se necesita el  
25 desarrollo de una tecnología apropiada, adecuadamente enmarcada en el con-  
26 texto de las aspiraciones de desarrollo de las naciones individuales de  
27 acuerdo a las ventajas relativas de sus propios recursos de tierras.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1  
2  
3 Alvim, P.T. 1978. A expansao da fronteira agrícola no Brasil. CEPLAC,  
Itabuna, Bahia.
- 4 Alvim, P.T. 1978. Perspectivas de producao agrícola na regio amazônica.  
5 Interciencia 3(4):243-249.
- 6 Alvim, P.T. 1979. Agricultural production potential of the Amazon region  
In: P.A. Sánchez and L.E. Tergas (Eds.) Pasture Production in Acid  
Soils of the Tropics, CIAT, Cali, Colombia, pp. 13-23.
- 7 Alvim, P.T. and J.E. da Silva. 1979. Comparacao entre os cerrados e a  
8 regio Amazonica em termos groecológicos. In: V Simposio Sobre o  
Cerrado. Brasilia, Brazil (in press).
- 9 Bandy, D.E. 1977. Manejo de suelos y cultivos en sistemas de agricultura  
10 permanente en la selva amazónica del Perú. En: FAO/SIDA: Reunión-  
Taller sobre Ordenamiento y Conservación de Suelos, Lima, Perú.
- 11 Barr, H.J., T.M. Goodnight, J.P. Sull and J.T. Helwing. 1976. A user's  
12 guide to SAS '76. pp.184-185. Statistical Analysis Service, Inc.,  
Raleigh, N.C., U.S.A.
- 13 Budowski, G. 1976. La conservación del medio ambiente. Conflicto o  
14 instrumento para el desarrollo? Ciencia Interamericana 17(1):2-8.
- 15 Buol, S.W., P.A. Sánchez, R.B. Cate and M.A. Granger. 1975. Soil Ferti-  
16 lity capability classification. pp.126-141. In: Bornemisza, E. and  
A. Alvarado (Eds.) Soil Management in Tropical America. North  
Carolina State Univ. Raleigh, N.C., U.S.A.
- 17 CIAT. 1978. Annual Report for 1977. Beef Program. Centro Internacional  
18 de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp.A7-10.
- 19 CIAT. 1979. Annual Report for 1978. Beef Program. Centro Internacional  
de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp.B5-B11.
- 20 CIAT. 1980. Annual Report for 1980. Centro Internacional de Agricultura  
21 Tropical, Cali, Colombia (in press).
- 22 Cochrane, T.T., J.A. Porras, L. Azevedo de G., P.G. Jones, and L.F. Sánchez.  
An explanatory manual for CIAT's computerized land resource study of  
Tropical America. CIAT, Cali, Colombia. 131 p.
- 23 Cochrane, T.T. 1979. An ongoing appraisal of the savanna ecosystems of  
24 Tropical America for beef cattle production. In: P.A. Sánchez and  
L.E. Tergas (Eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics.  
25 Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp.  
1-12.
- 26 Cochrane, T.T. 1979. Agricultural ecosystem characterization in Tropical  
27 America. In: Ira. Conferencia sobre Ensayos Regionales de Pastos

- 1 Tropicales. Reunión de Trabajo. CIAT, Cali, Colombia (in press).
- 2 Cochrane, T.T. and P.G. Jones. 1980. Clima e vegetacao na America do Sul  
3 Tropical. Um estudo computarizado dos recursos das terras. In:  
4 Anais do XXXI Congresso Nacional de Botânica. Ilheus/Itabuna, Brasil  
5 (in press).
- 6 Cochrane, T.T., J.G. Salinas, and P.A. Sánchez. 1980. An equation for  
7 liming acid mineral soils to compensate Al tolerance. Trop. Agric.  
8 59:133-140.
- 9 Cochrane, T.T. and P.A. Sánchez. 1980. Land resources, soil properties  
10 and their management in the Amazon region: A state of knowledge  
11 report (in press).
- 12 Cover, T.M. and P.E. Hart. 1967. Nearest neighbour pattern classification.  
13 IEEE Transactions on Information Theory. Vol. IT-13:21-27.
- 14 Dynia, J.F., G.N.C. Moreira, and R.M. Bloise. 1977. Fertilidade de solos  
15 da regioa da Rodovia Tranamazônica. 2. Fixacao de fósforo em  
16 Podzólico Vermelho-Amarelo e Terra Roxa Estruturada Latossólica.  
17 Pesq. Agropec. Bras. 12:75-79.
- 18 Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Botan. Rev. 38(2):  
19 201-341.
- 20 FAO-UNESCO. 1971, 1975. Soil Map of the World. Vol.IV-South America.  
21 UNESCO, Paris.
- 22 Ferri, M.G. (Coordinador) 1976. IV Simposio sobre o cerrado. Bases para  
23 utilizacao agropecuaria. Sao Paulo, Brasil. 405 p.
- 24 Goodland, R.J.A. and H.S. Irwin. 1975. Amazon Jungle: Green Hell to Red  
25 Desert? Elsevier, Amsterdam.
- 26 Goodland, R.J.A., H.S. Irwin, and G. Tillman. 1978. Ecological develop-  
27 ment for Amazonia. Ciencia e Cultura 30(3):275-289.
- Gourú, P. 1961. The Tropical World: Its social and economic conditions  
and its future status. Third edition translated by E.D. Laborde.  
Longmans, London.
- Eyre, S.R. 1968. Vegetation and Soils: A World Picture. 2nd Edition.  
Arnold Publishers, Ltd., London. pp.195-258.
- Falesi, I.C. 1972. O estudo atual dos conhecimentos sobre os solos da  
Amazonia brasileira. Bol. Tec. Inst. Pesq. Agropec. Norte 54:17-67.
- Falesi, I.C. 1976. Ecosystema de pastagem cultivada na Amazonia brasilei-  
ra. CPATU Bol. Tec. 1. Centro de Pesquisa Agropecuaria do Tropicó  
Umido, EMBRAPA. Belém, Brasil.
- Hancock, J.K., R.W. Hill, and G.H. Hargreaves. 1979. Potential Evapo-  
transpiration and Precipitation Deficits for Tropical America. CIAT,

- 1 Cali, Colombia. 398 pp.
- 2 Hargreaves, G.H. 1977a. World water for agriculture. Climate, precipita-  
3 tion probabilities and adequacies for rainfed agriculture. Utah  
4 State University, Logan, Utah. 272 pp.
- 5 Hargreaves, G.H. 1977b. Consumptive use of water and irrigation water  
6 requirements. Journal of the Irrigation and Drainage Division.  
7 Amer. Soc. Civil Eng. 103(2):287-290.
- 8 Hargreaves, G.H. 1975. Water requirements manual for irrigated crops and  
9 rainfed agriculture. Utah State University, U.S.A. 40 p.
- 10 Irion, G. 1978. Soil infertility in the Amazonian rainforest.  
11 Naturwissenschaften 65:515-519.
- 12 Klinge, H. 1968. Litter production in an area of the Amazonian terra  
13 firme forest. Part II. Mineral nutrient content of the litter.  
14 Amazoniana 1:303-310.
- 15 Klinge, H. 1971. Materia orgânica e nutrientes na mata de terra firme  
16 perto de Manaus. Acta Amazônica 1(1).69-72.
- 17 Klinge, H. 1975a. Bilanzierung von Hauptanah-rostoffen im Okosystem  
18 tropischer Regenwald (Manaus) - Vorlaufige Daten. Biogeographica  
19 7:59-99.
- 20 Klinge, H. 1975b. Root mass estimation in lowland tropical rainforests  
21 of central Amazonia, Brazil. III. Nutrients in fine roots from  
22 giant humus podsols. Trop. Ecol. 16:28-39.
- 23 Klinge, H. and W.A. Rodrigues, 1968. Litter production in an area of  
24 terra firme forest. I. Litter fall, organic carbon and total  
25 nitrogen contents. Amazoniana 1:287-302.
- 26 Klinge, H. e W.A. Rodrigues. 1971. Matéria orgânica e nutrientes na mata  
27 de terra firme perto de Manaus. Acta Agron. (Manaus) 1(1):69-72.
- 28 Lal, R., B.T. Kang, F.R. Moormann, A.S.R. Juo and J.C. Moomaw. 1975.  
29 Problemas de manejo de suelos y posibles soluciones en Nigeria Occi-  
30 dental. pp.380-417. In: E. Bornemisza y A. Alvarado (Eds.): Mane-  
31 jo de Suelos en América Tropical. North Carolina State University,  
32 Raleigh, N.C., U.S.A.
- 33 North Carolina State University. 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976-77,  
34 1978-79. Research on Tropical Soils - Annual Reports. Soil Science  
35 Department, North Carolina State University, Raleigh, N.C. U.S.A.
- 36 Ranzani, G. 1978. Alguns solos da Transamazonica na região de Marabá.  
37 Acta Amazônica 8:333-335.
- 38 Reis, A.C.F. 1972. O Impacto Amazônico na Civilizacao Brasileira: a  
39 Transamazônica e o Desafio dos Tropicós. Ed. Paralelo, Rio de Janei-  
40 ro.

- 1 Sánchez, P.A. 1977a. Alternativas al sistema de agricultura migratoria  
2 en América Latina. In: FAO/SIDA: Reunión-Taller sobre Ordenación y  
3 Conservación de Suelos en América Latina. Lima, Perú.
- 4 Sánchez, P.A. 1977b. Advances in the management of Oxisols and Ultisols  
5 in Tropical South America. pp. 535-566. In: Proceedings Int.  
6 Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive  
7 Agriculture. Society of Soil Science and Manure, Tokyo.
- 8 Sánchez, P.A. 1977c. Manejo de suelos tropicales en la Amazonía surameri-  
9 cana. Suelos Ecuatoriales 8:1-11.
- 10 Sánchez, P.A. 1977d. Manejo de solos da Amazonia para producao agropecuá-  
11 ria intensiva. Bol. Inf. Soc. Bras. Ciencia Solo 2(3):60-63.
- 12 Sánchez, P.A. 1979. Soil fertility and conservation considerations for  
13 agroforestry systems in the humid tropics of Latin America. pp.79-  
14 124. In: H.O. Mongi and P.A. Huxley (Eds.): Soils Research in Agro-  
15 forestry. ICRAF Oole. Int. Council Res. Agrofor. Nairobi. Kenya.
- 16 Sánchez, P.A. and S.W. Buol. 1974. Properties of some soils of the  
17 Amazon Basin of Peru. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38:117-121.
- 18 Sánchez, P.A. and T.T. Cochrane. 1979. Soil constraints in relation to  
19 major farming systems in tropical America. Soil Constraints Con-  
20 ference, IRRI, Los Baños, Philippines (in press).
- 21 Sánchez, P.A. and G. Uehara. 1980. Management considerations for acid  
22 soils with high phosphorus fixation capacity. pp. 471-514. In: F.  
23 E. Kashawney (Ed.): Phosphorus in Agriculture. Soil Sci. Soc. Amer.,  
24 Madison, Wisc., U.S.A.
- 25 Sánchez, P.A., S.W. Buol and W. Couto. 1980. The Fertility Capability  
26 Classification System and its application to land evaluation guide-  
27 lines. Tropical Soils Program. North Carolina State Univ., Raleigh,  
N.C., U.S.A. Manuscript. 30 pp.
- Schubart, H.O.R. 1977. Criterios ecológicos para o desenvolvimento agri-  
cola das terras firmes da Amazonia. Acta Amazonica 7(4):559-567.
- Serrao, E.A.S., I.C. Falesi, J.B. Veiga, and J.F. Texeira. 1979. Produc-  
tivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon  
of Brazil. pp. 195-226. In: P.A. Sánchez and L.E. Tergas (Eds.):  
Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. Centro Internacio-  
nal de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Setzer, J. 1967. Impossibilidade do uso racional do solo no Alto Xingú,  
Mato Grosso. Rev. Bras. Geogr. 21(1):102-109.
- Sombroek, W.G. 1979. Soils of the Amazon region. International Soils  
Museum, Wageningen, Netherlands. Unpublished paper. 15 pp.
- Stark, N. 1978. Man, tropical forests and the biological life of a soil.  
Biotropica 10:1-10.

- 1 Toledo, J.M. and V.A. Morales. 1979. Establishment and management of  
2 improved pastures in the Peruvian Amazon. pp.177-194. In: P.A.  
3 Sánchez and L.E. Tergas (Eds.): Pasture Production in Acid Soils of  
4 the Tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali,  
5 Colombia.
- 6 Tosi, J. 1974. Desarrollo forestal del trópico americano frente a otras  
7 actividades económicas. pp. II.F.1-13. In: IICA. Reunión Interna-  
8 cional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano. In-  
9 formes Sobre Cursos, Conferencias y Reuniones No.41, IICA. Zona  
10 Andina, Lima, Perú.
- 11 Tyler, E.J., S.W. Buol and P.A. Sánchez. 1978. Genetic association of  
12 properties of soils of an area in the upper Amazon of Peru. Soil  
13 Sci. Soc. Amer. J. 42:771-776.
- 14 U.S. Geological Survey. 1977. Eros Data Center. U.S. Government Printing  
15 Office, Washington, D.C. 28 pp.
- 16 Villachica, J.H. 1978. Maintenance of soil fertility under continuous  
17 cropping in an Ultisol of the Amazon Jungle of Peru. Ph.D. Thesis,  
18 North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., U.S.A. 269 pp.
- 19 Villachica, J.H. and P.A. Sánchez. 1980. Maintenance of soil fertility  
20 in the Amazon of Peru. 1. Soil dynamics. 2. Crop performance  
21 (in press).
- 22 Villachica, J.H. and P.A. Sánchez. 1980. Importance of cationic balance  
23 for continuous cultivation in the Amazon Jungle of Peru (in press).
- 24 Wang, C.H., T.H. Lieru and D.S. Mikklesen. 1976. Development of sulphur  
25 deficiency as a limiting factor for rice production. IRI Tech. Bull.  
26 47.
- 27

1 "PRINCIPALES ESTUDIOS DE SUELOS USADOS COMO FUENTES DE INFORMACION"

2 (Referido a la Figura 1)

- 3 Avilán R., L. y M. Figueroa. 1977. Epoca de fertilización nitrogenada en  
4 mango cultivado en suelos de la serie Maracay (Fluventic Haplustoll)  
5 Aragua (Venezuela). Agronomía Tropical. 27(5):491-494. Maracay,  
6 Venezuela.
- 7 Benavides, S.T. 1973. Mineralogical and chemical characteristics of some  
8 soils of the Amazonia of Colombia. Ph.D. Thesis, North Carolina State  
9 University, Raleigh. 216 p.
- 10 Blancaneaux, P., S. Hernández y J. Araújo. 1977. Estudio edafológico pre-  
11 liminar del sector Puerto Ayacucho. Territorio Federal Amazonas, Vene-  
12 zuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.  
13 Caracas, Venezuela. 120 p.
- 14 Brito A., P. y León L., C. 1971. Estudio agrológico semidetallado. Valle  
15 Medio del río Yaracuy. Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de  
16 Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela. 104 p.
- 17 Cochrane, T.T. 1973. El potencial agrícola del uso de la tierra en Boli-  
18 via. Un mapa de sistemas de tierras. Misión Británica en Agricultura  
19 Tropical. Ministerio de Agricultura. La Paz, Bolivia. 826 p.
- 20 Comerma J. y A. Chirinos. 1977. Características de algunos suelos con y  
21 sin horizonte argílico en las mesas orientales de Venezuela (a). Agro-  
22 nomía Tropical. 27(2):181-206. Maracay, Venezuela.
- 23 COPLANARH. 1975. Inventario Nacional de Tierras. Regiones: Costa norocci-  
24 dental, centro occidental y central. Volumen I y II. Comisión del  
25 Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Caracas,  
26 Venezuela. 835 p.
- 27 Custode, E. y M. Soudat. 1978. Suelos del nororiente. Características  
químicas y su fertilidad. Ministerio de Agricultura y Ganadería.  
Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Quito,  
Ecuador. 28 p.
- EMBRAPA. 1975. Mapa esquemático dos solos das regioes norte, meio-norte  
e centro-oeste do Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria.  
Vinculada ao Ministerio da Agricultura. Rio de Janeiro, Brasil. 553 p.
- EMBRAPA-SUDENE/DRN. 1976. Levantamento exploratorio - Reconhecimento de  
solos da margen esquerda do rio Sao Francisco. Estado da Bahia - Minis-  
terio da Agricultura. Ministerio do Interior. Recife, Brasil. 404 p.
- FAO. 1964. Reconocimiento Edafológico de los Llanos Orientales. Colombia.  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Roma. 7 Tomos.
- FAO-UNESCO. 1971. Soil map of the world. Volume IV. South America. Unesco-  
Paris. 193 p.

- 1 Flores P., S., A. Alvarado y E. Bornemisza. 1978. Caracterización y cla-  
2 sificación de algunos suelos del bosque amazónico peruano. Iquitos.  
Turrialba. 28(2):99-103.
- 3 García G., J., A. Gobert Paredes, J. Benitez J., J. Estrada A. 1975.  
4 Caracterización del estado nutricional de algunos suelos de la zona de  
Jenaro Herrera (Prov. de Requena - Depto. de Loreto). 1975. Proyecto  
Integral de Asentamiento Rural de Jenaro Herrera. Iquitos, Perú. 61 p.
- 5 Guerrero, R. 1971. Soils of the Colombian Llanos Orientales. Composi-  
6 tion and classification of selected soil profiles. Ph.D. Thesis. North  
Carolina State University, Raleigh. 77 p.
- 7 INIAP. 1977. Breve diagnóstico agro-socio-económico de la región oriental  
8 para la ubicación de un centro experimental agropecuario del INIAP.  
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador.  
9 67 p.
- 10 Luque M., O. 1971. Estudio agrológico semidetallado del centro de cría  
de Birvaca. Estado Apure. Ministerio de Agricultura y Cría. Centro  
de Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela. 36 p.
- 11 Luque M., O y L. Avilán R. 1976. Clasificación con fines de fertilidad de  
12 los suelos de la Mesa de Guanipa. Estado de Anzoátequi. Ministerio de  
Agricultura y Cría. Fonaiap. Maracay, Venezuela. 15 p.
- 13 Luque M., O. 1977. Génesis de tres órdenes de suelos en los Llanos Ori-  
14 entales de Venezuela. Suelos Ecuatoriales. Memorias del V Congreso  
15 Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio Nacional sobre  
suelos. Medellín, Colombia. p. 423-427.
- 16 Ministerio da Agricultura. . Levantamento semidetalhado dos solos de  
17 areas do Ministerio da Agricultura no Distrito Federal. Boletín Técni-  
co No.8. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Brasil. 135 p.
- 18 Ministerio da Agricultura. 1971. Levantamento de reconhecimento dos solos  
19 do sul do Estado de Mato Grosso. Divisao de Pesquisa Agropecuaria.  
Rio de Janeiro, Brasil. 839 p.
- 20 Ministerio de Agricultura. 1975. Descripción y análisis de las calicatas  
21 No.250-300. Dirección General de Recursos Hidráulicos. División de  
Edafología. 121 p.
- 22 ONERN. 1967. Estudio del potencial de los recursos naturales de la zona  
del río Camisea. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.  
23 Lima, Perú. 46 p.
- 24 ONERN. 1968. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-  
les de la zona del río Tambo - Gran Pajonal. Oficina Nacional de Eva-  
25 luación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 310 p.
- 26 ONERN. 1970. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-  
les de la zona Villa Rica - Puerto Pachitea. Oficina Nacional de Eva-  
27 luación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 450 p.

- 1 ONERN. 1972. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-  
2 les de la zona de los ríos Inambari y Madre de Dios. Oficina Nacional  
de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 369 p.
- 3 ONERN. 1975. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-  
4 les de la zona Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos. Oficina Na-  
cional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 333 p.
- 5 ONERN. 1976. Inventario y evaluación de los recursos de suelos y foresta-  
6 les de la zona Ceneapa - Alto Marañón. Oficina Nacional de Evaluación  
de Recursos Naturales. Lima, Perú. 107 p.
- 7 ONERN. 1977. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-  
8 les de la zona Iberia - Iñapari. Oficina Nacional de Evaluación de Re-  
cursos Naturales. Lima, Perú. 376 p.
- 9 ONERN. 1978. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-  
10 les de la zona Pucallpa - Abujao. Oficina Nacional de Evaluación de  
Recursos Naturales. Lima, Perú. 261 p.
- 11 PROJETO RADAMBRASIL. 1974. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.  
22 - Araguaia. Vol.4. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
12 Brasil. 405 p.
- 13 PROJETO RADAMBRASIL. 1974. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.  
22 - Belen. Vol.5. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
14 Brasil. 408 p.
- 15 PROJETO RADAMBRASIL. 1974. Levantamento de recursos naturais. Folha NA/  
NB.22 - Macapá. Vol.6. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
16 Brasil. 389 p.
- 17 PROJETO RADAMBRASIL. 1975. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.  
21 - Tapajós. Vol.7. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
18 Brasil. 409 p.
- 19 PROJETO RADAMBRASIL. 1975. Levantamento de recursos naturais. Folha NA.  
20 - Boa Vista. Vol.8. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janei-  
ro, Brasil. 426 p.
- 21 PROJETO RADAMBRASIL. 1975. Levantamento de recursos naturais. Folha NA.  
21 - Tumucumaque. Vol.9. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janei-  
ro, Brasil. 360 p.
- 22 PROJETO RADAMBRASIL. 1976. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.  
23 21 - Santarem. Vol.10. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
Brasil. 510 p.
- 24 PROJETO RADAMBRASIL. 1976. Levantamento de recursos naturais. Folha NA.19-  
25 Pico da Nablina. Vol.11. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Ja-  
neiro, Brasil. 374 p.
- 26 PROJETO RADAMBRASIL. 1976. Levantamento de recursos naturais. Folha SC.  
27 19 - Rio Branco. Vol.12. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janei-  
ro, Brasil. 458 p.

- 1 PROJETO RADAMBRASIL. 1977. Levantamento de recursos naturais. Folha  
SB/SC.18 - Javari - Contamana. Vol.13. Ministerio das Minas e Energia.  
2 Rio de Janeiro, Brasil. 413 p.
- 3 PROJETO RADAMBRASIL. 1977. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.  
19 - ICA. Vol.14. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
4 Brasil. 446 p.
- 5 PROJETO RADAMBRASIL. 1977. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.  
19 - Jurva. Vol.15. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
6 Brasil. 430 p.
- 7 PROJETO RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de recursos naturais. Folha SC.  
20 - Porto Velho. Vol.16. Ministerio das Minas e Energia. Rio de  
8 Janeiro, Brasil. 663 p.
- 9 PROJETO RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.  
20 - Purus. Vol.17. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
10 Brasil. 558 p.
- 11 PROJETO RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.  
20 - Manaus. Vol.18. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
12 Brasil. 623 p.
- 13 Sánchez, P.A. y Buol, S.W. 1974. Properties of some soils of the Amazon  
Basin of Perú. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38:117-121.
- 14 Sánchez, P.A., C.E. Seubert y C. Valverde S. 1975. Investigaciones sobre  
15 el manejo de suelos tropicales en la selva amazónica del Perú. Investigaciones Agropecuarias. Vol.V:71-93.
- 16 Schargel, R. 1972. Características y génesis de una cronosecuencia de  
17 suelos desarrollada sobre depósitos aluviales entre los ríos Bocono y  
Masparro, Estado Barinas. Agronomía Tropical. 22(4):345-371. Mara-  
cay, Venezuela.
- 18 Schargel, R. 1978. Soils of Venezuela with low activity clays. Ph.D.  
19 Thesis. North Carolina State University, Raleigh, N.C., USA.
- 20 Sombrowk, W.G. 1966. Amazon Soils. A reconnaissance of the soils of the  
Brazilian Amazon region. Wageningen, Netherlands. 292 p.
- 21 Toledo, J. M. y M. Ara. 1977. Manejo de suelos para pasturas en la selva  
22 amazónica. Reunión - Taller FAO/SIDA sobre la ordenación y conserva-  
ción de suelos en América Latina. Lima, Perú. 46 p.
- 23 Valverde, C., D. Dandy, P. Sánchez, y J. Nicholaides. 1979. Algunos re-  
24 sultados del proyecto Yurimaguas en la zona Amazónica. Instituto Na-  
cional de Investigación Agraria. Lima, Perú. 12 p.
- 25
- 26
- 27

TABLA 1. Subregiones climáticas de las tierras bajas de Sudamerica tropical.

Sub-región	C L I M A*		Nombre
A	WSPE > 1300 mm,	> 9 MESES HUMEDOS, WSMT > 23.5°C	Bosque lluvioso tropical.
B	WSPE 1061-1300 mm,	8-9 MESES HUMEDOS, WSMT > 23.5°C	Bosque estacional semi-siempreverde
C	WSPE 900-1060 mm,	6-8 MESES HUMEDOS, WSMT > 23.5°C	Sabanas (isohipertérmicas)
D	WSPE 900-1060 mm,	6-8 MESES HUMEDOS, WSMT < 23.5°C	Sabanas (isotérmicas)
E	WSPE < 900 mm,	< 7 MESES HUMEDOS, WSMT > 23.5°C	Bosques deciduos
F	-	-	Subtropical**
O	-	-	Otros**

\* WSPE - Evapotranspiración potencial total de la época húmeda  
 MESES HUMEDOS - MAI > 0.33  
 WSMT - Temperaturas mensuales medias de la época húmeda.

\*\* Sin definición climática debido a pequeñas áreas estudiadas.

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

TABLA 2. Resumen climático de un sitio en cada una de las subregiones climáticas de la región central de Sud-america tropical. Fuente: Hancock et al. (1979).

Subregión A: Bosque lluvioso tropical

CRUZ DO SUL, AC, BRASIL. LAT.7° 38'S LONG.72° 40'W 170 METROS

	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEAN TEMP <sup>1</sup>	24.4	24.6	24.4	24.2	24.1	23.4	22.9	23.8	24.5	24.6	24.7	24.6	24.2
MEAN R.H. <sup>2</sup>	92.	92.	92.	89.	80.	73.	74.	77.	89.	94.	87.	96.	86.
PCT SUN <sup>3</sup>	30.	30.	31.	36.	50.	57.	56.	53.	36.	28.	40.	23.	39.
MEAN RAD. <sup>4</sup>	390.	391.	386.	384.	413.	418.	425.	451.	405.	372.	447.	339.	402.
PRECIP. <sup>5</sup>	246.	244.	269.	241.	138.	104.	47.	86.	147.	251.	216.	241.	2230.
POT ET <sup>6</sup>	118.	108.	117.	112.	124.	120.	124.	135.	119.	113.	132.	103.	1426.
DEF PREC <sup>7</sup>	-128.	-136.	-152.	-129.	-14.	16.	77.	49.	-28.	-138.	-84.	-138.	-804.
DEP PREC <sup>8</sup>	189.	187.	209.	185.	97.	68.	20.	53.	105.	193.	163.	185.	
MAI <sup>9</sup>	1.60	1.74	1.78	1.65	0.78	0.57	0.16	0.40	0.88	1.71	1.24	1.79	

Subregión B: Bosque estacional semi-siempreverde

MANAUS, AM, BRASIL. LAT.3° 8'S LONG.60° 1'W 48 METROS

	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEAN TEMP	25.9	25.8	25.8	25.8	26.4	26.6	26.9	27.5	27.9	27.7	27.3	26.7	26.6
MEAN R.H.	88.	89.	89.	88.	81.	74.	71.	63.	67.	76.	78.	85.	79.
PCT SUN	38.	36.	37.	38.	48.	56.	59.	67.	63.	54.	51.	43.	49.
MEAN RAD	420.	415.	418.	404.	426.	441.	462.	525.	541.	509.	491.	443.	458.
PRECIP.	276.	277.	301.	287.	193.	99.	61.	41.	62.	112.	165.	228.	2102.
POT ET	132.	118.	131.	123.	135.	136.	149.	172.	173.	167.	155.	142.	1732.
DEF PREC	-144.	-160.	-170.	-164.	-58.	37.	88.	131.	111.	55.	-11.	-86.	-370.
DEP PREC	215.	215.	236.	224.	114.	64.	32.	15.	33.	75.	120.	174.	
MAI	1.62	1.83	1.80	1.82	1.06	0.47	0.22	0.09	0.19	0.45	0.78	1.22	

Cont.

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

TABLA 2. (Cont.). Pág.2.

Subregión C: Sabanas isohipertérmicas

CONCEICAO DE ARAGUAIA, PA., BRASIL. LAT.8° 15'S LONG.49° 12'W 90 METROS

	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEAN TEMP	25.1	24.9	25.2	25.6	25.6	25.1	24.9	26.0	26.7	25.8	25.6	25.2	25.5
MEAN R.H.	88.	89.	88.	79.	65.	48.	44.	54.	70.	83.	83.	89.	73.
PCT SUN	38.	37.	38.	50.	66.	79.	82.	74.	60.	46.	45.	36.	54.
MEAN RAD.	437.	431.	428.	453.	470.	488.	510.	530.	521.	479.	477.	427.	471.
PRECIP.	253.	252.	263.	163.	60.	8.	7.	15.	64.	163.	196.	227.	1671.
POT ET	135.	119.	132.	137.	147.	146.	156.	167.	162.	150.	144.	132.	1727.
DEF PREC	-118.	-133.	-131.	-26.	87.	138.	149.	152.	98.	-13.	-51.	-95.	56.
DEP PREC	195.	194.	204.	119.	31.	0.	0.	0.	34.	119.	146.	173.	
MAI	1.45	1.63	1.54	0.87	0.21	0.00	0.00	0.00	0.21	0.79	1.01	1.31	

Subregión D: Sabanas isotérmicas

LUZIANIA, GO, BRASIL. LAT.16° 15'S LONG.47° 56'W 958 METROS

	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEAN TEMP	21.9	22.0	21.7	21.1	19.4	18.3	18.1	20.0	22.1	22.3	21.9	21.6	20.9
MEAN R.H.	72.	78.	79.	61.	52.	41.	38.	43.	63.	75.	79.	87.	64.
PCT SUN	59.	52.	51.	69.	76.	84.	87.	83.	67.	55.	50.	40.	64.
MEAN RAD.	574.	523.	481.	495.	452.	440.	461.	512.	526.	529.	527.	475.	500.
PREC.	228.	201.	229.	96.	16.	7.	4.	5.	27.	130.	215.	317.	1475.
POT ET	164.	135.	136.	134.	120.	110.	118.	139.	146.	152.	145.	134.	1632.
DEF PREC	-65.	-66.	-93.	38.	104.	103.	114.	133.	119.	22.	-70.	-183.	157.
DEP PREC	141.	123.	142.	53.	0.	0.	0.	0.	7.	76.	132.	200.	
MAI	0.86	0.91	1.04	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.50	0.91	1.41	

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

TABLA 2. (Cont.) Pág.3.

Subregión E: Bosques deciduos

IBIPETUBA, BA, BRASIL LAT.11° 1'S LONG.44° 31'W 434 METROS

	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEAN TEMP	24.6	24.6	24.6	24.5	23.4	21.9	21.5	22.3	24.9	26.3	25.5	24.8	24.1
MEAN R.H.	56.	65.	73.	56.	46.	44.	45.	38.	52.	59.	69.	74.	56.
PCT SUN	73.	65.	57.	73.	81.	83.	82.	87.	76.	71.	61.	56.	72.
MEAN RAD.	621.	578.	520.	535.	503.	478.	489.	557.	579.	596.	568.	546.	547.
PRECIP.	125.	145.	136.	73.	12.	1.	1.	1.	7.	53.	158.	198.	910.
POT ET	189.	159.	158.	157.	149.	132.	138.	160.	172.	189.	171.	167.	1942.
DEF PREC	64.	14.	23.	84.	137.	131.	137.	159.	165.	136.	13.	-31.	1032.
DEP PREC	72.	86.	80.	38.	0.	0.	0.	0.	0.	25.	94.	121.	
MAI	0.38	0.54	0.50	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.55	0.72	

- <sup>1</sup>MEAN TEMP : Temperatura media
- <sup>2</sup>MEAN R.H. : Humedad relativa media (%)
- <sup>3</sup>PCT SUN : Porcentaje de posible radiación solar
- <sup>4</sup>MEAN RAD : Radiación solar media
- <sup>5</sup>PRECIP. : Precipitación media (mm)
- <sup>6</sup>POT ET : Evapotranspiración potencial estimada
- <sup>7</sup>DEF PREC : Déficit de precipitación
- <sup>8</sup>DEP PREC : Precipitación confiable
- <sup>9</sup>MAI : Índice de disponibilidad de humedad.

TABLA 3. La topografía de las subregiones climáticas de la región central tropical de Sudamérica expresada en millones de hectáreas.

Subregión climática	Topografía (pendiente %)				Total	%
	Plano, pobremente drenado	Bien drenado				
		0-8%	8-30%	> 30%		
----- Millones de hectáreas -----						
A - Bosque lluvioso tropical	65	128	20	4	217	27
B - Bosque estacional semi-siempreverde	50	189	64	5	308	38
C - Sabanas Isohipertérmicas	31	76	13	9	129	16
D - Sabanas Isotérmicas	0	33	6	4	43	5
E - Bosque estacional decíduo	23	62	10	8	103	12
F - Bosques subtropicales	1	9	1	0	11	1
O - Otros tipos de bosques	0	0	2	6	8	1
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>497</b>	<b>116</b>	<b>36</b>	<b>819</b>	
<b>%</b>	<b>21</b>	<b>61</b>	<b>14</b>			<b>100</b>

1 TABLA 4. Distribución de suelos de la región central tropical de Sur  
 2 América a nivel de gran grupo. Clasificación tentativa.

3	Orden	Suborden	Gran Grupo	Millones de ha	%	
5	OXISOLS	Orthox	Haplorthox	150.0	18.3	
6			Acrorthox	62.0	7.6	
6			Umbriorthox	4.0	0.5	
7			Eutrorthox	0.8	0.1	
7		Ustox	Haplustox	53.0	6.5	
8			Acrustox	32.0	3.9	
8			Eustrustox	24.0	3.0	
9		Aquox	Plinthaquox	1.0	0.1	
10		TOTAL OXISOLS			327.0	40.1
11		ULTISOLS	Udults	Tropudults	82.0	10.1
12				Plinthudults	30.0	3.6
12				Paleudults	29.0	3.5
13				Rhodudults	4.0	0.5
13	Aquults		Tropaquults	37.0	4.4	
14			Plinthaquults	15.0	1.8	
14			Paleuquults	0.3	< 0.1	
15			Albaquults	0.1	< 0.1	
15	Ustults		Haplustults	8.5	1.0	
16			Rhodustults	4.9	0.6	
16			Paleustults	1.6	0.2	
17	TOTAL ULTISOLS			214.0	26.2	
18	ENTISOLS		Aquents	Fluvaquents	50.6	6.2
19		Tropaquents		8.8	1.1	
20		Psammaquents		3.9	0.5	
20		Hydraquents		1.1	0.1	
21		Psamments	Quartzipsamments	52.0	6.4	
22			Ustipsamments	6.1	0.7	
22			Tropopsamments	2.2	0.3	
23		Fluents	Tropofluents	16.0	2.9	
23			Ustifluents	0.7	0.1	
24			Xerofluents	0.7	0.1	
24		Orthents	Troporthents	9.4	1.1	
25			Udorthents	3.3	0.4	
25			Usorthents	1.1	0.1	
26	TOTAL ENTISOLS			155.9	19.1	

27 Cont.

1 TABLA 4. (Cont.)

2	3	3	3	3	3
	Order	Suborder	Gran Grupo	Millones de ha	%
4	ALFISOLS	Aqualfs	Tropaqualfs	19.1	2.3
5			Natraqualfs	< 0.1	< 0.1
6		Udalfs	Hapludalfs	18.4	2.3
7			Rhodudalfs	0.5	0.1
8		Ustalfs	Haplustalfs	12.7	1.6
9			Rhodustalfs	2.7	0.3
10			Paleustalfs	1.2	0.1
11		Xeralfs	Haploxeralfs	0.5	0.1
12				TOTAL ALFISOLS	55.1
13		INCEPTISOLS	Aquepts	Tropaquepts	19.1
14	Sulfaquepts			3.0	0.4
15	Humaquepts			1.0	0.1
16	Haplaquepts			< 0.1	< 0.1
17	Plinthaquepts			< 0.1	< 0.1
18	Tropopepts			Eutropepts	12.5
19	Dystropepts		Dystropepts	7.7	0.9
20			Ustropepts	6.6	0.8
21	Andepts		Dystrandeps	1.1	0.1
22				Hydrandeps	0.2
23	TOTAL INCEPTISOLS	51.3	6.3		
24	SPODOSOLS	Aquods	Tropaquods	11.0	1.4
25	MOLLISOLS	Aquolls	Haplaquolls	1.3	0.2
26			Argiudolls	< 0.1	< 0.1
27	TOTAL MOLLISOLS	1.3	0.2		
	ARIDISOLS	Orthids	Camborthids	1.2	0.1
	VERTISOLS	Uderts	Chromuderts	0.5	< 0.1
	HISTOSOLS	Hemists	Tropohemists	0.2	< 0.1
	TOTAL			817	100

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

TABLA 5. Muestras de perfiles representativos de suelos de mayor distribución de la región central de Sudamérica tropical.

Profundidad del horizonte	Arcilla	Arena	pH	C Org.	Intercambiable				CECE	Sat AI	P
					AI	Ca	Mg	K			
					----- meq/100 g -----						
cm	%	%	H <sub>2</sub> O	%					%	ppm	
OXISOL: Acrustox Típico (Latosol Vermelo Amarelo) FCC: Cdhakei. Estación Experimental Brasilia, Brasil <sup>1/</sup>											
0-12	45	28	5.1	1.87	1.8	0.2	0.08	8.6	86	1	
12-30	44	26	5.0	1.40	1.4	0.2	0.05	6.6	82	1	
30-50	48	25	5.2	1.04	0.6	0.2	0.03	5.2	67	x	
50-85	48	24	4.9	0.77	0	0.2	0.02	3.4	0	x	
85-125	50	22	5.3	0.50	0	0.2	0.01	1.9	0	x	
125-160	50	22	5.3	0.44	0	0.3	0.02	1.4	0	x	
160-200	48	22	5.9	0.49	0	0.2	0.01	1.2	0	x	
200-220+	40	31	5.7	0.26	0	0.3	0.02	1.0	0	x	
OXISOL: Acrorthox Háptico (Latosol Amarelo muito pesado) FCC: Chaek UEPAE-EMBRAPA, Est. Exp., Manaus, Brasil <sup>2/</sup>											
0-8	76	15	4.6	2.9	1.1	1.70	0.30	0.19	3.29	33	-
8-22	80	12	4.4	0.9	1.1	0.20	0.09	1.39	79	-	
22-50	84	8	4.3	0.7	1.2	0.20	0.07	1.47	82	-	
50-125	88	7	4.6	0.3	1.0	0.20	0.04	1.24	81	-	
125-265	89	5	4.9	0.2	0.2	0.20	0.11	0.51	39	-	
OXISOL: Haplorthox Alíco (Latosol Vermelho Amarelo Alíco) FCC: Ch. A 66,8 Km de Río Branco en dirección a Plácido de Castro, Edo. Acre, Brasil <sup>3/</sup>											
0-5	39	21	5.1	4.00	1.00	8.22	3.74	0.68	25.70	7	14
5-20	43	22	5.0	1.21	1.60	1.10	1.02	0.17	10.24	41	4
20-70	53	23	4.0	0.81	2.80	0.08	0.12	0.07	6.07	90	1
70-140	62	15	4.9	0.39	2.20	0.03	0.48	0.03	5.35	79	<1
140-170	63	13	5.4	0.27	1.40	0.05	0.20	0.03	3.78	81	<1

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Tabla 5 (Cont.) - Pág. 2

Profundidad del horizontes	Arcilla	Arena	pH	C Org.	Intercambiable				CECE	Sat. Al	P
					Al	Ca	Mg	K			
					----- meq/100 g -----						
cm	%	%	H <sub>2</sub> O	%					%	ppm	
ULTISOL: Paleudult Típico (Serie Yurimagua) FCC: Lhaek. Estación Exp. Yurimaguas, Perú <sup>4/</sup>											
0-7	15	67	4.0	1.5	0.8	1.60	0.10	0.12	2.62	31	-
7-48	23	57	3.5	0.5	3.2	1.60	0.10	0.08	4.98	64	-
48-67	25	57	3.5	0.5	4.4	0.80	0.10	0.08	5.38	82	-
67-157+	29	57	3.5	0.4	5.3	0.60	0.10	0.08	6.08	87	-
ULTISOL: Plinthaquult Alíco Oxíco (Laterita hidromórfica Alíca). FCC: Lhakg. Lat.8°46'S, Long.61°59'W. Municipio Porto Velho, Brasil <sup>5/</sup>											
0-40	28	42	3.8	2.90	5.20	0.15	0.04	0.07	17.62	4	2
40-100	30	52	4.0	2.21	5.20	0.16	0.03	0.07	14.97	95	3
100-130	6	90	4.5	0.16	2.20	0.11	0.01	0.03	3.47	93	1
130-160	20	64	4.5	0.19	5.60	0.11	0.01	0.04	6.47	96	<1
160-200	21	60	4.6	0.18	6.60	0.13	0.01	0.05	7.49	97	<1
ENTISOL: Quartzipsamment. Ustóxico (Areias Quartzosas). FCC: Shke. 6.9 km del camino S.J. Piauí - S. Méndez, Edo. Piauí, Brasil <sup>6/</sup>											
0-10	7	77	4.4	0.71	0.50	0.60	0.30	0.08	5.02	33	2
10-19	6	94	4.4	0.34	0.60	0.15	0.05	0.05	2.90	59	3
19-36	4	91	4.6	0.16	0.40	0.15	0.05	0.03	2.05	62	2
36-31	5	95	4.8	0.18	0.40	0.15	0.05	0.03	1.72	62	2
81-115	11	89	4.9	0.12	0.50	0.10	0.10	0.03	1.56	67	2

Cont.

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Tabla 5 (Cont.) - Pág.3.

Profundidad del horizonte	Arcilla	Arena	pH	C Org.	Intercambiable				CECE	Sat. Al	P
					Al	Ca	Mg	K			
cm	%	%	H <sub>2</sub> O	%	----- meq/100 g -----				%	ppm	
ENTISOL: Tropofluvent éutrico (Solo Aluvial Eutrófico). FCC: L. Lat.1°52'S, Long.67°41'W. Mun. Japuíra, Edo. Amazonas, Brasil <sup>7/</sup>											
0-10	17	50	5.5	2.23	5	5.7	1.8	0.59	13.0	5	17
10-80	12	72	5.1	0.66	32	1.7	0.7	0.11	5.7	32	14
80-90	12	65	5.6	0.35	25	2.1	1.0	0.11	6.2	25	16
90-180	10	74	5.3	0.33	24	1.7	0.7	0.09	5.0	24	19
ALFISOL: Tropudalf típico (Terra Roxa Estruturada Eutrófica). FCC: C. km 8 del camino Panelas, Altamira, Edo. Pará, Brasil <sup>8/</sup>											
0-8	40	44	7.0	2.51	0.01	25.24	2.28	0.28	29.16	3.4	8
8-26	49	28	7.3	0.84	0.11	5.96	0.70	0.27	8.91	1.4	2
26-60	50	24	6.9	0.53	0.01	3.22	0.65	0.10	5.55	0.23	2
60-100	56	23	6.4	0.26	0.11	2.47	0.43	0.09	5.34	0.32	3
100-130+	55	24	5.5	0.22	0.11	1.29	0.75	0.06	4.86	4.4	3
INCEPTISOL: Dystropept udóxico. FCC: Cha. Camino Travesía - Florencia, Mun. Florencia, Caldas, Colombia <sup>9/</sup>											
0-16	37	46.3	4.7	2.02	3.2	0.95	0.80	0.23	5.66	61	3.5
16-85	52	29.8	4.7	0.51	6.7	0.22	0.43	0.03	7.74	90	0.9
85-173	49	29.6	4.9	0.22	6.3	0.10	0.47	0.08	7.19	90	0
173-208	28	40.9	4.9	0.15	6.1	0.10	0.41	0.13	7.68	90	0
208-228	20	56.2	4.9	0.08	5.3	0.20	0.56	0.11	7.71	85	0
228-247	28	33.1	4.9	0.09	8.1	0.16	0.63	0.17	9.60	89	0
247-350	21	38.5	4.9	0.07	6.1	0.16	0.53	0.21	7.55	87	0

Cont.

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Tabla 5 (Cont.) - Pág. 4.

+ Trazas.

Notas:

1/Perfil 4 del Min. Agr. Bol. Téc. No.8

2/Perfil SBCS-4 de Camargo y Rodríguez, 1979

3/Perfil 89 de PROJ. RADAMBRASIL, Vol.12, 1976

4/Perfil Y-6 de Sánchez y Buol, 1974

5/Perfil 24 de PROJ. RADAMBRASIL, Vol.16, 1978

6/Perfil 1 de PROJ. RADAMBRASIL, Vol.1, 1973

7/Perfil 39 de PROJ. RADAMBRASIL, Vol.14, 1977

8/Perfil 8 de PROJ. RADAMBRASIL, Vol.5, 1974

9/Perfil 8 de BENAVIDES, 1973.



	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
TABLA 6 (Cont.)																												
ALFISOLS																												
Tropaqualfs		19.1	1.3	-	-	-	-	-	-	5.6	-	-	-	3.8	-	-	-	1.2	-	-	-	6.6	-	-	-	-	-	-
Natraqualfs		<0.1	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hapludalfs		19.4	0.1	10.3	6.5	1.1	-	-	-	1.1	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rhodudalfs		0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	
Haplustalfs		6.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	0.7	0.3	-	-	-	-	-	-	1.4	2.9	0.6	-	
Rhodustalfs		2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	1.0	0.3	0.1	-	
Palejstalfs		1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Haploxeralfs		0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	
TOTAL		48.3	1.5	10.3	6.5	1.0	5.6	1.1	0.3	3.8	1.9	0.7	0.3	1.2	0.6	0.1	1.2	0.6	0.1	0.1	0.1	6.6	2.9	3.2	0.7	-	-	
%		100.0	3.1	21.3	13.5	0.2	11.6	2.3	0.6	7.9	3.9	1.4	0.6	2.5	1.2	0.2	2.5	1.2	0.2	0.2	0.2	13.7	6.0	6.6	1.4	-	-	
INCEPTISOLS																												
Tropaquepts		19.1	3.3	-	-	-	6.3	-	-	-	-	-	-	3.2	-	-	-	-	-	-	-	2.3	-	-	-	-	-	
Sulfaquepts		3.0	-	-	-	-	2.4	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Humaquepts		1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	0.2	<0.1	<0.1	-	-	-	
Haplaquepts		<0.1	-	-	-	-	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Plinthaquepts		<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Eutropepts		12.5	-	3.5	2.0	1.8	-	1.2	<0.1	-	<0.1	0.3	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.4	0.4	-	
Dystropepts		7.7	-	0.9	0.1	0.1	-	0.7	0.8	0.3	-	-	-	-	-	0.4	1.8	-	0.2	0.2	0.2	-	0.2	0.9	0.7	-	-	
Ustropepts		6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.3	0.5	-	-	-	-	-	-	5.0	0.1	0.1	-	
Dystrandepts		1.1	0.2	0.9	<0.1	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hydrandepts		0.2	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL		44.9	3.5	5.3	2.1	1.9	9.2	2.5	0.8	0.3	4.5	0.5	0.7	2.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	2.5	5.5	1.4	1.2	-	-	
%		100.0	7.8	11.8	4.7	4.2	20.5	5.6	1.8	0.7	10.0	1.1	1.6	5.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	5.6	12.2	3.1	2.7	-	-	
SPODSOLS																												
Tropaquods		11.0	8.5	-	-	-	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
%		100.0	77.0	-	-	-	23.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MOLLISOLS																												
Haplaqueolls		1.3	0.8	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Argiudolls		<0.1	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL		1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
%		100.0	61.5	-	-	-	38.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ARIDISOLS																												
Cambiorthids		1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	
%		100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	
VERTISOLS																												
Chromuderts		0.4	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
%		100.0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HISTOSOLS																												
Tropohemists		0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	
%		100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	

\* Las subregiones climáticas F y O contribuyen con 18.2 millones de hect. solamente.

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

TABLA 7. Distribución de clases texturales de los suelos de las tierras bajas centrales de Sudamerica tropical por subregiones climáticas (A hasta E)\*y subdivisiones topográficas de acuerdo al sistema de clasificación de capacidad de fertilidad.

FCC Clases texturales	Subregión A - Bosques lluviosos				Subregión B - Bosque es- tac. semi-siempreverde				Subregión C - Sabanas isohipertérmicas				Subregión D - Sabanas isotérmicas				Subregión E - Bosques deciduos			
	Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado	
	0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%	
	----- Millones de hectáreas -----																			
L (franco)	22.1	19.1	11.0	3.7	26.9	42.5	16.5	3.5	4.6	19.8	7.7	6.0	0.1	5.7	7.1	5.1	6.2	12.2	4.9	3.1
LC (franco sobre arcilloso)	22.5	49.3	14.3	2.8	11.1	46.0	20.4	4.5	14.0	5.2	1.4	0.9	0.6	0.3	0.3	0.2	13.5	10.6	3.5	1.1
C (arcilloso)	7.1	23.0	13.3	3.8	14.8	60.6	25.4	6.3	8.0	20.7	4.8	1.1	0.2	15.8	4.5	0.3	1.7	2.2	0.5	0.2
S (arenoso)	4.6	1.4	-	-	3.2	6.0	0.7	0.1	1.4	15.2	1.8	0.1	-	0.8	0.3	0.6	1.7	30.8	3.3	1.9
SL (arenoso sobre franco)	6.8	5.0	0.3	-	1.4	2.6	0.7	0.1	1.4	1.1	0.2	-	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.7	0.3	-	-
LR (franco sobre roca)	-	0.5	1.2	1.8	0	0.8	3.8	2.2	<0.1	0.4	0.2	0.3	-	0.2	0.2	0.2	-	0.1	0.2	0.4
LS (franco sobre arenoso)	0.8	0.4	0.3	0.1	0.3	0.5	<0.1	-	<0.1	1.8	0.8	0.3	-	-	0.3	0.1	<0.1	-	-	-
SC (arenoso sobre arcilloso)	-	-	-	-	0.8	0.1	0.1	-	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1
CR (arcilloso sobre roca)	-	-	-	-	-	0.1	0.2	<0.1	-	0.2	0.8	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-
CL (arcilloso sobre franco)	1.2	0.2	-	-	<0.1	0.1	-	-	0.5	<0.1	-	-	-	-	-	-	0.7	-	-	-

\* Las subregiones F y O no se incluyen debido a porcentajes relativamente pequeños de suelos cubiertos por el estudio.

1 TABLA 8. Resumen de parámetros seleccionados de fertilidad de la región  
2 central de tierras bajas de Sudamerica tropical.

3 Parámetro y Rango	4 Suelo superficial (0-20 cm)		5 Subsuelo (21-50 cm)	
	6 Millon. ha	7 %	8 Millon. ha.	9 %
10 pH				
11 * A > 7.3	0.4	0.05	0.6	0.1
12 M 5.3-7.3	245.8	70.0	203.2	24.9
13 h < 5.3	570.8	30.1	613.0	75.0
14 % Materia orgánica				
15 A > 4.5	145.0	17.8	4.1	0.5
16 M 1.5-4.5	614.4	75.2	90.5	11.1
17 B < 1.5	57.6	7.0	722.4	88.4
18 % Sat. Al				
19 B 0-10	221.5	27.1	243.6	29.8
20 M 10-40	95.5	11.7	91.3	11.2
21 H 40-70	141.4	17.3	100.0	12.3
22 a > 70	358.6	43.9	382.0	46.8
23 Ca Intercambiable (meq/100 g)				
24 A > 4.0	163.7	20.0	68.1	8.3
25 M 0.4-4.0	338.3	41.4	184.6	22.6
26 B < 0.4	315.0	38.6	564.3	69.1
27 Mg Intercambiable (meq/100 g)				
28 A > 0.8	169.6	20.8	63.3	7.8
29 M 0.2-0.8	410.8	50.3	184.7	22.6
30 B < 0.2	236.6	29.0	568.9	69.6
31 K Intercambiable				
32 A > 0.3	97.4	12.0	6.3	0.7
33 M 0.15-0.3	240.8	29.5	105.6	12.9
34 k < 0.15	477.1	58.4	705.1	86.3
35 ECEC (meq/100 g)				
36 A > 8	255.6	31.3	119.6	14.6
37 M 4 - 8	319.0	39.0	283.3	49.9
38 e < 4	242.4	29.7	414.1	50.7
39 p** (ppm)				
40 A > 7	97.1	11.9	28.4	3.5
41 M 3 - 7	341.5	41.8	89.1	10.9
42 B < 3	378.3	46.3	699.4	85.6

Cont.

1 TABLA 8. (Cont.)

2

3 Parámetro y Rango	4 Suelo superficial (0-20 cm)		5 Subsuelo (21-50 cm)	
	6 Millon. ha	7 %	8 Millon. ha	9 %
10 <u>Fijación de Fósforo</u>				
11 i > 35% arcilla				
12 y % de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
13 libre/% arcilla				
14 > 0.15.	101.2	12.4		
15 0 Bajo	715.7	87.6		
16 U No estimado	< 0.1	< 0.1		

17

18 \*A= alto; H= alto; M= medio; B= bajo; h= ácido, FCC modificador en suelo  
 19 superficial; k= deficiente en K, FCC modificador en suelo superficial;  
 20 e= bajo CEC, FCC modificador en suelo superficial; i= FCC modificador  
 21 para fijación de P.

22 \*\*Por Bray II.

23

24

25

26

27

TABLA 9. La extensión areal de algunas propiedades químicas para el horizonte superficial (0-20cm) y subsuelo (21-50cm) dentro de las subdivisiones topográficas de las subregiones climáticas de la región central baja de Sudamérica tropical.

Parámetro y Rango	Subregión A - Bosques lluviosos				Subregión B - Bosque estac. semi-semibrevede				Subregión C - Sabanas isohipertérmicas				Subregión D - Sabanas isotérmicas				Subregión E - Bosques deciduos			
	Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.			
	0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%	
Millones de hectáreas																				
<b>pH</b>																				
<b>Suelo superficial (0-20 cm)</b>																				
A (> 7.3)	0.1	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M (5.3-7.3)	30.0	15.9	6.0	1.3	30.0	15.9	6.0	1.3	10.1	18.5	6.7	4.7	0.6	2.0	1.7	0.9	17.8	46.3	7.2	3.8
h (< 5.3)	28.5	143.3	61.8	15.6	28.5	143.3	61.8	15.6	24.6	46.0	10.9	6.0	0.3	20.8	11.1	5.5	6.5	9.8	6.0	3.7
<b>pH - Subsuelo (20-50 cm)</b>																				
A (> 7.3)	-	-	-	-	<0.1	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	-	-
M (5.3-7.3)	28.8	13.1	3.0	0.5	31.9	17.6	4.6	1.0	11.5	8.6	2.3	2.0	0.8	0.4	1.0	0.8	10.1	38.7	5.7	3.0
h (> 5.3)	36.23	85.8	37.4	11.6	26.5	141.5	63.2	15.9	23.2	55.9	15.3	8.7	0.1	22.4	11.7	5.6	14.2	17.4	7.6	4.5
<b>% Materia Orgánica Suelo superficial</b>																				
A (> 4.5)	27.3	13.9	4.0	13.6	22.8	18.3	3.9	0.3	19.1	12.2	4.9	4.5	0.9	0.4	0.9	0.3	2.5	2.7	0.9	0.8
M (1.5-4.5)	33.3	83.9	35.2	9.1	31.0	124.1	53.1	1.2	15.4	44.0	11.7	2.6	1.0	22.4	11.9	6.1	21.5	53.4	11.9	6.7
h (< 1.5)	4.5	1.1	1.2	1.7	4.8	16.8	10.8	15.3	0.3	8.3	1.0	3.5	-	-	-	-	0.4	0.2	0.4	-
<b>% Materia orgánica subsuelo</b>																				
A (> 4.5)	<0.1	<0.1	-	-	0.3	0.1	-	-	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M (1.5-4.5)	21.8	15.4	4.7	1.2	10.2	14.4	4.4	0.6	10.0	4.8	<0.1	<0.1	0.1	-	-	-	0.3	0.7	<0.1	-
B (< 1.5)	42.8	83.4	35.6	10.9	45.6	144.2	63.4	16.2	24.5	59.7	17.6	10.7	0.8	22.9	12.8	6.4	24.1	55.7	13.2	7.5
<b>% Sat. A1 Suelo superficial</b>																				
a (> 70)	24.7	70.2	23.8	6.0	14.3	94.0	42.8	10.3	3.8	20.1	6.2	5.0	0.3	14.8	6.9	2.6	0.4	4.4	4.2	2.7
H (40-70)	7.6	8.9	9.6	4.6	3.3	36.8	13.4	3.4	7.6	10.1	4.1	2.6	0.1	2.6	3.6	2.8	7.1	5.5	1.8	1.2
M (10-40)	5.9	2.13	0.3	0.2	14.0	14.2	6.6	2.4	13.4	19.9	2.1	0.5	0.1	4.1	1.2	0.3	2.2	0.5	0.4	0.5
B (< 10)	26.8	17.7	6.8	1.2	26.8	14.2	5.0	0.8	9.9	14.4	5.3	2.6	0.4	1.2	1.1	0.8	14.8	46.0	6.8	3.1
<b>Sat. A1 Subsuelo</b>																				
a (> 70)	25.9	73.4	23.4	6.0	20.1	115.0	42.8	9.2	3.7	17.6	3.1	3.9	0.1	4.4	1.4	0.2	8.7	10.9	4.7	2.9
H (40-70)	11.1	5.6	7.7	2.1	3.6	17.1	8.0	1.3	9.4	10.6	3.5	1.0	-	3.4	3.4	1.3	4.0	2.8	1.2	1.0
M (10-40)	0.6	6.5	6.3	3.4	6.4	11.6	8.8	3.5	5.8	14.5	3.0	1.0	<0.1	10.4	4.3	1.3	0.3	1.3	0.3	0.2
B (< 10)	27.5	13.4	3.1	0.6	28.5	15.5	8.2	2.8	15.7	21.8	8.0	4.8	0.8	4.7	3.6	3.6	11.5	41.2	7.0	3.4
<b>K Intercambiable (meq/100 g) Suelo superficial</b>																				
A (> 0.3)	22.5	7.2	1.7	1.8	25.3	12.8	5.9	0.9	5.8	2.8	0.1	0.1	-	-	-	-	0.5	2.0	0.9	0.8
M (0.15-0.3)	18.9	29.6	11.5	3.3	11.1	46.4	19.3	5.1	17.2	17.5	7.0	5.9	0.6	0.5	2.0	0.5	10.6	11.4	3.6	1.5
k (< 0.15)	23.6	62.1	27.2	7.0	22.1	100.1	42.6	10.8	11.7	43.8	10.5	4.7	0.3	18.1	10.8	5.8	13.4	43.0	8.7	5.2
<b>K Intercambiable (meq/100 g) Subsuelo</b>																				
A (> 0.3)	0.7	<0.1	-	-	1.1	1.0	-	-	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	1.9	-	-
M (0.15-0.3)	13.3	3.8	1.7	1.8	14.8	9.9	5.3	1.0	10.9	8.4	3.1	2.2	0.4	0.9	0.7	0.2	6.2	4.7	2.9	0.7
k (< 0.15)	51.0	94.9	38.6	10.3	42.6	148.2	62.5	15.8	23.3	5.6	14.5	8.5	0.5	21.9	12.1	6.2	17.8	49.8	10.4	0.7

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

TABLA 9. (Cont.)

Ca Intercambiable  
(meq/100 g)

Suelo superficial

A ( > 4.0)	27.1	19.9	8.2	2.8	23.8	20.4	8.9	3.0	12.4	6.0	32.5	1.9	0.1	0.8	0.5	0.1	3.9	5.4	3.7	1.5
M (0.4- 4.0)	26.8	51.3	15.3	4.4	20.2	48.8	23.6	6.1	12.3	17.0	4.6	6.2	0.5	6.1	3.2	1.2	17.8	47.7	7.9	5.3
B ( < 0.4)	11.2	27.7	16.9	4.9	14.6	90.0	35.3	7.8	10.0	41.5	9.7	2.7	0.3	16.0	9.0	5.1	2.7	3.2	1.7	0.7

Ca Intercambiable  
(meq/100 g)

Subsuelo

A ( > 4.0)	7.5	12.5	6.5	1.2	12.8	6.2	1.2	0.1	6.5	0.6	-	-	0.1	-	-	-	1.8	2.2	0.9	0.8
M (0.4- 4.0)	36.7	23.4	4.1	1.7	23.5	15.9	9.2	1.5	11.3	10.4	4.5	2.8	0.6	1.0	0.8	0.2	9.6	9.8	4.2	1.9
B ( < 0.4)	20.9	63.0	29.9	9.1	22.2	137.00	57.4	15.3	16.9	53.5	13.1	8.0	0.3	21.9	12.0	6.2	13.1	44.4	8.1	4.8

Mg Intercambiable  
(meq/100 g)

Suelo superficial

A ( > 0.8)	23.0	15.7	7.7	2.8	28.6	25.4	10.8	3.4	11.2	6.9	3.3	1.9	0.1	0.8	0.5	0.1	3.8	5.5	3.7	1.5
M (0.2-0.8)	29.8	48.5	11.9	4.2	17.8	33.8	31.0	7.1	15.3	28.3	8.2	4.2	0.5	16.6	9.7	5.1	17.9	47.4	8.2	5.8
B ( < 0.2)	12.3	34.7	20.7	5.1	12.1	50.1	26.0	6.4	8.2	29.2	6.2	4.7	0.3	5.5	2.6	1.2	2.7	3.5	1.4	0.3

Mg Intercambiable  
(meq/100 g)

Subsuelo

A ( > 0.8)	5.0	11.3	6.4	1.2	15.6	6.1	1.0	0.1	7.9	1.0	<0.1	<0.1	-	-	-	-	1.7	2.2	0.9	0.8
M (0.2-0.8)	24.3	17.4	3.4	1.8	24.0	33.7	14.7	3.7	9.1	10.2	4.3	2.6	0.7	1.4	1.0	0.3	7.6	4.3	3.4	0.9
B ( < 0.2)	35.7	70.2	30.7	9.1	18.9	119.5	52.0	13.0	17.6	53.2	13.3	8.1	0.3	21.5	11.8	6.1	15.1	49.8	9.0	5.8

ECEC (meq/100g)

Suelo superficial

A ( > 8)	44.0	34.5	8.0	1.3	36.2	5.0	1.6	4.3	15.2	7.4	3.2	2.0	0.2	0.8	0.5	<0.1	5.2	5.6	0.4	1.5
M (4 - 8)	14.8	53.4	27.2	9.9	18.4	62.9	33.1	10.6	9.1	16.1	4.2	4.7	0.4	5.6	3.1	1.2	17.6	16.6	2.1	1.6
e ( < 4)	5.8	10.9	5.2	0.8	3.9	48.5	18.2	1.9	10.3	40.9	10.1	4.1	0.3	16.4	9.1	5.1	1.6	34.1	7.4	4.4

ECEC (meq/100 g)

Subsuelo

A ( > 8)	16.7	18.4	0.7	1.3	25.1	20.8	5.9	<0.6	10.3	1.3	-	-	0.1	-	-	-	<0.1	0.2	0.8	0.9
M (4 - 8)	43.3	41.6	8.6	3.2	22.1	66.8	31.6	9.1	8.2	8.4	4.6	4.4	0.7	1.4	1.0	0.3	8.0	6.1	3.3	5.9
e ( < 4)	5.1	38.9	24.4	7.6	11.3	71.5	30.3	7.3	16.0	54.7	13.0	6.3	0.1	21.5	11.8	6.1	15.9	48.3	9.0	0.7

TABLA 10. La extensión areal de las combinaciones de modificadores del sistema de clasificación de capacidad de fertilidad (FCC)\* de los suelos de la región central baja de Sudamérica tropical.

FCC combinación de modificadores.*	Millones de hectáreas	FCC combinación de modificadores*	Millones de hectáreas
g	79.75	dh	6.4
gak	2.6	dhe	0.1
gake	2.1	dhi	3.3
gb	0.7	dhh	5.4
gdsn	< 0.1	dhke	30.8
ga	19.3	dhkei	1.31
gai	0.5	dhki	0.3
gak	13.7	di	3.7
gake	3.6	dk	12.6
gh	17.6	dke	39.5
ghi	0.2	a	63.1
ghk	16.4	ae	10.3
ghke	12.1	ai	2.0
gi	0.6	ak	145.6
gk	11.5	ake	44.5
gke	0.4	akei	14.8
gkei	1.2	aki	16.2
gs	0.1		
d	43.3	h	23.7
da	1.7	hc	3.0
dae	0.6	he	2.0
daei	2.3	hei	4.3
daek	1.0	hi	1.1
daeki	0.3	hix	0.2
dai	3.1	hk	22.0
dak	1.8	hke	3.4
dake	28.7	hkei	8.1
dakei	28.5	hki	1.5
daki	1.4	e	<0.1
db	0.4	i	0.1
dei	2.1	ix	1.1
dg	1.1	h	6.2
		Sin modificadores	42.4
		TOTAL	816.9

\* Nota: g= gley; d= seco; a= Al tóxico; h= ácido; e= CEC bajo; i= fijación de fósforo; k= deficiencia en potasio; n= nátrico; s= salino; x= amorfismo de rayos-x; c= arcilla cat. (Ver referencia para más detalles).

TABLA 11. Niveles de fósforo en suelos de la región central baja de Sudamérica tropical por subregiones climáticas (A hasta E)\* y subdivisiones topográficas (las cifras porcentuales se refieren a las pendientes).

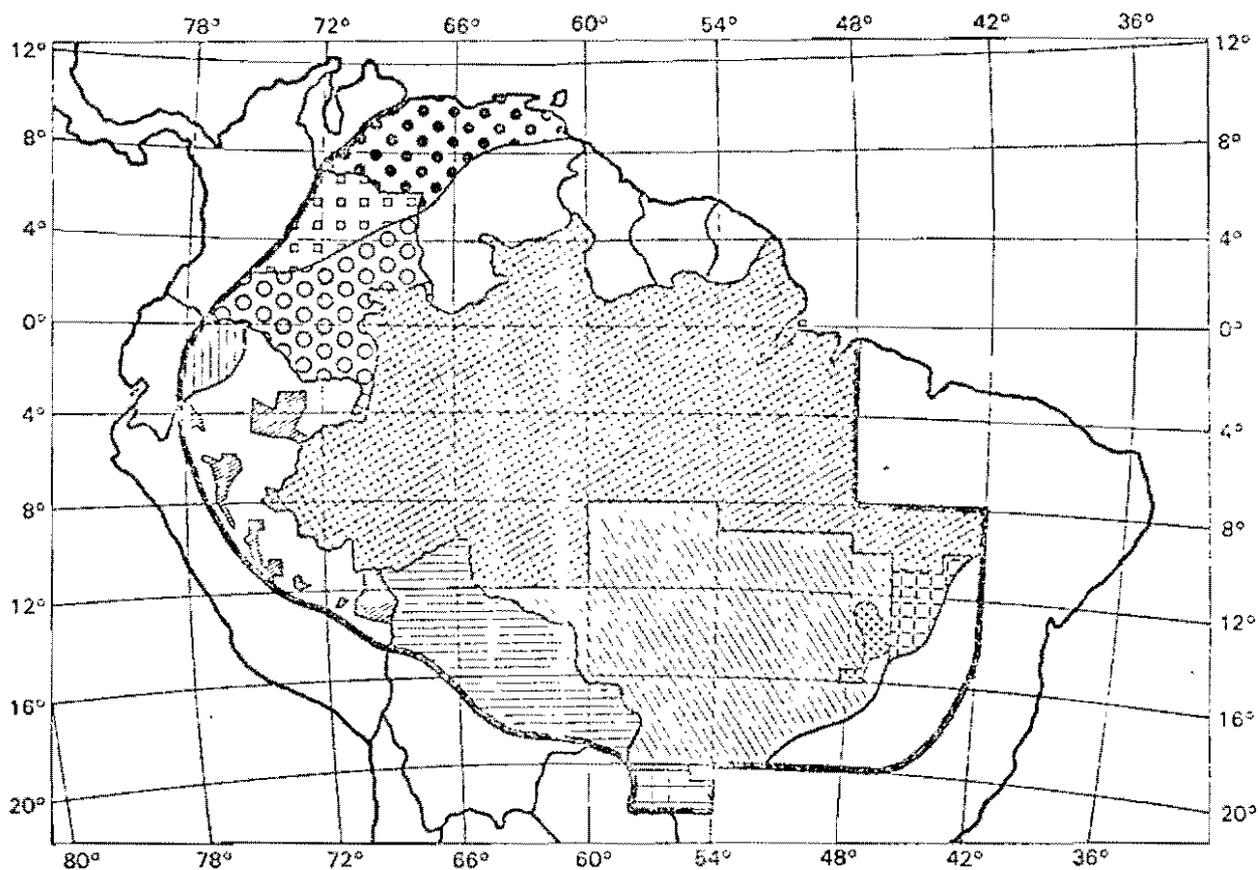
	Subregión A - Bosques lluviosos				Subregión B - Bosque estac. semi-siempreverde				Subregión C - Sabanas isohipertérmicas				Subregión D - Sabanas isotérmicas				Subregión E - Bosques deciduos			
	Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado	
	0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%	
----- Millones de hectáreas -----																				
<b>Suelo superficial</b>																				
<b>Fósforo - P**</b>																				
<b>(0-20 cm profund.)</b>																				
Alto (> 7 ppm)	24.0	13.2	1.1	0.2	21.8	17.7	3.8	0.2	2.4	0.9	0.3	0.7	-	-	-	-	2.1	3.5	0.9	0.8
Medio (3-7 ppm)	27.6	32.3	14.5	5.1	27.0	47.9	18.1	2.9	13.6	20.5	7.8	6.8	0.9	5.5	3.0	1.5	21.6	51.2	11.7	6.2
Bajo (< 3 ppm)	13.5	53.4	24.8	6.8	9.7	93.6	45.9	13.7	18.7	43.0	9.8	3.9	0.1	17.34	9.8	4.9	0.7	1.7	0.7	0.5
TOTAL	65.1	98.9	40.4	12.1	58.5	159.2	67.8	16.8	34.7	64.4	17.9	11.4	1.0	22.9	12.8	6.4	24.4	56.36	13.3	7.5
%	30.1	45.7	18.7	5.6	19.4	52.7	22.4	5.6	27.2	50.6	13.8	8.4	2.2	53.2	29.7	14.9	24.0	55.5	13.1	7.4
<b>Subsuelo</b>																				
<b>Fósforo - P**</b>																				
<b>(20-50 cm profund.)</b>																				
Alto (> 7 ppm)	9.4	4.1	0.5	0.1	6.6	2.8	1.1	0.2	0.5	0.2	-	-	-	-	-	-	0.4	1.9	<0.1	1.0
Medio (3-7 ppm)	16.3	13.2	1.5	0.2	15.8	19.2	4.1	16.4	7.7	2.0	1.1	2.6	0.1	-	-	-	1.0	1.4	<0.1	-
Bajo (< 3 ppm)	39.4	81.6	38.4	11.7	36.2	137.2	62.6	0.3	26.5	62.2	16.5	8.1	0.8	22.9	12.8	6.4	23.0	53.1	13.2	7.4
TOTAL	65.1	98.9	40.4	12.0	58.6	159.2	67.8	16.9	34.7	64.4	17.6	10.7	0.9	22.9	12.8	6.4	24.4	56.4	13.2	8.4
%	30.1	45.7	18.7	5.6	19.4	52.7	22.4	5.6	27.2	50.6	13.8	8.4	2.2	53.2	29.7	42.8	20.0	55.5	13.1	7.4
<b>Fijación</b>																				
<b>Fósforo - P***</b>																				
<b>(0-20 cm profund.)</b>																				
I, Fijación	3.3	7.3	4.2	1.1	1.6	19.9	7.1	1.4	3.9	19.9	5.5	4.5	-	13.0	3.4	0.3	0.1	2.1	0.4	0.2
O, Sin fijación	61.7	91.6	35.2	11.0	56.9	139.4	60.7	15.4	30.8	44.5	4.5	6.2	1.0	9.8	9.4	6.1	24.3	54.3	12.9	7.3
U, Sin datos	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	65.0	98.9	40.4	12.1	58.5	159.3	67.8	16.8	34.7	64.4	10.0	10.7	1.0	22.8	12.8	6.4	24.4	56.4	13.3	7.5
%	30.1	45.7	18.65	5.6	19.4	53.	22.4	5.6	27.2	50.6	13.8	8.4	2.2	53.2	29.7	14.9	24.0	55.5	13.1	7.4

\* Las subregiones F y O no se incluyen debido a su escasa extensión.  
 \*\* Los niveles se refieren a Bray II.  
 \*\*\* Definición del modificador FCC (> 35% arcilla, % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> libre/% arcilla >.15)

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

TABLA 12.  
 Composición química promedio (0-20 cm) de un Latosol Amarillo muy arcilloso (Oxisol) bajo bosque y pastura de *P. maximum* (diferentes edades) en la región de Paragominas, Pará, Brasil. Fuente: Falasi (Serrao et al., 1978)

Suelo superficial	Arcilla total	M.O.	N	pH (H <sub>2</sub> O)	Cationes intercambiables			disponible		Sat. de Al %
					Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	K	P	
					meq/100 g	---	ppm	---	%	
Bosque	65	2.79	0.16	4.4	1.47	1.8	23	1	53	
1 año pastura	50	2.04	0.09	6.5	7.53	0.0	31	10	0	
3 años pastura	60	3.09	0.18	6.9	7.80	0.0	78	11	0	
4 años pastura	55	2.20	0.11	5.4	3.02	0.2	62	2	6	
5 años pastura	50	1.90	0.10	5.7	2.81	0.2	66	3	6	
6 años pastura	51	1.90	0.09	6.0	3.84	0.0	74	7	0	
7 años pastura	48	1.77	0.08	5.7	2.61	0.0	47	1	0	
8 años pastura	52	1.69	0.08	5.4	2.10	0.0	39	1	0	
9 años pastura	50	2.34	0.11	5.9	4.10	0.1	70	2	2	
11 años pastura	45	3.37	0.15	6.0	4.10	0.0	86	1	0	
13 años pastura	62	2.80	0.20	5.6	4.80	0.0	54	1	0	



- |  |  |  |
|--|--|--|
| <p> Area cubierta por los siguientes estudios:<br/>         (1) PROYECTO RADAMBRASIL, Volúmenes 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 (1974-1978); incluye 1.215 perfiles de suelos y 907 perfiles parcialmente descritos con análisis para evaluación de fertilidad.<br/>         (2) EMBRAPA, Bol. No. 17 (1975). Incluye 97 perfiles de suelos más 960 análisis de muestras superficiales.<br/>         (3) SOMBROEK (1966); incluye 47 perfiles de suelo.</p> <p> Area cubierta con una parte del estudio No. (2) y (3) mencionados arriba.</p> <p> Area cubierta con el estudio de EMBRAPA, Vol. No. 38 (197); incluye 67 perfiles de suelo, 35 perfiles complementarios, y 128 muestras superficiales, análisis para evaluación de fertilidad. También cubierto con parte de los estudios No. (1) y (2) mencionados arriba.</p> <p> Area cubierta con estudios de EMBRAPA, Bol. No. 53 (1977), y EMBRAPA (1975); incluye 81 perfiles de suelo, 96 perfiles complementarios; y 112 muestras con análisis para evaluación de fertilidad. También cubierto con una parte del estudio No. (2) mencionado arriba.</p> <p> Area cubierta con el estudio de EMBRAPA, Bol. No. 18 (1971); incluye 178 perfiles de suelo y 676 muestras superficiales con análisis para evaluación de fertilidad.</p> | <p> Area cubierta con el estudio de COCHRANE (1973); incluye 209 perfiles de suelo.</p> <p> Area cubierta con estudios de ONERN (1967-1978) Nos. 8, 14, 17, 26, 39, 40, 46 y 49. Incluye 195 perfiles de suelos.</p> <p> Area cubierta con los estudios de ORSTOM, INIAP y MAG de Ecuador, con descripciones de suelos y datos químicos generalizados.</p> <p> Area cubierta con estudios de BENAVIDES (1973), 9 perfiles de suelos; y por CORTES et al. (1973), 19 perfiles.</p> <p> Area cubierta con el estudio de FAO, (1965); incluye 139 perfiles de suelo; y otros.</p> <p> Area cubierta con estudios de COPLANARH, MOP, MAC, MARNR, etc. de Venezuela. Numerosos perfiles de suelos disponibles y datos químicos generalizados.</p> <p> Area cubierta con estudios de suelos más generalizados, incluyendo SCHARGEL (1978). También incluye el Mapa de Suelos del Mundo, FAO-UNESCO, (1971).</p> | <p>También cubierto con una parte del estudio No. (2) mencionado arriba.</p> |
|--|--|--|

Figura 1. PRINCIPALES ESTUDIOS DE SUELOS USADOS COMO FUENTE DE INFORMACION

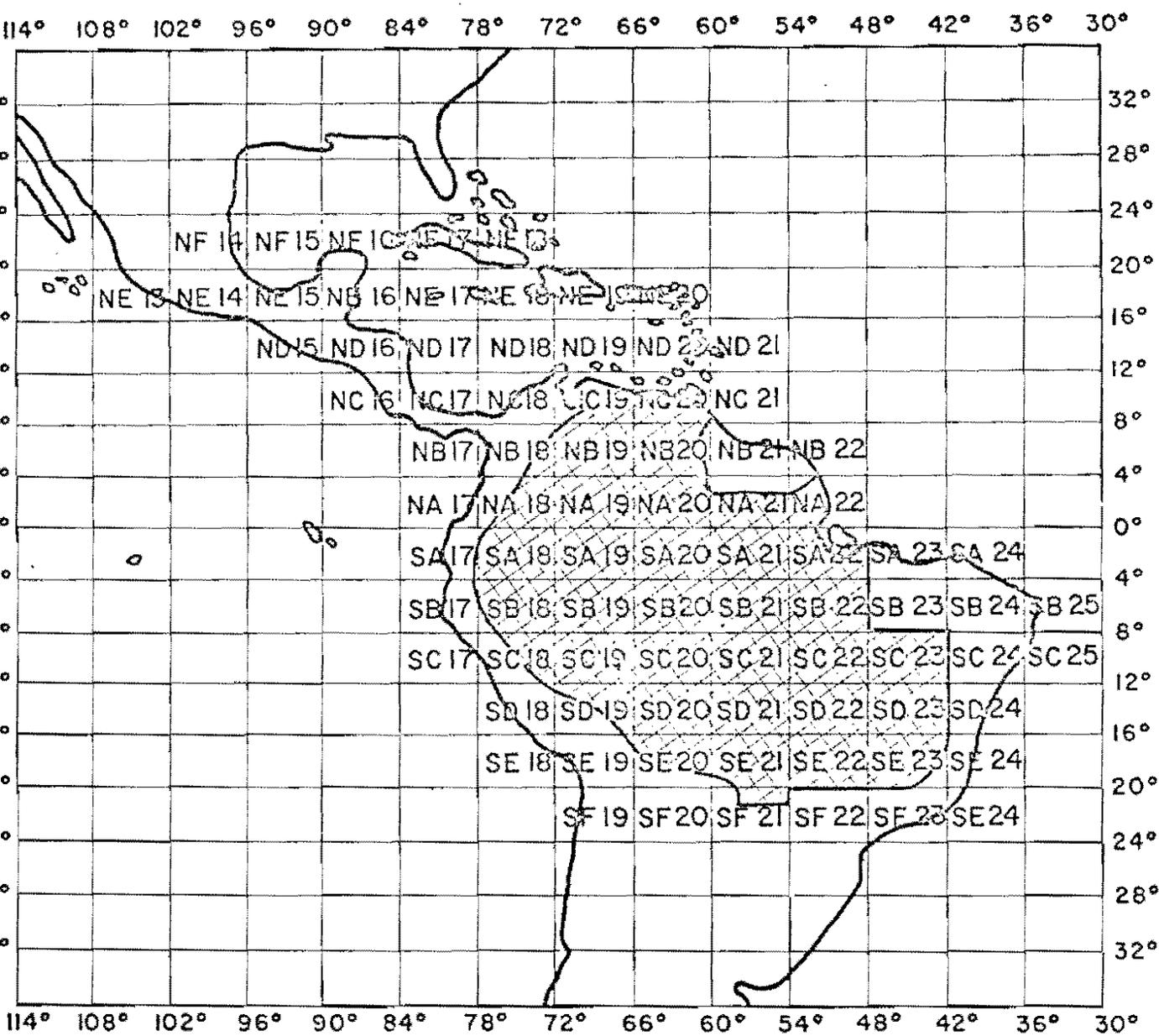
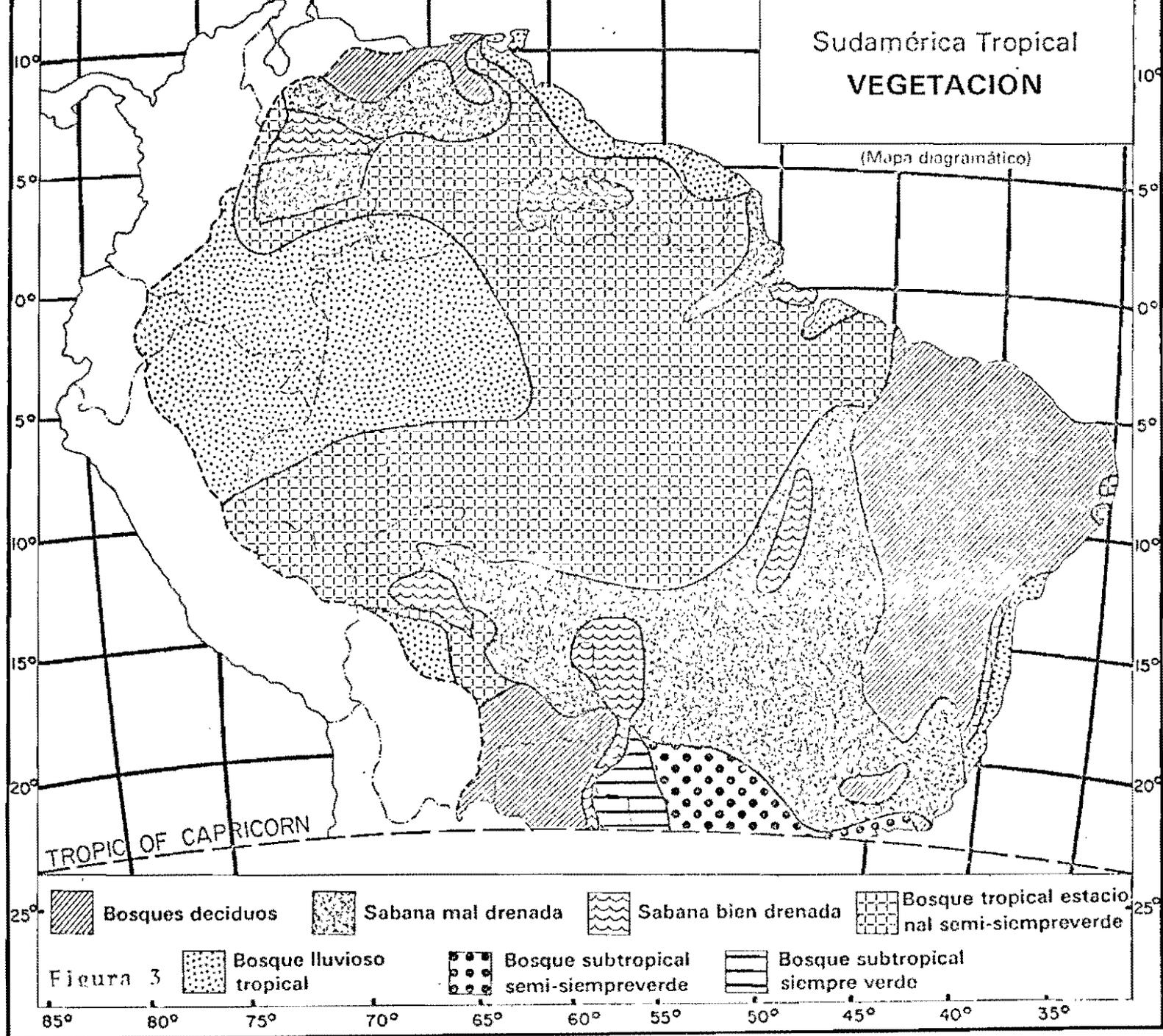


Figura 2. Cobertura de mapas de sistemas de tierras de CIAT de la región central de Sudamerica tropical. Los códigos se refieren al índice del mapa del mundo al millonésimo.

# Sudamérica Tropical VEGETACION

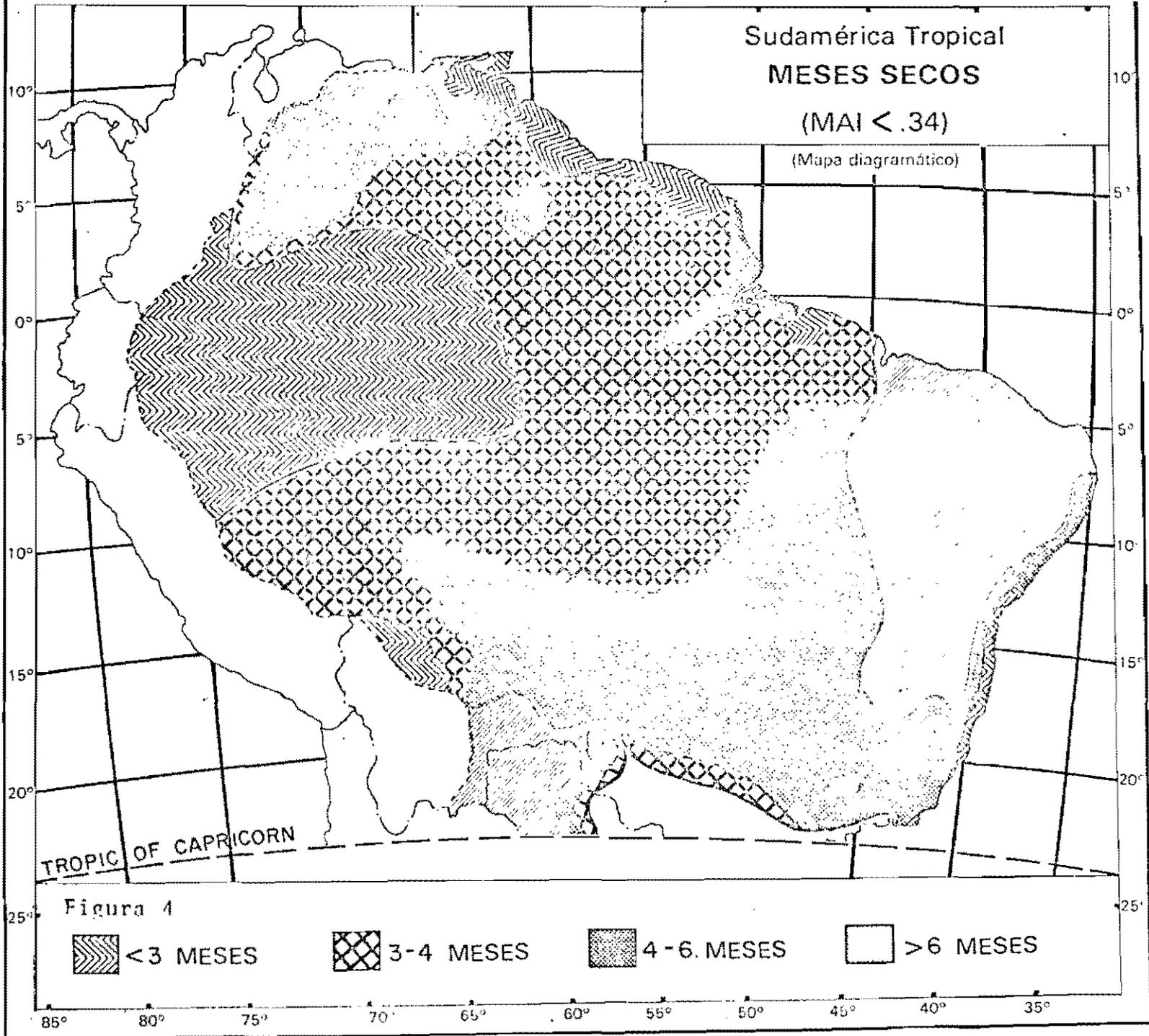
(Mapa diagramático)



Sudamérica Tropical  
MESES SECOS

(MAI < .34)

(Mapa diagramático)



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

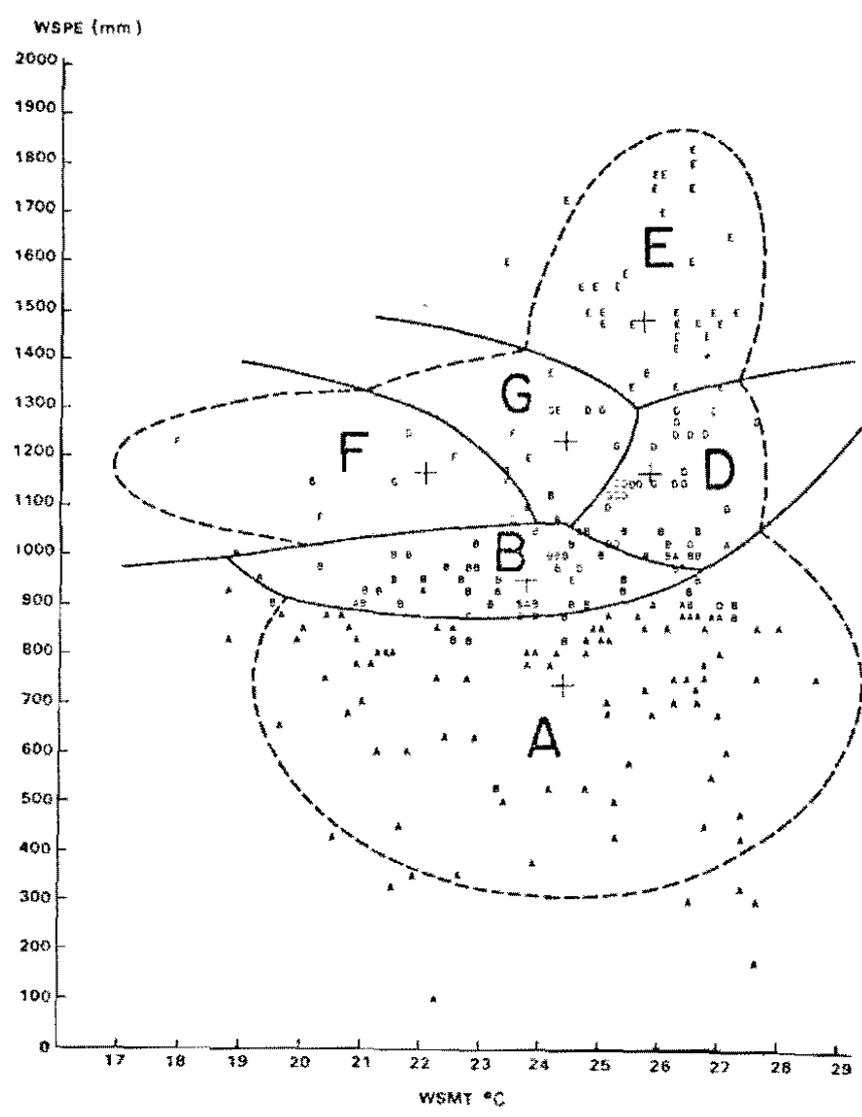


Figura 5.  
 Diagrama agrupado de clases de vegetación a través de Sudamerica tropical en términos de evapotranspiración potencial total en época de lluvia y temperatura media mensual en época de lluvia (Cochrane y Jones 1980).

A Bosque deciduo	E Bosque húmedo tropical
B Sabana bien drenada	F Bosque subtropical
D Bosque estacional semi-siempreverde	G Bosque subtropical siempreverde.

Nota: Las líneas completas muestran la equiprobabilidad de asignación. Las líneas trazas son elipsoides de 95% de confianza para las clases de vegetación.

Sudamérica tropical  
EVAPOTRANSPIRACION  
POTENCIAL TOTAL EN LA  
EPOCA HUMEDA (mm) DEN-  
TRO DE LAS ZONAS DE  
VEGETACION PRINCIPAL

(Mapa diagramático)

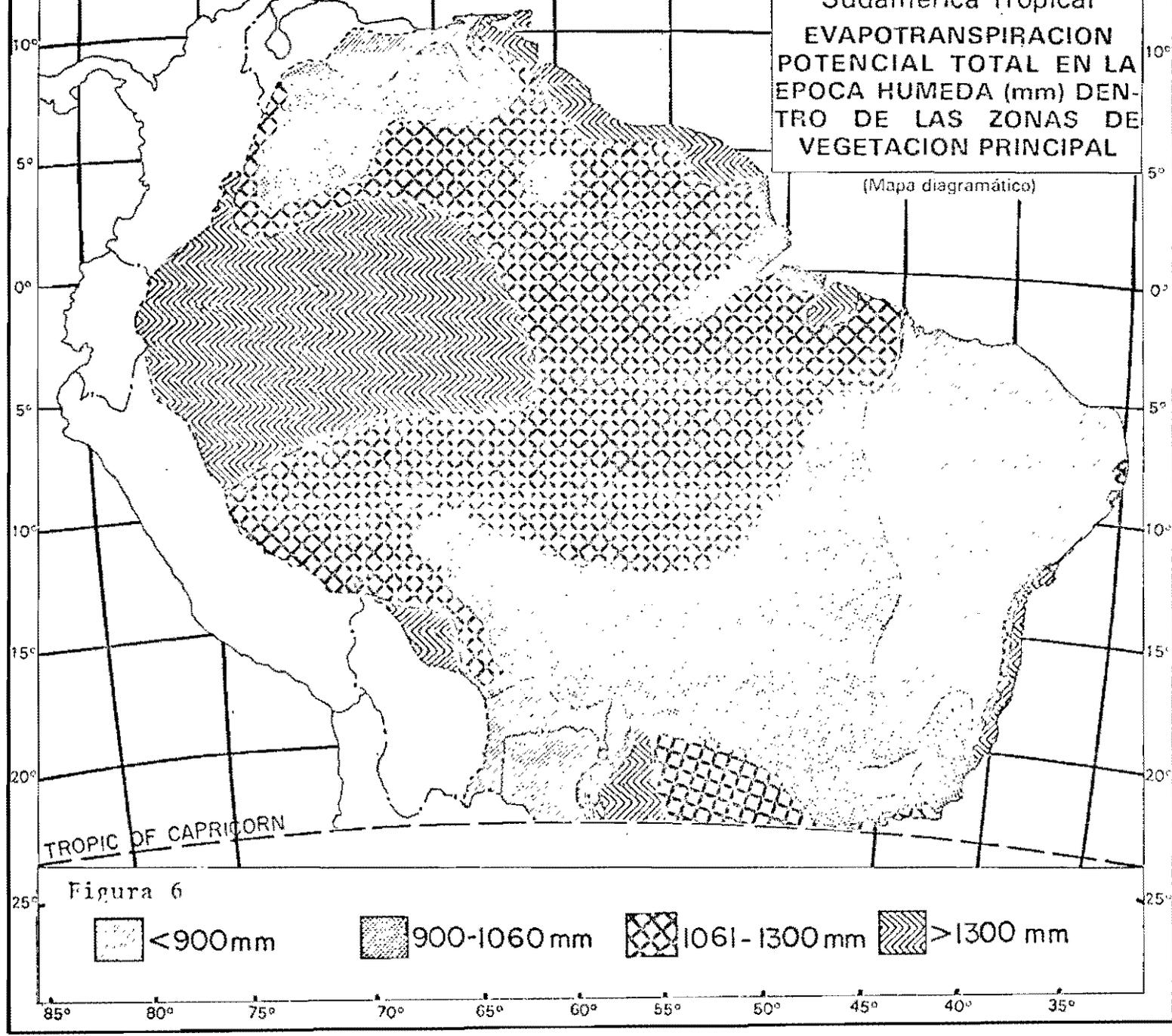


Figura 6

 <900 mm     900-1060 mm     1061-1300 mm     >1300 mm

85° 80° 75° 70° 65° 60° 55° 50° 45° 40° 35°

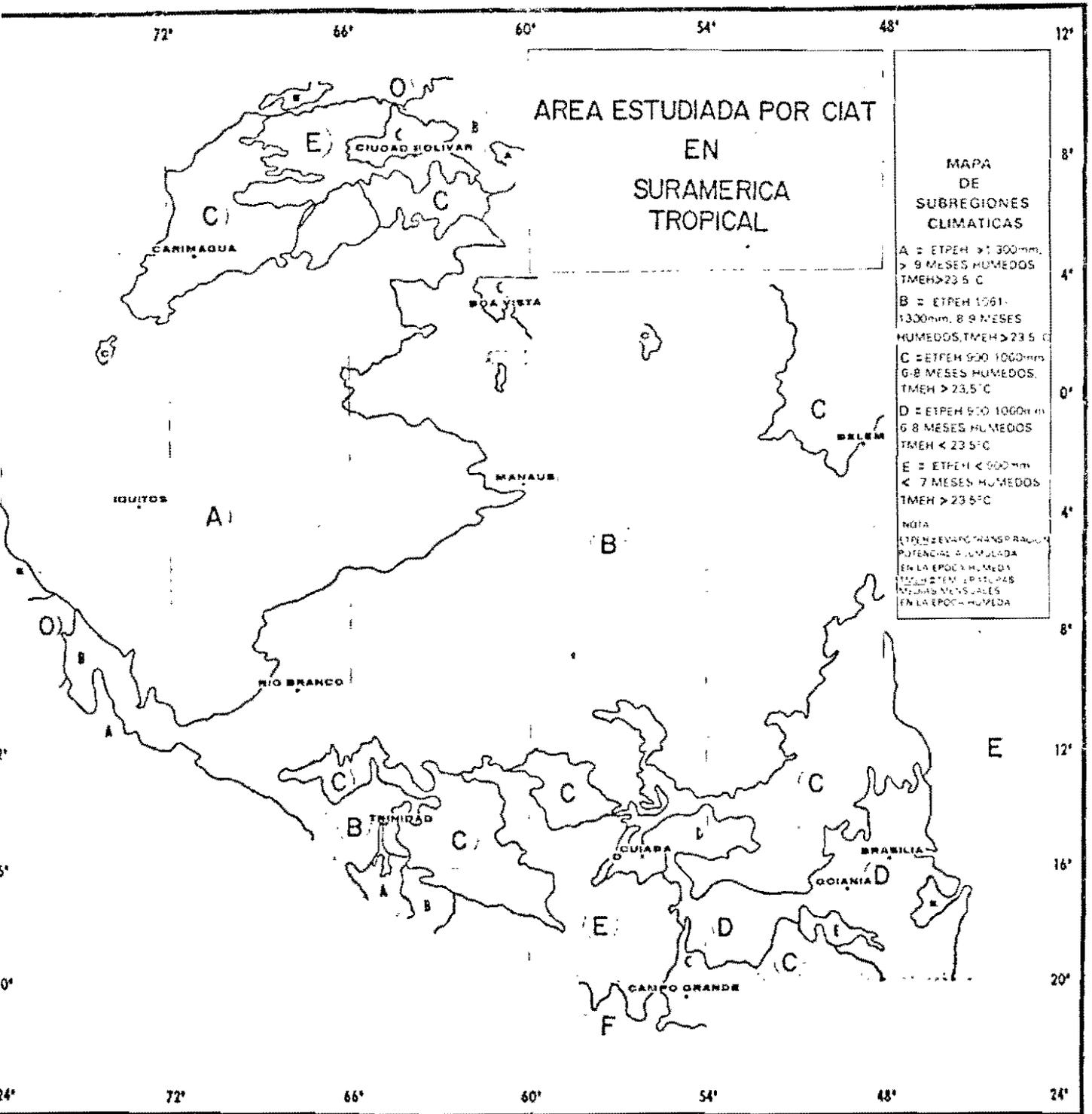
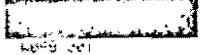


Figura 7. Mapa computarizado de Subregiones climáticas.

83RUG73 C 507-05/1049-02 N 507-06/1049-34 MSS 7 D SUN EL45 A2055 100-5240-B-1-N-D-IL NERSA ERTS E-1276-12514-7 01

1049-30

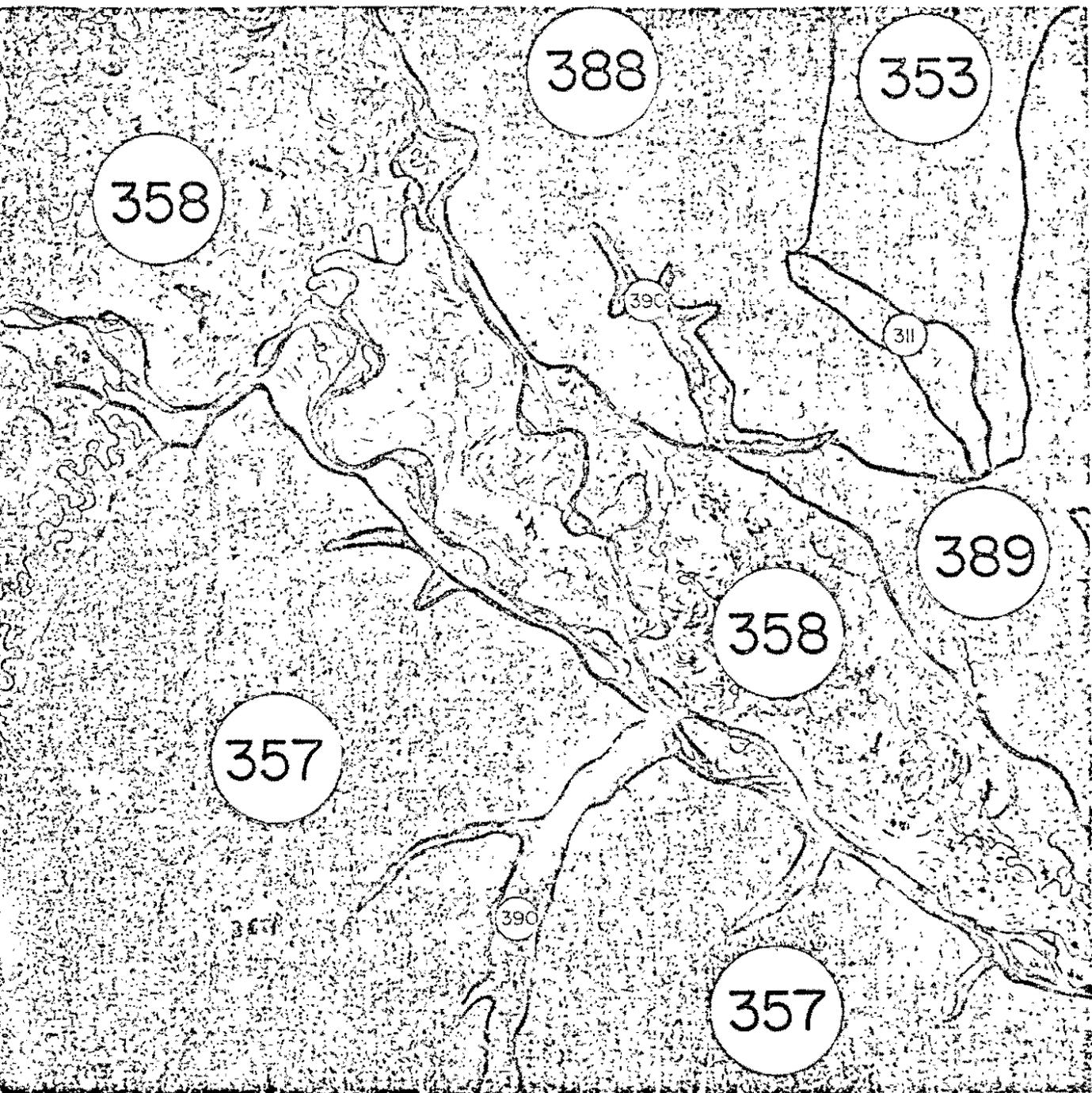
1049-001



Concep.  
de  
Araguaia

83RUG73 C 508-32/1049-02 N 508-32/1049-54 MSS 7 D SUN EL44 A2050 100-5240-B-1-N-D-IL NERSA ERTS E-1376-12521-7 01

Figura 8a.  
Delineación de sistemas de tierras sobre  
imágenes de satélite



RADAR IMAGE

Figura 8b.  
Delineación de sistemas de tierras sobre  
imágenes de radar

LANDFORM DIAGRAM, (Land system N° 257)  
 SUBDIVISION OF LANDSCAPE INTO FACETS

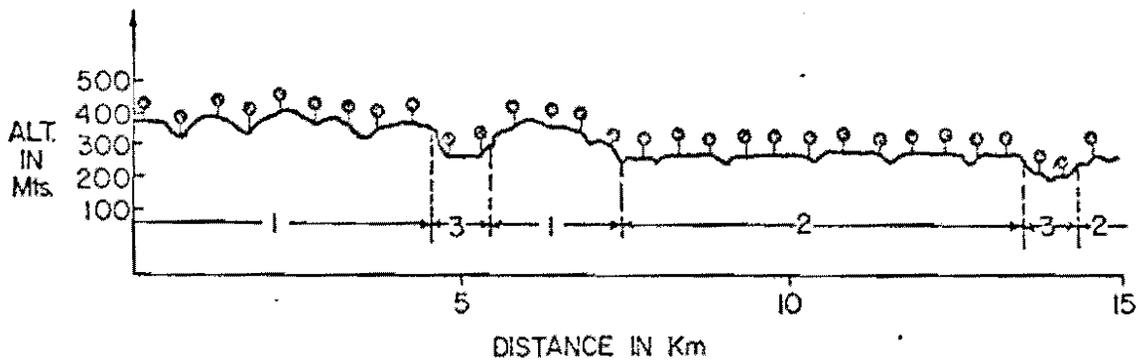


Figura 9. Diagrama de la forma de la tierra mostrando la Subdivisión del paisaje en facetas.

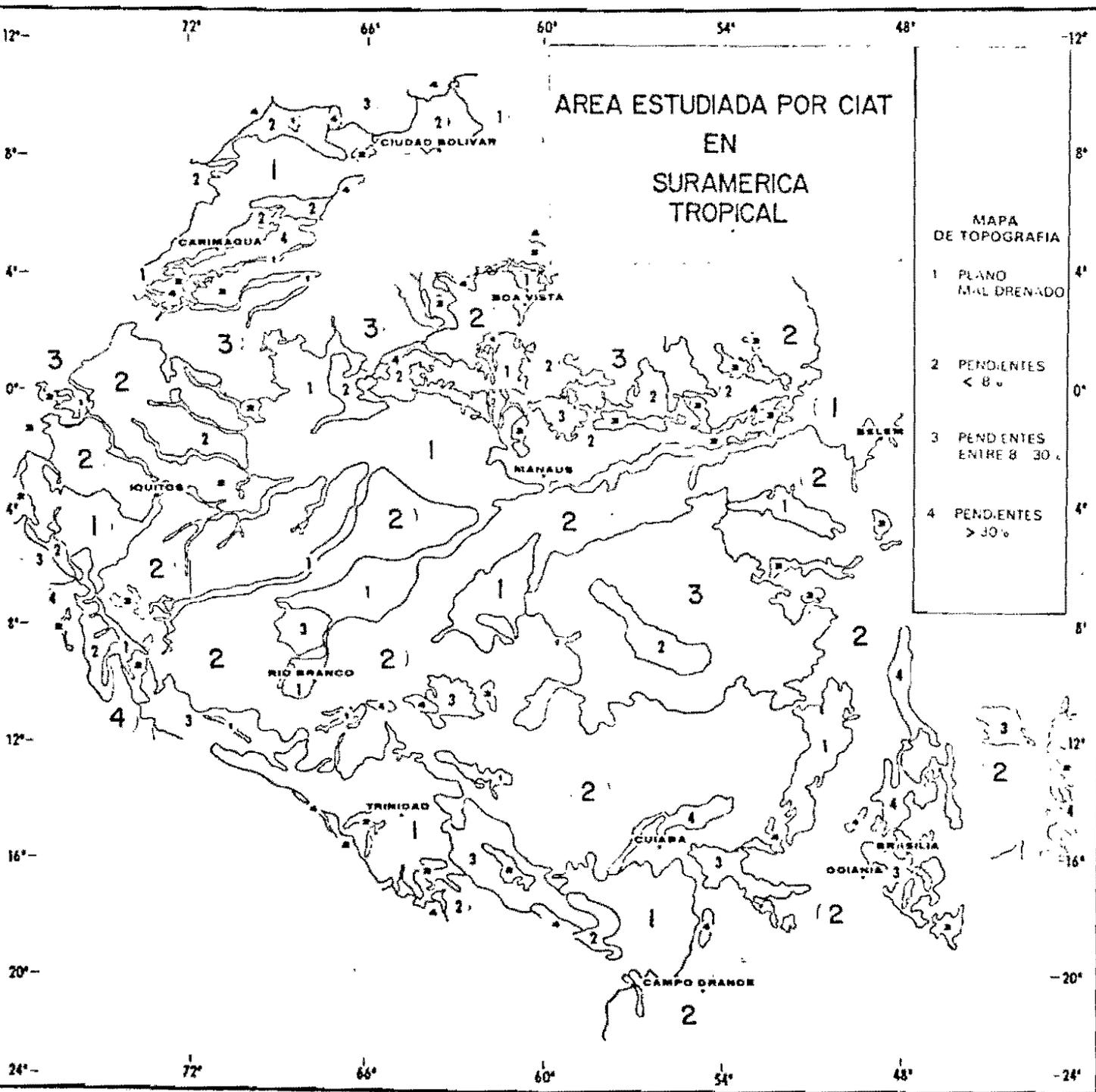


Figura 10. Mapa computarizado de topografía.

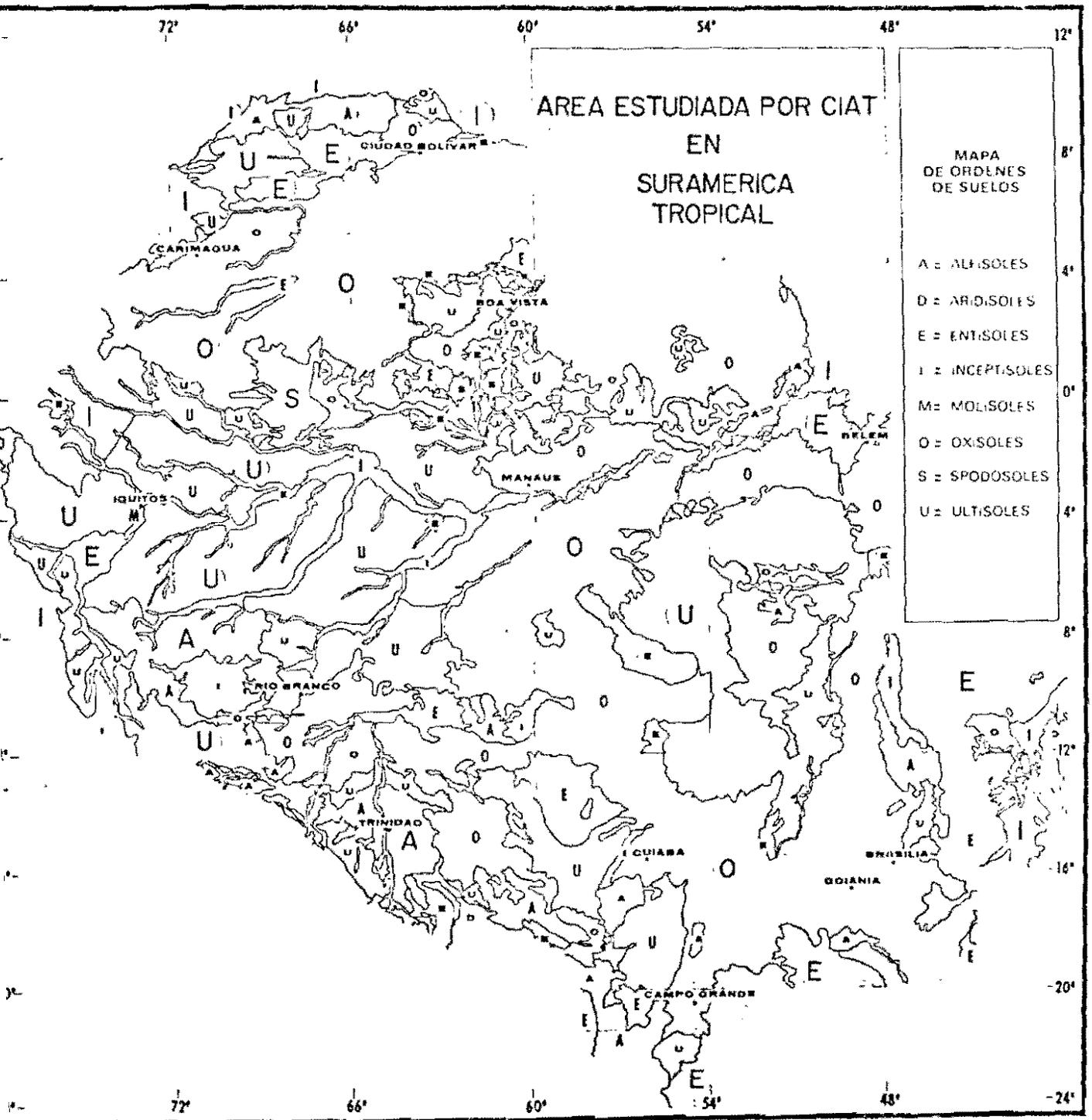


Figura 11. Mapa computarizado de Ordenes de Suelos.

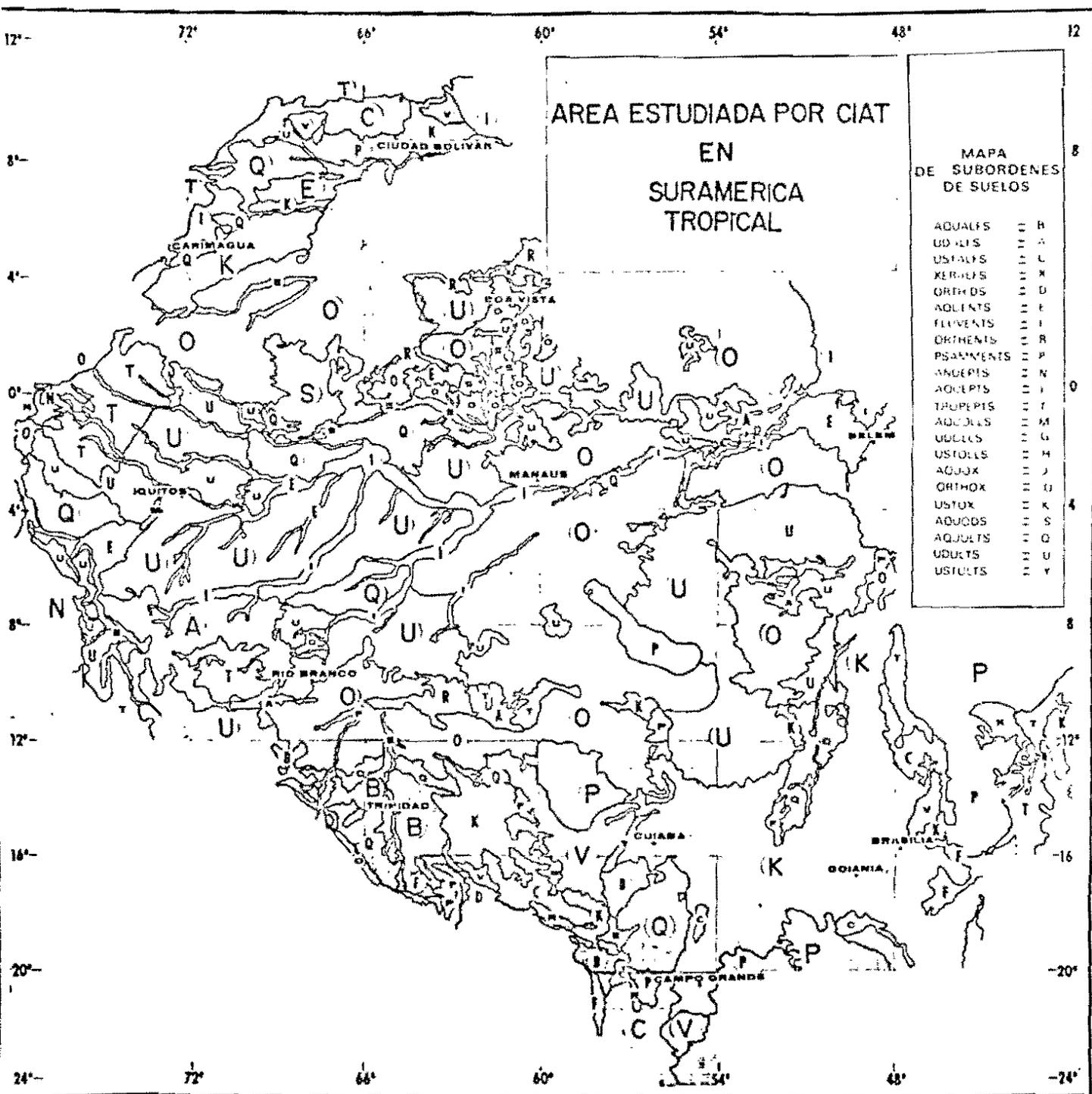


Figura 12. Mapa computarizado de Subórdenes de Suelos.

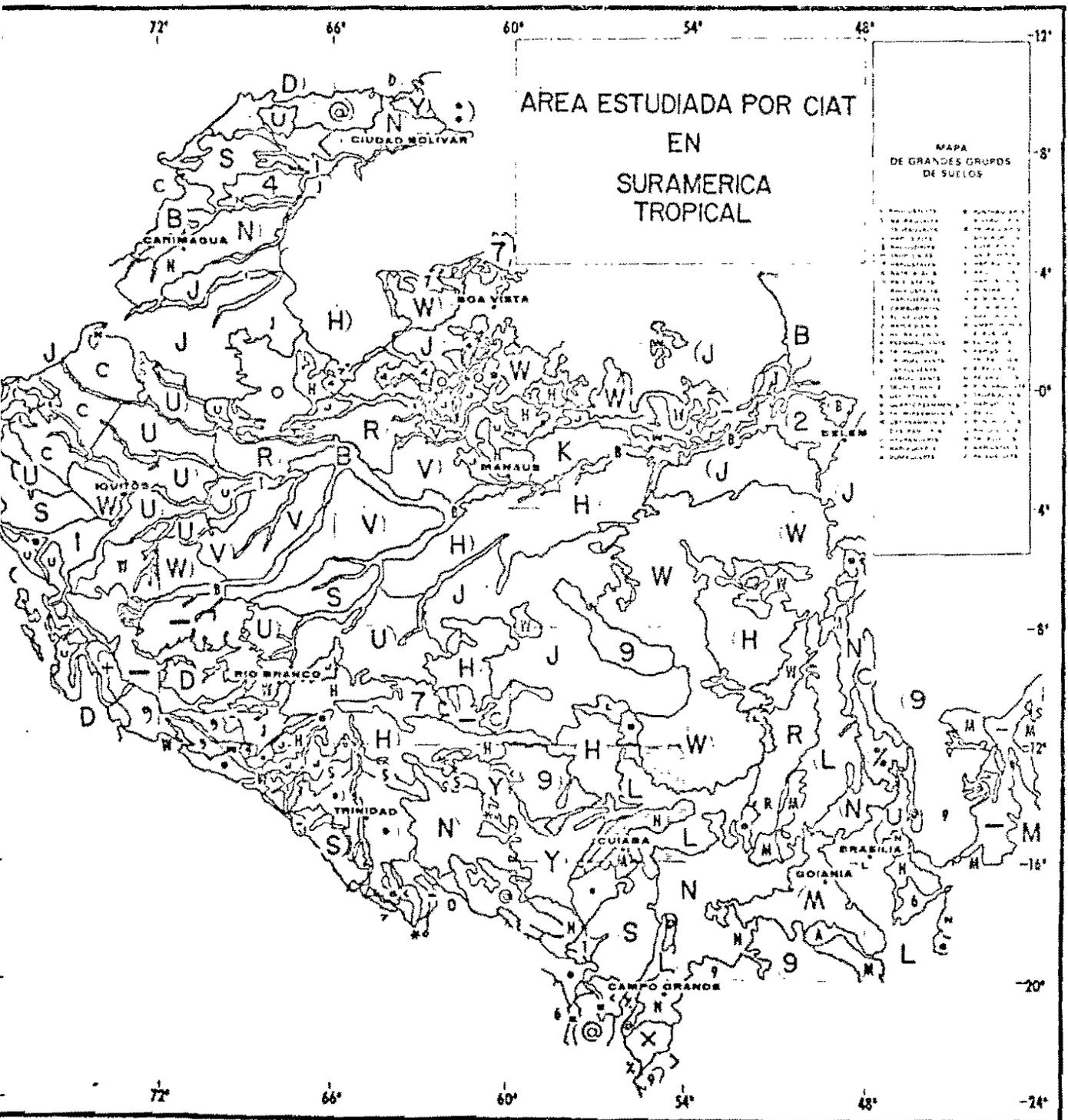


Figura 13. Mapa computarizado de Grandes Grupos de Suelos.

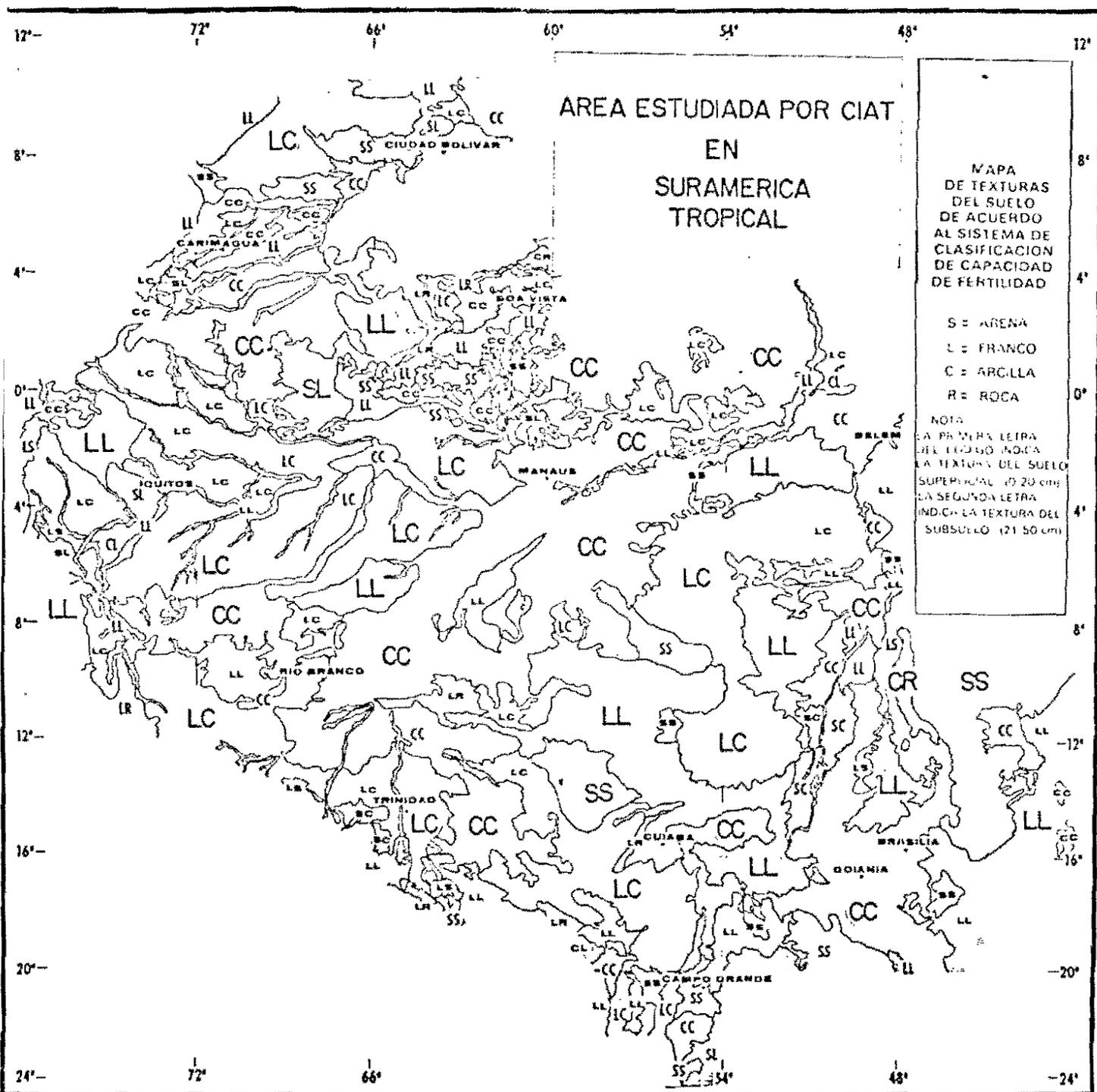


Figura 14. Mapa computarizado de Textura de Suelos.

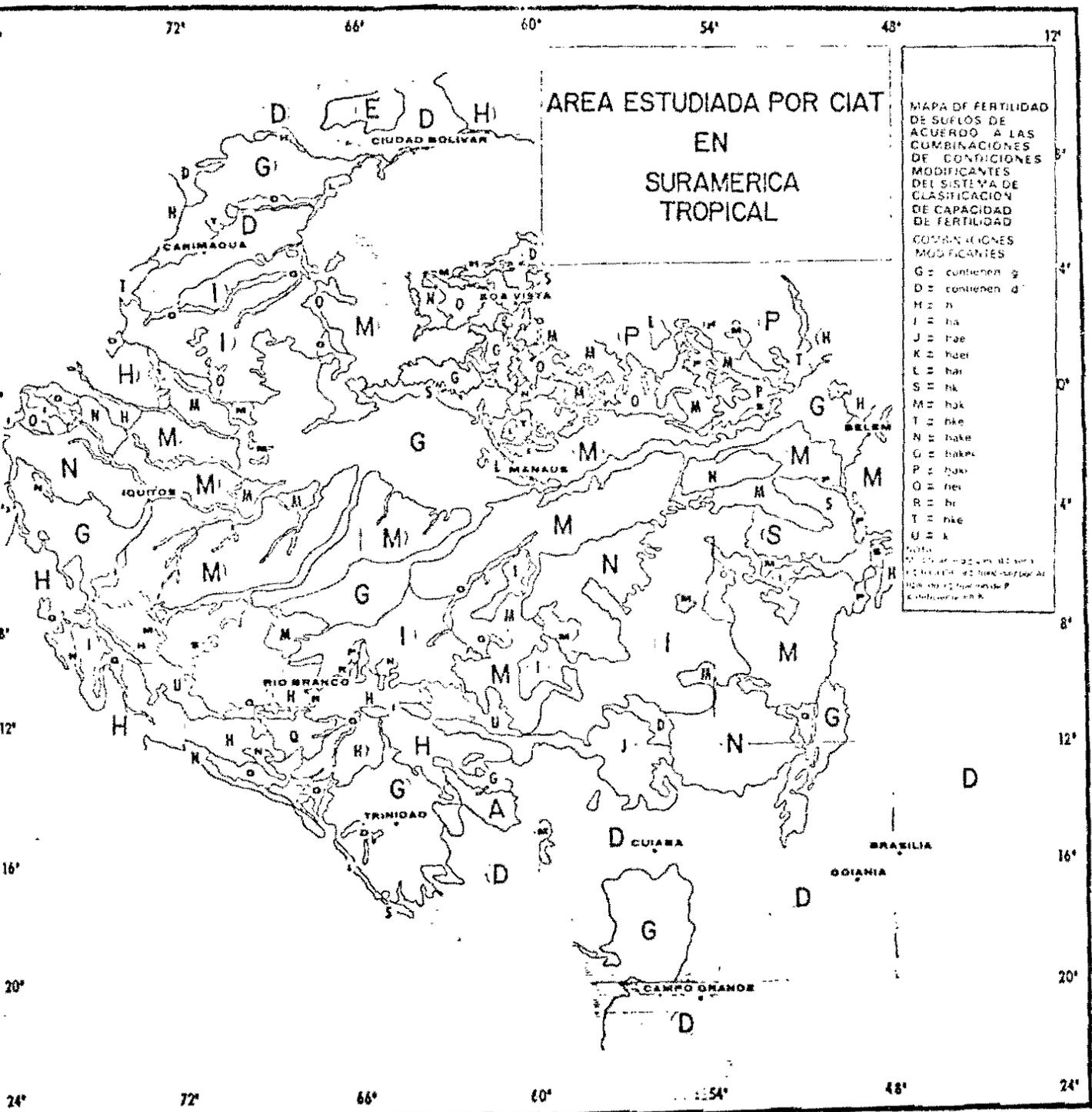


Figura 15. Mapa computarizado de Fertilidad de Suelos (Sistema FCC).

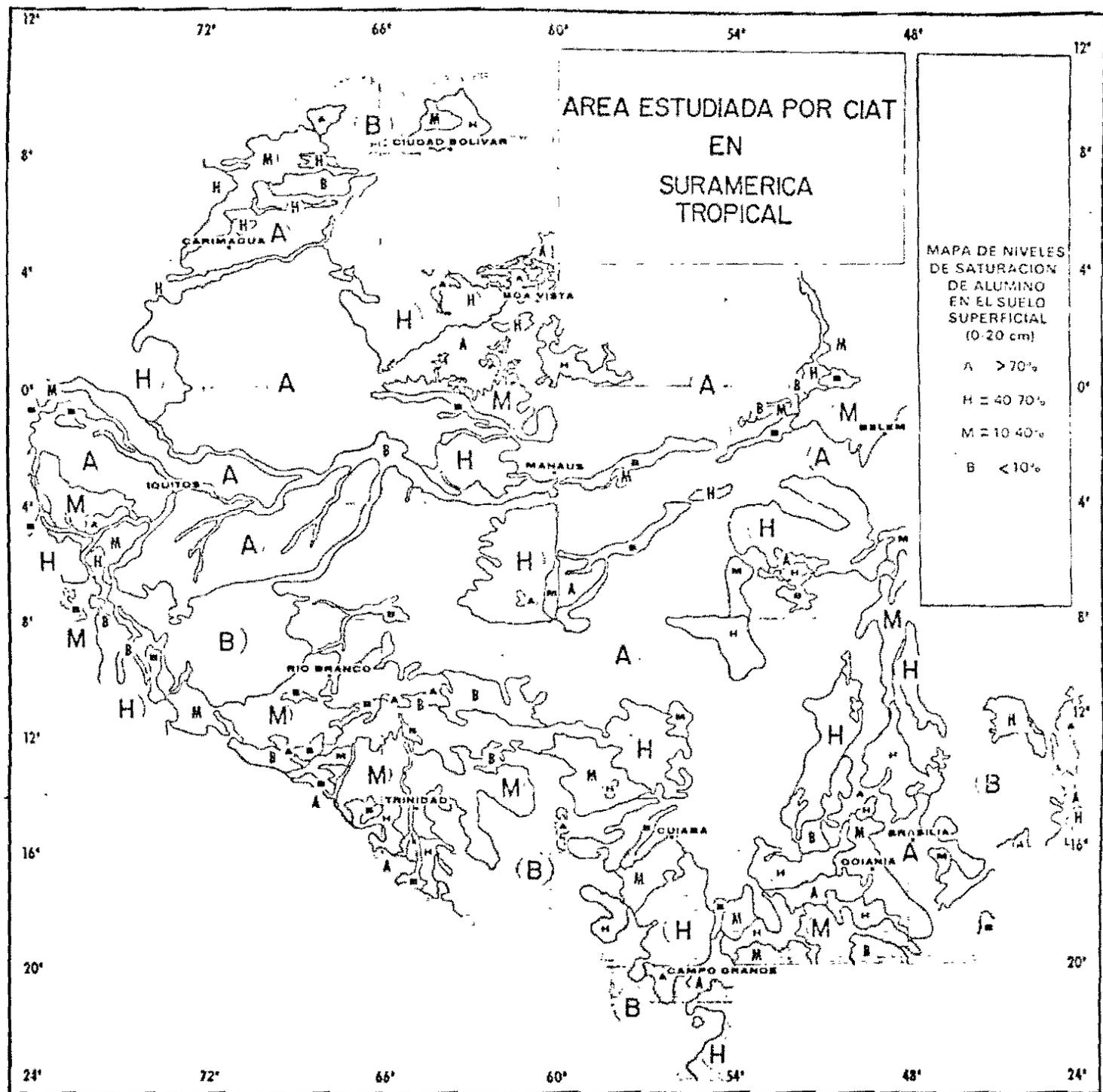


Figura 16. Mapa computarizado del Porcentaje de Saturación de Aluminio del Suelo Superficial

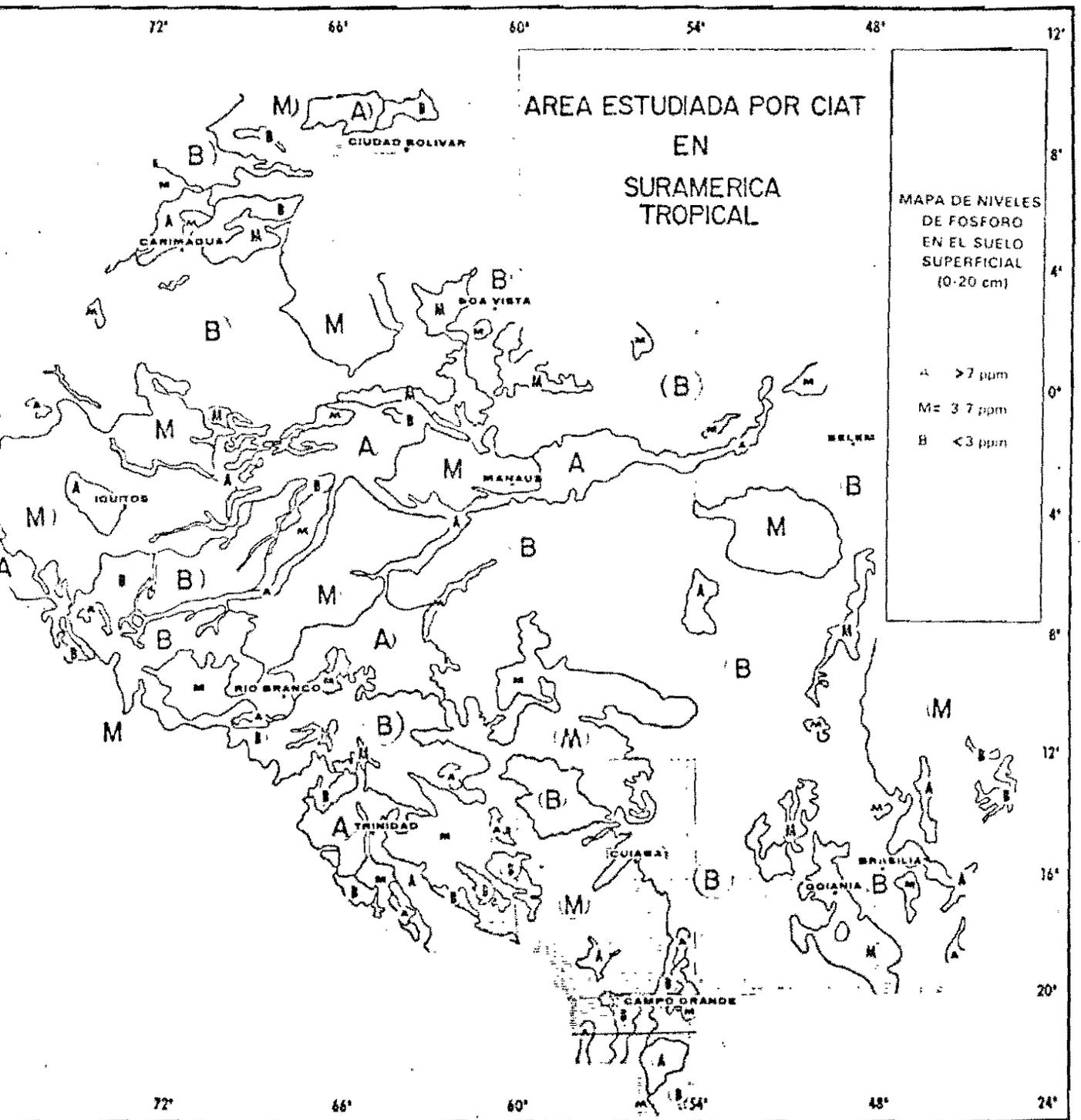


Figura 17. Mapa computarizado de Niveles de fósforo en el Suelo Superficial.

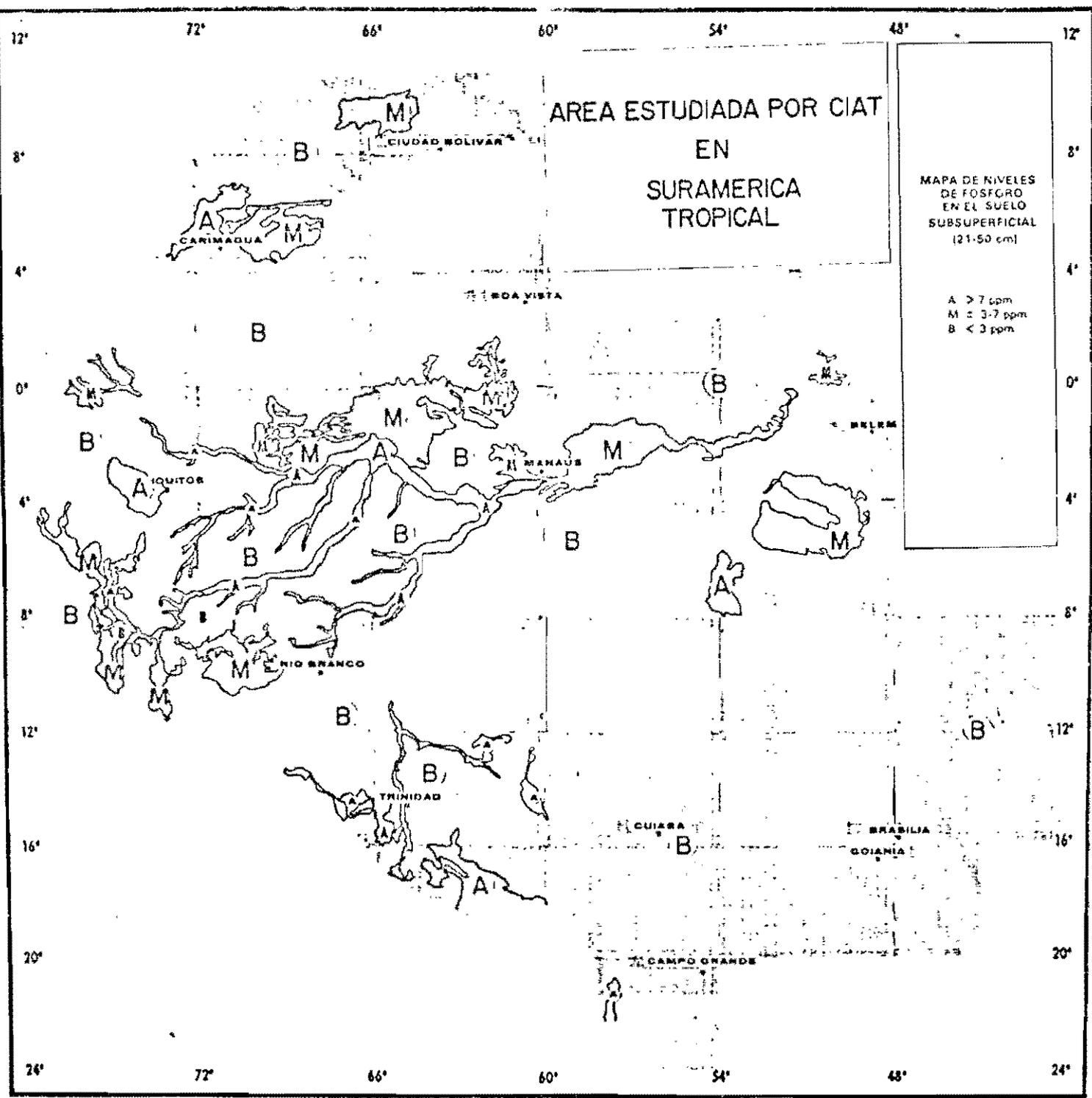


Figura 18. Mapa computarizado de Niveles de fósforo en el Subsuelo.

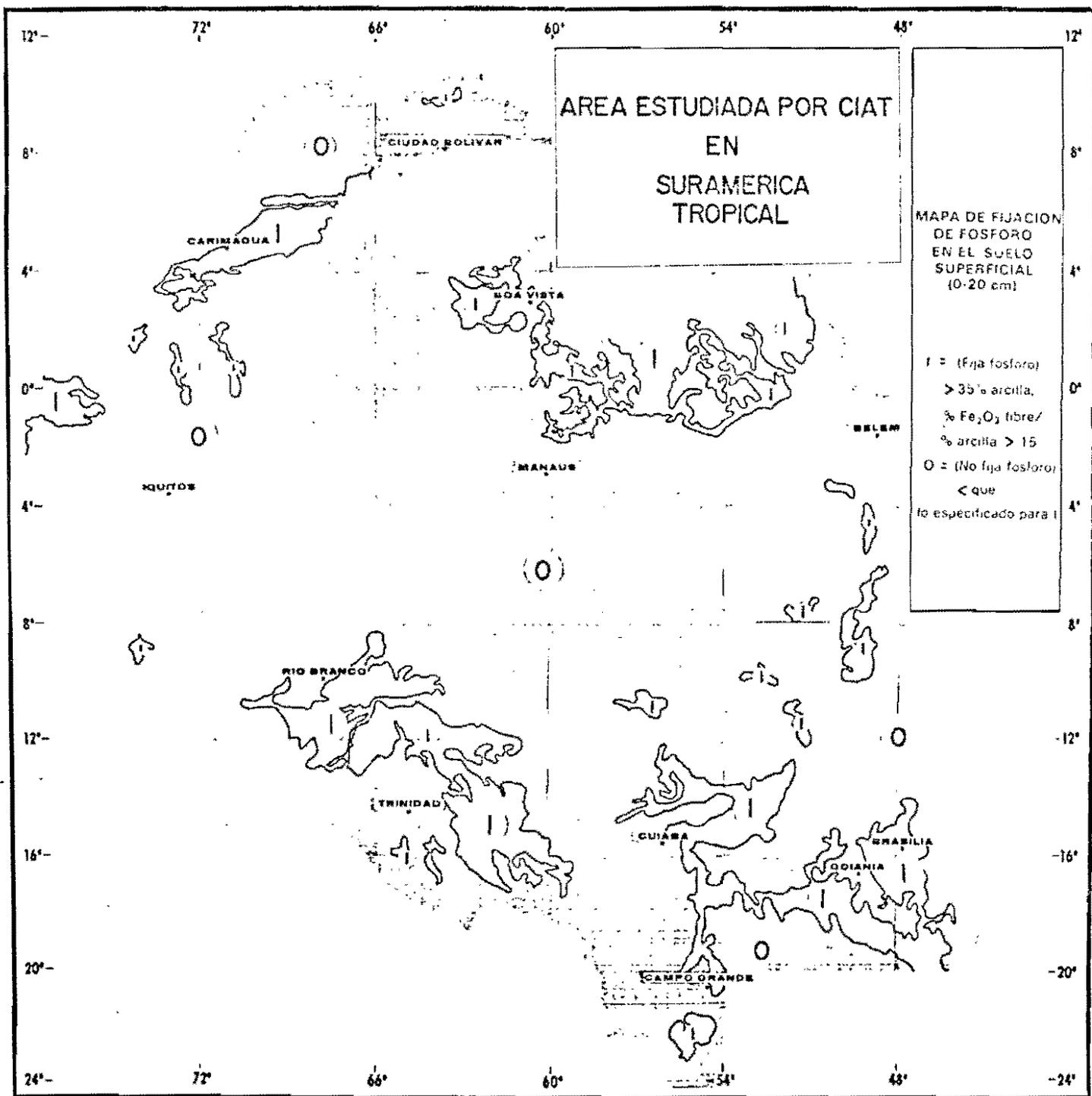


Figura 19. Mapa computarizado de Fijación de Fósforo.

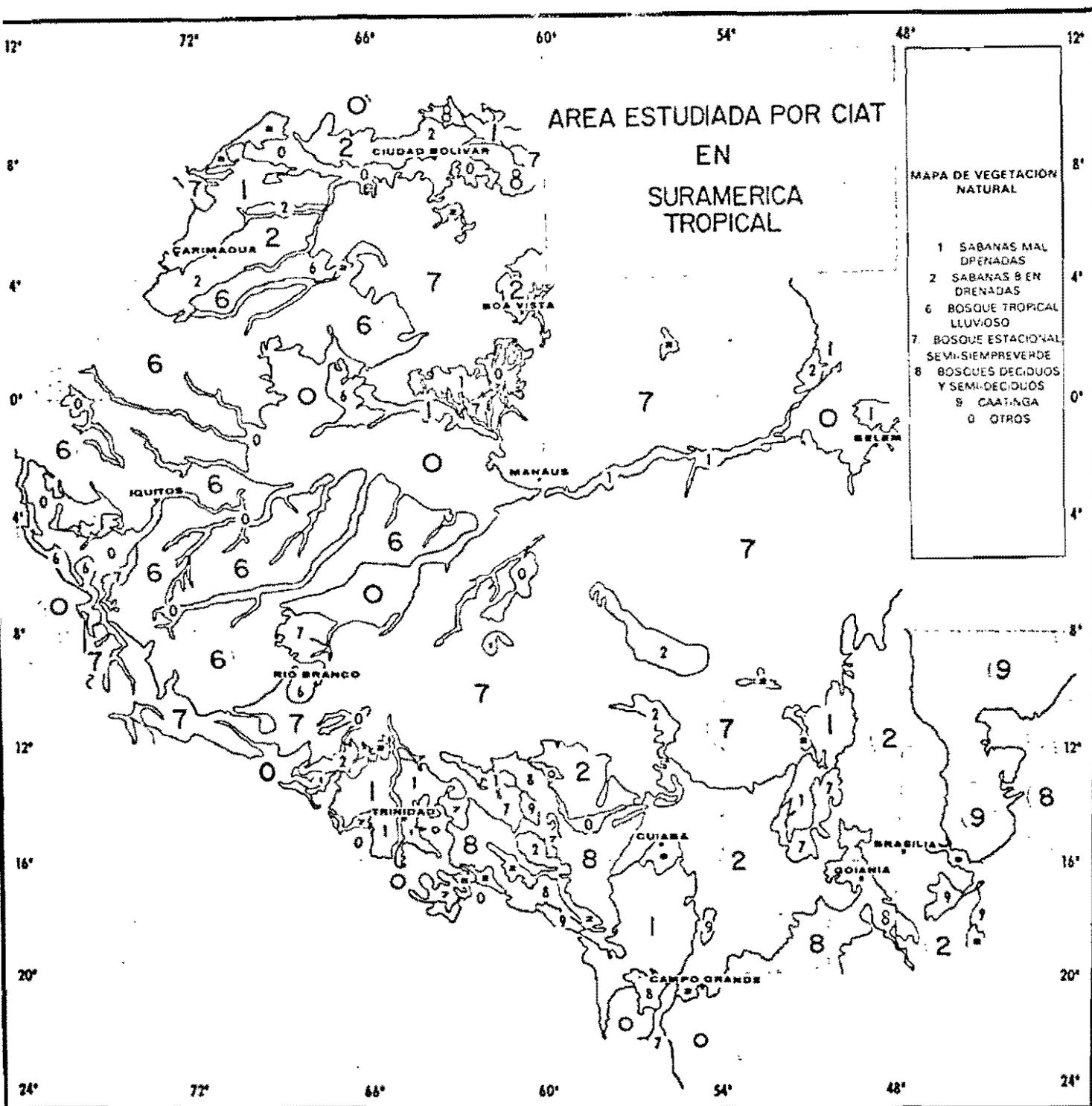


Figura anexa 20: Mapa computarizado de vegetación natural.

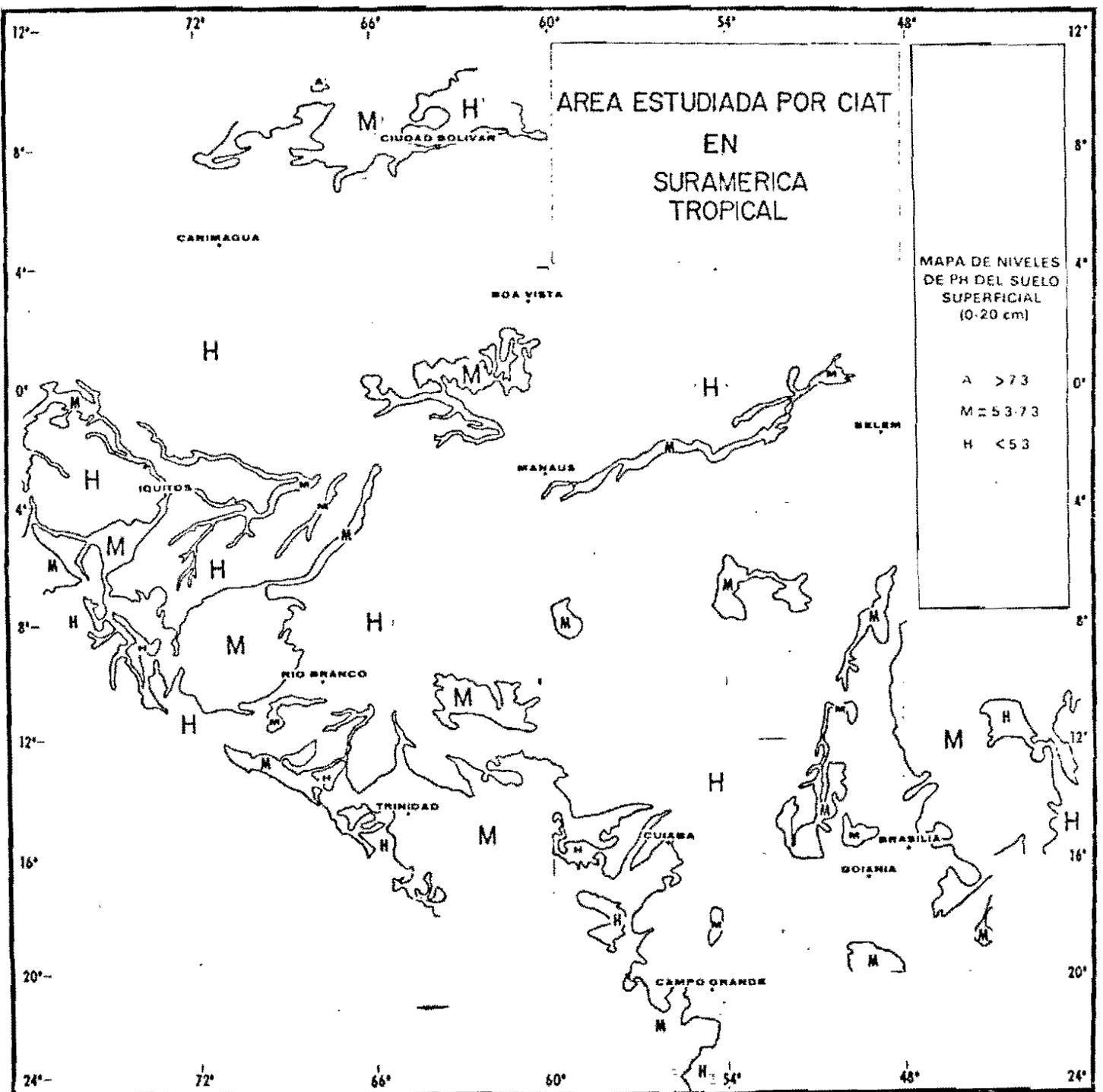


Figura anexa 21: Mapa computarizado de niveles de pH en el suelo superficial.

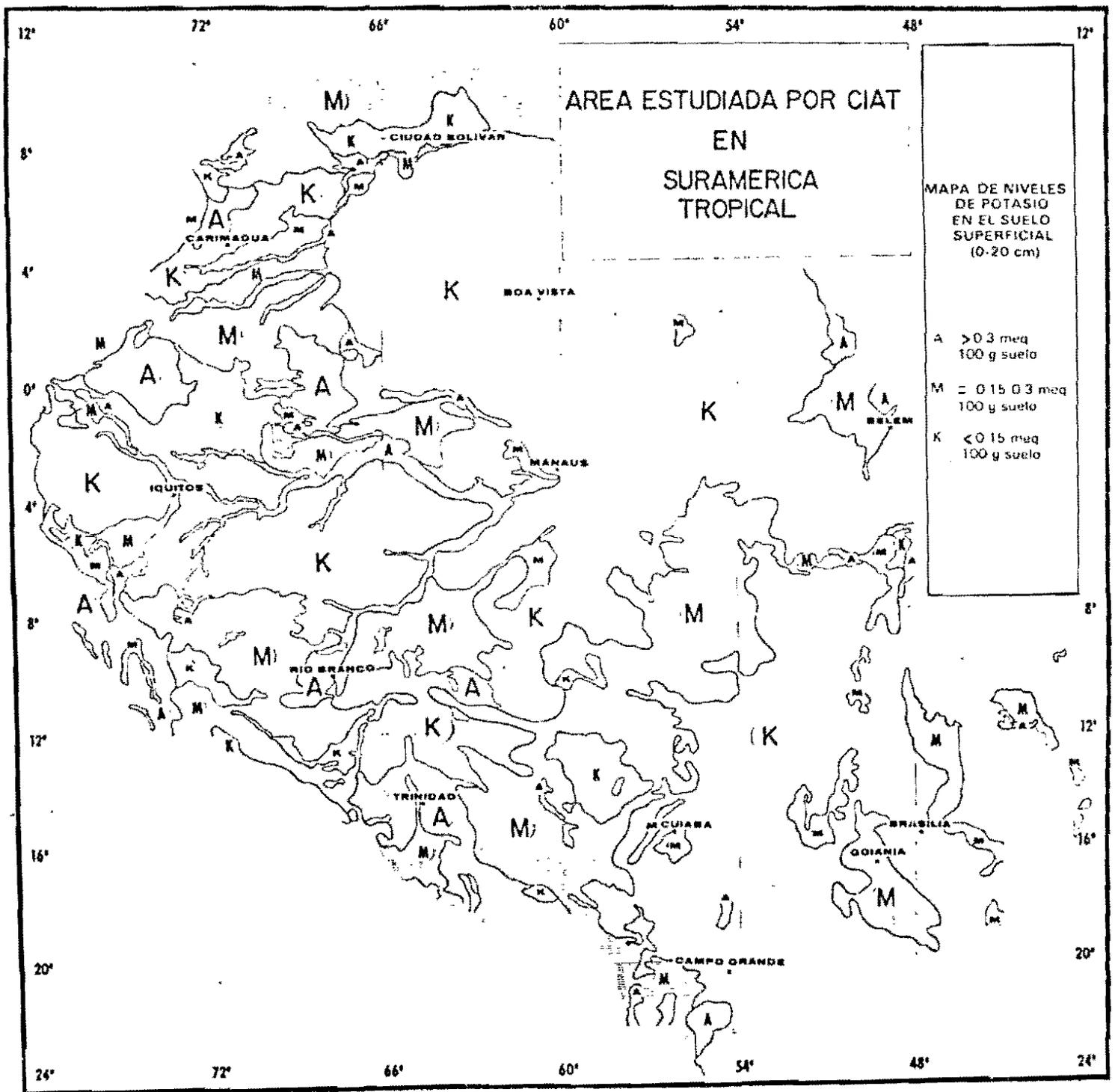


Figura anexa 22: Mapa computarizado de niveles de potasio en el suelo superficial.

## APENDICE I.

### CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS TAXONES DE SUELOS EXISTENTES EN SURAMERICA TROPICAL

#### ALFISOLS:

Son suelos que tienen un horizonte argílico, saturación de bases mayor de 35% a través de todo el perfil o en profundidad, y agua retenida a menos de 15-bar de presión durante, al menos, tres meses al año cuando el suelo tiene temperatura adecuada para el crecimiento de las plantas. Tienen epipedón ócrico, pero algunos Alfisols que son muy húmedos durante una parte del año tienen epipedón úmbri-co. Un Alfisol puede también tener horizonte nátrico, un fragipan, duripan, horizonte petrocálcico, plintita u otros rasgos. No tienen horizonte spódico ni epipedón mólico.

#### AQUALF:

Son los Alfisols grises y moteados que tienen régimen ácuico de humedad o están artificialmente drenados. En algunos, la capa de agua está cerca de la superficie durante una considerable parte del año pero desciende a profundidades por debajo del horizonte argílico en otra parte del año. En otros, la capa de agua puede estar profunda la mayor parte del año pero los horizontes que tienen baja conductividad hidráulica restringen el movimiento de descenso del agua y extienden el período de saturación.

#### NATRAQUALFS:

Son los Aqualfs que tienen horizonte nátrico y no tienen duripan.

#### TROPAQUALFS:

Son los Aqualfs que tienen un régimen de temperatura isomésico o un isorégimen más cálido. Son de regiones tropicales y tienen menos de 50% de plintita por volumen en todos los subhorizontes hasta una profundidad de 1.25 m, y no tienen encima de esa profundidad plintita que forme una fase continua. Algunos, sin embargo, tienen plintita. Generalmente, la estación seca no es tan pronunciada como la de los Plinthaqualfs.

#### UDALFS:

Son los Alfisols que tienen un régimen údico de humedad y regímenes de temperatura mésico, isomésico, o más cálido. Normalmente, el suelo no disturbado

tiene un delgado horizonte  $A_1$  oscurecido por humus. Unos pocos Udalfs tienen horizonte nátrico. Otros tienen un fragipan.

#### HAPLUDALFS:

Son Udalfs parduzcos o rojizos de regiones templadas que no tienen fragipan y no tienen materiales álbicos con lenguas penetrando el horizonte argílico. La base del horizonte argílico está 1.5 m. por debajo de la superficie del suelo, y en muchos casos es menor de 1 m. Los regímenes de temperatura son mésico o térmico.

#### RHODUDALFS:

Son Udalfs con horizontes argílico que tiene a través de todo su espesor un hue más rojo que 5YR, un value en húmedo menor que 4, y seco, no más de una unidad más alto que el value en húmedo. Son los Udalfs rojo oscuros de latitudes medias que tienen un solum más delgado que los Paleudalf.

#### TROPUDALFS:

Son Udalfs de regiones tropicales. Tienen una temperatura del suelo media de verano y de invierno que difieren en menos de 5°C a una profundidad de 50 cm o hasta un contacto lítico o paralítico, el que sea más somero. Sus hues varían desde pardusco a rojizo.

#### USTALFS:

Son los Alfisols mayormente rojizos de regiones cálidas subhúmedas a semiáridas. Usualmente tienen, como su nombre lo implica, un régimen de humedad ústico, ésto es, tienen una estación lluviosa cálida y en la mayoría de ellos la humedad se mueve a través del suelo hacia capas más profundas solamente en años ocasionales. La estación o estaciones secas son lo suficientemente pronunciadas para que los árboles sean deciduos o xerofíticos. Muchos de estos suelos tienen o han tenido una vegetación de sabana.

#### HAPLUSTALFS:

Son Ustalfs relativamente delgados, rojizos o parduscos pero no rojo oscuro o rojo moreno, no tienen horizonte petrocálcico dentro de 1.5 m y tienen un límite superior del horizonte argílico gradual o claro pero no abrupto, no tienen horizonte nátrico, no tienen duripan con límite superior dentro de 1 m de la superficie, y no tienen mucha plintita.

#### NATRUSTALFS:

Son Ustalfs que tienen horizonte nátrico, usualmente sobre un horizonte cál-

cico a una profundidad entre 25 y 40 cm. Eran considerados como Solonetz, Soloth y formas transicionales en la Clasificación de 1938.

#### PALEUSTALFS:

Son Ustalfs espesos rojos o rojizos que están sobre viejas superficies. Muchos de ellos tienen algo de plintita en sus horizontes inferiores. No tienen duripan dentro de 1 m desde la superficie del suelo, no tienen horizonte nátrico, ni plintita que forme una fase continua o constituya más de la mitad de la matriz dentro de cualquier subhorizonte del horizonte argílico dentro de 1.25 m desde la superficie del suelo. Los Paleustalfs tienen, o bien un horizonte petrocálcico cuyo límite superior esté dentro de 1.5 m desde la superficie, o bien un horizonte argílico que debe reunir determinados requerimientos, uno de los cuales es tener una distribución de arcilla tal que el porcentaje de arcilla no decrece más del 20% del máximo dentro de una profundidad de 1.5 m desde la superficie del suelo.

#### RHODUSTALFS:

Son Ustalfs que tienen un horizonte argílico que posee en todo su espesor un hue más rojo que 5YR, un value en húmedo menor que 4, y un value, seco, no más que una unidad más alta que el value en húmedo. Son Ustalfs rojo oscuros que tienen un solum más delgado que los Paleustalfs.

#### XERALFS:

Son Alfisols que tienen uno de los siguientes: (1) Un régimen de humedad xérico; ó (2) Un epipedón que es masivo y duro o muy duro cuando está seco, y un régimen de humedad que es arídico pero marginal para xérico. Son mayormente Alfisols rojizos que tienen clima mediterráneo. La mayoría de ellos, como su nombre lo implica, tienen régimen de humedad xérico. Están secos por períodos extensos en el verano, pero en muchos de ellos la humedad se mueve en invierno a través del suelo hacia capas profundas en casi la mayoría de los años.

#### HAPLOXERALFS:

Son Xeralfs relativamente delgados, rojizos a parduscos pero no rojo oscuro, que tienen el límite superior hacia el horizonte argílico claro o gradual, o tiene una clase textural franco a través del horizonte argílico.

#### ARIDISOLS:

Son suelos de lugares secos. Los Aridisols, como su nombre implica, son suelos que

no tienen agua disponible para las plantas mesofíticas por largos períodos. Durante la mayor parte del tiempo en que el suelo está lo suficientemente caliente para que las plantas puedan crecer, el agua está retenida a una tensión mayor que 15 bares o es salino, o ambos. No hay período de tres meses o más extenso en que la humedad esté continuamente disponible y el suelo esté caliente. Los Aridisols tienen uno o más horizontes pedogenéticos que pudieron haberse formado en el medio ambiente actual o que pueden ser relictos de un período pluvial más antiguo. Deben tener un horizonte cámbico o un horizonte de acumulación de carbonato, sal, arcilla iluvial, o sílice. El régimen de temperatura varía desde cryico hasta isohipertérmico. El régimen de humedad es predominantemente arídico. Unos pocos de estos suelos son salinos y tienen capa de agua a escasa profundidad; otros pocos tienen regímenes ústico o xérico que son marginales hacia arídicos y también son salinos. La vegetación, si existe alguna sin riego, consiste mayormente de pastos efímeros y plantas xerofíticas dispersas como cactus. La mayoría de la superficie está desnuda la mayor parte del tiempo, y si en el material originario está presente grava, la superficie presenta un pavimento de desierto que se forma por deflación de la tierra fina.

#### ORTHIDS:

Son Aridisols que tienen uno o más horizontes pedogenéticos pero que no tienen horizonte argílico o nátrico. Algunos tienen horizonte sálico, cálcico, gipsico, petrocálcico, petrogipsico, u horizonte cámbico o un duripan, solo o en combinaciones. La mayoría de los Orthids están sobre sedimentos o sobre superficies de erosión.

#### CAMBORTHIDS:

Son los Orthids que tienen horizonte cámbico. Son suelos parduscos o rojizos que tienen texturas relativamente uniformes hacia abajo excepto donde hay estratificación de materiales originarios. Tienen epipedón ócrico color claro sobre horizonte cámbico generalmente más pardo o rojo que el superficial.

#### ENTISOLS:

Son suelos que tienen poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos. Muchos Entisols tienen horizonte ócrico (es decir, ausencia de cualquier otro epipedón diagnóstico) y unos pocos tienen epipedón antrópico. Unos pocos que son arenosos tienen un horizonte álbico. Algunos en las costas pantanosas tienen epipedón hístico. La mayoría de ellos no tienen horizontes. Pueden ser suelos muy jóvenes sobre aluviones recientes o sobre pendientes recientemente erodadas, o pueden

ocurrir sobre viejos materiales originarios si el hombre ha destruido los horizontes o si los materiales originarios son resistentes a la alteración, como el cuarzo. Los horizontes enterrados son permitidos en los Entisols si ellos están enterrados a una profundidad de más de 50 cm o, en situaciones definidas específicamente, a una profundidad entre 30 y 50 cm. Los únicos rasgos comunes para todos los suelos del orden son la virtual ausencia de horizontes y la naturaleza mineral del suelo.

#### AQUENTS:

Son los Entisols húmedos. Ellos pueden ocurrir en pântanos de marea, en deltas o en márgenes de lagos donde el suelo está continuamente saturado con agua, en planos de inundación de corrientes de agua donde el suelo está saturado en algún período del año, o en depósitos húmedos, muy arenosos. Son azulados o grises y moteados. Pueden tener cualquier régimen de temperatura excepto pergéllico. El régimen de humedad es ácuico o perácuico, o hay drenaje artificial. Muchos de ellos están en sedimentos recientes, y pueden tener cualquier vegetación que tolere humedad periódica o permanentemente.

#### FLUVAQUENTS:

Son los suelos húmedos de los planos de inundación y deltas de latitudes medias y bajas. Muchos de ellos tienen estratificaciones finas o gruesas que reflejan depositaciones de sedimentos bajo corrientes variables y en canales divagantes. Los sedimentos son Holoceno y tienen un contenido relativamente alto de carbono orgánico a considerable profundidad cuando se los compara con muchos otros suelos minerales húmedos. Estos suelos son de distribución extensa a lo largo de los grandes ríos, particularmente en áreas húmedas.

#### HAPLAQUENTS:

Son Aquents húmedos, mayormente en depresiones de tierras altas, donde los sedimentos frescos no se acumulan en forma significativa. No tienen el carbono orgánico que es característico de los Fluvaquents usualmente debido a que son de edad Pleistocena más que Holocena.

#### HYDRAQUENTS:

Son Aquents que tienen un valor  $n$  mayor que 0.7 y que tienen al menos 8% de arcilla en todos los subhorizontes entre 20 y 50 cm de profundidad, y que tienen una temperatura media anual  $> 0^{\circ}\text{C}$ . Son mayormente suelos arcillosos de pantanos costeros que están permanentemente saturados con agua. Las arcillas que fueron depositadas bajo agua tienen baja densidad aparente, comúnmente alrededor de 0.6, y alto contenido de agua, más del 100% del peso seco. Si se

drenan la pérdida de agua es irreversible, y la densidad aparente aumenta cuando el agua se retira. Los Hydraquents nunca fueron vistos secos, y consecuentemente la densidad aparente es baja y el contenido de agua es alto.

#### PSAMMAQUENTS:

Son Aquents que tienen una clase textural arenosa en todos los subhorizontes entre el Ap o una profundidad de 25 cm, cualquiera que sea más profunda, y un metro o un contacto lítico o paralítico, cualquiera que sea más somero, y que tienen temperaturas medias del suelo en verano e invierno a una profundidad de 50 cm que difiere por 5°C o más.

#### TROPAQUENTS:

Son Aquents que tienen una diferencia de menos de 5°C entre la temperatura del suelo media del verano y del invierno a una profundidad de 50 cm. Son los suelos húmedos permanentemente cálidos en las depresiones de regiones intertropicales.

#### FLUVENTS:

Son mayormente suelos parduscos a rojizos que se formaron en sedimentos recientes depositados por agua. Los Fluvents se inundan frecuentemente a menos que estén protegidos por diques o represas. La estratificación de materiales es común, y el porcentaje de carbono orgánico decrece irregularmente en profundidad si los materiales son estratificados. Si la textura es homogénea, el contenido de carbono orgánico decrece regularmente con la profundidad, pero debido a que tales depósitos son generalmente limosos y recientes, el porcentaje de carbono en las capas profundas es más alto que en suelos que se han desarrollado sobre materiales que no son aluviales. Esta diferencia en el contenido de carbono orgánico es la base para la definición de los Fluvents.

#### TROPOFLUVENTS:

Son Fluvents que tienen un régimen de temperatura isohipertérmico, isotérmico o isomésico. El régimen de humedad es údico. Ocurren sobre los planos de inundación de los ríos en áreas intertropicales.

#### USTIFLUVENTS:

Son Fluvents que tienen régimen de humedad ústico, y normalmente un régimen de temperatura mésico, isomésico o más cálido. Ocurren sobre los planos de inundación de ríos en latitudes medias a bajas. Las inundaciones pueden llegar en cualquier estación pero son más comunes en la estación lluviosa.

**XEROFLUVENTS:**

Son Fluvents que tienen régimen de humedad xérico. Los Xerofluvents están restringidos a regiones que tienen precipitaciones de invierno más que de verano. La temperatura del suelo es más cálida que cryico.

**ORTHENTS:**

Son primariamente Entisols de superficies erosionales recientes. La erosión ha hecho que el suelo inicial existente fuese completamente removido o truncado de modo que hay ausencia de horizontes diagnósticos para todo el resto de otros órdenes. Puede estar presente un horizonte endurecido diagnóstico, tal como un ironstone (coraza ferruginosa) que alguna vez fue plintita, si está expuesto en la superficie y soporta plantas dispersas. Algunos pocos Orthents están sobre limos recientes o depósitos eólicos finos, en depósitos glaciares o de soliflucción, en detritos de recientes deslizamientos y corrientes de barro. Los Orthents pueden ocurrir en cualquier clima y bajo cualquier vegetación.

**TROPORTHENTS:**

Son los Orthents que tienen un régimen de humedad údico y temperaturas del suelo medias del verano e invierno a una profundidad de 50 cm que difieren en menos de 5°C. La mayoría de ellos están sobre pendientes moderadas a fuertes de reciente origen geológico. Los suelos pueden tener cualquier reacción, dependiendo de la naturaleza del material originario, pero principalmente son ácidos.

**USTORTHENTS:**

Son los Orthents de latitudes medias a bajas que tienen un régimen de humedad ústico. Ocurren comúnmente en regolita recientemente expuesta, la mayoría en depósitos sedimentarios blandos, o en regolita somera sobre roca dura. La vegetación en regiones cálidas comúnmente es bosque decíduo o sabana. Estos suelos y los anteriores eran llamados Litosoles y Regosoles en la clasificación de 1938.

**PSAMMENTS:**

Son Entisols que tienen debajo del horizonte  $A_p$  o debajo de una profundidad de 25 cm, cualquiera que sea más profunda, menos de 35% en volumen de fragmentos de roca y que tienen textura arenoso franco fino o más gruesa en todos los subhorizontes hasta una profundidad de 1 m o hasta un contacto lítico, paralítico o petroférrico, cualquiera que sea más somero. Son principalmente Entisols de arenas

bien sorteadas de dunas arenosas estabilizadas o vivas, de cubiertas de arenas o de materiales arenosos sorteados en ciclos geológicos tempranos. Ocurren bajo cualquier clima y vegetación y sobre superficies de virtualmente cualquier edad. Tienen baja capacidad de retención de agua, y cuando están secos y desnudos están sujetos a voladuras y no soportan las ruedas de los vehículos. Debido a que las arenas gravosas y muy gravosas no tienen estas dos cualidades recién descritas, se excluyen de los Psamments y se incluyen con los Orthents.

#### QUARTZIPSAMMENTS:

Son Psamments que tienen una fracción arena con 95% o más de cuarzo, zircón, turmalina, rutilo y otros minerales cristalinos insolubles que no se meteorizan liberando hierro o aluminio. Son arenas cuarzosas bien drenadas de regiones húmedas a semiáridas en latitudes medias o bajas. Pueden ser blancas o matizadas de pardo, amarillo o rojo. Ocurren en superficies algo extremadamente viejas. La ausencia de horizontes distintivos en suelos de superficies viejas es más aparente que real. Se conoce la existencia de un horizonte spódico debajo de arena blanca a una profundidad de varios metros en las regiones intertropicales, tan profundo que la determinación de su ausencia o presencia no es útil.

#### TROPOPSAMMENTS:

Son Psamments que tienen algo de minerales meteorizables, un régimen údico de humedad, y un isorégimen de temperatura.

#### INCEPTISOLS:

Son suelos con uno o más horizontes diagnósticos que se pueden formar rápidamente. Los horizontes diagnósticos más comunes que ellos pueden tener son epipedón úmbrico u ócrico, horizonte cámbico, fragipán y duripán. La definición de Inceptisols es inevitablemente complicada. Pueden variar desde muy pobremente drenados hasta bien drenados. Pueden tener cualquier tipo de epipedón, pero el epipedón mólico es raro y se restringe a suelos en regiones intertropicales que son arcillosos y tienen montmorillonita o un cole alto, y a suelos formados en materiales piroclásticos. Las secuencias de horizontes más comunes son un epipedón ócrico sobre un horizonte cámbico con o sin fragipán subyacente, o un epipedón úmbrico sobre un horizonte cámbico con o sin fragipán o duripán subyacente. Los Inceptisols pueden tener muchas clases de horizontes diagnósticos, pero la plintita somera y los horizontes argílico, nátrico, spódico, óxico, gípsico, petrogípsico y sálico se excluyen. Los Inceptisols son suelos de climas húmedos o subhúmedos.

**ANDEPTS:**

Son Inceptisols que tienen hasta una profundidad de 35 cm ó más, o hasta un contacto lítico o paralítico cualquiera que sea menor de 35 cm, uno o ambos de los siguientes: 1. Densidad aparente ( $1 \frac{1}{3}$  - bar retención de agua) de la fracción de tierra fina que es menor de  $0.85 \text{ g/cm}^3$  y un complejo de cambio que está dominado por materiales amorfos; ó 2. Sesenta por ciento o más del suelo (por peso) es ceniza volcánica vitrea, polvos u otros materiales piroclásticos. Los Inceptisols tienen baja densidad aparente y tienen una apreciable cantidad de alofano que tiene alta capacidad de intercambio o que son mayormente materiales piroclásticos. Muchos Andepts se forman en cenizas volcánicas, pero otros se forman sobre otras rocas piroclásticas, rocas sedimentarias, o rocas ígneas básicas extrusivas. Muchos Andepts probablemente contienen o han contenido algo de vidrio, pero el vidrio se meteoriza rápidamente en un clima húmedo. En climas que tienen estación seca pronunciada, los suelos formados sobre ceniza volcánica básica puede tener alta saturación de bases, un epipedón mólico y un duripán. Normalmente, excepto en cenizas muy recientes, el porcentaje de carbón orgánico es muy alto en los Andepts. También es común que el fósforo sea deficiente para el crecimiento de cultivos.

**DYSTRANDEPTS:**

Son los Andepts de latitudes medias a bajas que tienen gran cantidad de carbono orgánico y materiales amorfos y una pequeña cantidad de bases. Se desarrollan en climas húmedos que tienen estaciones secas. Tienen poco o nada de vidrio remanente. A pesar de la casi ausencia de bases en muchos de estos suelos, no son particularmente ácidos. La carga permanente de la arcilla es baja. Tienen saturación de bases  $< 50\%$  en todos los subhorizontes entre profundidades de 25 y 75 cm.

**HYDRANDEPTS:**

Son Andepts que tienen arcillas que se deshidratan irreversiblemente en agregados de tamaño arena y grava. Ocurren en regiones intertropicales. Son los Andepts oscuros, rojizos de las regiones con precipitación muy alta, bien distribuida, con un régimen de humedad perúdic. Raramente los suelos tienen contenido de agua por debajo de la capacidad de campo.

**AQUEPTS:**

Son los Inceptisols húmedos. Su drenaje natural es pobre o muy pobre y si no están artificialmente drenados, la capa de agua permanece muy cerca de la super-

ficie por algún tiempo durante cada año pero no en todas las estaciones.

#### HAPLAQUEPTS:

Son los Aquepts grises y de colores claros. No tienen fragipan ni duripán.

#### HUMAQUEPTS:

Son los Aquepts ácidos, muy húmedos, casi negros o turbosos. Tienen epipedón úmbrico, mólico o hístico.

#### PLINTHAQUEPTS:

Son Aquepts que tienen plintita que forma una fase continua o que constituye más de la mitad de la matriz dentro de algún subhorizonte en los 1.25 m. superiores del suelo. Estos son suelos en los cuales la capa de agua fluctúa apreciablemente durante el año.

#### SULFAQUEPTS:

Son Aquepts que tienen un horizonte sulfúrico cuyo límite superior está dentro de los 50 cm de la superficie del suelo mineral. Son los suelos ácidos sulfatados (cat clays) que han sido drenados y oxidados en algún momento. Son extremadamente ácidos y tóxicos para la mayoría de las plantas. Son de color gris oscuro y tienen moteados color pajizo de sulfato de hierro (jarosita) dentro de los 50 cm superiores del suelo. Ocurren en pantanos costeros drenados cerca de la desembocadura de ríos que llevan poco o bajo carbonatos.

#### TROPAQUEPTS:

Son Aquepts que tienen un régimen de temperatura isomésico o más cálido. Son de regiones intertropicales y tienen poca o nada plintita.

#### TROPEPTS:

Son Inceptisols que tienen un régimen de temperatura isomésico o más cálido. Son parduscos a rojizos, y muchos de ellos tienen epipedón ócrico y horizonte cámbico. Su régimen de humedad es ústico, údico o perústico.

#### DYSTROPEPTS:

Son Tropepts ácidos, formados a partir de rocas ácidas o bajo elevada precipitación, o ambos. La precipitación puede ser bien distribuida o estacional. Muchos tienen régimen de temperatura isohipertérmico. Tienen saturación de bases menor de 50% en algún subhorizonte entre profundidades de 25 cm y 1 m.

**EUTROPEPTS:**

Son Tropepts que tienen saturación de bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) de 50% o más en todos los subhorizontes entre profundidades de 25 cm y 1 m, o entre 25 cm y contacto lítico o paralítico, si éste fuese menor que 1 m. Raramente están secos por largos períodos. Los minerales primarios están ligeramente intemperizados o los suelos reciben bases de otros suelos más altos.

**USTROPEPTS:**

Son Tropepts que tienen régimen de humedad ústico o tienen calcáreo pulverulento blando dentro de 1.5 m desde la superficie del suelo. Son ricos en bases. Tienen una o dos estaciones secas distintivas.

**MOLLISOLS:**

Los Mollisols son los suelos con un epipedón mólico y con más de 50% de saturación de bases en sus horizontes más profundos. Son mayormente los suelos oscuros, ricos en bases de las estepas. Los Mollisols cubren extensas áreas subhúmedas a semiáridas en planos de Norteamérica, Europa, Asia, y Sudamérica. Los Mollisols pueden tener cualquiera de los regímenes de humedad y temperaturas definidos, pero lo esencial parece ser la disponibilidad de humedad suficiente para soportar pastos perennes.

**AQUOLLS:**

Son los Mollisols que tienen un régimen de humedad ácuico o están artificialmente drenados, pero que pueden tener cualquier régimen de temperatura desde pergélico hasta isohipertérmico. Tienen chroma dominante bajo, comúnmente en hues oliva, y tienen moteados de alto contraste debajo del epipedón negro.

**HAPLAQUOLLS:**

Son Aquolls que mayormente tienen un epipedón negro que intergrada hacia un horizonte cámbico moteado de gris o de gris oliva. Unos pocos que son no calcáreos en los horizontes superficiales pueden tener un horizonte cálcico debajo del horizonte cámbico. No tienen horizonte argílico o nátrico, tampoco un duripán dentro de 1 m desde la superficie.

**UDOLLS:**

Son Mollisols que tienen un régimen de humedad údico. Además del epipedón mólico puede estar presente un horizonte cámbico o argílico. La temperatura media anual del suelo es de 8°C o más alta.

**ARGIUDOLLS:**

Son Udolls que tienen un horizonte argílico relativamente delgado o uno en el cual el porcentaje de arcilla decrece rápidamente con el aumento de profundidad. Debajo del horizonte argílico puede haber un horizonte, ca, débilmente expresado en el cual los carbonatos secundarios están concentrados en concreciones duras, pero muchos de estos suelos son no-calcáreos hasta una profundidad considerable por debajo del horizonte argílico.

**USTOLLS:**

Son Mollisols que tienen un régimen de humedad ústico, o un régimen arídico que limita al ústico, o tiene, dentro de 1.5 m desde la superficie del suelo, o dentro de los 50 cm debajo de la base de un horizonte cámbico o argílico, un horizonte gípsico, o un horizonte cálcico, o un horizonte ca que tiene concentraciones de calcáreo blando pulverulento en formas esferoidales o recubriendo agregados, o diseminado en partículas tamaño arcilla. Unos pocos que se han formado a partir de rocas ácidas no tienen carbonato secundario. La lluvia viene principalmente durante la estación de crecimiento.

**HAPLUSTOLLS:**

Son Ustolls que tienen un horizonte cámbico o que consisten de solamente materiales originarios solo ligeramente alterados debajo de un epipedón mólico. Muchos de ellos tienen un horizonte en el cual se han acumulado carbonatos o sales solubles. Unos pocos tienen horizonte cálcico si sus materiales originarios tenían una moderada cantidad de carbonato, pero en éstos una apreciable parte del epipedón ha perdido sus carbonatos.

**OXISOLS:**

Los Oxisols son los suelos minerales que satisfacen uno de estos dos requerimientos: (1) Tienen un horizonte óxico a alguna profundidad dentro de los 2 m de la superficie del suelo; ó (2) Tienen plintita que forma una fase continua dentro de los 30 cm desde la superficie del suelo, y el suelo está saturado con agua dentro de esta profundidad durante algún período del año. Además, no tienen un horizonte spódico o argílico que sobreyace al horizonte óxico. Los Oxisols son los suelos rojizos, amarillentos o grisáceos de las regiones tropicales y subtropicales que tienen mayormente pendientes suaves sobre superficies de más edad. Son mezclas de cuarzo, caolín, óxidos libres, y materia orgánica. Son suelos casi sin rasgos sin horizontes claramente marcados, con diferencias tan graduales que los límites entre horizontes generalmente son arbitrarios. Estos suelos tienen permeabilidad relati-

vamente rápida lo que combinado con pendientes suaves los hacen altamente resistentes a la erosión cuando se cultivan. Los Oxisols se desarrollan en áreas en las cuales el clima presente varía de árido a perhúmedo.

#### AQUOX:

Son Oxisols que tienen plintita que forma una fase continua dentro de una profundidad de 30 cm y están saturados con agua dentro de esta profundidad durante algún período del año; o que están saturados con agua o están artificialmente drenados y también tienen un epipedón hístico o un horizonte óxico que tiene características de color y moteados especificados para condiciones de humedad. Ocurren en depresiones o al pie de laderas. Muchos de estos suelos en la base de pendientes tienen plintita en la superficie que es formada por fragmentos o pisolitas de ironstone transportada y recementada.

#### PLINTHAQUOX:

Son Aquox que tienen plintita que forma una fase continua dentro de 1.25 m de la superficie del suelo.

#### ORTHOX:

Son los Oxisols que tienen una estación seca corta o no la tienen. Son más comunes cerca del Ecuador. Son amarillentos a rojizos. Son comunes un hue de 5YR a 10YR y un chroma alto, aunque muchos de estos suelos desarrollados en rocas básicas son pardo rojizos a rojos. Muchos tienen horizontes óxico que se vuelve más rojo con la profundidad.

#### ACRORTHOX:

Son Orthox que tienen en algún subhorizonte del horizonte óxico una capacidad de retención de cationes de 1.5 meq o menos (por  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) por 100 g arcilla. No tienen estructura discernible en el horizonte óxico o tienen solamente agregados débiles. Han perdido virtualmente toda capacidad para retener bases en su fracción mineral. En Estados Unidos es normal en estos suelos que la parte inferior del horizonte cámbico, donde hay menos materia orgánica, tenga carga positiva neta. Al ojo, los suelos son sin estructura. La actividad biológica se restringe por la virtual ausencia de calcio debajo de los pocos centímetros superiores.

#### EUTRORTHOX:

Son Orthox que no tienen epipedón antrópico y tienen saturación de bases de

35% o más (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) en el epipedón y en todos los subhorizontes del horizonte óxico hasta una profundidad de al menos 1.25 m. Tienen una capacidad de retención catiónica (de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )  $> 1.5$  meq/100 g arcilla en todos los subhorizontes del horizonte óxico.

#### HAPLORTHOX:

Son los Orthox de los bosques siempreverdes de los trópicos. Tienen pocas bases pero más que los Acrothox, y las arcillas tienen una modesta capacidad de intercambio. Bajo elevadas precipitaciones, la mayoría de las bases están en los tejidos de las plantas y se usan una y otra vez durante el año.

#### UMBRIORTHOX:

Son Orthox que tienen un epipedón úmbrico o un epipedón óxico que tiene  $> 1\%$  de carbono en todos los subhorizontes hasta una profundidad de 75 cm o más por debajo de la superficie del suelo.

#### USTOX:

Son Oxisols que tienen un régimen de humedad ústico y un régimen de temperatura térmico, isotérmico o más cálido. Están secos por extensos períodos pero también están húmedos durante al menos 90 días de estación lluviosa.

#### ACRUSTOX:

Son Ustox que tienen capacidad de retención catiónica (de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) de 1.5 meq o menos por 100 g arcilla, en algún subhorizonte del horizonte óxico. Virtualmente no tienen capacidad de retener bases en su fracción mineral. Es normal en estos suelos que en la parte inferior del horizonte óxico, donde hay menos materia orgánica, tengan carga neta positiva. Al ojo es suelo que carece de estructura.

#### EUTRUSTOX:

Son Ustox que tienen saturación de bases de 50% o más (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) en la mayor parte del horizonte óxico si es arcilloso o 35% o más si es franco. Además, tienen capacidad de retención catiónica (de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) de  $> 1.5$  meq/100 g de arcilla.

#### HAPLUSTOX:

Son los Ustox rojos o rojo oscuro que tienen algunas arcillas con modesta capacidad de intercambio catiónica pero que tienen baja saturación de bases en algunas o en todas partes del horizonte óxico. Como una regla la saturación de bases decrece con la profundidad y las bases son retenidas en gran parte en los tejidos de la vegetación. Estos suelos tienden a tener un extenso

período seco, precipitación relativamente alta y vegetación semidecídua. Tienen capacidad de retención catiónica  $> 1.5$  meq/100 g arcilla y saturación de bases  $< 50\%$  en el horizonte óxico, si es arcilloso, y  $< 35\%$  si es franco.

#### SPODOSOLS:

El rasgo común a la mayoría de los Spodosols es la presencia de un horizonte spódico, es decir uno en el que se han acumulado mezclas amorfas de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro. En suelos no disturbados, hay generalmente un horizonte eluvial sobreyaciendo, gris o gris claro, que es el color del cuarzo no recubierto, y que puede ser somero o muy espeso. La mayoría de los Spodosols tienen poca arcilla silicatada. La textura es mayormente arenosa, arenosa esquelética, franco gruesa, franco esquelética, o limosa gruesa. Los Spodosols son más extensos en clima frío, húmedo o perhúmedo. También se han formado en áreas cálidas, húmedas, subtropicales y otras áreas húmedas calientes, para el caso de la mayoría de las arenas cuarzosas que tienen capa de agua fluctuante. En muchos de estos últimos suelos, las fracciones arena y limo están virtualmente exentas de minerales meteorizables y los horizontes álbicos tienden a ser gruesos. Si el horizonte álbico es consistentemente  $> 2$  m de grueso, el suelo queda excluido de los Spodosols y se agrupa con los Entisols. El régimen de humedad de los Spodosols es primariamente ácuico o údico, pero unos pocos tienen régimen xérico. Los Spodosols pueden tener cualquier régimen de temperatura. Bajo cultivo, particularmente si se aplica cal o nitrógeno, el horizonte spódico puede ser destruido biológicamente.

#### AQUODS:

Son los Spodosols que tienen un régimen de humedad ácuico o están artificialmente drenados y que tiene ciertas características específicas asociadas con la humedad. Son los Spodosols de lugares húmedos en donde hay una capa de agua fluctuante o el clima es extremadamente húmedo. Si el régimen de temperatura es mésico o isomésico o más cálido, muchos de ellos tienen un horizonte álbico casi blanco lo suficientemente espeso para persistir bajo cultivo, o en los Aquods más húmedos, un horizonte de superficie negro descansando sobre un horizonte spódico pardo rojizo oscuro que está virtualmente libre de hierro.

#### TROPAQUODS:

Son Aquods que tienen una temperatura media del suelo de  $8^{\circ}\text{C}$  o más alta y las temperaturas medias de verano y de invierno del suelo a 50 cm de profundidad

difieren en  $< 5^{\circ}\text{C}$ . Se forman casi exclusivamente en arenas que están virtualmente exentas de minerales meteorizables. El horizonte spódico puede ser muy profundo. La parte superior del horizonte spódico usualmente es negra y la parte inferior es pardo rojiza oscura. El horizonte spódico entero, muy comúnmente es más o menos cementado. Los moteados comúnmente están ausente.

#### ULTISOLS:

Los Ultisols son suelos de latitudes medias a bajas que tienen un horizonte que contiene una apreciable cantidad de arcillas silicatadas translocadas pero pocas bases. El mantenimiento de la provisión de bases es debido al reciclaje de las plantas. La saturación con bases puede ser extremadamente baja a través de todo el perfil o puede decrecer con la profundidad, pero es al menos  $< 35\%$  en profundidad. Los Ultisols deben tener un horizonte argílico y no se les permite tener horizontes óxicos o spódicos. Son suelos de climas húmedos, con o sin estación seca prolongada. Caolín, gibsita, y arcillas alúmino-interlaminares son comunes en la fracción arcilla, pero si el material originario contiene montmorillonita, ella también puede estar presente.

#### AQUULTS:

Son Ultisols que están saturados con agua durante algún período del año o están artificialmente drenados. Son suelos grises u oliva de lugares húmedos, donde la capa de agua está cercana a la superficie durante parte de cada año, y permanece profunda en otro tiempo.

#### ALBAQUULTS:

Son Aquults que tienen un cambio textural abrupto entre el epipedón ócrico o el horizonte argílico y tienen baja conductividad hidráulica en el horizonte argílico. En la mayoría de los años, el agua permanece un tiempo encima del horizonte argílico cuando el suelo se está rehumedeciendo y luego satura el suelo completo. Las pendientes son casi a nivel y el drenaje de estos suelos es difícil.

#### PALEAQUULTS:

Son Aquults de viejas superficies que tienen un horizonte argílico gris, moteado, espeso, o que tienen pequeña cantidad de plintita en el horizonte argílico, o ambos. Los minerales meteorizables están virtualmente ausentes en las fracciones desde arena fina hasta limo grueso. La distribución de arcilla es tal que la arcilla no decrece de su máximo tanto como  $20\%$  de aquel

máximo dentro de una profundidad de 1.5 m desde la superficie del suelo, o el horizonte en el cual el porcentaje de arcilla es menos que el máximo tiene skeletans sobre las caras de los agregados o contiene 5% o más de plintita por volumen.

#### PLINTHAQUULTS:

Son Aquults que tienen plintita que forma una fase continua o constituye más de la mitad de la matriz de algún subhorizonte dentro de 1.25 m desde la superficie.

#### TROPAQUULTS:

Son Aquults que tienen un régimen de temperatura isomésico o un isorégimen más cálido.

#### UDULTS:

Son Ultisols que tienen un régimen de humedad údico. Son Ultisols pobres en humus, más o menos libremente drenados en climas húmedos con precipitaciones bien distribuidas. Algunos tienen fragipán o plintita, o ambos, en o debajo del horizonte argílico. Tienen < 0.9% de carbono orgánico en los 15 cm superiores del horizonte argílico y tienen < 12 kg de carbono orgánico en una unidad de volumen de 1 m<sup>2</sup> hasta una profundidad de 1 m excluyendo cualquier horizonte 0.

#### HAPLUDULTS:

Son Udults que tienen un epipedón ócrico y un horizonte argílico delgado o moderadamente espeso. No tienen fragipán, tienen poca o ninguna plintita, usualmente nada. El color del horizonte argílico es pardo fuerte o rojo amarillento.

#### PALEUDULTS:

Son Udults más o menos libremente drenados sobre superficies de tierra estables, muy viejas. Sus pendientes son suaves o casi a nivel. Tienen un horizonte argílico grueso y usualmente tienen una pequeña cantidad de plintita a alguna profundidad. Los clay skins normalmente no están presentes en la parte superior del horizonte argílico y están mejor preservados debajo de una profundidad de 2 m donde la actividad biológica es alta. Los primeros 50 cm del horizonte argílico tiene < 10% de minerales meteorizables en la fracción de 20 a 200 micras; y tienen una distribución de arcilla tal que el porcentaje de arcilla no decrece de su máximo por > 20% de aquel máximo dentro de una profundidad de 1.5 m de la superficie del suelo.

**PLINTHODULTS:**

Son Udults que tienen plintita que forma una fase continua o constituye más del 50% del volumen en algún horizonte dentro de los primeros 1.25 m del suelo.

**RHODODULTS:**

Son Udults que tienen color de valores oscuros a través de todos los horizontes. Muchos de ellos tienen un horizonte rojo oscuro delgado o moderadamente espeso, o tienen una apreciable cantidad de minerales meteorizables, o ambos. Estos suelos se formaron bajo bosque a partir de rocas o sedimentos básicos. Como consecuencia, tienden a poseer más fósforo total que otros Udults.

**TROPUDULTS:**

Son Udults que tienen un régimen de temperatura isomésico o un isorégimen más cálido. El horizonte argílico es solo moderadamente espeso o hay una apreciable cantidad de minerales meteorizables en la fracción de 20 a 200 micras, o ambos. Comúnmente, ambas de estas características están presentes.

**USTULTS:**

Son Ultisols que tienen régimen de humedad ústico. Son de regiones cálidas donde la precipitación es alta pero hay una estación seca pronunciada. Tienen muy poco carbono orgánico. Tienen mayormente un epipedón ócrico que descansa sobre un horizonte argílico, el cual puede o no contener plintita. Tienen < 0.9% de carbono orgánico en los 15 cm superiores del horizonte argílico, y tienen < 12 kg carbono orgánico en una unidad de volumen de 1 m<sup>2</sup> a una profundidad de 1 m debajo de la base de cualquier horizonte O ó la superficie del suelo mineral.

**HAPLUSTULT:**

Son Ustults que tienen un horizonte argílico delgado o moderadamente espeso, o tienen 10% o más de minerales meteorizables en la fracción de 20 a 200 micras de los 50 cm superiores del horizonte argílico, o ambos; y tienen poco o nada de plintita. Sus pendientes varían desde suaves hasta muy fuertes.

**PALEUSTULTS:**

Son los Ustults que tienen un horizonte argílico espeso y pocos minerales meteorizables. Están sobre superficies estables viejas y tienen pendientes suaves. Comúnmente hay pequeña a moderada cantidad de plintita a alguna

profundidad en el suelo. El horizonte argílico tiene en sus primeros 50 cm < 10% de minerales meteorizables en la fracción de 20 a 200 micras, y una distribución de arcilla tal que el porcentaje de arcilla no decrece de su máximo por > 20% de aquel máximo dentro de 1.5 m de la superficie del suelo.

#### RHODUSTULT:

Son los Ustults que tienen mayormente un horizonte argílico rojo oscuro y un epipedón color oscuro. El horizonte argílico es delgado o moderadamente delgado o hay una apreciable cantidad de minerales meteorizables. Se han formado principalmente sobre rocas básicas, y como consecuencia tienden a tener más fósforo total que otros Ustults. Las pendientes varían de suaves a abruptas.

## APENDICE II.

### ANTECEDENTES HISTORICOS DE CLASIFICACION DE SUELOS EN AMERICA TROPICAL

#### A) El Sistema de FAO

FAO y UNESCO acordaron en 1961 la preparación de un Mapa de Suelos del Mundo basado en la compilación de material disponible de relevamiento de suelos y correlación de campo adicional. En Junio de 1961, se convocó un Panel Consultivo para estudiar los problemas metodológicos, científicos y otros relacionados con la preparación del Mapa. El Comité de Correlación de Suelos para Sudamerica, ya establecido en 1960, se integró al proyecto mundial para servir a sus necesidades.

Un primer borrador del Mapa de Suelos de Sudamerica fue presentado en Madison en 1960 a escala 1:10.000.000. El segundo borrador, a escala 1:5.000.000 fue presentado en el Primer Encuentro sobre Interpretación, Correlación y Relevamiento de Suelos para América Latina realizado en Río de Janeiro en Mayo de 1962. En los años siguientes se complementó un activo programa de trabajos de correlación de suelos en Sudamerica con miras a la elaboración de un tercer borrador. La versión completa de éste se presentó nuevamente en Río de Janeiro durante el Segundo Encuentro en 1965. Fue precedido por una expedición de correlación de suelos a través de Brasil central, desde Río Branco, pasando por la selva amazónica y los campos cerrados, hasta Brasilia.

En Diciembre de 1966, el Comité se reunió en Buenos Aires, poniendo interés especial en las definiciones de suelos propuestas para la preparación de una leyenda uniforme para el Mapa de Suelos del Mundo. Un cuarto borrador fue completado en Roma hacia finales de 1969. El mapa y su informe para Sudamerica, (Volumen IV) fue publicado en 1971.

Uno de los principales objetivos de este proyecto FAO/UNESCO fue promover la cooperación entre los científicos de suelos de todo el mundo para acordar un sistema internacional de correlación de suelos.

Más que un sistema de clasificación, es una leyenda con dos categorías o niveles. Su nomenclatura es novedosa y fue elaborada con mentalidad de diplomacia internacional, conservando algunos nombres "clásicos" de suelos usados en Rusia, Europa y Canadá, utilizando otros provenientes del moderno sistema americano, y finalmente creando unos pocos originales.

Las definiciones de los taxones están basados en horizontes diagnósticos y criterios cuantificables similares a los del sistema de Estados Unidos. El criterio climático fue excluido del sistema FAO, aunque su uso fue sugerido a nivel de fase durante el Encuentro del Comité de Correlación en 1966.

El sistema FAO tiene 104 categorías para todos los suelos del mundo. Esto es groseramente comparable al nivel de Grandes Grupos del Soil Taxonomy de Estados Unidos, razón por la cual no es muy efectivo para la transferencia de agrotecnología por ser de un nivel de información de tipo generalizado.

#### B) La Taxonomía de Suelos de Estados Unidos. (Soil Taxonomy).

Desde 1899 se han usado en Estados Unidos cuatro sistemas de clasificación de suelos. Los tres primeros (Whitney, Marbut y Baldwin *et al.*) tuvieron defectos y causaban problemas en su aplicación, motivo por el cual en 1951 decidió elaborarse uno nuevo. Se trabajó durante 20 años a través de una serie de "aproximaciones" hasta que en 1975 se publicó el sistema definitivo conocido como Soil Taxonomy del USDA - (Taxonomía de Suelos del Depto. de Agricultura de EE.UU.)

Representa un esfuerzo para solucionar los tres principales problemas que se presentan al establecer un sistema taxonómico: la selección de criterios de diferenciación, la definición de clases y su agrupamiento en categorías, y la nomenclatura de los taxones.

Este nuevo sistema se basó en propiedades morfológicas que pueden ser cuantificadas por técnicas aceptadas; agrupa a los suelos de acuerdo a "lo que son" y no "a lo que deberían ser", evitando así el excesivo peso que tenían las teorías genéticas en las antiguas clasificaciones.

Para la definición de las categorías se usan características que son propiedades de los suelos en sí mismas, incluyendo temperatura y humedad del suelo. Las definiciones son precisas y cuantitativas más que comparativas.

Para la nomenclatura del sistema se acuñaron nuevos nombres, principalmente de raíces griegas y latinas. Es fonética, fácilmente memorizable; el nombre de cada taxón indica claramente su lugar en el sistema y connota algo de sus propiedades más importantes.

El Soil Taxonomy es un sistema multicategorico. Cada categoría es un agregado de taxones, definidos al mismo nivel de abstracción, con el número más pequeño de clases en la más alta categoría, y el número más alto en la categoría más baja. En rango decreciente, estas características son: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie.

Los órdenes, subórdenes y grandes grupos se diferencian sobre la base de presencia o ausencia de una variedad de combinaciones de horizontes diagnósticos y propiedades del suelo. Los órdenes son 10, y se diferencian por los horizontes diagnósticos tales como horizontes óxico y spódico y el epipedón mólico. Los subórdenes son 47, diferenciados principalmente por regímenes de humedad y temperatura del suelo, y por propiedades químicas o mineralógicas extremas, como la presencia de grandes cantidades de alofano. Los grandes grupos son 227, diferenciados principalmente por propiedades superpuestas sobre los rasgos diagnósticos de los órdenes y subórdenes, tales como varios tipos de panes o la presencia de plintita. Los subgrupos, más de 1000, son subdivisiones de grandes grupos, representando, o bien el concepto central de la categoría (subgrupo "típico") o bien los "integrados" hacia otros grupos, y los "extragrados" con propiedades aberrantes que no indican transición hacia cualquier otra clase de suelo conocido.

Las familias y las series se distinguen sobre la base de propiedades seleccionadas para crear taxones que son sucesivamente más homogéneos para usos prácticos del suelo. Las familias intentan proveer clases con propiedades homogéneas para el crecimiento de las plantas, y las series son subdivisiones de familias que proveen la mayor homogeneidad de propiedades en la zona radicular, consistentes con áreas mapeables a niveles detallados.

La familia, de este modo, ocupa una posición crítica en la estructura de la taxonomía, entre la heterogeneidad del subgrupo y la homogeneidad de la serie. La familia constituye la clase más estrechamente definida de la Taxonomía.

La principal aplicación práctica de la clasificación de suelos es el relevamiento, el cual puede ser interpretado para varios usos técnicos, incluyendo la transferencia de agrotecnología. Referente a este aspecto, Guy Smith sostiene que "las categorías altas son esenciales para comparaciones de los suelos de áreas grandes, pero son de valor limitado para la transferencia de experiencia". Recién a nivel taxonómico de familia, los suelos tienen aproximadamente los mismos requerimientos de manejo y similares potencialidades para producción de cultivos. Desafortunadamente, el mayor cúmulo de literatura disponible en Latinoamérica tropical clasifica los suelos hasta nivel de subgrupo, dificultándose así las comparaciones precisas y la eficaz transferencia de tecnología agrícola.

Resumiendo, la Taxonomía de Suelos de USDA satisface el problema universal de clasificación de suelos, pero aún no es empleado en categorías lo

suficientemente bajas en Latinoamérica como para transferir exitosamente las experiencias logradas por los científicos agrícolas en diferentes ámbitos geográficos.

C) El Sistema Brasileño

A un nivel alto de clasificación, los suelos de Brasil pueden ser divididos en dos amplias clases: suelos con horizonte B Latosólico y suelos con horizonte B textural (que son prácticamente idénticos al horizonte óxico y argílico del Soil Taxonomy). Los suelos con horizonte cámbico parecen ser menos importantes, ocurriendo en zonas montañosas limitadas localizadas a altitudes mayores, donde predominan condiciones mesotérmicas. A niveles categóricos más bajos, la clasificación brasileña pone énfasis en color, saturación con bases, capacidad de intercambio y vegetación.

Extraído de "Manejo de Suelos en la América Tropical". 1974. Ed. Elemer Bornemisza y Alfredo Alvarado. Pub. por University Consortium on Soils of the Tropics, Soil Sc. Dept., North Carolina State University. Raleigh, N.C., 27607. USA.

## 6 Clasificación de Suelos en Base a su Fertilidad

S. W. BUOI, PEDRO A. SANCHEZ,  
ROBERT B. CATE, Jr. y MICHAEL A. GRANGER

### I INTRODUCCION

Dentro del campo de la ciencia del suelo, hay una clara diferencia entre las subdisciplinas de mapeo y fertilidad de suelos. Frecuentemente estos grupos compiten entre ellos al tratar de proveer información sobre el potencial agrícola de un país. El grupo encargado del mapeo de suelos anhela producir mapas, en los cuales se cuantificarían las condiciones existentes. Por su parte el grupo de fertilidad evalúa el potencial del suelo para la producción de cultivos, a través del análisis de suelos y experimentos de campo, considerando ambas funciones esenciales para el planeamiento del desarrollo agrícola de una área.

La manera de proveer la información necesaria por estos dos grupos ha causado a que tiendan a excluirse mutuamente, debido al diferente enfoque. La mayoría de los sistemas taxonómicos de suelos enfatizan las características del subsuelo como principal criterio diagnóstico en el agrupamiento jerárquico, utilizando las características superficiales solamente en las categorías inferiores. Por regla general, los especialistas en fertilidad muestrean solamente la capa arable, o los 20 cm superficiales del suelo. Por lo tanto, los dos grupos estudian dos suelos diferentes mientras examinan el mismo perfil.

Hasta hace poco, los especialistas en clasificación estaban fuertemente influenciados por las teorías de génesis de suelos. Para sus propósitos, la superficie del suelo puede ser fácilmente modificada por el hombre. Por lo tanto no puede reflejar adecuadamente la génesis del suelo. Por lo tanto, un suelo erosionado es clasificado igual a uno no erosionado, excepto al nivel más bajo (fase). Este enfoque fue mantenido debido a que el subsuelo no cambia, aun cuando el potencial productivo del suelo haya sufrido un cambio drástico. El actual concepto de "sección de control", del Sistema Taxonómico de Suelos de los Estados Unidos, lleva este problema al nivel de familia. Las familias así clasificadas, tienen propiedades uniformes solamente en el subsuelo. En Carolina del Norte, por ejemplo, el 70% de la variabilidad de los rendimientos de maíz por factores del suelo puede ser atribuida a la capa arable (Sopher y McCracken, 1973).

Además los dos grupos se separan por la divergencia natural de sus objetivos inmediatos. Los especialistas en clasificación de suelos intentan proveer información para satisfacer las necesidades de todo uso potencial de la tierra por varias décadas, mientras que a los especialistas en fertilidad de suelos les interesa saber las necesidades de abonamiento para un cultivo o a lo sumo unos pocos años y luego reevaluarlas. Por tanto, el sistema de

tables.

La cantidad de información que necesitan los especialistas en fertilidad es sólo una fracción de los datos recolectados durante el mapeo de suelos. Por lo tanto, es deseable diseñar un sistema de clasificación de suelos, específico para problemas de fertilidad. Tal sistema sería considerado como un sistema técnico en vez de un sistema natural (Cline, 1949).

El propósito de este trabajo es presentar el concepto de un sistema técnico de clasificación de suelos de acuerdo con su fertilidad y dar ejemplos sobre la manera de utilizarlo. Dicho sistema podría cubrir el vacío entre especialistas de fertilidad y de mapeo de suelos.

## II CONCEPTO

Como sistema técnico de clasificación de suelos, el Sistema de Capacidad-Fertilidad, debería ser considerado de la misma manera que la bien conocida clasificación de tierras de acuerdo con su uso, así como los sistemas existentes de clasificación de suelos para fines de ingeniería civil, forestal, e instalación de cajas sépticas. Estas clasificaciones técnicas se encuentran en cualquier informe moderno de reconocimiento de suelos de los Estados Unidos. De ninguna manera el propuesto sistema reemplaza o antagoniza los varios sistemas naturales taxonómicos en uso en diferentes partes del mundo. Este sistema se diseñó para agrupar los suelos de acuerdo con las características que afectan la dinámica del fertilizante en los mismos así como su manejo.

Generalmente hay una tendencia a interpretar clasificaciones técnicas más allá de su propuesto uso. Por esta razón, debería ser enfatizado que este sistema no es más que una armazón, dentro de la cual todos los suelos del mundo pueden agruparse de acuerdo con algunas características relevantes al manejo de su fertilidad. Es importante que un sistema de clasificación sea simple, específico y lo suficientemente conciso para que pueda ser fácilmente comprendido. Por este motivo el presente sistema sólo incluye aquellos factores que se sabe juegan un papel directo en la relación suelo-fertilizante. Factores como pedregosidad y pendiente, importantes para el uso de maquinaria o irrigación, no son considerados.

Corrientemente se usan sistemas técnicos como base para mapear suelos por razones económicas falsas. Por lo general, esto no es recomendable pues cambios en el uso de la tierra crean nuevas necesidades que hacen obsoleto el mapa preparado. Se requerirá entonces volver a mapear para incluir en el mapa nuevos parámetros, con la consecuente duplicidad del trabajo de campo. El sistema técnico aquí propuesto puede ser usado 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 Suelo (Soil Survey Staff, 1970), así como a otros sistemas de clasificación.

Está previsto de que el principal uso será por los especialistas en fertilidad de suelos con el objeto de extrapolar resultados de un campo a otro. Por lo tanto se ha tratado de escoger parámetros que puedan ser determinados en el campo o con un trabajo mínimo de laboratorio. Se recalca

## III FORMATO

### *Tipo y Subtipo:*

El sistema consiste de tres niveles (Cuadro 1). El tipo es la categoría superior y está determinado por la textura promedio de la capa arable o de los 20 cm superficiales. Ha sido empleado el sistema textural USDA (Soil Survey Staff, 1951). Un estimado de la textura en el campo es probablemente suficiente en ausencia de datos de laboratorio.

El subtipo es la textura del subsuelo que ocurre dentro los 50 cm de profundidad. Se incluye sólo si ésta difiere a la textura de la capa arable (Tipo) dentro de los límites definidos. Por ejemplo, un suelo arenoso en el cual el horizonte arcilloso o argílico empieza a los 60 cm de profundidad, sería designado como S, mientras que un suelo similar en el cual el horizonte argílico empieza a 40 cm sería designado como SC. (arenoso sobre arcilloso). Por otra parte, si un suelo con textura de arena fina en la superficie presenta una textura franco arenosa en el subsuelo, será designado como SL (arenoso sobre franco) pero si el subsuelo presenta una textura de arena franca sólo es designado como S (arenoso).

### *Modificadores:*

En general los modificadores se refieren a las propiedades físicas y químicas de la capa arable o los 20 cm superficiales, salvo excepciones indicadas. Los modificadores indican limitaciones específicas de fertilidad con posibilidades de diferente interpretación. No obstante que en el Cuadro 1 se detalla la definición específica para cada modificador no es necesario obtener la caracterización con ese grado de precisión para hacer el sistema funcional.

Todos los modificadores aplicables a un suelo se escriben con letras minúsculas. La siguiente discusión trata de explicar el fundamento de cada modificador y sirve como una guía para coadyuvar en la ubicación de suelos donde no existen datos suficientes. Las letras minúsculas empleadas han sido seleccionadas para proveer una fácil asociación con la condición descrita.

g: Este modificador se refiere a una condición de "gley" en el suelo como una indicación de la presencia de una saturación de agua dentro de los primeros 60 cm durante cierta parte del año. Podría ser indicativo de suelos que necesitan drenaje, o suelos generalmente buenos para el cultivo del arroz. Corresponde a la definición del régimen de humedad "Acuico" en la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos, pero puede ocurrir junto con el modificador "d" cuando existen estaciones fuertemente lluviosas y secas alternas.

d: Este modificador se refiere a una estación seca anual, de por lo menos 60 días consecutivos. Está definido en términos generales para corresponder a los regímenes de humedad Ustico, Néxico, Tórrico y Arídico en la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos. Su importancia en el

**TIPO:**

Textura promedio de la capa arable ó 20 cm de profundidad, el que sea menos profundo.

S = Arenoso: arena y arenas finas (USDA).

L = Franco: < 35% arcilla excepto arenas y arenas finas.

C = Arcilloso: > 35% arcilla.

O = Suelo orgánico: > 30% materia orgánica en los primeros 50 cms.

**SUBTIPO:**

Usado solo si existe un cambio de textura o una capa dura que impide desarrollo radicular dentro de los primeros 50 cms.

S = Subsuelo arenoso: igual que en tipo.

L = Subsuelo franco: igual que en tipo.

C = Subsuelo arcilloso: igual que en tipo.

R = Roca u otra capa dura que restringe desarrollo radicular.

**MODIFICADORES:**

En la capa arable ó 20 cm el que sea menos profundo excepto cuando marcado con un asterisco (\*).

\*g = (Gley):

Motocara, con ceras  $\checkmark$  dentro de los primeros 60 cm y debajo de los horizontes A, o suelo saturado con agua por más de 60 días en la mayoría de los años.

\*d = (Seco):

Régimen de humedad ústico o xérico: suelo seco por más de 60 días consecutivos por un año dentro de 20 a 60 cm de profundidad.

\*e = (Baja CIC):

< 4 meq/100 gr de suelo determinado por suma de bases + aluminio extraído por KCl 1N.

< 7 meq/100 gr de suelo determinado por suma de cationes a pH 7.

< 10 meq/100 gr de suelo determinado por suma de cationes + Al + H a pH 8.2.

\*a = (Toxicidad de Al):

> 60% de la CIC saturada con Al (por suma de bases + Al) en los primeros 50 cm.

o > 67% de la CIC saturada con Al (por suma de cationes a pH 7) en los primeros 50 cm.

o > 86% de la CIC saturada con Al (por suma de cationes a pH 8.2) en los primeros 50 cm.

o pH en H<sub>2</sub>O (1:1) < 5.0 excepto en suelos orgánicos.

\*h = (Ácido):

10 a 60% de la CIC saturada con Al (por suma de bases + Al) en los primeros 50 cm.

o pH en H<sub>2</sub>O (1:1) entre 5.0 y 6.0.

i = (Fijación Fe-P): > 5 % de  $\frac{FeO}{Fe_2O_3}$  o más.

% FeO<sub>2</sub> libre/ % arcilla > 0.2, o matices más rojos que 5R y estructura granular.

x = (Alm. amorfo):

pH > 10 en NaF 1N, ó prueba de NaF en el campo positivo, u otras evidencias indirectas del alúmina como mineral de arcilla predominante.

y = (Vertisol):

> 35% arcilla muy plástica y pegajosa y > 50% de la fracción arcillas expansible (2:1), ó COLE > 0.09, ó severo agrietamiento e hinchamiento del suelo.

\*k = (K def):

< 10% minerales meteorizables en la fracción limo y arena dentro de los primeros 50 cm, ó un contenido de K intercambiable < 0.2 meq/100 g, ó K < 2% de la suma de bases si esta es < 10 meq/100 g.

\*h = (Calcáreo):

Carbonato de calcio 1 lb. dentro de 50 cm (esferoviscencia con HCl), ó pH > 7.5.

\*s = (Salino):

> 4 mhos/cm de conductividad eléctrica en pasta saturada a 25°C dentro de 1 m de profundidad.

\*n = (Sódico):

> 15% de la CIC saturada con Na dentro de los primeros 50 cm.

\*c = (Cat. Clay):

pH en H<sub>2</sub>O (1:1) menor de 5.5 cuando seco, maticamiento de jarosita con matices 2.5 Y o más amarillos y cromas de 6 o más altas dentro de 60 cm.

manejo de fertilidad no está completamente reconocida, sin embargo, existen indicios de varias consecuencias sobre respuestas de nitrógeno y épocas de siembra al inicio de las lluvias. (Hardy, 1946).

c: Este modificador delimita los suelos con muy baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la capa arable. Tres límites han sido indicados de acuerdo con el método analítico empleado. Esta condición influye problemáticamente en la fertilidad debido a la lixiviación de cationes y complicaciones en las recomendaciones de encaulado.

a: Este modificador se refiere a altas concentraciones de aluminio intercambiable, las cuales podrían ser tóxicas para la mayoría de los cultivos. También, implica un alto grado de fijación de fósforo por compuestos de aluminio (Kamprath, 1970, Woodroff y Kamprath, 1965) y diferentes formas de interpretar el análisis de suelos (SIEFF, 1968).

h: Este modificador se refiere a un nivel moderado de acidez que retardaría el crecimiento de algunas plantas muy sensibles al aluminio intercambiable (Evans y Kamprath, 1970). En vista de que ambas condiciones "a" y "h" pueden ser alteradas por encaulado y considerando la

minados a una profundidad de 30 cm. El uso de estos modificadores reducirá la intensidad de futuros requerimientos de encañado.

i: Este modificador está designado para aquellos suelos donde la fijación del fósforo por compuestos de hierro es de mayor importancia. Sugiere también un rango bajo en la humedad disponible del suelo. El criterio "relación hierro/arcilla", es frecuentemente difícil de obtener y por tanto un criterio basado en estructura y color ha sido dado para uso de campo. Se considera que este modificador está estrechamente asociado con el orden Oxisol.

x: Este modificador identifica suelos con mineralogía dominante alofánica. Principalmente estamos interesados en la alta capacidad de fijar fósforo y la baja tasa de mineralización de nitrógeno de tales suelos. Indicios preliminares de un análisis simple con NaF (Fieldes y Perrot, 1966), indican cierta correlación con el potencial de fijación de fósforo de estos suelos.

v: Este modificador indica suelos arcillosos dominados por arcillas expansibles 2:1. Las implicaciones de fertilidad son su alta CIC de carga permanente, dificultad en las relaciones suelo-agua y en la preparación del suelo. Se considera que este modificador estará estrechamente ligado con el orden Vertisol y algunos subgrupos vérticos.

k: Muchos suelos contienen minerales portadores de pequeñas cantidades de potasio, esperándose entonces buenas respuestas a la fertilización potásica. Este modificador intenta delimitar aquellos suelos donde casi siempre el potasio será necesario en un programa de fertilidad. El criterio indicado en el Cuadro 1, concerniente a mineralogía, ha sido adaptado de límites taxonómicos (USDA, 1970) y los límites para pruebas de análisis de suelos han sido adaptados de varios informes (Boyer, 1970).

h: Este modificador delimita suelos calcáreos o, más específicamente, carbonato de calcio libre dentro de los 50 cm y fijación de fósforo por compuestos cálcicos. Es fácilmente determinado en el campo cuando el suelo efervesce al aplicar HCl.

s: Este modificador separa a aquellos suelos con problemas de salinidad para la mayoría de los cultivos y está basado en el criterio general desarrollado por el Laboratorio de Salinidad de Suelos de los Estados Unidos (U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

n: El sodio es considerado debido a su efecto en la dispersión de arcilla y en la disponibilidad de humedad. Este modificador está designado para delimitar suelos con problemas de sodio. El límite está basado en recomendaciones generales del Laboratorio de Salinidad de Suelos de los Estados Unidos (U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

c: Este modificador indica la presencia de suelos ácidos sulfatados y los problemas asociados a su manejo (Moorman, 1963).

Un formato ha sido diseñado para ayudar en el agrupamiento de suelos a partir de datos existentes en informes de reconocimiento. El Cuadro 2 muestra un ejemplo completo de este formato. Dicha hoja identifica la ubicación sistemática de perfiles de suelo y parcelas de campo. Cuando se sospechan ciertas condiciones, pero no son determinadas en el campo, se deberá tomar muestras de suelo de tal manera que la clasificación podría ser dada en base a la caracterización de estas muestras en el laboratorio.