

## Introducción

1. Programa de Pastos Tropicales. Toledo, J.M.
2. Estudios del Uso Potencial de la Tierra para la Evaluación y Transferencia de Agrotecnología basada en Germoplasma en América Tropical. Un Informe Preliminar. Cochrane, T.T. y Sánchez, L.F.

## PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES

José M. Toledo\*

### INTRODUCCION

La carne y la leche son artículos de consumo alimenticio importantes en América Latina. Independientemente del nivel de ingreso, el presupuesto destinado por los consumidores urbanos para la adquisición de estos dos artículos es grande. La carne representa entre el 10 y el 24% del total de gastos en alimentación y la leche entre 7 y 15% (Cuadros 1 y 2). Cuando el desembolso para la adquisición de carne se expresa como una proporción del ingreso familiar, los mayores valores corresponden a los ingresos más bajos, lo cual claramente indica una fuerte preferencia por este artículo en dichos grupos, lo cual es corroborado por la mayor elasticidad ingreso de la demanda estimada para estos grupos.

El Cuadro 3 muestra para el período 1970-1978 la tasa de crecimiento de la demanda y de la producción de carne en Latinoamérica. Con excepción de los países de zonas templadas, en los demás países y subregiones, la rápida demanda por carne no es compensada por la producción, lo mismo ocurre con la leche.

Este imbalance entre demanda y tasa de crecimiento en producción causa un continuo incremento en los precios, afectando tanto la dieta como

---

\* Coordinador Programa de Pastos Tropicales

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

Cuadro 1. Distribución del ingreso familiar, gastos en consumo de carne y elasticidad del ingreso de demanda, para carne, por ciudad y estrato de ingreso.

Ciudad	Rango de Ingresos	Gastos en carne como % de		Elasticidad Ingreso de Demanda
		Gastos en Alimentos	Ingreso Total	
Cali (Colombia)	I	24.2	16.4	1.28
	II	24.3	14.7	0.77
	III	23.3	11.4	0.42
	IV	18.6	5.5	0.41
São Paulo (Brazil)	I	9.5	6.7	0.86
	II	12.5	7.0	1.18
	III	12.8	4.8	0.47
	IV	13.4	3.6	0.43
Lima (Perú)	I	18.6	11.7	0.92
	II	19.4	8.7	0.88
	III	20.9	7.8	0.79
	IV	18.3	4.4	0.04
Caracas (Venezuela)	I	12.4	5.7	0.80
	II	14.3	5.7	0.54
	III	14.0	4.7	0.72
	IV	14.0	3.8	0.48

Fuente : CIAT Annual Report 1978 and 1979.

Cuadro 2. Asignación del ingreso familiar y gastos en el consumo de leche y derivados y elasticidad ingreso de demanda para leche, por ciudades y estrato de ingreso.

Ciudad	Rango de Ingreso	Gastos en leche como % de		Elasticidad Ingreso de Demanda
		Gastos de Alimentos	Ingreso Total	
Bogotá	I	9.6	6.1	0.91
	II	10.0	5.3	0.69
	III	11.6	5.3	0.69
	IV	10.6	3.1	0.52
Cali	I	7.0	4.9	1.02
	II	9.5	6.0	0.91
	III	13.1	6.6	1.15
	IV	12.5	4.1	0.37
Medellín	I	8.5	4.8	1.55
	II	11.2	6.2	1.45
	III	13.5	6.2	1.20
	IV	13.1	3.8	0.56

Fuente.: CIAT Annual Report 1979.

Cuadro 3. Tasa anual de crecimiento de la producción y demanda de carne en Latinoamérica. 1970-1978.

Region y País	Tasa de Crecimiento	
	Demanda	Producción
	----- % -----	
América Tropical	5.9	3.3
Bolivia	6.1	5.9
Brazil	7.2	3.5
Colombia	7.2	3.5
Dominican Republic	7.5	1.2
Ecuador	8.3	2.6
Mexico	4.5	9.3
Paraguay	3.5	3.2
Peru	5.4	-3.2
Venezuela	4.6	4.1
America central	4.6	3.3
Caribe	4.0	1.7
Zona templada de América Latina	1.7	2.7
AMERICA LATINA	5.4	4.5

Fuente: Latin America: Trend Highlights for CIAT Commodities. CIAT 1980.

el patrón general de vida de los extractos de la población con más bajos ingresos. La Figura 1 muestra el precio real de la carne al consumidor en los últimos 20 años en Brasil, Colombia y Venezuela.

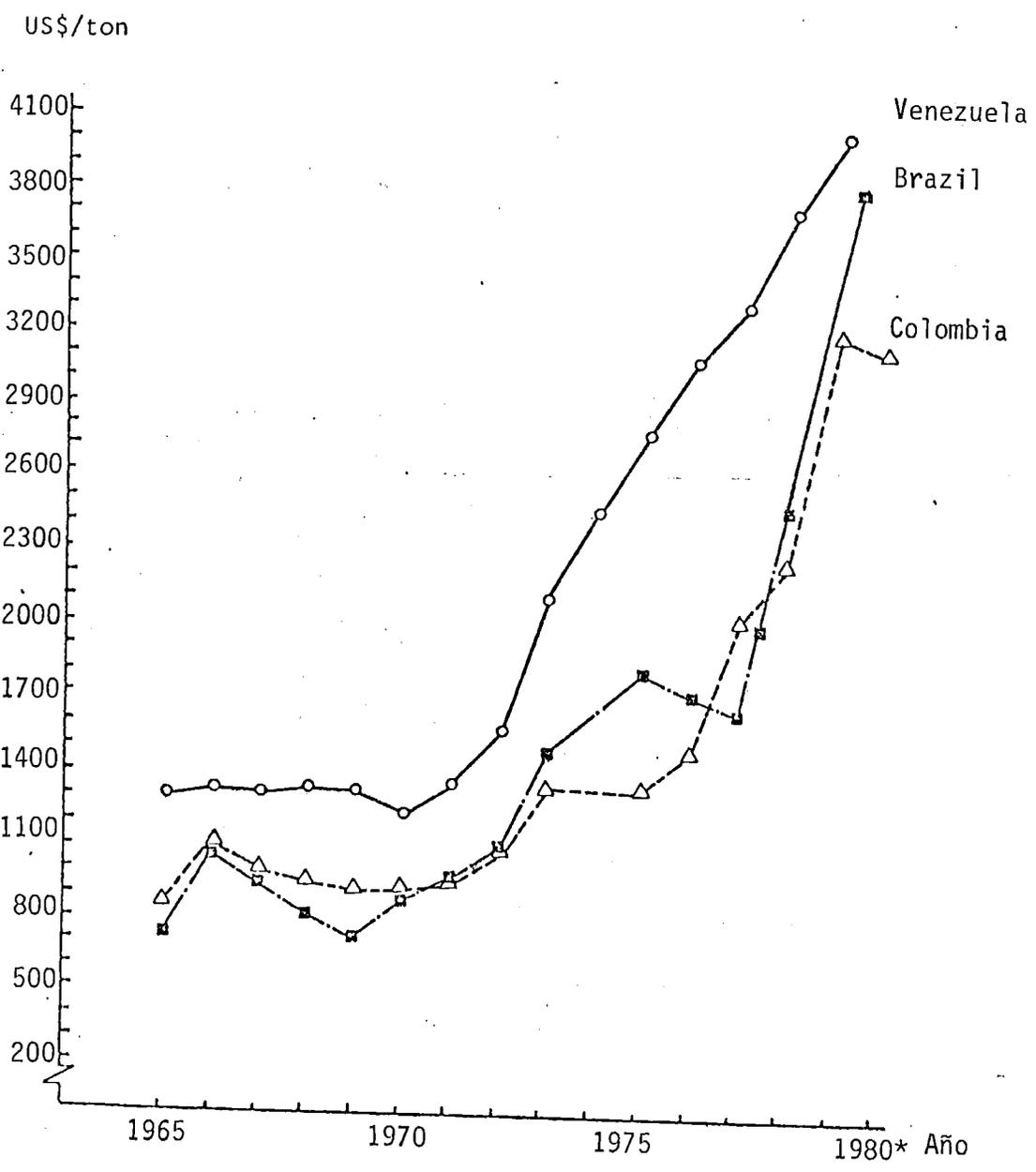
La población de ganado en América Latina es el doble de la de Estados Unidos (Cuadro 4). Sin embargo, la producción en América Latina es menos del 70% que la de Estados Unidos. Esto es debido a la baja productividad de los hatos en América Latina (aproximadamente 30% de la producción/animal/año obtenida en Estados Unidos).

Esta baja productividad animal es debida principalmente a los sistemas extensivos de producción utilizados en América Latina en contraste con los sistemas intensivos utilizados en Estados Unidos.

Sin embargo, la productividad ganadera también es baja cuando se compara con regiones de sistemas de producción extensiva, tal como ocurre en zonas templadas de latinoamérica (Cuadro 4). Esta productividad tan baja es debida al efecto combinado de manejo, nutrición, salud animal y mejoramiento. Indudablemente la nutrición juega un papel clave determinante del nivel que pueda obtenerse con los demás factores.

Latinoamérica es un continente con extensas áreas de suelos ácidos infértiles (Oxisoles y Ultisoles). El Cuadro 5 muestra la magnitud de este recurso el cual abarca entre 40-50% del total de los recursos de tierra.

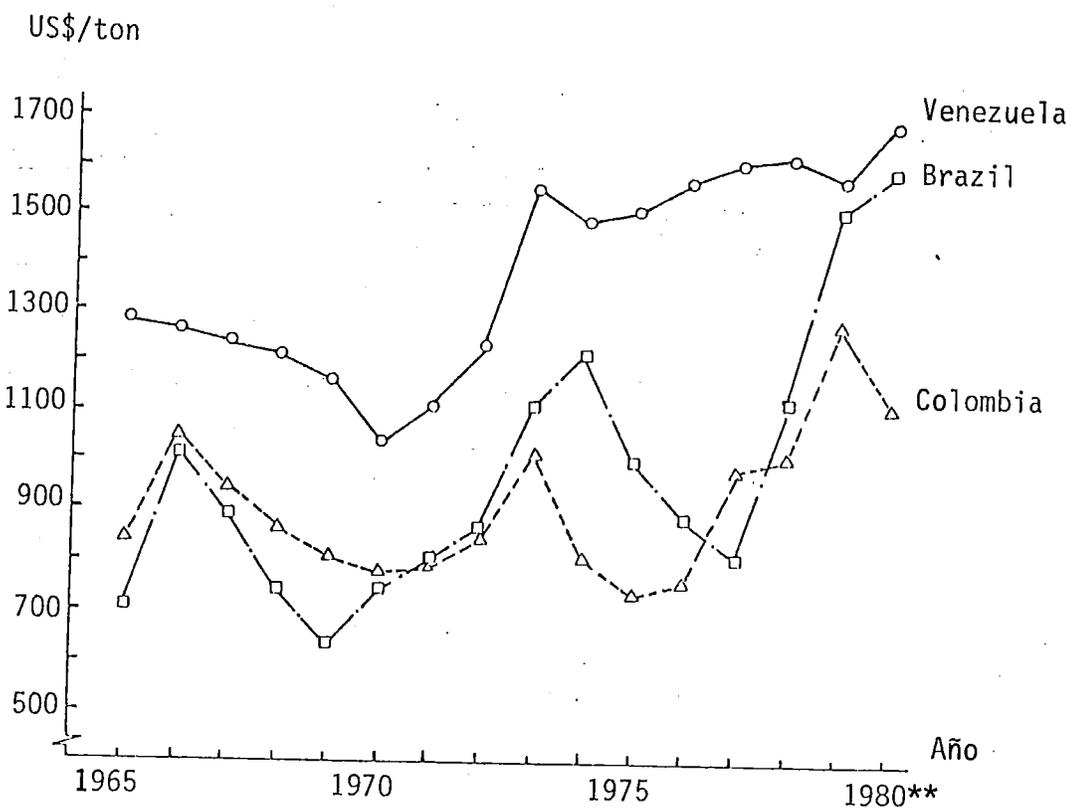
Figura 1. Precios corrientes de la carne al consumidor en Venezuela, Colombia y Brazil. 1965-1980.



\* Primer semestre

Fuente: CIAT, Trend Highlights 1980

Figura 11. Precios reales de la carne al consumidor en Venezuela, Colombia y Brasil. 1965-1980\*



\* Derivado del índice total de precios  
 \*\* Primer semestre

Cuadro 4. Existencia ganadera y productividad por animal en América Latina y USA. 1974-1977.

Region y País	Existencia (1974/ 1977)	Producción* (1974/1977)	Producción Anim. en Existencia (1974/1977)
	Cabezas (millones)	Ton (millones)	kg/año
USA	127.6	11.23	88
América Tropical	184.7	4.64	25
Bolivia	3.0	0.69	23
Brazil	94.3	2.22	24
Colombia	23.3	0.50	21
Dominican Republic	1.9	0.04	20
Ecuador	2.7	0.06	23
Mexico	28.5	0.94	33
Paraguay	5.3	0.11	21
Perú	4.2	0.09	21
Venezuela	9.5	0.26	28
America Central	10.7	0.32	30
Caribe	1.4	0.03	23
Zona templ. America Latina	73.1	3.12	43
AMERICA LATINA	257.8	7.76	30

\* Equivalente de peso en canal

Fuente: Latin America: Trend Highlights for CIAT Commodities. 1980.

Cuadro 5. Distribución y proporción de Oxisols y Ultisols en América Latina.

Region	Areas Oxisol y Ultisol	Proporción de la region
	Millones/ha	(% )
Tropical Latin America	848.5	51
Tropical South America	828.2	59
Tropical Central America y El Caribe	15.8	23
Total Latin America	851.1	42

Fuente : Latin America: Trend Highlights for CIAT Commodities. 1980.

La capacidad de carga, así como la productividad animal en estas regiones es tan baja como los promedios nacionales.

La carga promedio en las sabanas de suelos oxisoles de 0.12 animales/ha., puede incrementarse potencialmente más de 10 veces. En adición, la producción de carne por animal puede llegar a ser más del doble. Asimismo, los suelos ácidos infértiles pueden contribuir en forma significativa a incrementar la producción de leche, especialmente cuando se encuentran cerca a los centros de consumo.

Estas áreas tienen un gran potencial para la producción agrícola ya que poseen una alta radiación solar, y en general, suelos con buenas propiedades físicas y una estación larga de crecimiento. Sin embargo, la acidez y altos contenidos de aluminio en los suelos, o en general la falta de fertilidad en el suelo, constituye una seria limitación para la producción de cultivos.

Consecuentemente, la mayoría de la agricultura y de los sistemas intensivos de producción de ganado, están hoy en los suelos más fértiles. Los Oxisoles y Ultisoles de Latinoamérica constituyen la frontera agrícola subutilizada del continente.

La baja calidad y poca disponibilidad de forraje para los animales es el principal obstáculo para la producción de carne y leche en estos suelos. Otro obstáculo lo constituye la falta de infraestructura, pero su

importancia varía dependiendo de la distancia a los sitios de mercadeo y de un país a otro.

En respuesta a este problema, siendo la carne y la leche alimentos básicos en la dieta de la población de Latinoamérica y considerando las extensas áreas de suelos ácidos infértiles, el Programa de Pastos Tropicales del CIAT tiene como objetivos generales:

- a) Incrementar la producción de carne y leche
- b) Desarrollar tecnología que sirva como base para la expansión económica y ecológica de la frontera agrícola en América Tropical.
- c) Promover la producción de cosechas en los suelos fértiles, mediante el desarrollo y generación, en colaboración con los Programas Nacionales, de tecnologías apropiadas de Producción de Praderas en suelos ácidos infértiles de Latinoamérica.

#### HISTORIA

El Programa de Pastos Tropicales ha evolucionado desde su estado inicial de disciplinas relacionadas con producción animal a través de tres etapas progresivas.

Durante la etapa inicial de formación (1969-1974) el entonces Programa de Sistemas de Producción de Carne enfatizó la identificación de problemas y las soluciones potenciales en las áreas de salud animal, manejo

animal y sistemas de producción de ganado en general. Durante este período una proporción relativamente pequeña de los recursos del Programa se destinó a Pastos y Forrajes y la mayoría de la investigación de campo se efectuó en Colombia. A partir de la información recopilada durante este período inicial, llegó a ser evidente que la baja producción ganadera en el trópico de Latinoamérica era debido principalmente a la extrema desnutrición y a enfermedades relacionadas con ella. La baja disponibilidad de forraje y su pobre calidad a través de todo el año, fué identificado como el problema más crítico para incrementar la producción.

Esta condición constituyó la base del Programa de Producción de Carne. Durante el período 1975-1977, el Programa se concentró esencialmente en los suelos ácidos infértiles de sabanas existentes en Latinoamérica. De esta manera, el Programa amplió el área geográfica de sus actividades hacia otros países, mientras disminuía sus objetivos de investigación concentrándose en la investigación de pastos, con el objeto de remover los principales obstáculos para la producción en ecosistema de sabana.

#### AREA DE INTERES

A comienzos de 1978, se inició un reconocimiento de las regiones de suelos ácidos infértiles de América tropical, con el objeto de clasificar los recursos de tierras en términos de clima, topografía y suelos y proveer así el ecosistema respectivo del área de interés del Programa, para servir como una base en el diseño de su investigación y estrategia.

Un análisis de los datos del reconocimiento permitió en 1979 hacer una subdivisión del área en cinco ecosistemas mayores.

1. "Llanos" (sabana tropical bien drenada)
2. "Cerrados" (sabana tropical bien drenada)
3. Sabana tropical pobremente drenada
4. Bosque tropical semi siempre verde estacional
5. Bosque tropical lluvioso.

Estos cinco ecosistemas mayores se pueden observar en la figura 2. Es importante notar que estos ecosistemas están claramente divididos por la evapotranspiración potencial total de la estación húmeda (Twpe). La Twpe entre 910 y 1060 mm. define los "llanos" y "cerrados" como ecosistema de sabana. Este rango de Twpe también incluye el ecosistema de sabana pobremente drenada. La Twpe entre 1060 y 1300 mm. diferencia el bosque semi-siempre verde estacional y una Twpe mayor de 1300 mm. diferencia el bosque lluvioso.

La fisionomía diferente de la vegetación nativa de los "llanos" y "cerrados" permite dividir las sabanas bien drenadas, utilizando la temperatura media durante la estación lluviosa (MTWS) como el parámetro principal, en dos tipos, Isotérmicas ( $MTWS < 23,5^{\circ}C$ ) e Isohypertérmicas ( $MTWS > 23,5^{\circ}C$ ). Los "llanos" son predominantemente del tipo de sabana Isohypertérmica bien drenada, debido principalmente a su proximidad al Ecuador y su poca elevación. Sin embargo, en los "cerrados" los dos tipos de sabana Isohypertérmica e Isotérmica ocurren de acuerdo con la latitud y elevación.

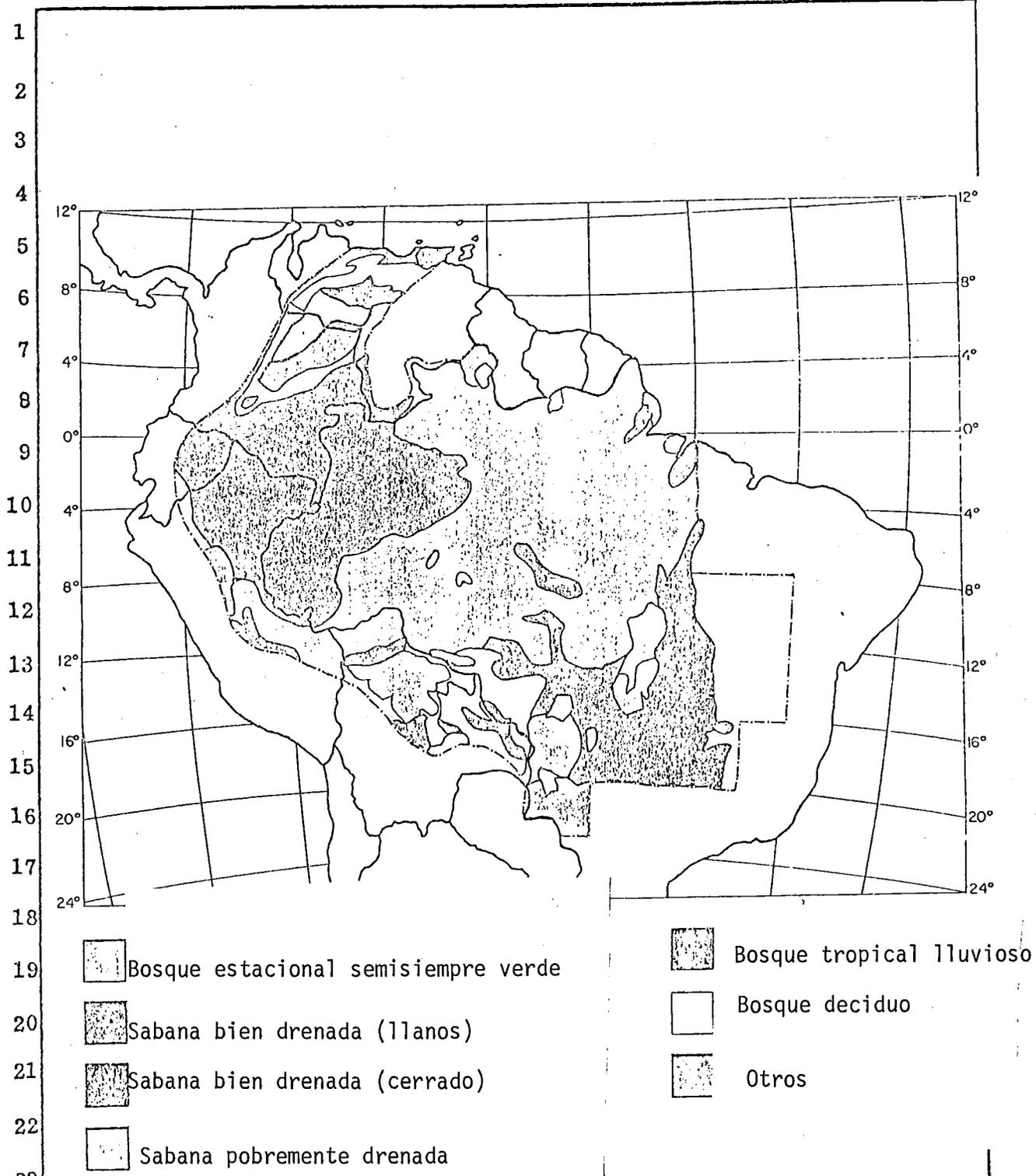


Figura 2. Ecosistemas principales de Suramérica Tropical.

Al presente el Programa ha concentrado la investigación solamente en la sabana bien drenada, tipo "llanos" y "cerrados". Ensayos regionales preliminares se han establecido en forma exploratoria en los otros tres ecosistemas, con prioridad descendiente en el orden siguiente: sabanas pobremente drenadas, bosque estacional y bosque lluvioso. En los dos últimos ecosistemas, el énfasis se pondrá en renovación de praderas debido a que existen praderas que en la mayoría de los casos se encuentran en estado avanzado de degradación.

El trabajo de reconocimiento del área de actuación es de gran valor para el Programa de Pastos Tropicales, ya que le permite clasificar los ecosistemas por condiciones de clima y suelo para diseñar la estrategia en colección de germoplasma y seleccionar los sitios para pruebas iniciales de comportamiento y la localización de los ensayos regionales. En el futuro, se espera que la información acerca de las características socioeconómicas (comunicaciones, infraestructura, población, mercadeo, etc.) de las áreas estará disponible. Toda esta información conjuntamente con el conocimiento del rango de adaptación del germoplasma promisorio (al clima, fertilidad del suelo, plagas y enfermedades), debe ser la mayor contribución a los sistemas de producción ganadera en el área de interés.

#### OBJETIVO Y ESTRATEGIAS

El objetivo principal del Programa de Pastos Tropicales es "desarrollar tecnología de bajo costo, con la aplicación de mínimos insumos en praderas para incrementar la producción de carne y leche en suelos ácidos

infértiles de América tropical".

El objetivo anterior se logra a través de:

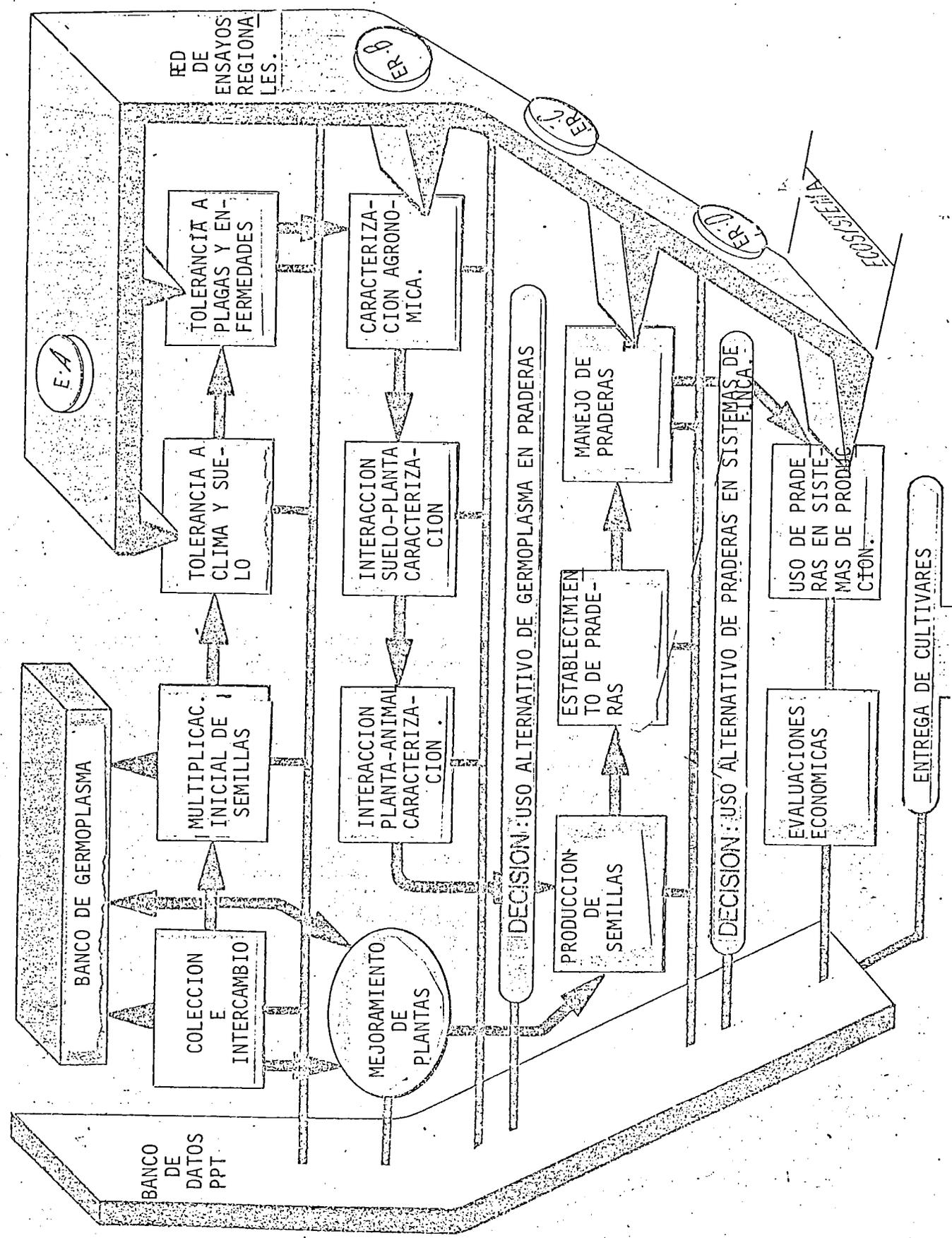
- a) Selección de germoplasma forrajero adaptado a condiciones ambientales adversas (clima y suelos) así como también enfermedades y plagas.
- b) Desarrollar praderas productivas y persistentes.
- c) El estudio del papel de las praderas mejoradas en los sistemas de producción y el desarrollo complementario de sistemas de manejo animal y salud animal.

#### ORGANIZACION

Las etapas de investigación en el Programa se muestran en la Figura 3. Puede notarse la configuración tridimensional del diagrama. El flujo del germoplasma y de la información en un plano para cada ecosistema mayor, mientras que el banco de germoplasma, el banco de datos así como la red de ensayos regionales están en tercera dimensión (al fondo) a través de los ecosistemas.

El germoplasma colectado va a una caracterización inicial y a un estado de multiplicación de semilla. Todas las accesiones son por lo tanto enviadas a diferentes ecosistemas para pruebas iniciales de adaptación a clima y suelo así como tolerancia a plagas y enfermedades. Además se evalúan en cada ecosistema las características agronómicas, que aseguran la persistencia de los ecotipos, así como también las interacciones suelo-planta y planta-animal.

Fig. 3 ETAPAS DE LA INVESTIGACION EN EL PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES POR ECOSISTEMAS



A este nivel, el germoplasma promisorio se caracteriza en forma intensa, hasta tener suficiente información para tomar el primer nivel de decisión, y poder responder la pregunta: Qué alternativa usar en una pradera? Además, los bancos de datos deben tener suficiente información recopilada para mostrar claramente las características de accesiones en las especies claves que requieren algún mejoramiento genético.

Luego de tomar la decisión de promover germoplasma a Categoría IV, se requiere un gran esfuerzo en multiplicación de semilla para emprender el establecimiento de praderas a gran escala y de pruebas de evaluación en pastoreo. A este nivel, el número de accesiones de evaluación se reduce en forma notable.

La segunda decisión es hecha por el grupo de economía en sistemas de fincas, conjuntamente con el grupo de establecimiento y manejo de praderas, y así determinar el uso alternativo de praderas en sistemas de finca (Figura 3).

Como consecuencia, el Programa de Pastos Tropicales se divide en tres grupos importantes de investigadores.

1. Grupo de Evaluación de Germoplasma
2. Grupo de Manejo y Evaluación de Praderas, y
3. Grupo de Evaluación de Praderas en Sistemas de Finca.

Esta organización funcional ayuda a desarrollar una línea coordinada de interrogantes e ideas que integra y aumenta la eficiencia de todo

el Programa.

El grupo que trabaja en "Germoplasma", concentra su atención en la caracterización del germoplasma con énfasis en las llamadas "Especies Claves".

El grupo que trabaja en "sistemas", analiza los sistemas de producción predominantes en un ecosistema específico dentro del marco socio-económico del respectivo país o región. Este grupo define por el programa de componentes técnicos de la pradera, la necesidad de resolver en forma estratégica los principales obstáculos de la productividad en los sistemas de finca. También, evalúan el impacto esperado de la tecnología de pradera mejorada en sistemas de producción.

El grupo de manejo y evaluación de praderas se concentra en desarrollar praderas y evaluar los requerimientos de manejo y potencial de producción animal. Este grupo trabaja en interacción con los otros dos y sirve de puente entre ellos.

El Cuadro 6, ayuda a comprender mejor los pasos de la investigación del Programa, así como también la responsabilidad de estos tres grupos. En este cuadro se mencionan y se explican mejor los mismos grupos que aparecen en la Figura 3.

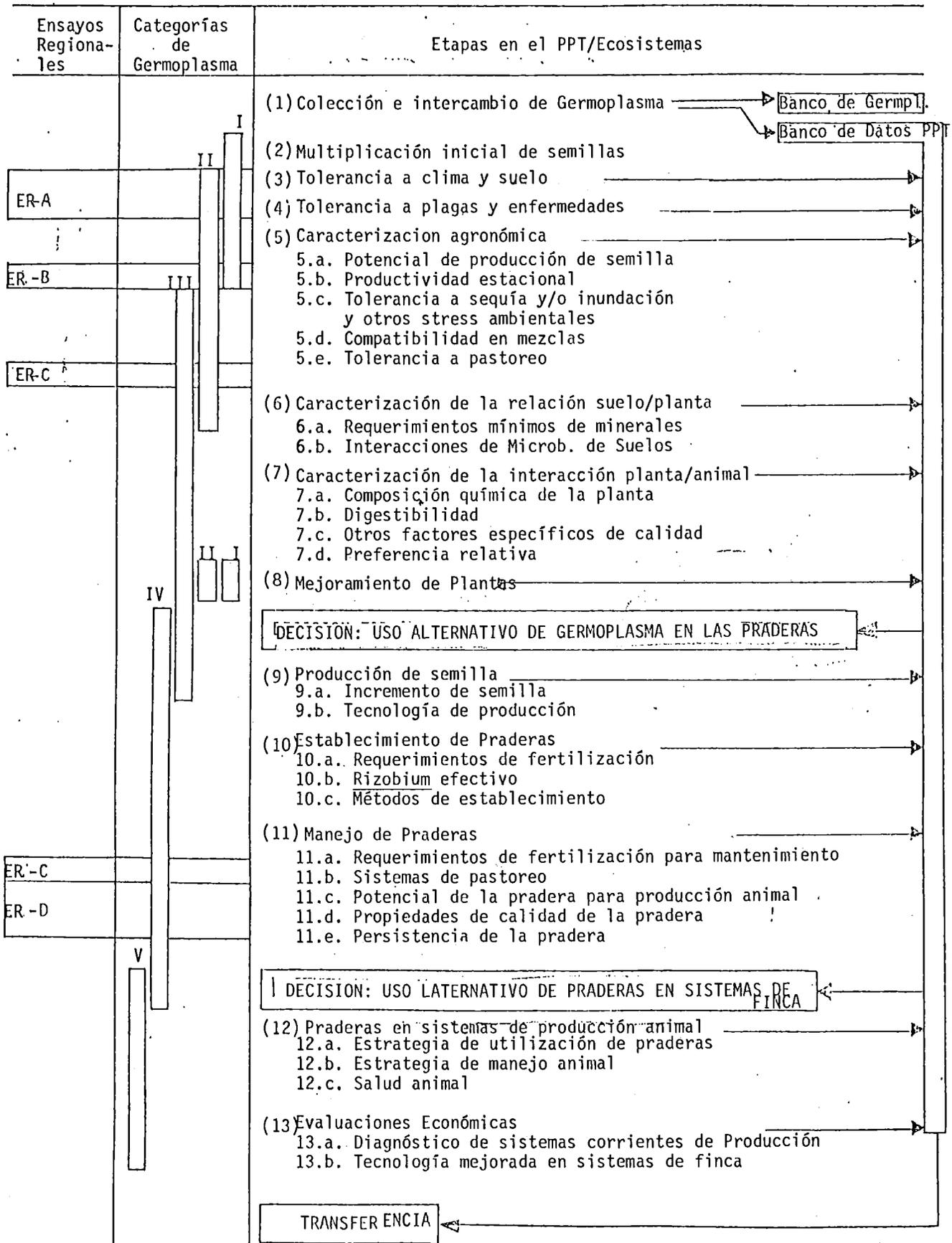
Así mismo, al lado izquierdo se muestran cinco categorías de germoplasma. Estas categorías son en la actualidad niveles de evaluación y

grado de promisión. Los nombres de estas categorías son los siguientes:

- Categoría I : Identificación de germoplasma promisorio
- Categoría II : Evaluación agronómica en pequeñas parcelas
- Categoría III: Evaluación agronómica de praderas
- Categoría IV : Evaluación de manejo de praderas
- Categoría V : Evaluación de praderas en sistemas de finca

Los ensayos regionales de evaluación, que se efectúan en cooperación con instituciones nacionales a través de cinco ecosistemas diferentes, se muestran en el lado izquierdo del cuadro. Es necesario notar que los ensayos regionales solamente se refieren a etapas de investigación por categorías en un ecosistema dado ya que la red de ensayos regionales es un esfuerzo cooperativo con instituciones nacionales, se espera que éstas conduzcan en forma paralela la investigación necesaria para llenar los vacíos en la información necesaria para moverse de un paso a otro. El Programa de Pastos Tropicales interactúa con las instituciones nacionales, pero tal interacción aumenta conjuntamente con los pasos de la evaluación en un ecosistema determinado (Figura 4).

Cuadro 6. Etapas de la investigación por ecosistemas en el Programa de Pastos Tropicales. Evaluación por categorías y a nivel de Ensayos Regionales



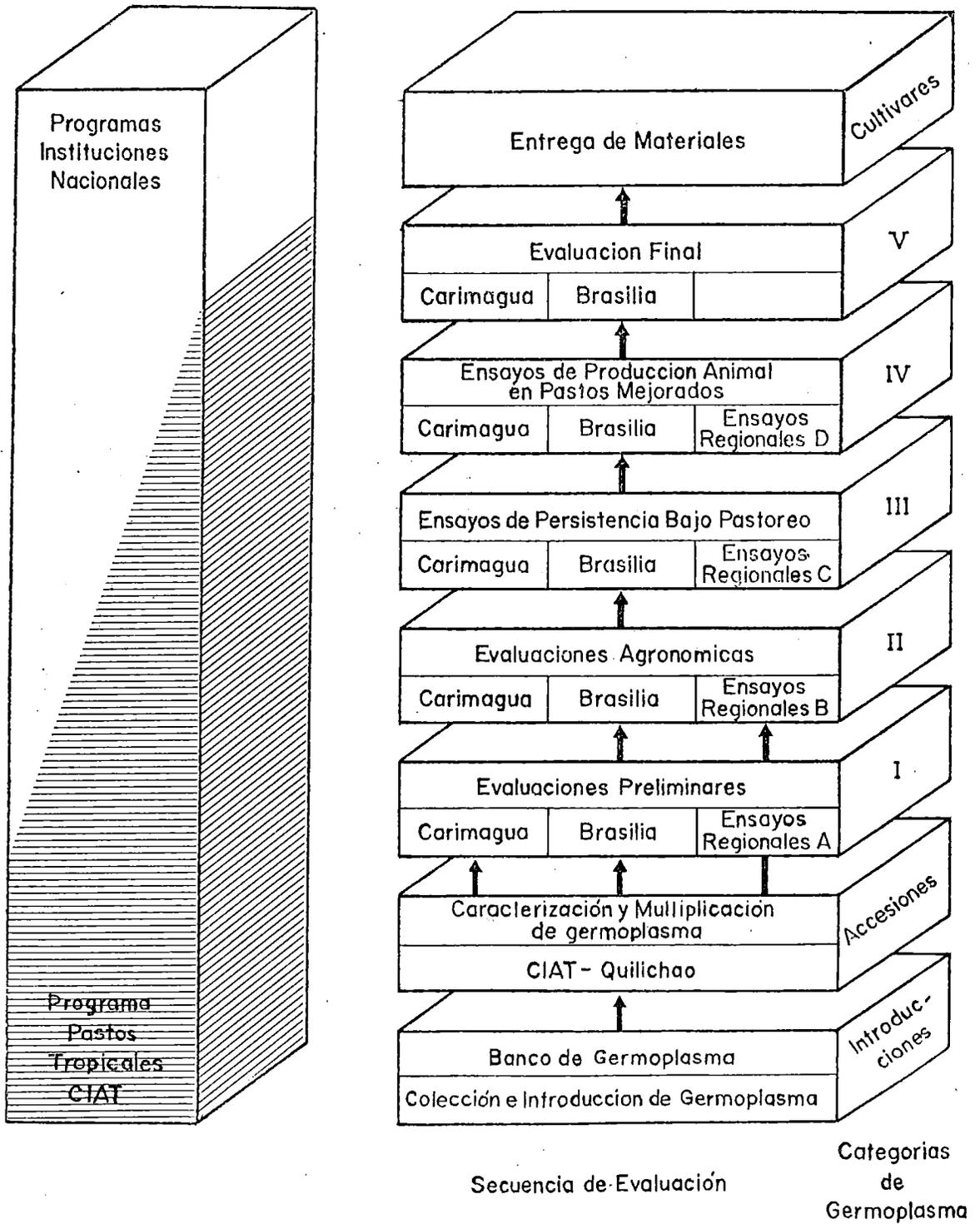


Fig. 4. Secuencia de evaluación de germoplasma

1 ESTUDIOS DEL USO POTENCIAL DE LA TIERRA PARA LA EVALUACION  
2 Y TRANSFERENCIA DE AGROTECNOLOGIA BASADA EN GERMOPLASMA\*  
3 EN AMERICA TROPICAL. Un informe intermedio.

4 T.T. Cochrane y L.F. Sánchez

5 INTRODUCCION.

6 El propósito de este informe es resumir la metodología adoptada por  
7 CIAT\*\* para proveer un inventario geográfico del uso potencial de la tierra  
8 de América tropical para la evaluación y transferencia de agrotecnología  
9 basada en germoplasma, y revisar el progreso hecho sobre este trabajo  
10 hasta la fecha.

11 Probablemente sea cierto decir que, aunque la así llamada "revolución  
12 verde" está aún progresando con firmeza, los avances en años recientes no  
13 han sido tan llamativos como los primeros resultados atribuibles al desa-  
14 rrollo de variedades enanas de trigos mexicanos y cultivares de alto ren-  
15 dimiento de arroz asiáticos. Parte del problema es que muchos cultivares  
16 de plantas comestibles que rinden buenas cosechas en un ecosistema tropi-  
17 cal, no siempre lo hacen tan bien en otro. En años recientes, los criado-  
18 res de plantas han intentado desarrollar cultivares adaptados a un amplio  
19 rango de condiciones de clima y suelo, pero ésto raramente se hace sobre  
20 la base de inventarios adecuados del potencial de uso de la tierra.

21 Con el fin de solucionar este problema, CIAT está llevando a cabo un  
22 inventario del recurso tierra diseñado para proveer una pauta para el de-  
23 sarrollo y transferencia de agrotecnología basada en germoplasma, compati-  
24 ble con las realidades de los ecosistemas agrícolas de América tropical.

25 \* Semillas y material vegetativo propagativo.

26 \*\* Centro Internacional de Agricultura Tropical, Apdo. Aéreo 67-13, Cali-  
27 Colombia.

1 Hasta la fecha, los estudios cubren la región central baja de Sudamerica  
2 tropical y una parte de Centroamerica incluyendo la costa del Golfo de  
3 México. En el caso de las tierras bajas de Sudamerica tropical, el Mapa  
4 de Suelos del Mundo de FAO-UNESCO (1971-1975) indica que hay extensas  
5 áreas de suelos muy pobres y posiblemente frágiles, principalmente Oxiso-  
6 les y Ultisoles, los cuales indicarían la necesidad de una inquietud espe-  
7 cial para el entendimiento de la naturaleza del recurso suelo.

8 Hay muchas - y a menudo conflictivas - opiniones como la relacionada  
9 con la naturaleza de las dos mayores regiones de las tierras bajas de Sud-  
10 america tropical: las sabanas y los bosques amazónicos. En el caso de  
11 las sabanas, su simple existencia es un enigma que ha provocado considera-  
12 ble controversia (Goodland, 1975). Sin embargo, estudios tales como la re-  
13 visión erudita de Eiten de los Cerrados de Brasil central (1972), y publi-  
14 caciones más recientes incluyendo aquellas del acta del simposio de 1976  
15 sobre los Cerrados (Ferri ed., 1976) indican que estas tierras son ahora  
16 mucho mejor comprendidas. En lo que concierne a la Amazonía, muchas auto-  
17 ridades consideran a sus suelos incapaces de sostener producción agrícola  
18 o ganadera una vez que se elimina la vegetación primaria (Gouru, 1961;  
19 Setzer, 1967; Reis, 1972; Tosi, 1974; Budowski, 1976; Schubart, 1977;  
20 Irion, 1978; Goodland et al., 1978). No obstante, hay amplia evidencia  
21 para mostrar que la producción agrícola y ganadera es no solamente posible,  
22 sino aún rentable -(Falesi, 1976, 1978; Alvim, 1978, 1979; Sánchez, 1977,  
23 1979; Serrao et al., 1979; Toledo y Morales, 1979; Cochrane y Sánchez,  
24 1980).

24 La cantidad de información sobre relevamientos de suelos e inventa-  
25 rios del recurso tierra sobre Sudamerica tropical ha aumentado rápidamente  
26 durante los pasados quince años. La sección de referencia enumera algunos  
27 de los trabajos disponibles para los autores, pero no es de ninguna manera

1 exhaustiva. Una síntesis de esta información, aunque preliminar, se inten-  
2 ta hacer en este trabajo.

3

#### 4 METODOLOGIA:

5 CIAT, en colaboración con las agencias nacionales\*, ha estado recolec-  
6 tando información sobre el recurso tierra de Sudamerica tropical desde me-  
7 diados de 1977 (CIAT, 1978, 1979, 1980; Cochrane, 1979; Cochrane et al.,  
8 1979). Los objetivos son la formulación de una guía práctica para la se-  
9 lección de cultivares apropiados de leguminosas y gramíneas, frijol, yuca,  
10 maíz y arroz para los ecosistemas de mayor importancia económica, formar  
11 una base geográfica para la transferencia de agrotecnología basada en ger-  
12 moplasma especialmente relacionado a esos cultivos, y proveer información  
13 para producción de cultivos, pastos y agroforestal en general. La informa-  
14 ción del recurso tierra se pone dentro de una base geográfica comparable  
15 mediante la delimitación de sistemas de tierras (área o grupo de áreas a  
16 través del cual hay un patrón recurrente de clima, paisaje y suelo). El  
17 término "sistema de tierra" fue usado originalmente por Christian y Stewart  
18 en sus estudios de la región Katherine-Darwin, de Australia Norte (1953).  
19 La definición de un sistema de tierra tal como se usa en los estudios de  
20 CIAT, aunque conceptualmente similar, difiere en cuanto a que introduce al  
21 clima como un parámetro directo en su definición. El tratamiento de los  
22 parámetros ambientales es inherente a la delineación de los sistemas de  
23 tierra en el siguiente orden categórico para formar una verdadera clasifi-  
24 cación de tierras:

24

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

## 1 1. Clima

- 2 a) Energía radiante recibida
- 3 b) Temperatura
- 4 c) Evapotranspiración potencial
- 5 d) Balance de humedad
- 6 e) Otros factores climáticos

## 7 2. Paisaje

- 8 f) Forma de la tierra
- 9 g) Hidrología
- 10 h) Vegetación

## 11 3. Suelo

- 12 i) Características físicas del suelo
- 13 j) Características químicas del suelo

14 Los sistemas de tierra se delinearón directamente sobre imágenes de  
15 satélite y de radar. Aunque el trabajo ha sido principalmente un ejerci-  
16 cio de recopilación de la información existente, se llevó a cabo una can-  
17 tidad limitada de trabajo de campo para ayudar a cerrar brechas de conoci-  
18 mientos y estandarizar criterios. La Figura 1 resume la cobertura de los  
19 principales estudios de relevamientos de suelos que proveyeron información.  
20 Luego de la recopilación, revisión y mapeo de la información de clima,  
21 paisajes y suelo, se prosiguió con la codificación y registro de datos  
22 para formar un sistema computarizado que agilizó el almacenamiento y recu-  
23 peración de datos, producción de mapas temáticos y análisis. Se obtuvie-  
24 ron datos climáticos de largos períodos de 1144 estaciones de América tro-  
25 pical, compilados por Hancock et al., (1979). Sin embargo, hay grandes  
26 áreas, particularmente en la Amazonía sin estaciones, o donde las distan-  
27 cias entre ellas son demasiado grandes como para permitir extrapolaciones

1 altamente seguras.

2 La evapotranspiración potencial (POT ET), fue calculada para fijar la  
3 cantidad de energía disponible y para determinar el balance de humedad y  
4 las estaciones de crecimiento. Se usó la ecuación de Hargreaves (1977),  
5 basada principalmente sobre la radiación solar y la temperatura. El défi-  
6 cit de precipitación (DEF PREC) es la diferencia entre la precipitación  
7 media y la POT ET. La precipitación confiable (DEP PREC) refleja la ocu-  
8 rrencia de precipitación al nivel de 75% de probabilidad, ésto es, la can-  
9 tidad de precipitación que será igualada o excedida en tres de cada cuatro  
10 años. El índice de disponibilidad de humedad (MAI) es un índice de adecua-  
11 ción de humedad al nivel de 75% de probabilidad de ocurrencia de precipi-  
12 tación, calculada dividiendo la DEP PREC por la POT ET. Hargreaves (1975)  
13 cita varias fuentes ilustrando buenas correlaciones entre el MAI y el cre-  
14 cimiento de cultivos (tan altas como  $R = .92$  para trigo de secano en Irán).  
15 Sin embargo, Hargreaves nota que "cuando la capacidad de almacenamiento de  
16 humedad del suelo es adecuada por menos de una semana, la correlación  
17 entre el MAI y la producción del cultivo probablemente bajará". Recomendó  
18 que un mes seco se definiera como aquel con valores MAI < que 0.33. Este  
19 nivel, sin embargo puede ser demasiado alto para suelos con muy baja capa-  
20 cidad de retención de humedad. La estación húmeda, por lo tanto, se defi-  
21 ne como aquella parte del año con valores de MAI mayores que 0.33. La eva-  
22 potranspiración total de la época húmeda (WSPET) fue calculada como la suma  
23 de la POT ET durante los meses húmedos o parte de ellos. Las temperaturas  
24 medias de la estación húmeda (WSMT) fueron calculadas de manera similar.

25 Las clases de vegetación fueron identificadas siguiendo el criterio  
26 de Eyre (1968) para bosques tropicales y Eiten (1972) para sabanas tropica-  
27 les. Se hicieron correlaciones entre tipos de vegetación fisionómicos y

1 parámetros climáticos para suelos bien drenados con más de 20 años de  
2 datos climáticos. Como resultado de tales análisis fueron identificadas  
3 varias subregiones climáticas.

4 El paisaje fue subdividido en sistemas de tierras los cuales fueron  
5 delineados sobre imágenes de satélite y de radar de visión lateral (U.S.  
6 Geological Survey 1977, Projeto Radambrasil 1972-1978). Los mapas fueron  
7 cotejados, dibujados a escala 1:1.000.000 y numerados de acuerdo al código  
8 de la Carta Internacional del Mundo al millonésimo (Kerstenetzky, 1972).  
9 Luego, ellos fueron computarizados en unidades de 4 x 5 minutos (aproximada-  
10 mente 6.800 hect.) para servir como base a la producción de mapas temáti-  
11 cos. Una cantidad limitada de trabajo de campo fue llevada a cabo para  
12 proveer control terrestre y ayudar a estandarizar criterio descriptivo de  
13 los sistemas de tierra. Las variaciones, aunque no mapeadas debido a  
14 limitaciones de escala, fueron descritas como facetas del terreno, estimán-  
15 dose la proporción de cada una dentro de los sistemas de tierra. De este  
16 modo fueron computados rasgos seleccionados del paisaje sobre la base de  
17 la subdivisión de facetas del terreno. Debe notarse que como la unidad de  
18 mapeo más pequeña fue el sistema de tierra, el mapeo temático para una ca-  
19 racterística dada, a menos que se condicione de otro modo, representa la  
20 clasificación para la principal faceta del terreno.

21 La subdivisión de sistemas de tierra en facetas del terreno fue parti-  
22 cularmente útil para cubrir la brecha entre sistemas de tierra y unidades  
23 de suelo. Obviamente las facetas del terreno contienen suelos con una va-  
24 riación en sus propiedades, pero debe aceptarse algún nivel de generaliza-  
25 ción al hacer un inventario del recurso tierra. Los suelos más extensivos  
26 en cada faceta del terreno fueron primero clasificados hasta la categoría  
27 de gran grupo del sistema de Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff 1975),

1 y se aproximaron estimaciones areales para cada gran grupo de acuerdo a di-  
2 visiones topográficas dentro de las subdivisiones climáticas. Luego, los  
3 suelos fueron descritos en términos de sus principales propiedades físicas  
4 y químicas.

5 Debe notarse que la Taxonomía de Suelos no provee información sufi-  
6 ciente para el agrupamiento de suelos "que tienen propiedades químicas y  
7 físicas similares que reflejen su respuesta al manejo y manipuleo para su  
8 uso" hasta que se alcance la categoría de Familia; la cantidad de releva-  
9 miento de suelos necesario para clasificar los suelos hasta el nivel de  
10 Familia a través de la región y en relación a aquel sistema está simplemen-  
11 te inalcanzable.

12 Se registraron y codificaron varias propiedades físicas y químicas del  
13 suelo superficial (0-20 cm de profundidad) y del subsuelo (21-50 cm de pro-  
14 fundidad). Las propiedades físicas del suelo incluyen pendiente, textura,  
15 presencia de material grueso, profundidad, tasa de infiltración inicial,  
16 conductividad hidráulica, drenaje, capacidad de retención de humedad, régi-  
17 men de temperatura, régimen de humedad y presencia de arcillas expandibles.  
18 Las propiedades químicas del suelo incluídas fueron pH, % saturación Al;  
19 Al, Ca, Mg, K, Na intercambiables, bases totales intercambiables (TEB), ca-  
20 pacidad de cambio catiónica efectiva (CICE), M.O., P disponible (los datos  
21 de P disponible usando las metodologías de Bray, Olsen y Truog fueron  
22 aproximados con valores asumidos derivados del método descrito por Vettori,  
23 1969), fijación de P, Mn, S, Zn, Fe, Cu, B, Mo disponibles, carbonatos  
24 libres, salinidad, % saturación Na, presencia de arcillas cat, amorfismo  
25 rayos-x, y elementos de importancia para la nutrición animal. Debe enfati-  
26 zarse que la cantidad y calidad de datos disponibles variaron considerable-  
27 mente de una región a otra, que la información de elementos menores y traza  
raramente estuvo disponible, y las a menudo largas distancias entre los

1 sitios de muestreo complicaron el problema de generalización de datos.  
2 Sin embargo, ellos fueron tabulados de acuerdo al sistema de Clasificación  
3 de Capacidad de Fertilidad del Suelo (FCC) descrito por Buol et al., (1975)  
4 y modificado por Sánchez et al., (1980). Las unidades FCC fueron incorpora-  
5 das dentro de los programas de computación para permitir la producción de  
6 mapas temáticos. Otros parámetros no incluidos en el sistema FCC fueron  
7 divididos en clases arbitrarias.

8

#### 9 EL RECURSO TIERRA BASE

10 La Figura 1 provee una definición geográfica conveniente para esta  
11 revisión que resume algunos hallazgos recientes en relación a clima, paisa-  
12 jes y suelos sobre una extensión de aproximadamente 820 millones de hectá-  
13 reas. Este estudio cubre una gran parte de las áreas de tierras principal-  
14 mente húmedas y menos desarrolladas de Sudamerica entre 12°N y 20°S de lati-  
15 tud, al este de los Andes, y al oeste del meridiano 42°W.

#### 16 Subregiones de Clima y Vegetación.

17 La Figura 2 es un mapa computarizado mostrando las amplias clases de  
18 vegetación nativa a través de la región. Las principales clases mostradas  
19 son: bosques lluviosos tropicales, bosques tropicales estacionales semi-  
20 siempreverdes, sabanas bien drenadas y sabanas mal drenadas. Alvim y Silva  
21 (1979) han señalado el valor de los estudios del balance de humedad en su  
22 comparación de los bosques Amazónicos con las sabanas de Brasil central, y  
23 que las diferencias de vegetación pueden ser explicadas sobre la base de  
24 cifras del balance de humedad anual. Cochrane y Jones (1980) han investi-  
25 gado recientemente en mayor detalle la dependencia de la vegetación respec-  
26 to a factores climáticos utilizando varios parámetros con datos recopilados  
27 por Hancock. Fue asignada una clase de vegetación a los suelos bien drena-

1 dos de cada uno de los 251 sitios para los cuales había datos meteorológicos  
2 cos disponibles de un período largo (más de 20 años). Se encontró que los  
3 parámetros que más influenciaban la vegetación eran WSPET, el número de  
4 meses húmedos y WSMT. El WSPET y WSMT de los 251 grupos de datos fueron  
5 sujetos a análisis discriminatorios, no solamente paramétricos sino también  
6 no paramétricos y tramados por computadora como se muestra en la Figura 3.  
7 El agrupamiento de las clases de vegetación puede verse fácilmente. Las  
8 probabilidades posteriores de asignaciones correctas fueron estimadas como:  
9 A, bosques deciduos .91; B, sabanas bien drenadas .68; D, bosques tropica-  
10 les estacionales semi-siempreverdes .71; E, bosques lluviosos tropicales  
11 .87; F, bosques subtropicales semi-siempreverdes .67; y G, bosques subtropi-  
12 cales siempreverdes .60. Usando la clasificación vecina más cercana des-  
13 crita por Cober y Hart (12) e implementada por Barr et al. (13), las proba-  
14 bilidades de clasificación correcta fueron también muy buenas.

15 Los regímenes WSPE dentro de las zonas de vegetación principal, junto  
16 con la duración de la estación húmeda, y las WSMT han provisto una subdivi-  
17 sión conveniente de la región en cinco principales subregiones climáticas,  
18 descritas en la Tabla 1 y mostradas en detalle en el mapa producido por la  
19 computadora, Figura 4. La WSPE determina el total anual de energía dispo-  
20 nible para el crecimiento de la planta cuando los suelos almacenan suficien-  
21 te humedad para permitir el crecimiento satisfactorio por el menos una se-  
22 mana bajo los regímenes de POT ET prevalecientes. Se considera solamente  
23 la precipitación natural al nivel de 75% de probabilidad de ocurrencia, sin  
24 riego suplementario.

25 Aproximadamente 27% de la región cae dentro de la subregión de bosques  
26 lluviosos tropicales, principalmente en la mitad occidental de la cuenca  
27 Amazónica. Los bosques tropicales estacionales, caracterizados por el

1 estrecho rango de estación húmeda de 8 a 9 meses, ocupa 38% del área, la  
2 mayor parte en el Brasil al este de Manaus. Las sabanas isohipertérmicas  
3 (16% de la región) son pastizales naturales usualmente bien drenados rodea-  
4 dos de vegetación de bosque. Ellas incluyen partes de los Cerrados brasi-  
5 leños, las Pampas bolivianas norte y occidentales, los Llanos Orientales  
6 de Colombia, una gran parte de los Llanos Centrales de Venezuela, parte de  
7 los planos de Amapá y sabanas de Boa Vista y Rupunini. La subregión D es  
8 principalmente el área de la meseta central del Cerrado de Brasil, ésta  
9 difiere de los Llanos en términos de un régimen de temperatura más frío y  
10 ocupan el 5% de la región. La subregión E son áreas principalmente cubier-  
11 tas con vegetación decidua.

12 Las características de las subregiones climáticas no toman en cuenta  
13 las diferencias entre sabanas bien drenadas y pobremente drenadas. Esta  
14 diferencia fundamental entre sabanas ha conducido a una importante confu-  
15 sión en el pasado en relación a la naturaleza de las mismas. Las sabanas  
16 pobremente drenadas se encuentran en subregiones climáticas con 3 a 6 meses  
17 de estación seca y con un rango variable de WSPE. La Tabla 2 muestra los  
18 datos meteorológicos de un sitio elegido como ejemplo.

19 Al considerar la relación entre WSPE y vegetación, debe notarse que  
20 el "stress" por sequía en el suelo se describe en términos del potencial  
21 climático para suplementar y extraer humedad del suelo en una localidad  
22 dada durante un período dado de tiempo, y la habilidad de suelos de textu-  
23 ra media bien drenados para almacenar y suplir agua. En suelos que tienen  
24 menos que una mediana capacidad para almacenar agua disponible para las  
25 plantas, tales como los Spodosoles arenosos, la vegetación puede sufrir rá-  
26 pidamente "stress" por sequía. Tales situaciones ocurren ampliamente en  
27 la cuenca Amazónica. Como Alvim (1978) ha notado, las áreas de vegetación  
de "campina", un tipo de sabana, son prevaletentes sobre suelos arenosos

1 con muy baja capacidad de almacenamiento de agua rodeada por suelos con  
2 más altas capacidades de almacenamiento de agua cubiertos por bosques esta-  
3 cionales semi-siempreverdes.

4 A raíz de este trabajo se está volviendo claro el hecho de que la dis-  
5 tribución e intensidad de la energía que puede ser usada para el crecimien-  
6 to de la planta de acuerdo con las condiciones variables del balance de hu-  
7 medad a través del año, está estrechamente asociado con la vegetación nati-  
8 va. El concepto de WSPE ha provisto una aproximación fresca para el zonea-  
9 miento de subregiones climáticas a través de las tierras bajas de Sudameri-  
10 ca tropical para la producción de cultivos perennes sin riego. Esto está  
11 conduciendo a un mejor entendimiento de la región y ha provisto a CIAT de  
12 base para definir ampliamente condiciones climáticas comparables para la  
13 selección y transferencia de nuevas accesiones de plantas para pasturas  
14 (CIAT, 1980). Estudios que incluyen aquellos recientemente publicados por  
15 Ranzani (1978) ayudarán a definir más precisamente la habilidad de los  
16 suelos per sé para suplir humedad del suelo y mejorarán las estimaciones  
17 del balance de humedad para sistemas agrícolas específicos.

### 18 Paisaje

19 La región ha sido subdividida en 489 sistemas de tierra. La Figura 5  
20 es un ejemplo del mapeo de sistemas de tierra sobre imágenes de satélite  
21 en la región de Concepción de Araguaia, Brasil. La Figura 6 es un perfil  
22 topográfico diagramático que ilustra cómo los sistemas de tierra - en este  
23 caso el número 257 - fueron a su vez subdivididos en facetas de terreno.

24 Tierras pobremente drenadas. Aproximadamente 21% (170 millones de  
25 hect.) son tierras pobremente drenadas. 82% de esta área (139 millones de  
26 hect.) están cubiertas por bosques, y el resto por sabanas nativas. La  
27 vasta extensión de bosques pobremente drenados, encontrados a lo largo del

1 piedemonte andino y especialmente en Amazonía noroeste, impone una barrera  
2 natural al desarrollo agrícola. Sin embargo, las tierras periódicamente  
3 inundadas o "varzeas" de los principales sistemas fluviales, a menudo  
4 tienen suelos naturalmente fértiles, y parece que en un futuro no muy dis-  
5 tante, importantes áreas en aumento se pondrán bajo una más intensa produc-  
6 ción de cultivos, incluyendo arroz de tierras húmedas. Las tierras de sa-  
7 banas mal drenadas han sido usadas exitosamente desde tiempos coloniales  
8 para producción extensiva de ganado; áreas significativas se encuentran en  
9 el "pantanal" brasileño, las "pampas de Mojos" bolivianas, los "llanos de  
10 Apure" colombo-venezolanos, la isla de Marajó en la desembocadura del río  
11 Amazonas, los planos de Humaitá al norte de Porto Velho en Amazonía, parte  
12 de las sabanas de Amapá cerca de la boca del Amazonas y parte de las saba-  
13 nas de Boa Vista en Roraima en el norte del Brasil.

14 Tierras bien drenadas. Alrededor del 79% de la región (649 millones  
15 de hect.) está razonablemente bien drenado. La mayor parte (508 millones  
16 de hect.) están cubiertas por bosques, y los restantes 141 millones de  
17 hect. están cubiertas por las sabanas ya mencionadas al tratar las subre-  
18 giones C y D. Aproximadamente 77% de las tierras bien drenadas (497 millo-  
19 nes de hect.) tiene pendientes menores que 8%, y 23% (152 millones de hect.)  
20 tiene pendientes mayores que 8%. Las tierras relativamente planas a menu-  
21 do están densamente disectadas por pequeñas corrientes. De hecho, sobre  
22 86% del área como un todo, se encuentran corrientes perennes a intervalos  
23 menores de 10 km y 39% con separación de menos de 5 km.

24 La Tabla 3 provee un resumen de la topografía dentro de las amplias  
25 subregiones climáticas. Hay una proporción significativamente más alta de  
26 tierras pobremente drenadas en la subregión A. Aún así, 70% de las áreas  
27 de bosques lluviosos tropicales son bien drenados. De éstos, 128 millones

1 de hect. tienen pendientes menores de 8%. Con la notable excepción de al-  
2 gunas áreas en las estribaciones subandinas, tales como la región de Flo-  
3 rencia en Colombia, y cerca de las principales ciudades en la Selva Baja  
4 de Perú, la mayoría de estas tierras están aún cubiertas por la vegetación  
5 nativa de bosques lluviosos tropicales. Las variaciones en fisiografía a  
6 lo largo del angosto piedemonte subandino y las regiones afectadas por los  
7 escudos Precámbricos de Brasil y Guayanas son comunes y pintorescas. Entre  
8 las estribaciones andinas y las mesetas, muchas de las formas de la tierra  
9 son ondulaciones suaves y uniformes, aunque a menudo se encuentran disemi-  
10 nadas áreas extensivas de tierras mal drenadas.

11 Las áreas más grandes de tierras bien drenadas se encuentran sin duda  
12 en las subregiones B, C, D y E, en Amazonía central, oriental y sur. La  
13 vegetación original de bosque estacional semi-siempreverde está intacta en  
14 su mayor parte, aunque en años recientes se han alterado áreas medibles es-  
15 pecialmente en Rondonia. Alrededor del 73% (189 millones de hect.) de  
16 estas tierras bien drenadas, en la subregión B son relativamente planas,  
17 con pendientes menores que 8%. El paisaje de la subregión B tiende a ser  
18 menos variables que las tierras encontradas en las otras subregiones. Sin  
19 embargo, hay diferencias fisiográficas menores, ya que una gran parte de  
20 la subregión B está densamente disectada por los muchos tributarios del  
21 sistema del río Amazonas. La subregión C está en gran parte definida por  
22 las tierras de sabana bien drenadas, isohipertérmica. Se encuentran áreas  
23 extensivas de tierras planas, tales como los planos de Carimagua en Colom-  
24 bia, pero grandes sectores de estas tierras están fuertemente disectados.  
25 La subregión D principalmente define las tierras de meseta más altas (>  
26 900 m) de Brasil central, por ejemplo aquellas tierras de los alrededores  
27 de Brasilia, y aquellas en los límites latitudinales más bajos y fríos de  
los Cerrados de Brasil. También hay a menudo extensos sectores de tierras

1 planas disectadas por valles escarpados en las regiones de meseta más altas.  
2 La subregión E cubre un rango mucho más amplio de clima y topografía que  
3 las otras.

4 No hay duda que los 613 millones de hectáreas de tierras bien drena-  
5 das de la región con pendientes menores que 30% probablemente representan  
6 la mayor reserva mundial para producción de cultivos, pastos y agrofores-  
7 tal bajo condiciones de secano. Se desprende de ésto que sus condiciones  
8 edáficas deben ser examinadas cuidadosamente.

9

#### 10 GEOGRAFIA DE SUELOS

11 La distribución areal de suelos de la región se muestra en la Tabla 4  
12 a nivel de orden, suborden y gran grupo de suelos. Esta Tabla se conside-  
13 ra tentativa y sujeta a cambios a medida que se disponga de relevamientos  
14 más detallados. Todos los 10 órdenes de suelos están representados en la  
15 región. La Figura 7 es un mapa producido por el computador que muestra la  
16 extensión de los órdenes de suelos con la excepción de Histosoles y Verti-  
17 soles debido a su extensión limitada. La mayoría de los suelos se clasifi-  
18 can como Oxisoles y Ultisoles, los que juntos totalizan el 66% de la re-  
19 gión. Les siguen en extensión los Entisoles, con alrededor del 19%, algu-  
20 nos de los cuales son de origen aluvial y se encuentran bordeando la red  
21 fluvial, y otros están sobre depósitos arenosos. Los restantes órdenes  
22 cubren áreas relativamente más pequeñas pero son localmente importantes:  
23 Alfisoles (6.7%), Inceptisoles (6.3%), Spodosoles (1.4%), Molisoles (0.2%),  
24 Aridisoles (0.1%), Vertisoles (< 0.1%), Histosoles (< 0.1%). La Tabla 4  
25 muestra que el 48% de la región está incluido en cinco grandes grupos:  
26 Haplorthox (18%), Tropudults (10%), Acrorthox (8%), Fluvaquents (6%) y  
27 Quartzipsamments (6%).

1        Oxisoles: Los Haplorthox son Oxisoles uniformes, bien drenados, con  
2 muy baja fertilidad nativa pero buena estructura de suelo. También son co-  
3 nocidos como Latosol Amarelo y Ferralsoles Xánticos. Los Acrorthox son si-  
4 milares excepto por una capacidad de intercambio de la arcilla más baja.  
5 Son suelos profundos, uniformes, bien drenados y dominados por arcilla de  
6 baja actividad. Su estructura es buena, pero son extremadamente ácidos y  
7 muy bajos en fósforo y bases. Los Oxisoles de las sabanas pueden ser altos  
8 fijadores de P; los encontrados en las regiones forestadas no son general-  
9 mente grandes fijadores de fósforo. Los Oxisoles de la Amazonía están  
10 principalmente bajo vegetación natural, pero se están limpiando áreas cre-  
11 cientes para producción ganadera y de cultivos permanentes.

12        Ultisoles: Los Ultisoles son muy extensos en ambas posiciones, bien  
13 y pobremente drenados. Los Tropudults y Paleudults son suelos bien drena-  
14 dos, ácidos e infértiles, pero con menos propiedades físicas deseables que  
15 los Oxisoles debido a un significativo aumento de arcilla en profundidad.  
16 Son también conocidos como Podzólicos Rojo Amarillos, Acrisoles Orticos, y  
17 Podzólicos Vermelho Amarelo. Los miembros deficientemente drenados por lo  
18 general muestran en el subsuelo una capa moteada arcillosa que es una mez-  
19 cla de caolinita y montmorillonita, la cual a primera vista parece ser  
20 plintita, pero los análisis muestran que no lo es (Sánchez y Buol, 1974;  
21 Tyler et al., 1978). Se sospecha que muchos de estos suelos clasificados,  
22 por varios autores, como Plinthudults son Paleudults o bien Hapludults.

23        Suelos aluviales: Los suelos a lo largo de los planos de inundación  
24 de los ríos, aunque poco extensos, son muy importantes porque es allí  
25 donde se esperan buenas cosechas de cultivos sin enmiendas al suelo. Se  
26 clasifican como Entisoles, (Fluvaquents), Inceptisoles y Molisoles. Estos  
27 suelos se conocen en otras clasificaciones como suelos Aluviales, Gleys

1 bajo húmicos y Gleysols dístricos y éutricos. Su principal limitación son  
2 las inundaciones periódicas, en parte debido a su impredecibilidad. Los  
3 suelos aluviales tienen diferencias en cuanto a su fertilidad nativa,  
4 debido a la fuente de sedimentos, la cual es una característica muy varia-  
5 ble de los suelos "barriales" y de "varzeas". Consecuentemente, no puede  
6 generalizarse que los suelos aluviales son siempre altos en cuanto a ferti-  
7 lidad nativa.

8 Suelos arenosos: Existen 52 millones de hect. (6.4% de la región) de  
9 suelos arenosos de baja fertilidad, clasificados como Quartzipsamments:  
10 están ubicados principalmente en las mesetas de Espigao Mestre y Parecis  
11 de Brasil oriental y occidental respectivamente. La primera región es  
12 desértica en apariencia, la otra está cubierta por pastizales afectados  
13 por sequía en la estación seca. Hay áreas considerables de otros suelos  
14 de textura liviana en la región, tales como los Psamments en la vecindad  
15 de Tres Lagoas, principalmente hacia el este del río Paranaíba.

16 Spodosoles: Otro orden de suelo que merece la atención es el de los  
17 Spodosoles, también conocido como Podzoles, Podzoles de agua subterránea,  
18 y Podzoles Tropicales Gigantes, incluyendo sus variantes más profundas  
19 como Psamments. Estos suelos derivan de materiales arenosos gruesos y se  
20 encuentran en manchones claramente definidos en partes de la Amazonía ale-  
21 jados de los planos de inundación. La vegetación forestal nativa es dife-  
22 rente de la que se encuentra en Oxisoles y Ultisoles. Se le llama "campi-  
23 naramas" en Brasil. El proyecto Radambrasil ha identificado recientemente  
24 grandes áreas de Spodosoles a lo largo de las cabeceras del río Negro, los  
25 cuales son en gran parte responsables del color de este río ya que el agua  
26 que pasa a través de los Spodosoles característicamente lleva en suspensión ma-  
27 teria orgánica. Siendo extremadamente infértiles y muy susceptibles a la

1 erosión, sería mejor dejar a estos Spodosoles en su estado natural. Desa-  
2 fortunadamente los Spodosoles han recibido más atención científica de la  
3 que se merecen en términos de su extensión areal (1.4% de la región). Por  
4 lo tanto, la investigación sobre Podsoles tropicales en la literatura inter-  
5 nacional (Klinge 1965, 1967, 1975, Stark 1978, Sombroek 1979) debe mante-  
6 nerse en perspectiva; más aún, bajo ninguna circunstancia puede ser extra-  
7 polada a los Oxisoles y Ultisoles dominantes.

8 Suelos fértiles bien drenados: Desafortunadamente solo alrededor de  
9 5.2% de la región tiene suelos bien drenados altos en fertilidad nativa  
10 (Tabla 7, suelos sin modificadores). Estos se clasifican principalmente  
11 como Tropudalfs y Paleustalfs (Terra Roxa Estructurada), Eutrocept (Eutric  
12 Cambisols), Tropofluvents (Aluviales bien drenados), Argiudolls (Cherno-  
13 zems), Eustrtox y Eutrorthox (Terra Roxa Legítima) y Chromuderts (Verti-  
14 sols). Sin embargo, ellos representan un total de 42.4 millones de hect.  
15 y donde ellos ocurren la agricultura permanente tiene mayor probabilidad  
16 de éxito, particularmente en los suelos Terra Roxa, los cuales combinan  
17 alta fertilidad nativa con excelentes propiedades físicas. Muchas de las  
18 exitosas plantaciones de cacao se localizan en dichos suelos. Se hallan  
19 ejemplos cerca de Altamira, Porto Velho y río Branco en Brasil. La Figura  
20 8 es un mapa computarizado de grandes grupos que muestran la extensión re-  
21 lativamente limitada de estos suelos.

#### 22 Peligros por Laterita o Plintita.

23 La extensión areal de suelos con plintita en el subsuelo (Plinthaquox,  
24 Plinthudults y Plinthaquults) es limitada. Ellos totalizan cerca de 46  
25 millones de hect. o 5.6% de la región. Este punto merece énfasis, dadas  
26 las amplias generalizaciones en el sentido de que muchos suelos tropicales  
27 al ponerlos en producción se convertirán irreversiblemente en laterita o

1 plintita endurecida. Estos tres grandes grupos son los únicos suelos  
2 donde este fenómeno puede ocurrir, pero como la plintita blanda está en el  
3 subsuelo, la capa superficial necesita primero ser removida por erosión.  
4 Desde que estos suelos ocurren principalmente en paisajes planos y mal  
5 drenados, la erosión no parece ser muy extensiva.

6 Los afloramientos de laterita endurecida ocurren en posiciones geomor-  
7 fológicamente predecibles que incluyen aquellas partes geológicamente afec-  
8 tadas por los Escudos Brasileño y Guayanés en las regiones de sabanas bien  
9 drenadas; algunas veces están mezclados con materiales de suelo como en el  
10 caso de los "Latosoles Concrecionarios". Estos afloramientos geológicos  
11 constituyen un patrimonio para el proceso de desarrollo porque proveen ex-  
12 celentes materiales para la construcción de caminos a bajo costo. La falta  
13 de plintita o laterita en muchas áreas no afectadas por los escudos pre-  
14 cámbricos es una limitación definitiva para la construcción y mantenimien-  
15 to de caminos.

#### 16 Suelos en relación a subregiones climáticas y posiciones topográficas.

17 La Tabla 4 muestra estimaciones areales para la clasificación de los gran-  
18 des grupos de acuerdo a subregiones climáticas y subdivisiones topográfi-  
19 cas. Los Ultisoles contribuyen con un porcentaje mucho más bajo de suelos  
20 en las subregiones C, D y E. Las proporciones de los grandes grupos de  
21 Oxisoles más comúnmente encontrados varían entre las subregiones, ilustran-  
22 do el efecto del clima sobre el desarrollo del suelo. Hay una proporción  
23 mucho más alta de Haplorthox en la subregión A, Acrorthox en la subregión  
24 B, Haplustox en la subregión C y Acrustox en la subregión D. Los Oxisoles  
25 solo contribuyen con una pequeña proporción de los suelos en la subregión  
26 E. La alta proporción de Acrorthox en la subregión B indicaría una más  
27 grande extensión de suelos con muy baja capacidad de intercambio catiónica

1 (< 1.5 meq/100 g arcilla) que en la subregión A. La extensión relativamen-  
2 te grande de Inceptisoles bien drenados en la subregión A está principal-  
3 mente asociada a sedimentos originalmente derivados de materiales volcáni-  
4 cos en la región de los Andes. Los Alfisoles encontrados en las subregio-  
5 nes A, B, C y D están también asociados con materiales superiores básicos  
6 indicando la fuerte influencia que tienen los materiales originarios en la  
7 formación del suelo, aún bajo condiciones de vigorosa meteorización. Los  
8 mejores suelos encontrados en toda la región generalmente están sobre alu-  
9 viones recientes. No todos los Entisoles son fértiles, como lo eviden-  
10 cian los depósitos arenosos estériles (Quartzipsamments) que cubren exten-  
11 sas áreas de Brasil.

## 12 PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.

### 13 Textura del Suelo:

14 La Tabla 5 muestra los datos tabulados por subdivisiones climáticas y  
15 topográficas. Las texturas más extensivas son franco (18-35% de arcilla),  
16 y franco sobre subsuelos arcillosos. Estas clases L y LC juntas totalizan  
17 el 55% de los suelos. Le siguen perfiles uniformemente arcillosos, C, 26%  
18 del área, estando el resto dividido en suelos someros sobre roca y otras  
19 combinaciones texturales. La Tabla 5 muestra que existe una barrera físi-  
20 ca para el desarrollo radicular a 50 cm o menos en solamente 16 millones  
21 de hectáreas (2% de la región).

### 22 Peligro por erosión.

23 La Tabla 5 también provee una síntesis de las clases de pendientes de  
24 la región. Alrededor del 61% de la región tiene niveles de pendientes sua-  
25 ves (0-8%). La topografía es fuertemente ondulada (8-30%) en 14% de la  
26 región y escarpada (> 30%) en el restante 4% de la región. La presencia  
27

1 de un cambio textural dentro de los 50 cm de profundidad, tales como LC,  
2 SL y SC, hace a los suelos susceptibles a la erosión, particularmente sobre  
3 pendientes escarpadas. La Tabla 5 muestra que 64.8 millones de hect. (8%  
4 de la región) tiene suelos con un cambio textural abrupto sobre pendientes  
5 mayores que 8% o tienen suelos someros (LR y CR). Los suelos profundos  
6 con cambios texturales, principalmente clasificados como Ultisoles y Alfi-  
7 soles son generalmente bastante susceptibles a la erosión a menos que estén  
8 protegidos por la cubierta vegetal durante los períodos de fuertes lluvias.

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

13 Estos enunciados no implican que la erosión no es un problema en la  
14 región porque todos los suelos pueden ser erodados por mal manejo, y la  
15 erosión laminar puede ocurrir en Oxisoles y Ultisoles bien drenados casi  
16 planos. Ellos implican que los problemas no son más grandes que aquellos  
17 de otras regiones del mundo con topografía y clima comparables. Muchas de  
18 las erosiones en cárcavas que fueron vistas mientras se viaja por los Cerra-  
19 dos y la Amazonía de Brasil, por ejemplo, son causadas por ingeniería civil  
20 más que por agricultura: a lo largo de caminos, sitios de construcción y  
21 sistemas de drenaje deficientemente construídos. Esta situación, sin embar-  
22 go, puede cambiar drásticamente si se remueve la cobertura vegetal y no se  
23 reemplaza lo suficientemente rápido por otra. Esto raras veces ocurre en  
24 las regiones forestadas porque cuando las pasturas o cultivos fallan, las  
25 malezas y el rebrote forestal secundario generalmente producen en forma  
26 rápida una cobertura vegetal. La erosión en cárcavas a lo largo de los sen-  
27 deros del ganado en pasturas sobre pastoreadas, sin embargo, es una seria  
y creciente preocupación.

## 1 Relaciones de Humedad del Suelo.

2 La definición de grandes grupos de suelos y su extensión areal mostrada  
3 da en la Tabla 4 permite un cálculo de la importancia relativa de los regí-  
4 menes de humedad del suelo en la región de acuerdo a las definiciones en  
5 la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff 1975). Alrededor del 61% de la  
6 región tienen régimen de humedad del suelo údico o perúdic, indicando que  
7 el subsuelo está húmedo durante 9 o más meses por año. Aproximadamente  
8 21% del área tiene un régimen ácuico, indicando presencia de condiciones  
9 de anegamiento en algunas partes del solum durante el año. Aproximadamente  
10 18% tiene régimen de humedad ústico y algo de arídico, lo cual indica que  
11 el subsuelo está seco por más de 90 pero menos de 180 días consecutivos  
12 durante el año.

13 La situación de humedad no es tan clara como lo sugieren estas cifras  
14 porque la subregión B, que cubre la gran extensión de la Amazonía, incluye  
15 ambos regímenes de humedad del suelo údico y ústico, tal como se define  
16 hasta el presente. (Ranzani, 1978, en estudios detallados de balance de  
17 humedad del suelo hechos cerca del borde de la subregión B, en Marabá,  
18 Pará, clasificó los suelos bien drenados en subórdenes ústicos). Merece  
19 notarse que las definiciones de regímenes de humedad del suelo de acuerdo  
20 al Soil Taxonomy están actualmente bajo revisión debido a ciertas dudas en  
21 relación a la aplicabilidad del presente criterio para circunstancias tro-  
22 picales.

23 Dejando a un lado las consideraciones de clasificación, es relevante  
24 destacar que la mayoría de los suelos en la subregión B sufren un "stress"  
25 por sequía temporario pero severo, durante 3 a 4 meses del año, el cual  
26 ciertamente afecta el crecimiento de las plantas. La estación seca clara-  
27 mente definida en las sabanas hace esta situación más obvia en los suelos

1 bien drenados de las subregiones C y D. Aún en los regímenes de humedad  
2 del suelo údico claramente definidos de la subregión A, ocurre "stress"  
3 por sequía del suelo temporario y esporádico afectando severamente los cul-  
4 tivos tales como maíz y arroz de tierras altas (Bandy, 1977). Así, parece  
5 que el crecimiento de las plantas sobre la mayoría de los suelos bien dre-  
6 nados en la región, pueden sufrir por falta de agua durante alguna parte  
7 del año.

8 Es pertinente notar que las propiedades físicas de la mayoría de los  
9 suelos de la Amazonía y muchos de sabana son generalmente bastante buenas,  
10 aunque se ha notado baja capacidad de retención de humedad aún en suelos  
11 arcillosos. La dominancia de capas superficiales de grava gruesa subyaci-  
12 das por plintita en gran parte de la región occidental de Africa equivalen-  
13 te a la subregión B de Sudamerica, impone mayores limitaciones al desarro-  
14 llo de agricultura permanente en aquella vasta región (Lat et al., 1975).  
15 Esta situación en cambio no es tan grave en Sudamerica tropical. Aunque  
16 hay importantes limitaciones físicas tales como pobre drenaje en 21% de la  
17 región, peligro severo por erosión en 8%, y grados variables de "stress"  
18 por sequía en general, las propiedades físicas de los suelos pueden consi-  
19 derarse generalmente favorables.

#### 20 PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO.

21 Una aseveración opuesta puede hacerse en relación a las propiedades  
22 químicas. La vasta mayoría de los suelos de la región son ácidos y con  
23 muy baja fertilidad nativa en su estado no-disturbado. Como ya fue mencio-  
24 nado, solamente alrededor del 5% de la región tiene suelos con alto status  
25 de bases y fertilidad nativa relativamente alta. Las mayores limitaciones  
26 químicas de los suelos de la región son deficiencia de P, acidez, capaci-  
27

1 dad de intercambio efectiva baja, y deficiencias ampliamente difundidas de  
2 N, K, S, Ca, Mg y deficiencias de elementos traza incluyendo B, Cu, Zn y  
3 ocasionalmente otros (Sánchez y Cochrane, 1979). La Tabla 6 muestra la ex-  
4 tensión areal de éstos y otros parámetros de fertilidad de la región, dis-  
5 criminando los datos del suelo superficial por subregiones climáticas y po-  
6 siciones topográficas. La Tabla 7 interpreta estos datos en términos de  
7 unidades FCC. La Figura 9 es un mapa computarizado que muestra las combi-  
8 naciones de unidades FCC.

### 9 Acidez del Suelo.

10 La tabla 6 muestra que el 75% de la región tienen valores de pH del sue-  
11 lo menores que 5.3, indicando no solamente una reacción ácida sino también la  
12 presencia de niveles potencialmente tóxicos del porcentaje de saturación  
13 de Al para muchos cultivos. La proporción de suelos ácidos es menor en to-  
14 pografías planas mal drenadas (52%), sugiriendo una extensión igualitaria  
15 de suelos ácidos y no-ácidos en esta posición topográfica.

16 La toxicidad de aluminio para las plantas es la principal consecuen-  
17 cia de la alta acidez del suelo. Las especies vegetales y los cultivares  
18 dentro de las especies difieren en su tolerancia al Al y ésto se expresa  
19 en términos del porcentaje de saturación de Al crítico. Las plantas muy  
20 sensibles al aluminio sufren a niveles de 10 a 60% de saturación de Al, y  
21 este rango está indicado por el modificador "h" en la Tabla 6. En general,  
22 cuando hay un 60% de saturación de Al o más dentro de los 50 cm superficia-  
23 les, el suelo se considera tóxico por aluminio. Tales suelos tienen el mo-  
24 dificador "a" en el sistema FCC. Aproximadamente 358 millones de hect., o  
25 44% de los suelos de la región son aluminio-tóxicos en su estado natural.  
26 La Figura 10 muestra un mapa computarizado de niveles de saturación de alu-  
27 minio de la región.

1 La limpieza y quema de los bosques cambia esta situación, debido al  
2 contenido básico de la ceniza, como virtualmente ha demostrado Falesi  
3 (1979). Es relevante enfatizar que los análisis de suelos deben conducirse  
4 se después de la limpieza y quema para estimar los requerimientos de cal  
5 para cultivos y cultivares específicos. El método de Kamprath de aplica-  
6 ción de 1.6 tons/ha de  $\text{CaCO}_3$  equivalente para neutralizar la mayor parte  
7 del Al de cambio en el suelo superficial, generalmente sobreestima los re-  
8 querimientos de cal en algunas circunstancias de suelos ácidos de la Amazo-  
9 nía (North Caroline State University, 1973-1978; Sánchez, 1977). Usando  
10 la fórmula recientemente publicada de Cochrane et al., (1980), las tasas  
11 recomendadas pueden ser calculadas para plantas con diferentes niveles de  
12 tolerancia a la saturación de Al, y teniendo en cuenta los efectos de los  
13 niveles de Ca y Mg en el complejo de intercambio del suelo. Los depósitos  
14 calcáreos son abundantes en el borde oriental de los Andes y en el Cerrado  
15 de Brasil. Sin embargo, el transporte es el mayor factor limitante y en  
16 muchos casos las limitaciones de acidez del suelo tienen que superarse  
17 buscando cultivares tolerantes a altos niveles de saturación de Al en el  
18 suelo. Para agricultura intensiva de cultivos anuales, sin embargo, el en-  
19 calado parece ser necesario. Aunque el encalado neutraliza el Al solamente  
20 en el suelo superficial, también decrecen los niveles de saturación de Al  
21 en el subsuelo después de 1 o 2 años en un ambiente de bosque tropical (Vi-  
llachica y Sánchez, 1980).

#### 22 Deficiencia de Fósforo.

23 La Tabla 6 muestra que el 88% de los suelos de la región tienen hori-  
24 zonte superficial con niveles de P disponible más bajos que 7 ppm, de acuer-  
25 do al método de la doble extracción ácida. La Figura 11 muestra la distri-  
26 bución de los niveles de P en la región para el horizonte superficial del  
27

1 suelo. Desde que el nivel crítico generalmente reconocido para este método  
2 en Oxisoles y Ultisoles de Brasil es de 7 ppm de P para los cultivos, es  
3 seguro que la mayoría de los suelos en el área son deficientes en fósforo  
4 para la mayoría de los cultivos anuales. Afortunadamente, esta difundida  
5 deficiencia de P no está acompañada por una difundida alta capacidad de fija-  
6 ción de fósforo. La Tabla 6 muestra que un estimado de 100 millones de hectá-  
7 reas (12% de la región) tienen suelos con una alta capacidad de fijación de  
8 P, según está definida por el modificador "i" del sistema FCC. Solamente  
9 aquellos horizontes superficiales de suelo con contenido de arcilla mayor  
10 que 35% y con alta proporción de óxido de hierro presente, son considera-  
11 dos altos fijadores de P, lo cual significa que requerirán más de 100 kg/ha  
12 de P para corregir las deficiencias de fósforo en muchos cultivos anuales  
13 (Sánchez y Uehara, 1980; Sánchez et al., 1980). Los isoterms de adsorción  
14 de fósforo conducido con muestras de Ultisoles tomadas de Perú y Brasil por  
15 North Caroline State University, 1973, y Dynia et al., 1977), muestran que  
16 la capacidad de fijación es baja. El uso de especies y cultivares toleran-  
17 tes a bajos niveles de P es una alternativa viable para decrecer los requere-  
18 rimientos de fertilización de P en suelos deficientes.

#### 19 Bajas reservas de Potasio.

20 Alrededor del 58% de la región (477 millones de hect.) tienen suelos  
21 con bajas reservas de K. La Tabla 7 muestra cifras menores de estos suelos  
22 señalados con el modificador "k" debido a que toma en cuenta solamente aque-  
23 llos que no están afectados además por los modificadores "g" (gley) y "d"  
24 (seco). Aunque la quema aumenta los niveles de K disponibles, este efecto  
25 tiende a ser de corta duración. A diferencia de la acidez del suelo y bajo  
26 P, no hay hasta el presente estrategias genéticas satisfactorias para plan-  
27 tas en relación a las deficiencias de K. Consecuentemente, ésta es una

1 Limitación económica importante en alrededor de la mitad de la región.

2 Capacidad de intercambio catiónica efectiva baja.

3 La baja CICE es una limitación del suelo importante debido a la suscep-  
4 tibilidad de los nutrientes móviles a ser lixiviados del perfil del suelo  
5 y el daño de crear serios desequilibrios nutricionales entre cationes,  
6 tales como K, Ca y Mg. La Tabla 6 muestra que aproximadamente 242 millo-  
7 nes de hect. (30% de la región) tienen esta condición en el horizonte super-  
8 ficial; además, 414 millones (50% de la región) la presentan en el subsuelo.

9 La baja CICE prevalece más en las subregiones B y C, y ocurren principal-  
10 mente en Oxisoles arcillosos (Acrothox y Acrustox), Ultisoles de textura  
11 arenosa y en todos los Spodosoles. Se han informado pérdidas por lixivias-  
12 ciones rápidas y serios desequilibrios K-Mg en Ultisoles en Perú (Villa-  
13 chica, 1978; Villachica y Sánchez, 1980 ab).

14 Deficiencias de otros nutrientes.

15 La región es un paraíso para los científicos interesados en deficien-  
16 cias de nutrientes. En Ultisoles de Yurimaguas, por ejemplo, se han repor-  
17 tado deficiencias de todos los elementos nutrientes esenciales, excepto  
18 para Fe y Cl en cultivos anuales. (Villachica y Sánchez, 1980). En adi-  
19 ción a N, P y K, las más ampliamente difundidas parecen ser Mg, S y Zn.

20 La limitada base de datos sobre el tema impide una evaluación geográfica  
21 de donde ocurren deficiencias específicas y sus relaciones con las propie-  
22 dades de los suelos.

23 Frecuentemente se observan síntomas de deficiencias de nutrientes en  
24 cultivos anuales o perennes, pasturas y aún plantaciones forestales en toda  
25 la región. Por ejemplo, se han reportado deficiencias de azufre en arroz  
26 creciendo en "varzeas" a lo largo del río Jarí en Amazonía oriental (Wang  
27 et al., 1976) y en pasturas creciendo en Oxisoles de Planaltina en el Cerrado

1 (CIAT, 1978). Se han visto síntomas de deficiencia de K, Mg y Zn en una  
2 amplia variedad de plantas, en adición a las deficiencias ubicuas de N y  
3 P. Es necesario hacer mucho trabajo para identificar estas limitaciones.  
4 Para solucionar problemas de deficiencia de nutrientes en forma más rápida  
5 que la actual, ayudaría mucho el desarrollo de una nueva metodología de en-  
6 sayos de fertilizantes que permita la rápida y definitiva identificación  
7 de deficiencias de nutrientes en el campo, como la usada por Cochrane  
8 (1974), y métodos más apropiados de análisis de suelos y plantas.

9 Limitaciones que ocurren juntas.

10 La Tabla 7 muestra la manera en que varias de estas limitaciones ocu-  
11 rren juntas y en las mismas unidades de tierra, tal como se define por las  
12 varias combinaciones de modificadores FCC. Solamente alrededor de 42 millo-  
13 nes de hect. (5% de la región) demostraron no tener mayores limitaciones  
14 de fertilidad. El resto mostró varias combinaciones de toxicidad por Al  
15 (a), ácido pero no alumino-tóxico (h), baja capacidad de intercambio catión-  
16 ica efectiva (e), bajas reservas de K (k), alta fijación de P (i), drena-  
17 je pobre (g), y "stress" por estación seca (d). Las combinaciones más fre-  
18 cuentes involucraron toxicidad por Al, baja reserva de K, baja CICE y alta  
19 fijación de P.

20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

## 1 DISCUSION Y CONCLUSIONES

2  
3 La metodología ha permitido la cobertura rápida y relativamente compre-  
4 hensiva de una gran parte del recurso tierra de la región baja de Sud-  
5 america tropical, en el contexto de proveer una base para el desarrollo y  
6 transferencia de agrotecnología basada en germoplasma. La descripción de  
7 sistemas de tierras como patrones recurrentes de clima, paisaje y suelos,  
8 proveen una definición manejable de ecosistemas para este propósito. Las  
9 imágenes de satélite y de radar han hecho una realidad la cuantificación a  
10 una base geográfica común, y la computarización ha provisto una herramien-  
11 ta poderosa no solamente para almacenamiento y recuperación de datos sino  
12 también para producción de mapas y análisis.

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

1 Del estudio ha emergido un cuadro más claro de los suelos de las  
2 tierras bajas de Sudamerica central tropical en términos de su clasifica-  
3 ción, morfología y distribución geográfica. Deben ser reconsideradas mu-  
4 chas de las pasadas generalizaciones acerca de su importancia relativa.  
5 Su patrón de variabilidad entre las diferentes subregiones climáticas y po-  
6 sición topográfica debería servir como una base para un desarrollo ordena-  
7 do. En este sentido, muchas de las ambigüedades inherentes a los mapas de  
8 suelos de escala pequeña han sido superadas. Por ejemplo, pueden identifi-  
9 carse aquellos suelos que es mejor dejarlos en su estado natural, como los  
10 Spodosoles, o la importancia relativa de Ultisoles comparada con Oxisoles  
11 en las regiones de bosques tropicales lluviosos.

12 La evaluación geográfica del recurso tierra, sin embargo, debe ser  
13 considerada en el contexto del manejo de suelo y tierra. Esto no ha sido  
14 específicamente discutido en este trabajo. Por ejemplo, Falesi (Serrao  
15 et al., 1978) ha mostrado cómo la limpieza y quema de un bosque tropical  
16 semi-siempreverde tropical seguido por cultivo de pasturas, cambiarán com-  
17 pletamente las propiedades de Oxisoles, Tabla 8; más aún, estos cambios  
18 persisten por muchos años. Por otro lado, para áreas de sabanas sin cubier-  
19 ta forestal - o muy escasa - para quemar, la situación es completamente di-  
20 ferente.

21 En términos de propiedades físicas del suelo, la evaluación ha mostra-  
22 do que la mayoría de los suelos en la región no tienen limitaciones supera-  
23 bles para la producción agrícola. Sin embargo, 21% son tierras pobremente  
24 drenadas y éstas deben ser usadas o bien para pastos y cultivos tolerantes  
25 a condiciones húmedas o bien simplemente ser dejadas en su estado natural.  
26 Sobre las tierras bien drenadas, las principales limitaciones son químicas,  
27 principalmente deficiencias potenciales de P y, en el caso de las sabanas,

1 problemas potenciales de toxicidad de Al. Sin embargo, existen otros pro-  
2 blemas, y algunas deficiencias, incluyendo S y elementos traza que pueden  
3 ser más ampliamente difundidas de lo que hasta el presente se reconoce.  
4 Las limitaciones químicas del suelo pueden ser manejadas por una combina-  
5 ción de fertilización y o encalado, más el uso de especies y cultivares  
6 tolerantes a algunas de las principales limitaciones. Es evidente, sin em-  
7 bargo, que el manejo adecuado del suelo y del cultivo debe ser compatible  
8 con los patrones fundamentales de clima, paisaje y suelos. Se necesita el  
9 desarrollo de una tecnología apropiada, adecuadamente enmarcada en el con-  
10 texto de las aspiraciones de desarrollo de las naciones individuales de  
11 acuerdo a las ventajas relativas de sus propios recursos de tierras.

12 Las notas presentadas en este informe sintetizando datos sobre el re-  
13 curso tierra difícilmente hacen justicia a la cantidad de información gra-  
14 bada en cinta magnética ya disponible para las instituciones agrícolas.  
15 (Cochrane et al., 1979). Estas notas han sido compiladas principalmente  
16 para dar un vistazo a las posibilidades e implicaciones del manejo de datos  
17 del recurso tierra a través de la computarización, y tal vez en este senti-  
18 do, pueda servir de modelo para mostrar cómo los estudios de uso potencial  
19 de la tierra pueden ser actualizados y extendidos a los trópicos en general.

20 El estudio está ya ayudando a CIAT a enfocar sus esfuerzos investiga-  
21 tivos para selección y mejoramiento de germoplasma forrajero de acuerdo  
22 con las realidades de los principales patrones de clima, paisaje y suelo,  
23 a través de América tropical. Se espera que jugará un papel de importan-  
24 cia creciente en el desarrollo y aplicaciones de tecnología basada en ger-  
25 moplasma para las fronteras en expansión de América tropical.  
26  
27

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

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**
G	-	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.

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

TABLA 2. Resumen climático de un sitio tomado como ejemplo. Fuente: Hancock et al.(1979).

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 <sup>1</sup>	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. <sup>2</sup>	88.	89.1	89.	88.	81.	74.	71.	63.	67.	76.	78.	85.	79.
PCT SUN <sup>3</sup>	38.	36.	37.	38.	48.	56.	59.	67.	63.	54.	51.	43.	49.
MEAN RAD <sup>4</sup>	420.	415.	418.	404.	426.	441.	462.	525.	541.	509.	491.	443.	458.
PRECIP. <sup>5</sup>	276.	277.	301.	287.	193.	99.	61.	41.	62.	112.	165.	228.	2102.
POT ET <sup>6</sup>	132.	118.	131.	123.	135.	136.	149.	172.	173.	167.	155.	142.	1732.
DEF PREC <sup>7</sup>	-144.	-160.	-170.	-164.	-58.	37.	88.	131.	111.	55.	-11.	-86.	-370.
DEP PREC <sup>8</sup>	215.	215.	236.	224.	114.	64.	32.	15.	33.	75.	120.	174.	
MAI <sup>9</sup>	1.62	1.83	1.80	1.82	1.06	0.47	0.22	0.09	0.19	0.45	0.78	1.22	

<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.

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

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	
Total	170	497	116	36	819		
%	21	61	14			100	

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

Tabla 4. Distribución de grandes grupos de suelos de la región central baja de Sudamerica tropical por subregiones climáticas (A hasta E)\*y posiciones topográficas. (Las cifras porcentuales se refieren a las pendientes).

Orden y Gran Grupo	Subregión A - Bosques lluviosos		Subregión B - Bosque as-tac. semi-siempreverde		Subregión C - Sabanas isohipertérmicas		Subregión D - Sabanas isotérmicas		Subregión E - Bosques deciduos					
	Mal dren. 0-8%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal drenado 0-8%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8%	Bien drenado 8-30% >30%				
----- Millones de hectáreas -----														
OXISOLS														
Haplorthox	150.0	-	39.5	20.4	7.2	-	49.2	22.2	5.0	0.1	-	<0.1	1.0	0.2
Acroorthox	62.0	-	2.2	5.4	1.1	-	35.3	13.3	4.1	-	-	-	-	-
Umbrorthox	4.0	-	-	-	-	-	3.5	0.8	-	-	-	-	-	-
Eutroorthox	0.8	-	-	-	-	-	0.3	<0.1	-	-	-	-	-	-
Haplustox	53.0	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	17.9	7.9	6.1	-	6.6
Acrostox	32.0	-	-	-	-	-	-	-	-	14.2	3.2	0.5	-	8.6
Eutrustox	24.0	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1	1.4	0.1	-	6.4
Plinthtaquos	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4
TOTAL	324.8	40.7	25.8	8.3	0.9	93.3	36.8	9.1	44.7	12.8	6.7	21.4	11.5	5.6
%	100.0	12.5	7.9	2.6	0.3	27.2	11.3	2.8	13.8	3.9	2.1	6.7	3.5	1.7
ULTISOLS														
Tropudults	82.0	-	8.5	3.3	0.3	-	47.1	16.9	4.1	-	-	-	-	-
Plinthudults	30.0	9.6	18.3	0.3	-	-	0.3	-	0.6	0.9	-	-	-	-
Paleudults	29.0	-	7.6	2.5	<0.1	-	14.3	3.4	0.2	-	-	-	-	-
Rhodudults	4.0	-	-	-	-	-	1.3	2.7	0.4	-	-	-	-	-
Tropaquults	37.0	5.8	-	-	-	8.1	-	-	11.8	0.2	0.1	0.2	0.1	10.5
Plinthtaquults	15.0	9.8	-	-	-	0.6	-	-	4.8	-	-	-	-	-
Paleaquults	0.3	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-
Albaquults	0.1	-	-	-	-	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Haplustults	8.5	-	-	-	-	1.9	-	<0.1	2.0	0.5	-	0.8	0.1	0.2
Riodustults	4.9	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	<0.1
Paleustults	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
TOTAL	209.9	25.2	34.4	5.8	0.3	9.0	64.9	23.1	4.8	17.3	3.8	7.0	0.1	0.2
%	100.0	12.0	16.4	2.8	0.1	4.3	30.9	11.0	2.3	8.2	1.8	0.3	<0.1	0.1
ERTISOLS														
Fluvequents	50.6	25.1	-	-	-	18.8	-	-	1.8	-	-	-	-	-
Tropaquents	8.8	1.8	-	-	-	11.1	-	-	5.3	-	-	-	-	-
Psammaquents	3.9	2.2	-	-	-	0.2	-	-	0.4	-	-	-	-	-
Quartzipsammaents	52.0	-	4.1	0.4	-	0.3	4.1	0.4	0.1	11.8	1.2	<0.1	<0.1	0.2
Ustipsammaents	6.1	-	-	-	-	<0.1	0.7	0.3	0.1	1.3	0.1	-	-	28.3
Tropopsammaents	2.2	-	-	-	-	1.9	-	-	-	2.4	<0.1	-	-	2.5
Tropofluvents	16.5	-	3.5	-	-	-	-	-	0.2	<0.1	-	<0.1	-	2.6
Ustifluvents	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7
Xerofluvents	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1
Troporthents	9.4	-	<0.1	<0.1	.1	-	0.9	4.0	2.3	0.8	0.5	0.5	-	<0.1
Udorthents	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	0.1	-	<0.1
Usturthents	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	0.1	1.0	0.2
TOTAL	155.9	29.1	3.5	<0.1	.1	32.3	3.9	4.7	2.4	8.1	16.5	1.9	0.6	<0.1
%	100.0	18.7	2.2	<0.1	<0.1	20.7	5.7	3.01	1.5	5.2	10.6	1.2	0.4	3.7



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

TABLA 5. Distribución de clases texturales de los suelos de las tierras bajas centrales de Sudamérica tropical por subregiones climáticas (A hasta E) y subdivisiones topográficas de acuerdo al sistema de clasificación de capacidad de fertilidad.

Clases texturales	Subregión A - Bosques lluviosos		Subregión B - Bosque estac. semi-siempreverde		Subregión C - Sabanas isohipertérmicas		Subregión D - Sabanas isotérmicas		Subregión E - Bosques deciduos											
	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%										
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
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 G no se incluyen debido a porcentajes relativamente pequeños de suelos cubiertos por el estudio.

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

Tabla 6. La extensión areal de algunas propiedades químicas para el horizonte superficial (0-20cm) y subsuelo (21-50cm) de las divisiones topográficas de las subregiones climáticas de la región central baja de Sudamérica tropical.

Porcentaje	Subregión A - Bosques lluviosos		Subregión B - Bosque es-tac. semi-siembraverde		Subregión C - Sabanas isohipertermicas		Subregión D - Sabanas isotermicas		Subregión E - Sabanas deciduas	
	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%	Mal dren. 0-8% >30%	Bien drenado 8-30% >30%
Millones de hectáreas										
<b>Suelo superficial (0-20 cm)</b>										
A (> 7.3)	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	-	<0.1
B (3.3-7.3)	30.0	15.9	30.0	15.9	6.0	1.3	10.1	18.5	6.7	4.7
H (< 5.3)	28.5	143.3	61.8	15.6	6.0	15.6	24.6	46.0	10.9	6.0
<b>Materia Orgánica Suelo superficial</b>										
A (> 5.5)	27.3	13.9	4.0	13.6	22.8	18.3	3.9	0.3	19.1	12.2
B (1.5-5.5)	33.3	83.9	35.2	9.1	31.0	124.1	53.1	1.2	15.4	44.0
H (< 1.5)	4.5	1.1	1.2	1.7	4.8	16.8	10.8	15.3	0.3	8.3
<b>Sat. Al Suelo superficial</b>										
A (> 7.0)	24.7	70.2	23.8	6.0	14.3	94.0	42.8	10.3	3.8	20.1
B (3.0-7.0)	7.6	8.9	9.6	4.6	3.3	36.8	13.4	3.4	7.6	10.1
H (1.0-4.0)	5.9	2.13	0.3	0.2	14.0	14.2	6.6	2.4	13.4	19.9
S (< 1.0)	26.8	17.7	6.8	1.2	26.8	14.2	5.0	0.8	9.9	14.4
<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
B (0.15-0.3)	18.9	29.6	11.5	3.3	11.1	46.4	19.3	5.1	17.2	17.5
k (< 0.15)	23.6	62.1	27.2	7.0	22.1	100.1	42.6	10.8	11.7	43.8
<b>C Intercambiable (meq/100 g) Suelo superficial</b>										
A (> 4.0)	27.1	19.9	8.2	2.8	23.8	20.4	8.9	3.0	12.4	6.0
H (0.4-4.0)	26.8	51.3	15.3	4.4	20.2	48.8	23.6	6.1	12.3	17.0
B (< 0.4)	11.2	27.7	16.9	4.9	14.6	90.0	35.3	7.8	10.0	41.5
<b>Hg Intercambiable (meq/100 g) Suelo superficial</b>										
A (> 0.8)	23.0	15.7	7.7	2.8	28.6	25.4	10.8	3.4	11.2	6.9
B (0.2-0.8)	29.8	48.5	11.9	4.2	17.8	83.8	31.0	7.1	15.3	28.3
S (< 0.2)	12.3	34.7	20.7	5.1	12.1	50.1	26.0	6.4	8.2	29.2

0.1  
17.8  
46.3  
6.5  
9.8  
6.0  
3.7  
0.1  
0.9  
5.5  
11.1  
20.8  
11.1  
0.3  
2.0  
1.7  
0.9  
0.4  
0.9  
0.3  
2.5  
2.7  
0.9  
0.8  
21.5  
53.4  
11.9  
6.1  
2.5  
53.4  
11.9  
6.1  
0.4  
0.2  
0.4  
0.4  
4.4  
4.4  
5.5  
1.8  
1.2  
2.2  
0.5  
0.4  
0.5  
14.8  
46.0  
6.8  
3.1  
0.5  
2.0  
10.6  
11.4  
3.6  
1.5  
17.8  
47.7  
7.9  
5.3  
2.7  
3.2  
1.7  
0.7  
3.8  
5.5  
3.7  
1.5  
17.9  
47.4  
8.2  
5.8  
2.7  
3.5  
1.4  
0.3



TABLA 7. 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	h	23.7
d	43.3	hc	3.0
da	1.7	he	2.0
dae	0.6	hei	4.3
daei	2.3	hi	1.1
daek	1.0	hix	0.2
daeki	0.3	hk	22.0
dai	3.1	hke	3.4
dak	1.8	hkei	8.1
dake	28.7	hki	1.5
dakei	28.5	e	<0.1
daki	1.4	i	0.1
db	0.4	ix	1.1
dei	2.1	h	6.2
dg	1.1	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 8.  
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 disponibles			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	0.13	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

LITERATURE CITED

- 1  
2  
3 Alvim, P.T. 1978. A expansão da fronteira agrícola no Brasil. CEPLAC, Itabuna, Bahia.
- 4 Alvim, P.T. 1978. Perspectivas de produção agrícola na região amazônica. Interciencia 3(4):243-249.
- 5  
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  
8 Alvim, P.T. and J.E. da Silva. 1979. Comparação entre os cerrados e a região Amazonica em termos agroecológicos. In: V Simposio Sobre o Cerrado. Brasilia, Brazil (in press).
- 9  
10 Bandy, D. E. 1977. Manejo de suelos y cultivos en sistemas de agricultura permanente en la selva amazónica del Perú. En: FAO/SIDA: Reunión-Taller sobre Ordenamiento y Conservación de Suelos, Lima, Perú.
- 11  
12 Barr, H.J., T.M. Goodnight, J.P. Sull and J.T. Helwing. 1976. A user's guide to SAS '76. pp.184-185. Statistical Analysis Service, Inc., Raleigh, N.C., U.S.A.
- 13  
14 Benavides, S.T. 1973. Mineralogical and chemical characteristics of some soils of the Amazonia of Colombia. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, Raleigh. 216 p.
- 15  
16 Blancaneaux, P., S. Hernández y J. Araújo. 1977. Estudio edafológico preliminar del sector Puerto Ayacucho. Territorio Federal Amazonas, Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas, Venezuela. 120 p.
- 17  
18 Brito A., P. y León L., C. 1971. Estudio agrológico semidetallado. Valle Medio del río Yáracuy. Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela. 104 p.
- 19  
20 Budowski, G. 1976. La conservación del medio ambiente. Conflicto o instrumento para el desarrollo? Ciencia Interamericana 17(1):2-8.
- 21  
22 Buol, S.W., P.A. Sánchez, R.B. Cate and M.A. Granger. 1975. Soil Fertility 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.
- 23  
24 Christian, C.S. and S.A. Stewart. 1953. Survey of Katherine-Darwing region, 1946. Land Research Series No.1. CSIRO, Melbourne, Australia. 126 p.
- 25  
26 CIAT. 1978. Annual Report for 1977. Beef Program. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp. A7-10.
- 27  
28 CIAT. 1979. Annual Report for 1978. Beef Program. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp. B5-B11.

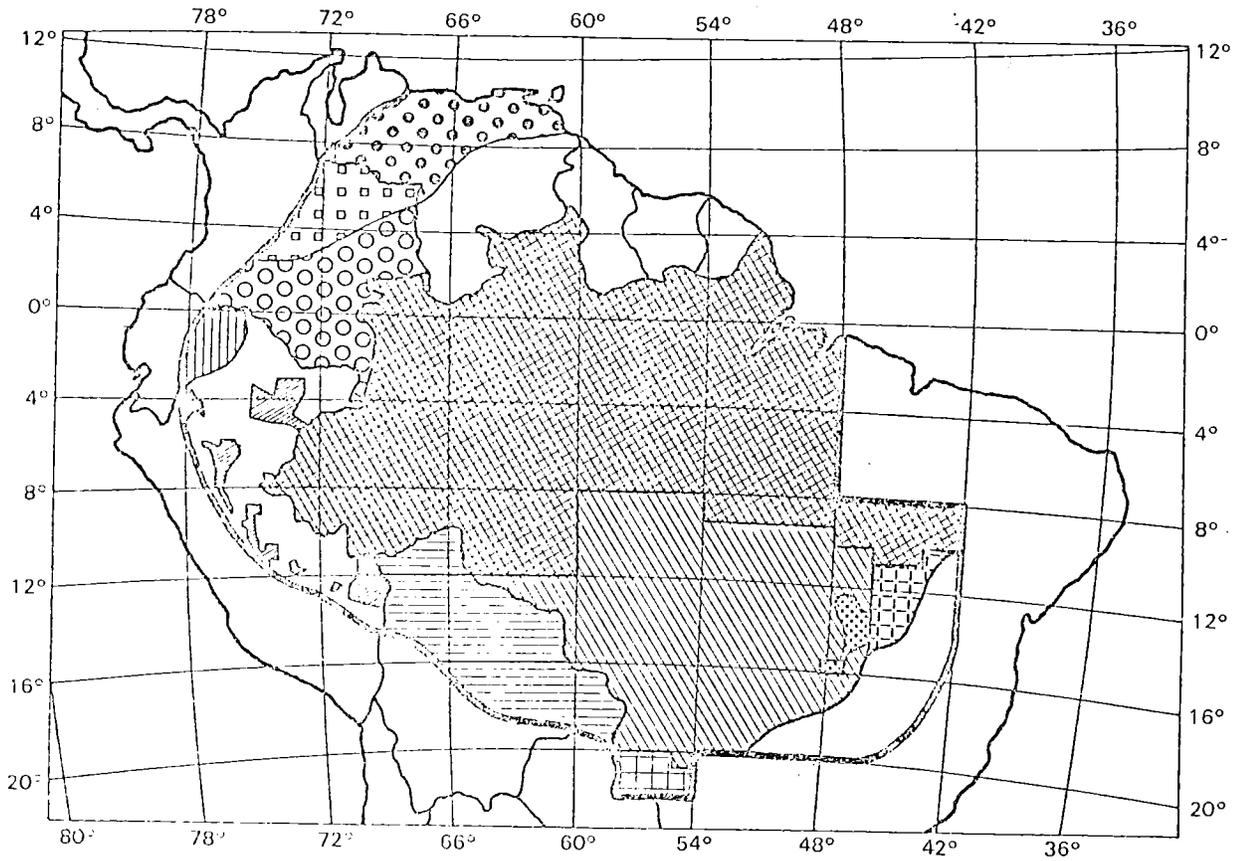
- 1 CIAT. 1980. Annual Report for 1979. Centro Internacional de Agricultura  
Tropical, Cali, Colombia (in press).
- 2 Cochrane, T.T. 1968. An initial assessment of the land use potential of  
3 the central piedmont and the Santa Cruz regions of tropical Bolivia.  
Tropical Agricultural Mission, La Paz, Bolivia. 148 p.
- 4 Cochrane, T.T. 1973. El potencial agrícola del uso de la tierra en Boli-  
5 via. Un mapa de sistemas de tierras. Misión Británica en Agricultu-  
ra Tropical. Ministerio de Agricultura. La Paz, Bolivia. 826 p.
- 6 Cochrane, T.T., J.A. Porrás, L. Azevedo de G., P.G. Jones, and L.F. Sánchez  
1979. An explanatory manual for CIAT's computerized land resource  
study of tropical America. CIAT, Cali, Colombia. 131 p.
- 7 Cochrane, T.T. 1979. An ongoing appraisal of the savanna ecosystems of  
8 tropical America for beef cattle production. In: P.A. Sánchez and L.  
E. Tergas (Eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics.  
Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp.1-12.
- 9 Cochrane, T.T. 1979. Manganese and zinc deficiencies in sugar-cane grown  
10 in Entisols near Santa Cruz, Bolivia. Trop. Agric. (Trinidad). Vol.56,  
No.3. p.219-224.
- 11 Cochrane, T.T. 1980. The methodology of CIAT's land resource study of  
12 tropical America. In: Burroff, P.G. and D.B. Morrison Eds. VI Intern.  
13 Symposia Machine Processing of Remotely Sensed Data and Soil Informa-  
tion Systems and Remote Sensing and Soil Survey. Purdue University,  
West Lafayette, Indiana. IEEE Catalog No.80 CH 1533-9 MPRSD. pp 227-  
233.
- 14 Cochrane, T.T. and P.G. Jones. 1980. Clima e vegetação na America do Sul  
15 Tropical. Um estudo computarizado dos recursos das terras. In:  
Anais do XXXI Congresso Nacional de Botânica. Ilheus/Itabuna, Brasil  
(in press).
- 16 Cochrane, T.T., J.G. Salinas, P.A. Sánchez. 1980. An equation for liming  
17 acid mineral soils to compensate crop Al tolerance. Trop. Agric.  
59:133-140.
- 18 Cochrane, T.T. and P.A. Sánchez. 1980. Land resources, soil properties  
19 and their management in the Amazon region: A state of knowledge  
report. International Conference on Amazonian Soils. Cali, Colombia.
- 20 Comerma, J. and A. Chirinos. 1977. Características de algunos suelos con y  
sin horizonte argílico en las mesas orientales de Venezuela (a).  
Agronomía Tropical. 27(2):181-206. Maracay, Venezuela.
- 21 COPLANARH. 1975. -Inventario Nacional de Tierras. Regiones: Costa nor-  
22 occidental, Centro occidental y central. Volumen I y II. Comisión  
del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos.  
Caracas, Venezuela. 835 p.
- 23 Cover, T.M. and P.E. Hart. 1967. Nearest neighbour pattern classification.  
24 IEEE Transactions on Information Theory. Vol. IT-13:21-17.
- 25 Custode, E. y M. Soudat. 1978. Suelos del nororiente. Características  
químicas y su fertilidad. Ministerio de Agricultura y Ganadería.  
26 Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Quito,  
Ecuador. 28 p.
- 27

- 1 Dynia, J.F., G.N.C. Moreira, and R.M. Bloise. 1977. Fertilidade de solos  
2 da regio da Rodovia Transamazônica. 2. Fixacao de fósforo em Podzó-  
3 lico Vermelho-Amarelo e Terra Roxa Estruturada Latossólica. Pesq.  
4 Agropec. Bras. 12:75-79.
- 5 Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Botan. Rev. 38(2):  
6 201-341.
- 7 EMBRAPA. 1975. Mapa esquemático dos solos das regioes norte, meio-norte  
8 e centro-oeste do Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecua-  
9 ria. Vinculada ao Ministerio da Agricultura. Rio de Janeiro, Brasil.  
10 553 p.
- 11 EMBRAPA-SUDENE/DRN. 1976. Levantamento exploratorio - Reconhecimento de  
12 solos da margen esquerda do rio Sao Francisco. Estado da Bahia - Mi-  
13 nisterio da Agricultura. Ministerio do Interior. Recife, Brasil.  
14 404 p.
- 15 Eyre, S.R. 1968. Vegetation and Soils: A World Picture. 2nd Edition.  
16 Arnold Publishers, Ltd., London. pp. 195-258.
- 17 Falesi, I.C. 1972. O estudo atual dos conhecimentos sobre os solos da  
18 Amazonia brasileira. Bol. Tec. Inst. Pesq. Agropec. Norte 54:17-67.
- 19 Falesi, I.C. 1976. Ecossistema de pastagem cultivada na Amazonia brasilei-  
20 ra. CPATU Bol. Tec. 1. Centro de Pesquisa Agropecuaria do Tropico  
21 Umido, EMBRAPA. Belém, Brasil.
- 22 FAO. 1964. Reconocimiento Edafológico de los Llanos Orientales. Colombia.  
23 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Roma. 7 Tomos.
- 24 FAO-UNESCO. 1971, 1975. Soil Map of the World. Vol.IV-South America.  
25 UNESCO, Paris.
- 26 Ferri, M.G. 1976. IV Simpósio sobre o cerrado. Bases para utilização  
27 agropecuária Editora da Universidade de São Paulo. Livaria Itatiaia  
28 Editora Ltd., Belo Horizonte.
- 29 Flores P., S., A. Alvarado y E. Bornemisza. 1978. Caracterización y cla-  
30 sificación de algunos suelos del bosque amazónico peruano. Iquitos,  
31 Turrialba. 28(2):99-103.
- 32 García G., J., A. Gobert Paredes, J. Benitez J., J. Estrada A. 1975. Ca-  
33 racterización del estado nutricional de algunos suelos de la zona de  
34 Jenaro Herrera (Prov. de Requena - Depto. de Loreto). 1975. Proyecto  
35 Integral de Asentamiento Rural de Jenaro Herrera. Iquitos, Perú.
- 36 Goodland, R. (ed.) 1970. The savanna controversy. McGill University  
37 savanna research project publication No.15. Montreal 66 p.
- 38 Goodland, R.J.A. and H.S. Irwin. 1975. Amazon Jungle: Green Hell to Red  
39 Desert? Elsevier, Amsterdam.
- 40
- 41

- 1 ONERN. 1977. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-  
2 les de la zona Iberia - Iñapari. Oficina Nacional de Evaluación de  
Recursos Naturales. Lima, Perú. 376 p.
- 3 ONERN. 1978. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-  
4 les de la zona Pucallpa - Abujao. Oficina Nacional de Evaluación de  
Recursos Naturales. Lima, Perú. 261 p.
- 5 PROJETO RADAMBRASIL. 1974. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.  
6 22-Araguaia. Vol.4. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Janeiro,  
Brasil. 405 p.
- 7 PROJETO RADAMBRASIL. 1974. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.  
8 22-Belen. Vol.5. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Janeiro,  
Brasil. 408 p.
- 9 PROJETO RADAMBRASIL. 1974. Levantamento de recursos naturais. Folha NA/  
10 NB.22 - Macapá. Vol.6. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Janeiro,  
Brasil. 389 p.
- 11 PROJETO RADAMBRASIL. 1975. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.  
12 21 - Tapajós. Vol.7. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Janeiro,  
Brasil. 409 p.
- 13 PROJETO RADAMBRASIL. 1975. Levantamento de recursos naturais. Folha NA.  
14 20 - Boa Vista. Vol.8. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Janeiro,  
Brasil. 426 p.
- 15 PROJETO RADAMBRASIL. 1975. Levantamento de recursos naturais. Folha NA.  
16 21 - Tumucumaque. Vol.9. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Ja-  
neiro, Brasil. 360 p.
- 17 PROJETO RADAMBRASIL. 1976. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.  
18 21 - Santarem. Vol.10. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Janeiro,  
Brasil. 510 p.
- 19 PROJETO RADAMBRASIL. 1976. Levantamento de recursos naturais. Folha NA.  
20 19 - Pico da Nablina. Vol.11. Ministerio das Minas e Energía. Rio de  
Janeiro, Brasil. 374 p.
- 21 PROJETO RADAMBRASIL. 1976. Levantamento de recursos naturais. Folha SC.  
22 19 - Rio Branco. Vol.12. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Ja-  
neiro, Brasil. 458 p.
- 23 PROJETO RADAMBRASIL. 1977. Levantamento de recursos naturais. Folha SB/  
24 SC.18 - Javari - Contamana. Vol.13. Ministerio das Minas e Energía.  
Rio de Janeiro , Brasil. 413 p.
- 25 PROJETO RADAMBRASIL. 1977. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.  
26 19 - ICA. Vol.14. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Janeiro,  
Brasil. 446 p.
- 27 PROJETO RADAMBRASIL. 1977. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.  
19 - Jurva. Vol.15. Ministerio das Minas e Energía. Rio de Janeiro,  
Brasil. 430 p.

- 1 PROJETO RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de recursos naturais. Folha SC.  
2 20-Porto Velho. Vol.16. Ministerio das Minas e Energia. Rio de  
Janeiro, Brasil. 663 p.
- 3 PROJETO RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.  
4 20-Purus. Vol.17. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,  
Brasil. 558 p.
- 5 Ranzani, G. 1978. Alguns solos da Transamazonica na regio de Marabá.  
Acta Amazônica 8:333-335.
- 6 Reis, A.C.F. 1972. O Impacto Amazônico na Civilizacao Brasileira: a  
7 Transamazonica e o Desafio dos Tropicós. Ed. Paralelo, Rio de Janeiro.
- 8 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.
- 9 Sánchez, P.A. 1977b. Advances in the management of Oxisols and Ultisols  
10 in Tropical South America. pp. 535-566. In: Proceedings Int. Seminar  
11 on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture.  
Society of Soil Science and Manure, Tokyo.
- 12 Sánchez, P.A. 1979. Soil fertility and conservation considerations for  
agroforestry systems in the humid tropics of Latin America. pp.79-124.  
13 In: H.O. Mongi and P.A. Huxley (Eds.): Soils Research in Agroforestry.  
ICRAF 001e. Int. Council Res. Agrofor. Nairobi. Kenya.
- 14 Sánchez, P.A. and S.W. Buol. 1974. Properties of some soils of the Amazon  
Basin of Peru. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38:117-121.
- 15 Sánchez, P.A. and T.T. Cochrane. 1979. Soil constraints in relation to  
16 major farming systems in tropical America. Soil Constraints Confer-  
ence, IRRI, Los Baños, Philippines (In press).
- 17 Sánchez, P.A. and G. Uehara. 1980. Management considerations for acid  
18 soils with high phosphorus fixation capacity. pp.471-514. In: F.E.  
Kashawney (Ed.): Phosphorus in Agriculture. Soil Sci. Soc. Amer.,  
19 Madison, Wisc., U.S.A.
- 20 Sánchez, P.A., S.W. Buol and W. Couto. 1980. The fertility capability  
classification system and its application to land evaluation guide-  
21 lines. Tropical Soils Program. North Carolina State Univ., Raleigh  
N.C., U.S.A. Manuscript. 30 pp.
- 22 Schargel, R. 1972. Características y génesis de una cronosecuencia de  
23 suelos desarrollada sobre depósitos aluviales entre los ríos Bocono y  
Masparro, Estado Barinas. Agronomía Tropical. 22(4):345-371. Mara-  
24 cay, Venezuela.
- 25 Schargel, R. 1978. Soils of Venezuela with low activity clays. Ph.D.  
Thesis. North Carolina State University, Raleigh, N.C., USA.
- 26 Schubart, H.O.R. 1977. Criterios ecológicos para o desenvolvimento agrí-  
cola das terras firmes da Amazonia. Acta Amazônica 7(4):559-567.
- 27

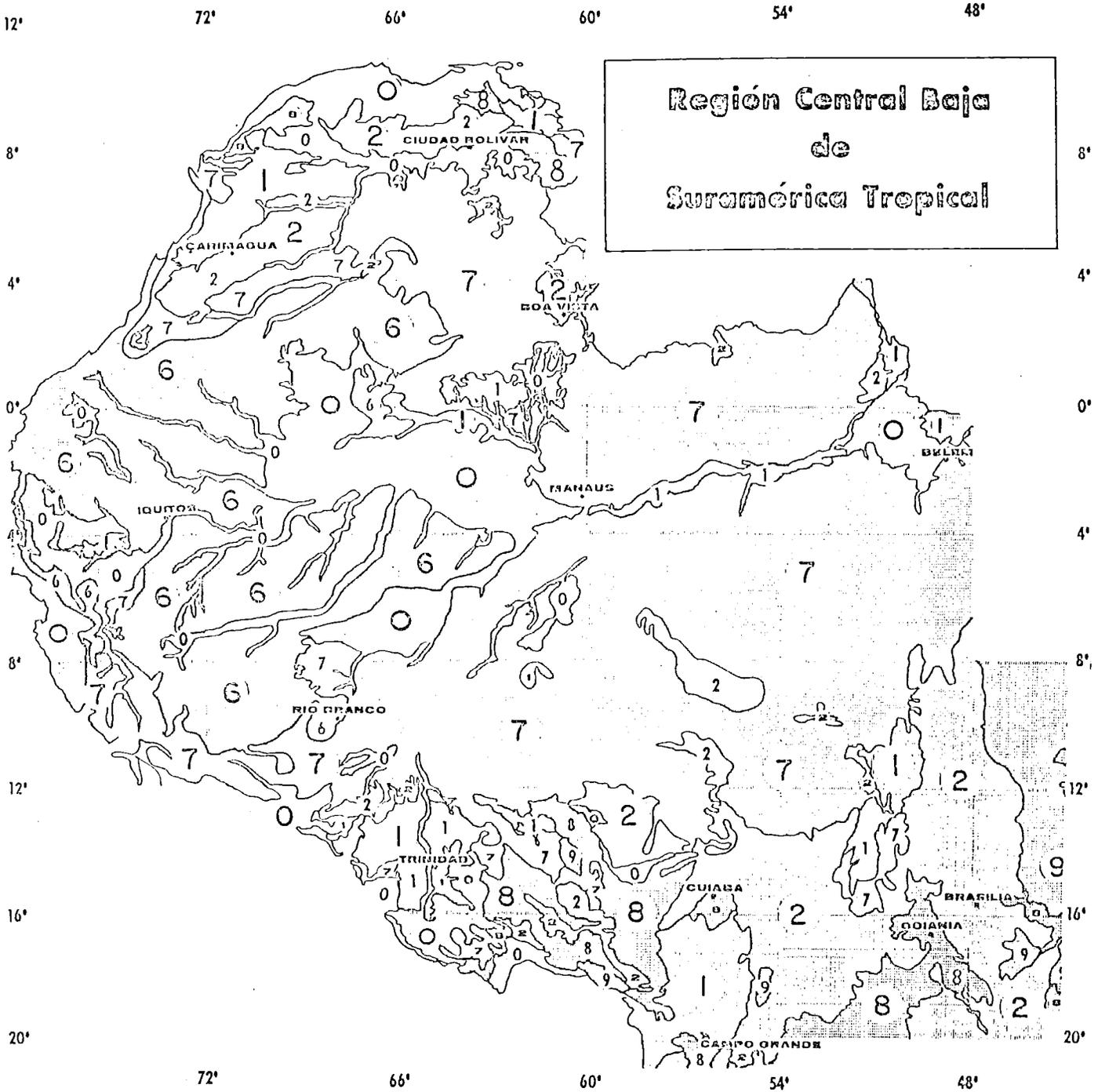
- 1 Serrao, E.A.S., I.C. Falesi, J.B. Veiga, and J.F. Texeira. 1979. Productivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon of  
2 Brazil. pp. 195-226. In: P.A. Sánchez and L.E. Tergas (Eds.):  
3 Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. Centro Internacional  
de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- 4 Seltzer, J. 1967. Impossibilidade do uso racional do solo no Alto Xingú,  
Mato Grosso. Rev. Bras. Geogr. 21(1):102-109.
- 5 Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification  
6 for making and interpreting soil surveys. Soil Conservation  
Service. U.S. Dept. of Agriculture. Handbook 436, Washington. 754 p.
- 7 Sombroek, W.G. 1966. Amazon Soils. A reconnaissance of the soils of the  
8 Brazilian Amazon region. Wageningen, Netherlands. 292 p.
- 9 Sombroek, W.G. 1979. Soils of the Amazon region. International Soils  
Museum, Wageningen, Netherlands. Unpublished paper. 15 pp.
- 10 Stark, N. 1978. Man, tropical forests and the biological life of a soil.  
11 Biotropica 10:1-10.
- 12 Toledo, J.M. and V.A. Morales. 1979. Establishment and management of improved  
13 pastures in the Peruvian Amazon. pp.177-194. In: P.A. Sánchez  
and L.E. Tergas (Eds.): Pasture Production in Acid Soils of the Tropics.  
Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- 14 Tosi, J. 1974. Desarrollo forestal del trópico americano frente a otras actividades  
15 económicas. pp.II.F.1-13. In: IICA. Reunión Internacional  
sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano. Informes Sobre  
16 Cursos, Conferencias y Reuniones No.41, IICA. Zona Andina, Lima, Perú.
- 17 Tyler, E.J., S.W. Buol and P.A. Sánchez. 1978. Genetic association of  
18 properties of soils of an area in the upper Amazon of Perú, Soil  
Sci. Soc. Amer. J. 42:771-776.
- 19 U.S. Geological Survey. 1977. Eros Data Center. U.S. Government Printing  
20 Office, Washington, D.C. 28 pp.
- 21 Vettori, L. 1960. Método de análise do solo. Boletim Técnico, 7. Equipe  
de Pedologia e Fertilidade do Solo, Rio de Janeiro. 47 p.
- 22 Villachica, J.H. 1978. Maintenance of soil fertility under continuous  
23 cropping in an Ultisol of the Amazon Jungle of Perú. Ph.D. Thesis,  
North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., U.S.A. 269 pp.
- 24 Villachica, J.H. and P.A. Sánchez. 1980. Maintenance of soil fertility in  
the Amazon of Perú. 1. Soil dynamics. 2. Crop performance (In press).
- 25 Villachica, J.H. and P.A. Sánchez. 1980. Importance of cationic balance  
for continuous cultivation in the Amazon Junge of Peru (In press).
- 26 Wang, C.H., T.H. Lieru and D.S. Mikklesen. 1976. Development of sulphur  
deficiency as a limiting factor for rice production. IRI Tech. Bull.
- 27



- |   |  |
|---|--|
| <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>También cubierto con una parte del estudio No. (2) mencionado arriba.</p>   |
| <p> Area cubierta con una parte del estudio No. (2) y (3) mencionados arriba.</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 el estudio de EMBRAPA, Vol. No. 38 (1977); 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 BENAVIDES (1973), 9 perfiles de suelos; y por CORTES et al, (1973), 19 perfiles.</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 FAO, (1965); incluye 139 perfiles de suelo; y otros.</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 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> Area cubierta con estudios de suelos más generalizados, incluyendo SCHARGEL (1978). También incluye el Mapa de Suelos del Mundo, FAO-UNESCO, (1971).</p>  |

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

# MAPA DE VEGETACION NATURAL



Región Central Baja  
de  
Suramérica Tropical

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1: SABANAS MAL DRENADAS     | 7: BOSQUE ESTACIONAL SEMI-SIEMPREVERDE |
| 2: SABANAS BIEN DRENADAS    | 8: BOSQUES DECIDUOS y SEMI-DECIDUOS    |
| 6: BOSQUE TROPICAL LLUVIOSO | 9: CAATINGA                            |
|                             | 0: OTROS                               |

Figura 2. Mapa computarizado de vegetación

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

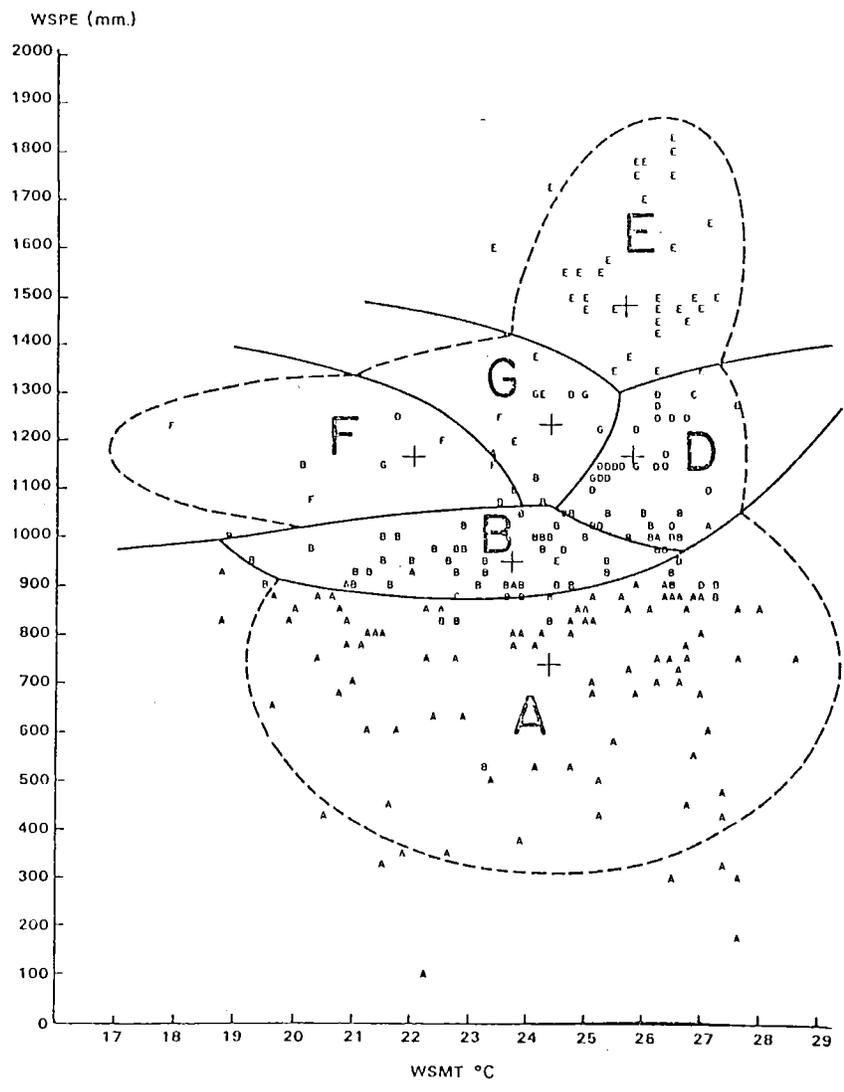
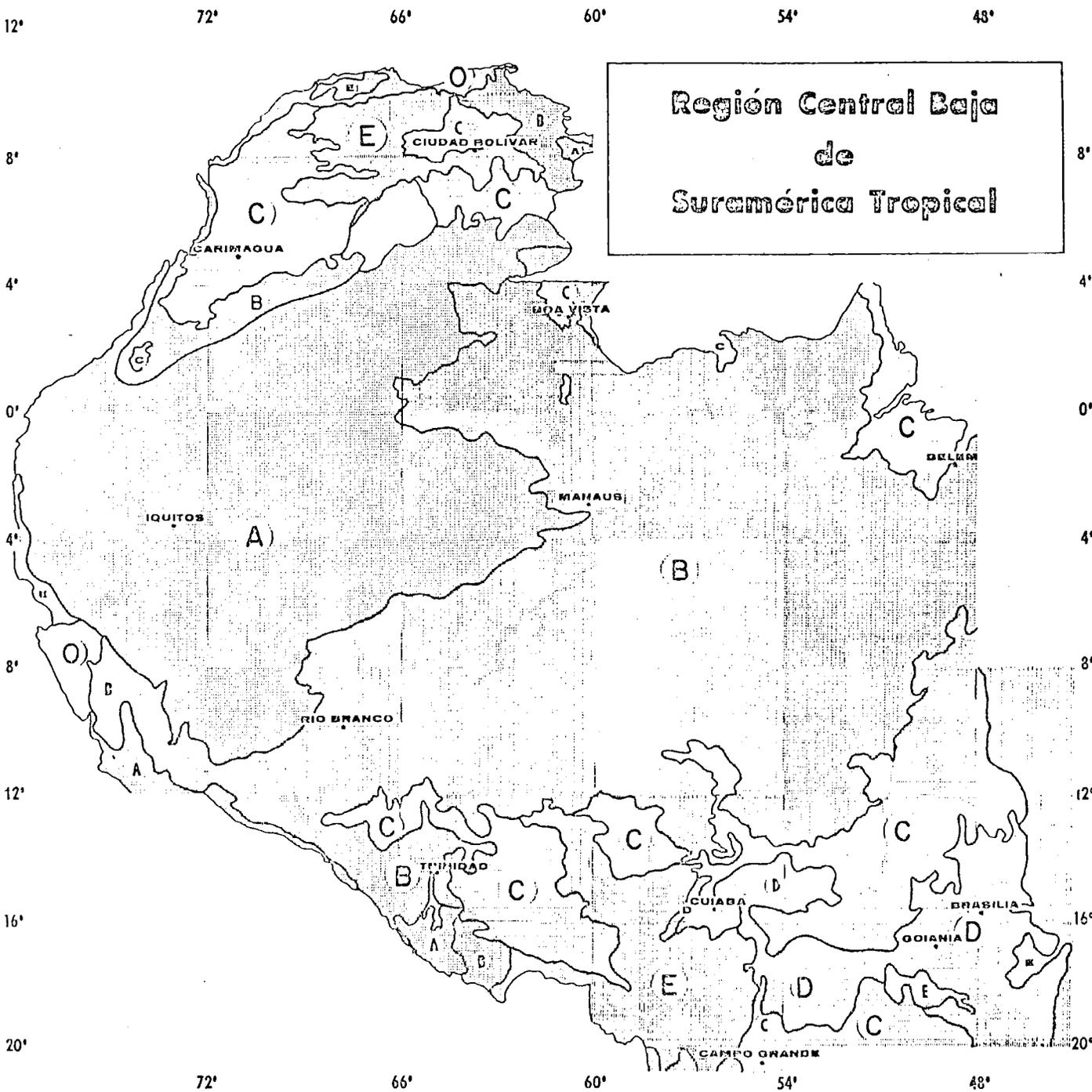


Figura 3.  
Diagrama agrupado de clases de vegetación a través de Sudamerica tropical en términos de evapotranspiración potencial total en época de lluvia y temperatura media mensual en época de lluvia (Cochrane y Jones 1980).

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

# MAPA DE SUBREGIONES CLIMATICAS



- A = ETPEH > 1.300mm, > 9 MESES HUMEDOS, TMEH > 23,5°C
- B = ETPEH 1061 - 1300mm, 8-9 MESES HUMEDOS, TMEH > 23,5°C
- C = ETPEH 900-1060mm, 6-8 MESES HUMEDOS, TMEH > 23,5°C

- D = ETPEH 900-1060mm, 6-8 MESES HUMEDOS, TMEH < 23,5°C
- E = ETPEH < 900mm, < 7 MESES HUMEDOS, TMEH > 23,5°C

NOTA:

ETPEH = EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL ACUMULADA EN LA EPOCA HUMEDA

TMEH = TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN LA EPOCA HUMEDA

Figura 4. Mapa computarizado de subregiones climáticas

02RUG73 C S07-05/W048-42 N S07-06/W040-34 HSS 7 D SUN EL45 A2055 100-5240-D-1-N-D-IL NASA ERTS E-1376-12514-7 01

W049-30 W049-001



W049-301 W049-001 W048-301  
03RUG73 C S08-32/W049-02 N S08-32/W040-54 HSS 7 D SUN EL44 A2054 100-5240-B-1-N-D-IL NASA ERTS E-1376-12521-7 01

Figura 5.  
Delineación de sistemas de tierras sobre  
imágenes de satélite

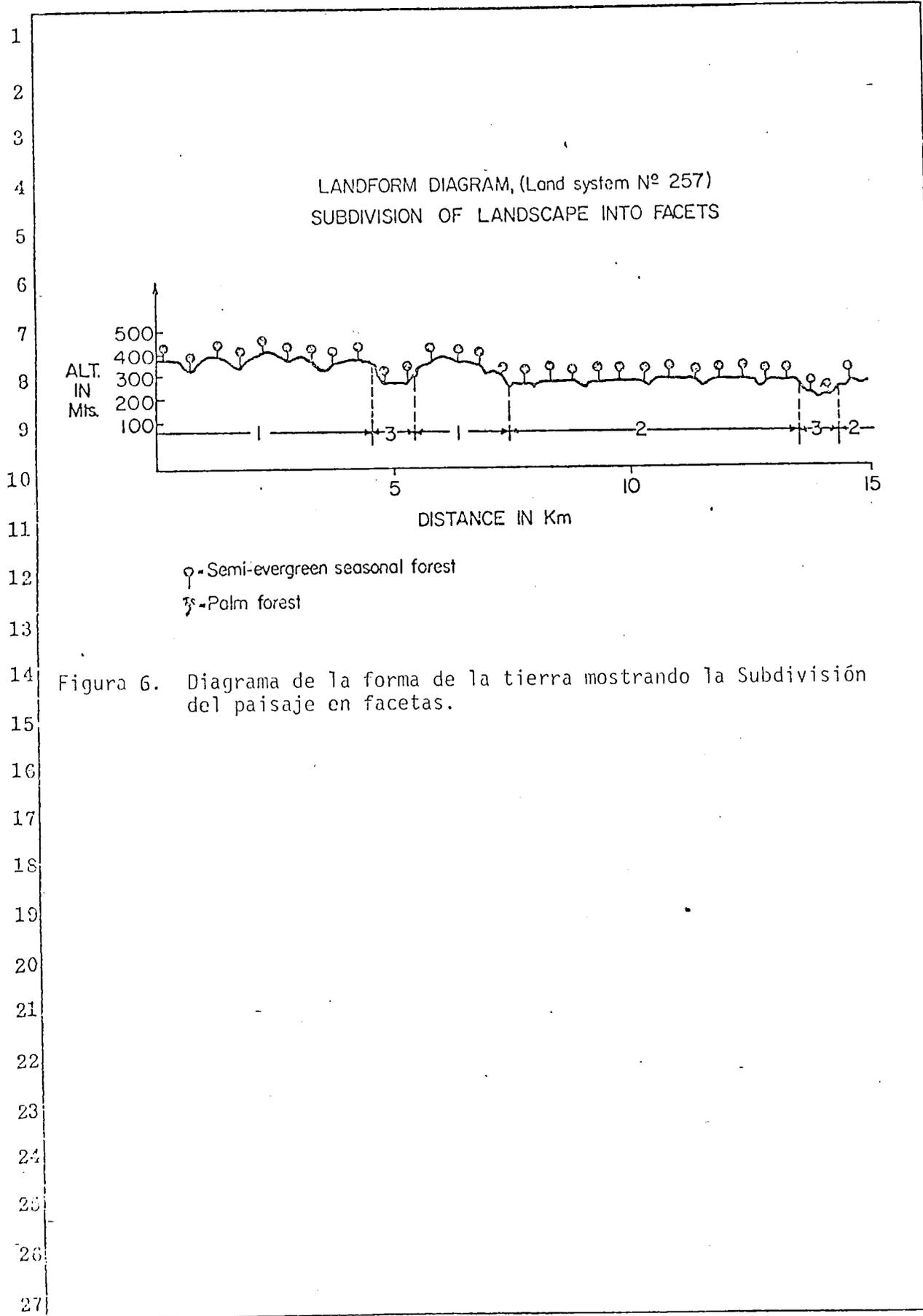


Figura 6. Diagrama de la forma de la tierra mostrando la Subdivisión del paisaje en facetas.

# MAPA DE ORDENES DE SUELOS

Región Central Baja  
de  
Suramérica Tropical

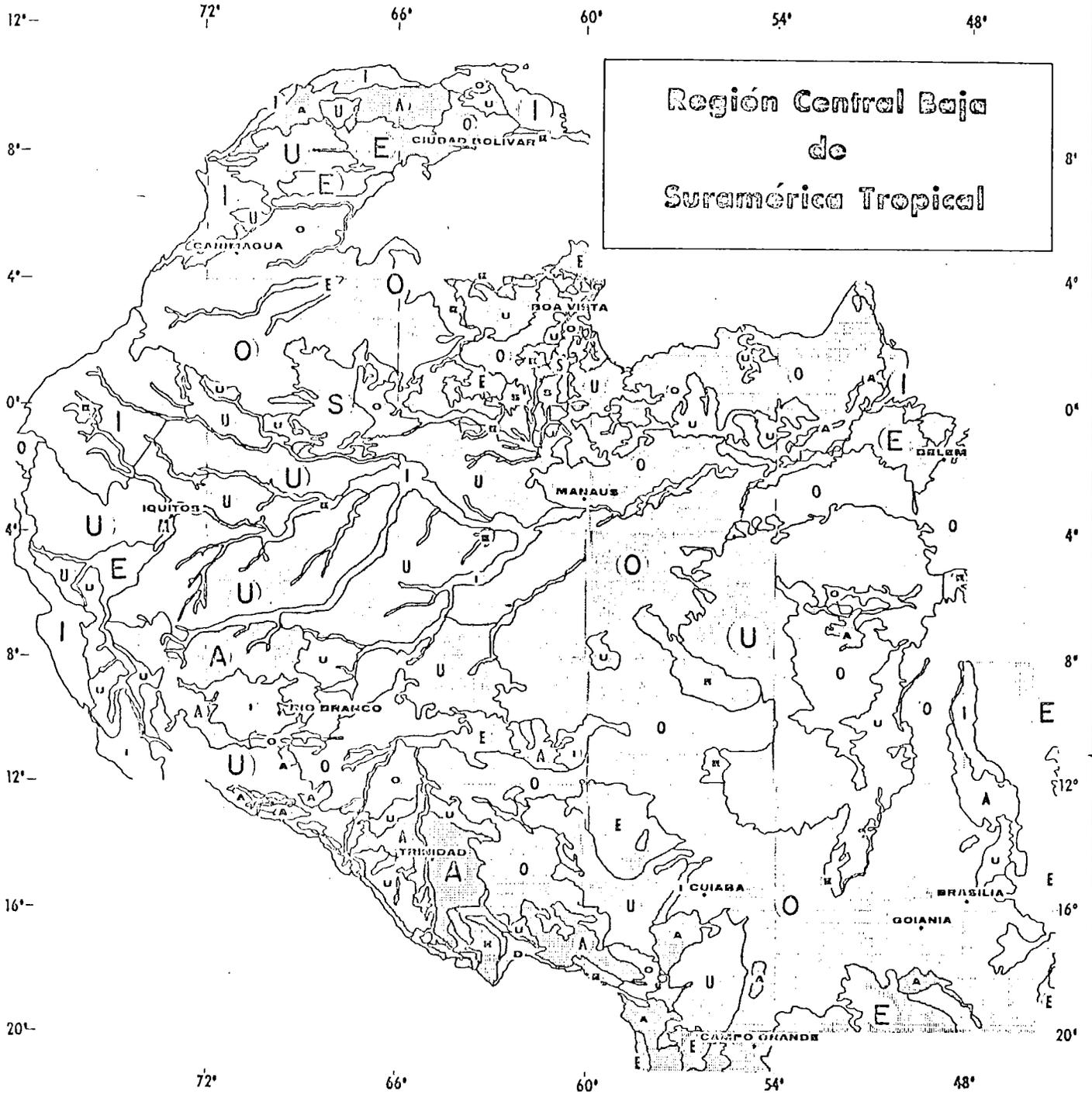
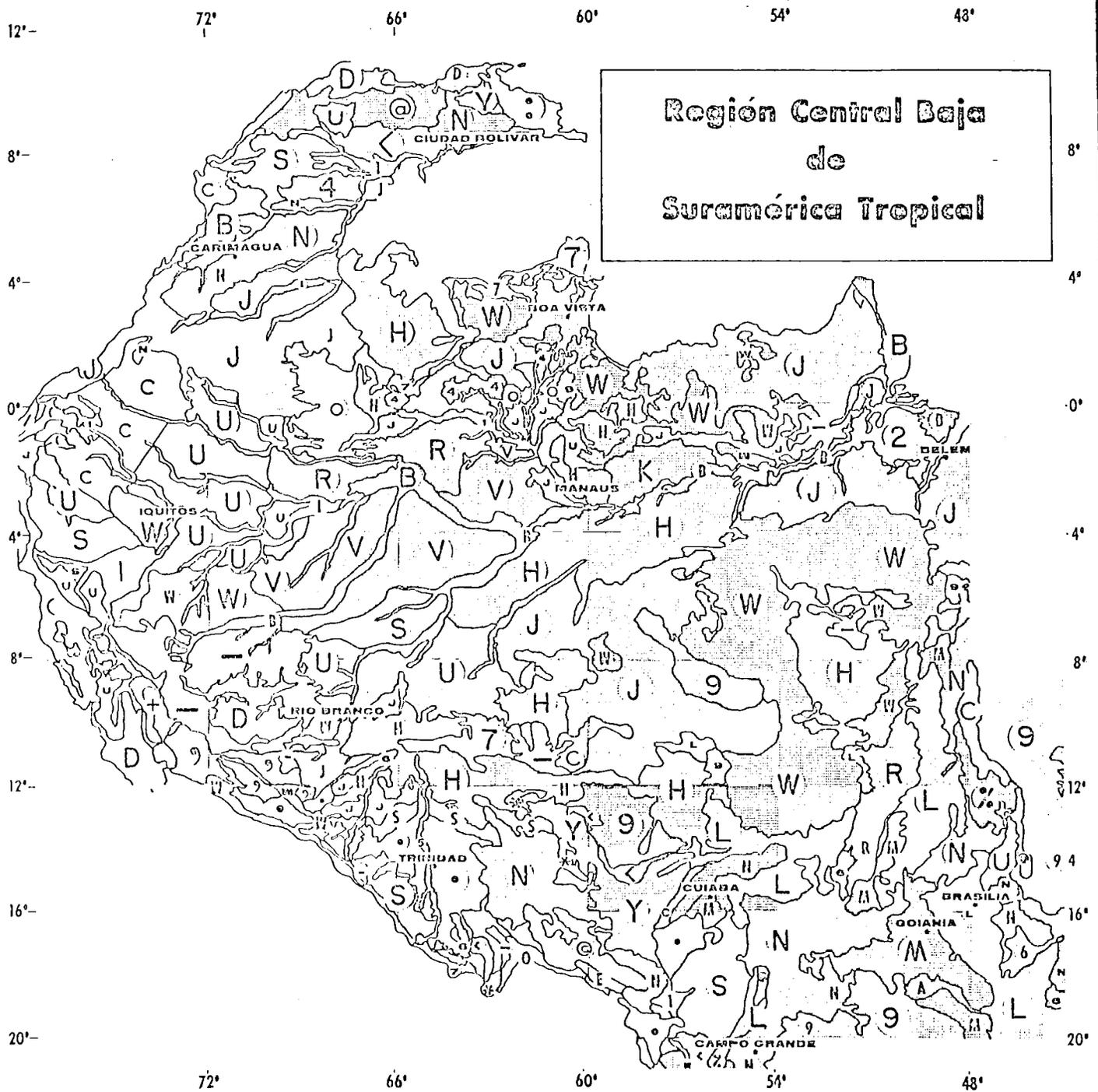


Figura 7. Mapa computarizado de Ordenes de Suelos

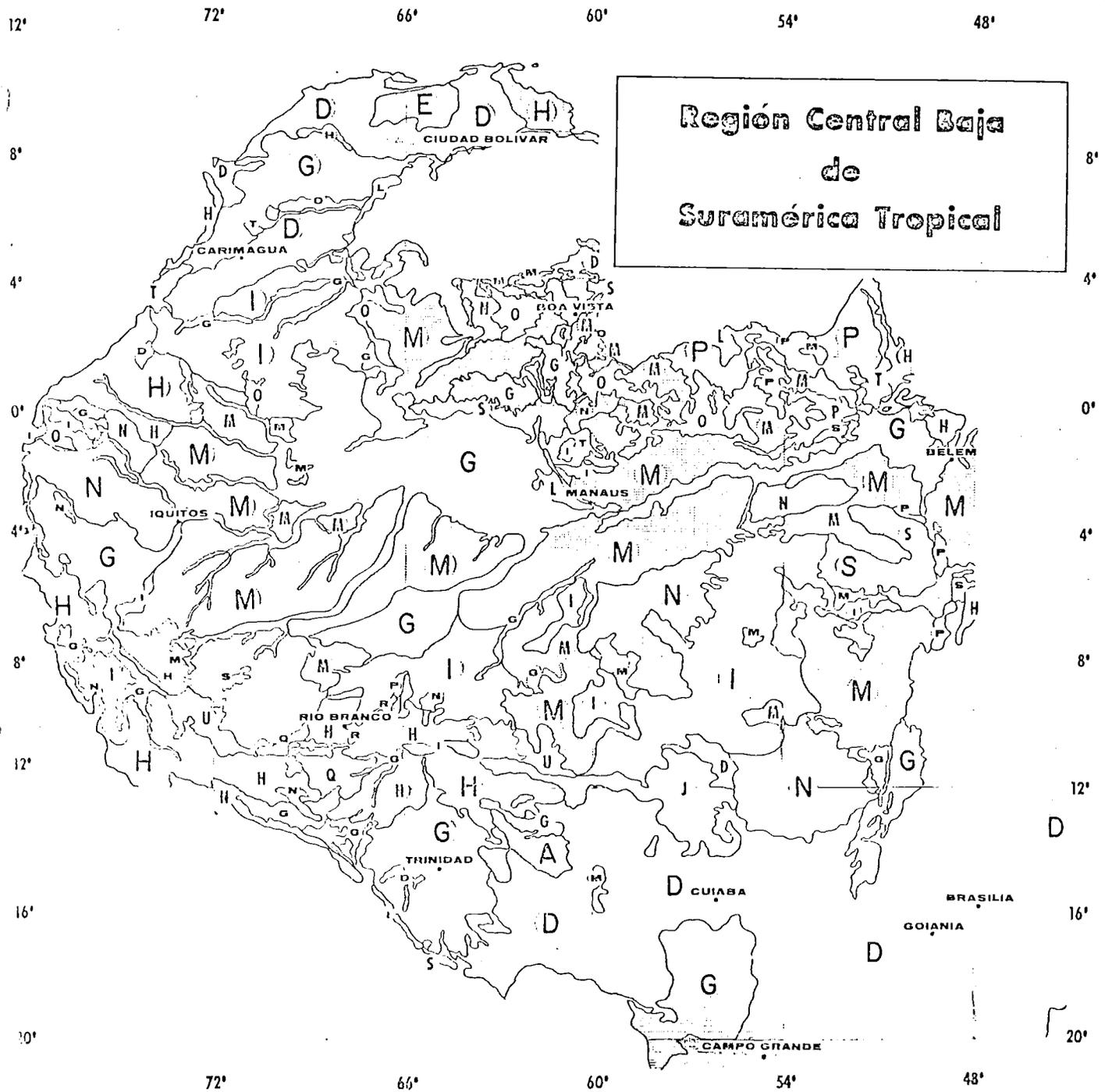
# MAPA DE GRANDES GRUPOS DE SUELOS



X	RHODUSTULTS	4 -	PSAMMAQUENTS	:	SULFAQUEPTS	M	EUTRUSTOX
\	NATRAQUALFS	5	TROPAQUENTS	B	TROPAQUEPTS	N	HAPLUSTOX
.	TROPAQUALFS	6	TROPOFLUVENTS	C	DYSTROPEPTS	O	TROPAQUODS
+	HAPLUDALFS	)	USTIFLUVENTS	D	EUTROPEPTS	P	ALBAQUULTS
s	RHODUDALFS	*	XEROFLUVENTS	-	USTROPEPTS	Q	PALEAQUULTS
-	TROPUDALFS	7	TROPORTHENTS	E	HAPLAQUOLLS	R	PLINTHAQUULTS
@	HAPLUSTALFS	8	USTORTHENTS	F	ARGIUDOLLS	S	TROPAQUULTS
&	NATRUSTALFS	9	QUARTZIPSAMMENTS	:	HAPLUSTOLLS	Y	HAPLUDULTS
-	PALEUSTALFS	>	TROPOPSAMMENTS	G	PLINTHAQUOX	U	PALEUDULTS
%	RHODUSTALFS	<	USTIPSAMMENTS	H	ACRORTHOX	V	PLINTHUDULTS
(	HAPLOXERALFS	/	HYDRANDEPTS	I	EUTRORTHOX	.	RHODUDULTS
1	CAMBORTHIDS	=	HAPLAQUENTS	J	HAPLORTHOX	W	TROPUDULTS
1	FLUVAQUENTS	A	HUMAQUEPTS	K	UMBRIORTHOX	Y	HAPLUSTULTS
2	HAPLAQUENTS	#	PLINTHAQUEPTS	L	ACRUSTOX	Z	PALEUSTULTS
3	HYDRAQUENTS						

Figura 2. Mapa computanizado de Grandes Grupos de suelos

# MAPA DE FERTILIDAD (SISTEMA FCC)



**Región Central Baja  
de  
Suramérica Tropical**

## COMBINACIONES MODIFICANTES:

G = contienen "g"	L = hai	P = haki
D = contienen "d"	S = hk	Q = hei
H = h	M = hak	R = hi
I = ha	T = hke	T = hke
J = hae	N = hake	U = k
K = haei	O = hakei	

NOTA:

Modificador g=gley, d=seco, e=baja CIC, a=toxicidad por Al, h=hácido, i=fijación de P, K deficiente en K.

# NIVELES DE SATURACION DE ALUMINIO EN EL SUELO SUPERFICIAL



A > 70%	M 10-40%
H 40-70%	B < 10%

Figura 10. Mapa computarizado del % de Saturación Aluminio —

# NIVELES DE FOSFORO EN EL SUELO SUPERFICIAL (0-20 cm)

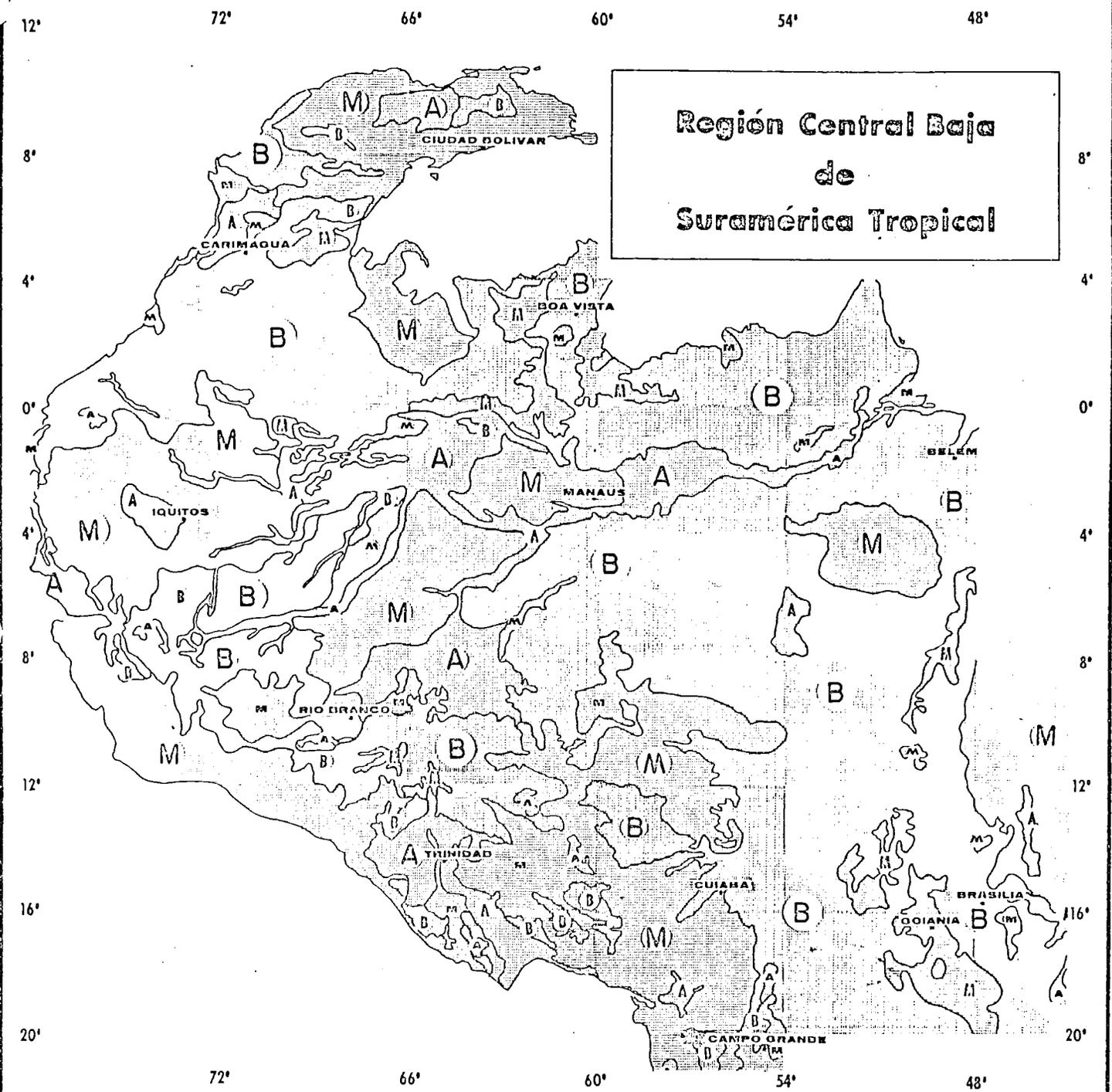


Figura 11. Mapa computarizado de Fósforo en el suelo superficial



1 A P E N D I C E

2  
3 UN RESUMEN DE LAS PRINCIPALES LIMITACIONES EDAFICAS DE LAS AGROECOZONAS  
4 DEL PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES

5  
6 Cinco agroecozonas han sido seleccionadas para definir y subdividir  
7 el área de actuación del Programa de Pastos Tropicales a través de las  
8 tierras bajas húmedas de Suramerica Tropical. Estas se muestran en la Fi-  
9 gura 1b, la cual es un mapa esquemático basado en printouts del computador  
10 de agrupamientos de sistemas de tierras que integran las amplias clases  
11 climáticas, topográficas y de vegetación natural definidas en este informe.  
12 Es una primera aproximación para poner en perspectivas las diferencias fun-  
13 damentales de clima y paisaje. Debe notarse que las áreas forestadas muy  
14 pobremente drenadas indicadas en el mapa, han sido incluídas dentro de las  
15 subdivisiones de bosques de acuerdo con sus regímenes climáticos. La  
16 Tabla 1b resume las cinco agroecozonas en términos de sus principales ca-  
17 racterísticas climáticas, topográficas y de vegetación.

18 La base para la subdivisión de las tierras bajas de Suramerica Tropi-  
19 cal en subregiones climáticas ya ha sido discutida en el texto principal  
20 de este informe. La estrecha relación entre las cifras de evapotranspira-  
21 ción potencial de la época húmeda y la vegetación natural que crece sobre  
22 los suelos bien drenados, indican que las características gruesas de la  
23 vegetación natural son una función de la cantidad de energía que las plan-  
24 tas pueden usar de acuerdo a los patrones del balance hídrico anual. Este  
25 hallazgo ha sido usado como un amplio primer criterio para subdividir la  
26 región en agroecozonas para producción de pasturas perennes. El segundo  
27 criterio es el drenaje del suelo. En las tierras pobremente drenadas la  
habilidad de las plantas para resistir el anegamiento es de importancia

1 primaria. Consecuentemente las sabanas mal drenadas, incluyendo el pinto-  
2 rescamente descrito "pantanal" de Brasil, las cuales se encuentran a través  
3 de las subregiones B hasta E definidas en el texto, han sido agrupadas jun-  
4 tas como una "agroecozona" para producción de pasturas, ya que ellas son  
5 tierras afectadas por un problema común como son los prolongados períodos  
6 de anegamiento anuales.

7 Debe enfatizarse que la subdivisión de la región en amplias subregio-  
8 nes climáticas sobre la base de la energía que las plantas pueden usar de  
9 acuerdo con sus patrones de balance hídrico anual, fue posible solamente  
10 por medio de agrupamiento de las clases de vegetación de los suelos bien  
11 drenados de los sistemas de tierras. Más aún, es obviamente necesario es-  
12 tudiar las características climáticas en mucha mayor profundidad.

13 Era axiomático que las condiciones físicas y químicas del suelo dentro  
14 de las agroecozonas debían definirse más cuidadosamente si iban a elegirse  
15 sitios representativos para control de accesiones forrajeras primisoria-  
16 de alto rendimiento, y a desarrollarse criterios razonables para selección  
17 y control a campo de germoplasma. La computarización del estudio del re-  
18 curso tierra facilitó un análisis profundo de las limitaciones físicas y  
19 químicas del suelo dentro de las agroecozonas. El resultado de este traba-  
20 jo, referido a los suelos que se encuentran en situaciones bien drenadas,  
21 no demasiado empinados (pendientes menores que 30%) dentro de las agroeco-  
22 zonas predominantemente bien drenadas, ha sido resumido en la Tabla 2b,  
23 secciones a hasta l. Los muchos factores relevantes a condiciones físicas  
24 y químicas resumidas en los formatos de computarización para las facetas  
25 de terreno de los sistemas de tierras y que fueron descritos en detalle por  
26 Cochrane et al (1979), fueron examinados separadamente dentro de las sub-  
27 divisiones de Grandes Grupos de suelos de las clases topográficas para  
cada agroecozona. En la Tabla 2b, Secciones c, f, i y l, las clases

1 topográficas 0-8% y 8-30% han sido agrupadas para proveer un resumen de  
2 las principales limitaciones del suelo. Debe notarse que la descripción  
3 de suelo en términos de Grandes Grupos claramente ayuda con la evaluación  
4 de las condiciones del suelo, pero no es suficiente para describir limita-  
5 ciones edáficas específicas que permiten juzgar su importancia relativa en  
6 perspectiva geográfica para la determinación de cualidades deseables de  
7 germoplasma.

#### 8 9 Sabanas Iso-hipertérmicas:

10 De la Tabla 2b, Secciones a, b y c, puede verse que la limitación fí-  
11 sica predominante del suelo a través de esta agroecozona es la baja capaci-  
12 dad de retención de humedad. Esto es particularmente evidente en los Gran-  
13 des Grupos de Haplustox, Acrustox y Haplorthox dentro del orden Oxisoles, y  
14 los Quartzipsamments y Ustipsamments de los Entisoles; los suelos con baja  
15 capacidad de retención de humedad dentro de estos Grandes Grupos totalizan  
16 más del 60% de los suelos encontrados en la agroecozona como un todo. En  
17 vista de la tendencia de los patrones de precipitación a ser algo erráticos  
18 en la ecozona, indicaría una necesidad de plantas capaces de soportar  
19 stress por sequía más allá del indicado por la duración de la longitud e in-  
20 tensidad de la estación seca.

20 Son de importancia primaria las deficiencias minerales del suelo,  
21 principalmente P, K y Ca, debería buscarse con avidez plantas forrajeras  
22 capaces de producir satisfactoriamente en suelos con bajos niveles de estos  
23 elementos. La habilidad de las plantas para tolerar altos niveles de Al y  
24 bajos de Mg es de importancia solamente sobre 30% del área. Más aún, los  
25 % de saturación de Al en el subsuelo no tienden a ser tan altos como los  
26 del horizonte superficial del suelo. La fijación de fósforo no aparenta  
27 ser un problema en más del 30% de los suelos. Resumiendo, la extensión

1 geográfica de los suelos con toxicidad potencial de los suelos y problemas  
2 de fijación de fósforo, no es tan grande como pudiese ser inferida de mapas  
3 de suelo generalizados, de escala pequeña.

4  
5 Sabanas Isotérmicas:

6 La Tabla 2b Secciones d, e y f indican que al igual que las sabanas  
7 Isohipertérmicas, la baja capacidad de retención de humedad es un problema  
8 serio. El 70% de los suelos, y casi exclusivamente Oxisoles, tienen baja  
9 capacidad de retención de humedad. Este problema está demostrado por el  
10 exagerado efecto que los "veranicos" (períodos de ocurrencia errática con  
11 poca precipitación durante la estación húmeda en Brasil central), tienen  
12 sobre el crecimiento de cultivos y producción de pastos. Las plantas forra-  
13 jeras para esta ecozona deben adaptarse no solamente para sobrevivir una  
14 prolongada estación seca de 4 a 6 meses, sino también resistir períodos  
15 menores de stress por sequía durante la estación húmeda.

16 En contraste con las sabanas Isohipertérmicas, aquí son de importancia  
17 primaria ambos problemas de deficiencias y toxicidades del suelo. Se  
18 seleccionarían plantas forrajeras que dieran resultados satisfactorios en  
19 suelos con altos niveles del % de saturación de Al y bajos niveles de P,  
20 K y Ca. La fijación de fósforo también parecería ser un problema poten-  
21 cial y difundido, así que habría que enfatizar la selección de germoplasma  
22 adaptada a muy baja disponibilidad de fósforo. Tal vez el único aspecto  
23 bueno de los suelos es que los niveles del % de saturación de Al tienden  
24 a disminuir con la profundidad, ésto es muy importante en lo que se rela-  
25 ciona con la penetración de raíces. También significa que la corrección  
26 de toxicidad por Al a través de aplicaciones mínimas de cal como las cal-  
27 culadas por la nueva fórmula del CIAT de encalado, proveerían una alterna-  
tiva práctica de bajo costo para superar un serio problema a través de

1 esta agroecozona.

2

3 Bosque Estacional Semisiempreverde bajo Vegetación Nativa (Tabla 2b,  
4 Secciones g, h, i).

5 Los datos analíticos de muestras de suelo tomadas principalmente de  
6 perfiles que describen suelos bajo vegetación nativa, sugerirían que las  
7 deficiencias potenciales de P, K y Ca serían problemas difundidos y que  
8 los niveles de Al son a menudo altos. Sin embargo, como lo ilustró el tra-  
9 bajo de Falessi mencionado en este informe, los suelos bajo vegetación de  
10 bosque pueden ser cambiados completamente si la vegetación se quema y la  
11 ceniza resultante se retorna al suelo. En otras palabras, la fertilidad  
12 potencial de los suelos en esta ecozona bajo cobertura vegetal es una fun-  
13 ción no solamente de la fertilidad per sé, sino también de la fertilidad  
14 "almacenada" en la biomasa. Las cifras analíticas pueden solamente dar una  
15 idea de la fertilidad si la vegetación es completamente removida por bul-  
16 dozers en las tierras en limpieza. Después de una quema adecuada de la  
17 vegetación, la fertilidad de estos suelos puede ser restaurada. Si es se-  
18 guida por un cuidadoso manejo usando pasturas de raíces profundas, esta  
19 fertilidad puede ser mantenida por muchos años.

20 El fenómeno de "fertilidad" que es almacenada en la biomasa indicaría  
21 que, previendo que se usen adecuadas técnicas de manejo, hay una menor ne-  
22 cesidad de investigar sobre pastos adaptados a condiciones de fertilidad  
23 muy bajas para los suelos de la agroecozona del bosque semisiempreverde es-  
24 tacional. Por otra parte, claramente hay mucho que necesita ser compendi-  
25 do acerca de manejo de pasturas en esta agroecozona.

26 Bosque Tropical Lluvioso bajo Vegetación Nativa. (Tabla 2b, Secciones  
27 j, k, l).



1 Tropical, es considerablemente diferente de lo que fue previamente inferi-  
2 do a partir de mapas generalizados en pequeña escala. El hallazgo de que  
3 la fijación de P no es un problema potencial sobre la mayor parte del área,  
4 pero que está principalmente confinada a la agroecozona isotérmica, daría  
5 un nuevo énfasis al trabajo de resolver problemas de P. Es claro que el  
6 uso estratégico de roca fosfórica proveería una solución a bajo costo para  
7 corregir deficiencias de P para la producción de pasturas sobre gran parte  
8 de la región. Sin embargo, deberían seleccionarse forrajeras para toleran-  
9 cia a suelos con bajos niveles de P. Esto es particularmente importante  
10 para las plantas de la sabana Isotérmica.

11 El segundo hallazgo principal es que la toxicidad potencial de Al no  
12 es tan ampliamente difundida como se pensó previamente; sin embargo, es im-  
13 portante para la agroecozona de sabana Isotérmica. Afortunadamente, en  
14 esta ecozona los niveles del % de saturación de Al de muchos de los suelos  
15 disminuye con la profundidad, y así el uso estratégico de aplicaciones mí-  
16 nimas de cal según la nueva ecuación de encalado de CIAT, proveerá una so-  
17 lución a bajo costo a muchos problemas de toxicidad. No obstante, las plan-  
18 tas tolerantes a altos niveles de saturación de Al en el suelo es obviamen-  
19 te una cualidad genética deseable, aunque esta tolerancia no necesite ser  
20 tan grande como previamente se pensó. El germoplasma forrajero no necesita  
21 ser universalmente seleccionado para tolerancia a niveles muy altos de Al  
22 en solución del suelo, como ha sido una práctica en el pasado.

23 El tercer hallazgo principal es que los niveles de Ca y K son bajos  
24 sobre una muy alta proporción de suelos. Los niveles bajos de Mg son tam-  
25 bién comunes. Esto sugeriría que una cualidad deseable del germoplasma fo-  
26 rrajero sería la tolerancia a bajos niveles de K, Ca y Mg. (Es claro que  
27 los problemas de deficiencia de Ca y Mg pueden superarse por medio de apli-  
caciones modestas de dolomita calcárea, sin embargo, el costo de esto

1 es función de la distancia desde los depósitos adecuados y comercialmente  
2 explotados.

3 Las observaciones relacionadas con la fertilidad "almacenada" en la  
4 biomasa juega una interpretación completamente diferente sobre la importan-  
5 cia relativa de las limitaciones edáficas químicas para la agroecozona del  
6 bosque estacional semisiempreverde. Es evidente que por la quema de la cu-  
7 bierta forestal muchos de estos suelos pasarán por cambios importantes en  
8 sus propiedades nutricionales. Más aún, la fertilidad restaurada puede ser  
9 mantenida por muchos años bajo adecuado manejo de pasturas. Esto involu-  
10 craría un insumo mínimo de fertilizantes químicos. Como consecuencia, la  
11 búsqueda de germoplasma adaptada a suelos con condiciones de fertilidad ex-  
12 tremadamente pobres, no necesariamente necesita ser considerada una priori-  
13 dad para las regiones de bosques estacionales semisiempreverdes. En forma  
14 similar, la observación que el ecosistema del bosque lluvioso tropical con-  
15 tiene una alta proporción de suelos inherentemente fértiles, podría sugere-  
16 rir que la búsqueda de germoplasma forrajero especialmente adaptado a con-  
17 diciones de muy baja fertilidad del suelo, no sería una prioridad cumbre  
18 para la agroecozona del bosque lluvioso tropical.

19 Puede aún hacerse una observación más general en relación a las limi-  
20 taciones químicas del suelo sobre el área de actuación del Programa de  
21 Pastos Tropicales. Aunque los sitios de control de germoplasma pueden  
22 ahora ser bien localizados para proveer limitaciones edáficas conocidas,  
23 estos ensayos deberían ser controlados para la gama completa de problemas  
24 nutricionales potenciales. Un cuidadoso control de problemas nutriciona-  
25 les usando técnicas foliares analíticas sobre sitios de control estratégi-  
26 camente ubicados, puede conducir a una riqueza de conocimientos en rela-  
27 ción a problemas potenciales de suelos sobre el área de actuación en gene-  
ral. Si solamente se identificase un solo problema de elemento traza,

1 ésto podría conducir a un significativo beneficio socio-económico.

2 Finalmente, la observación de que la capacidad de retención de humedad  
3 es una limitante mayor en muchos de los suelos de sabana, enfatizaría la  
4 necesidad básica de mantener perspectiva en el control de accesiones forra-  
5 jeras adaptadas a los suelos "ácidos". No hay duda de que el clima, espe-  
6 cialmente en el sentido de la energía disponible para el crecimiento de la  
7 planta de acuerdo a los regímenes de humedad del suelo, es el factor prima-  
8 rio que determina la adaptabilidad del germoplasma a una agroecozona. Es  
9 por lo tanto muy necesario que el germoplasma sea controlado en sitios de  
10 suelos adecuados y representativos, física y químicamente hablando, dentro  
11 de las principales agroecozonas y sobre un período de varios años para  
12 tener en cuenta las variaciones en clima y condiciones de humedad.

13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

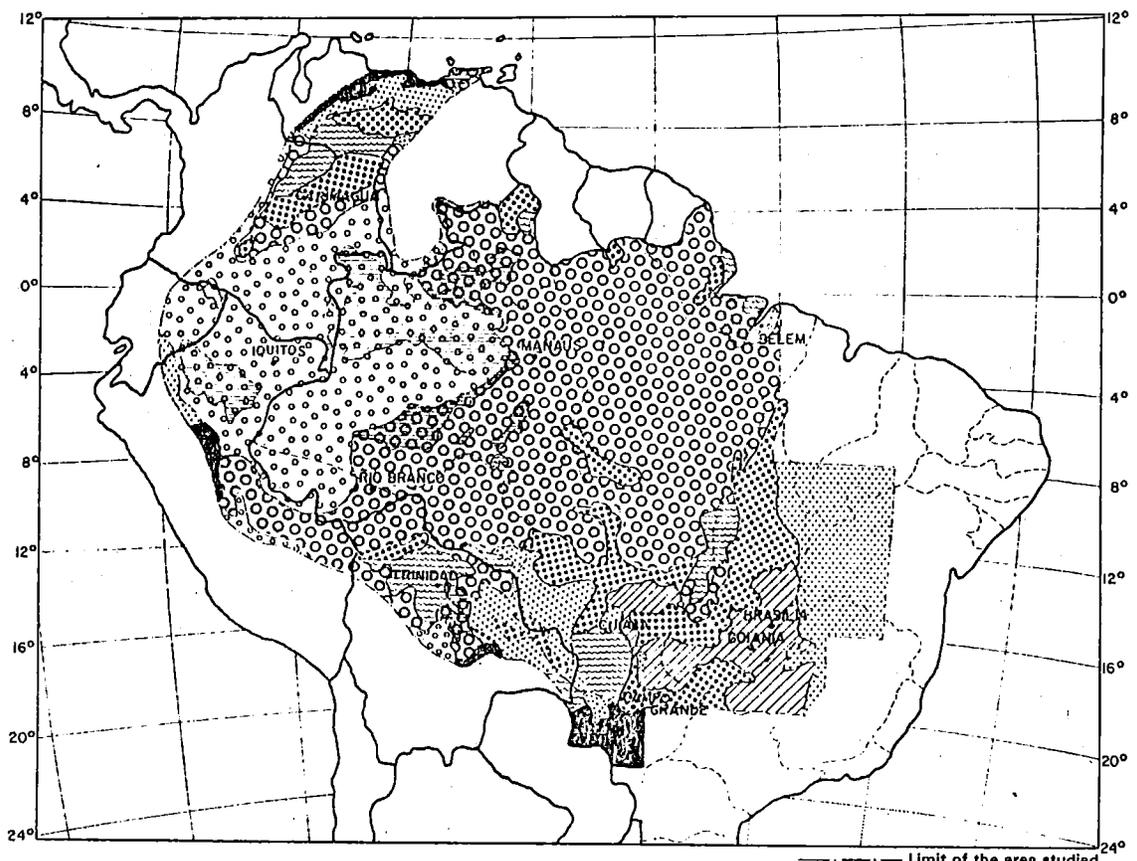
1  
2 Tabla 1b. ZONAS AGRO-ECOLOGICAS PARA EL PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES  
3 Suelos bajos de la región central de Sudamerica Tropical. Areas ha x 10<sup>6</sup>

Z O N A	TOPOGRAFIA				Total	%
	Plano pobrementemente drenado	0-8%	8-30%	>30%		
7 <u>SABANAS POBREMENTE DRENADAS</u>	49				49	7
8 <u>SABANAS ISO-HIPERTERMICAS</u> 9 TWPE* 901-1060 mm, 6-8 meses estación húmeda, WSMT** > 23.5°C	17	72	12	10	111	16
10 <u>SABANAS ISOTERMICAS</u> 11 TWPE 901-1060 mm, 6-8 meses estación húmeda, WSMT < 23.5°C	< 1	25	9	7	42	6
12 <u>BOSQUE ESTACIONAL SEMI-SIEMPRE VERDE</u> 13 TWPE 1061-1300 mm, 8-9 meses estación húmeda, WSMT > 23.5°C	53	145	94	4	296	41
14 <u>BOSQUE LLUVIOSO TROPICAL</u> 15 TWPE > 1300 mm, > 9 meses estación húmeda, WSMT > 23.5°C	69	88	55	5	217	30
16 Total	189	330	170	26	<u>715</u>	
17 % del area total	26%	46%	24%	4%		

18  
19 \* TWPE = Evapotranspiración potencial total de la época húmeda.

20 \*\* WSMT = Temperatura mensual media de la época húmeda.  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

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



- |   |  |
|---|--|
| <p>16  WELL DRAINED ISOHYPERThERMIC SAVANNAS.<br/>TWPE* 901 - 1060 mm, 6-8 months wet season, WSMT** &gt; 23,5°C</p> <p>18  WELL DRAINED ISOTHERMIC SAVANNAS.<br/>TWPE 901 - 1060 mm, 6-8 months wet season, WSMT &lt; 23,5°C</p> <p>20  POORLY DRAINED SAVANNAS.<br/>(Found in lowlands of Tropical South America, in varying climatic circumstances)</p> <p>22  SEMI-EVERGREEN SEASONAL FOREST<br/>TWPE 1061 - 1300 mm, 8-9 months wet season, WSMT &gt; 23.5°C</p> <p>24  TROPICAL RAIN FOREST<br/>TWPE &gt;1.300 mm, &gt;9 months wet season, WSMT &gt; 23.5°C</p> | <p>17  POORLY DRAINED FOREST REGIONS</p> <p>19  DECIDUOS FORESTS, CAATINGA,***etc.</p> <p>21  OTHERS***</p> |
|---|--|

\* Total wet season potential evapo-transpiration  
 \*\* Wet season mean temperatures.  
 \*\*\* Not included within Target Area of Tropical Pastures Program.

Figure 1b. AGRO-ECOLOGICAL ZONES OF TROPICAL PASTURES PROGRAM  
 (Sketch map based on computer printouts of the land resource evaluation studies)

Table 2b. A summary of the aerial extent of major soil constraints of importance to pasture plant germplasm selection for the well drained soils of the central lowlands of tropical South America.

## a) ISO-HYPERTHERMIC SAVANNAS, Topographic class 0-8%

Order	Great Group	Area ha x 10 <sup>6</sup>	Chemical Constraints*, Areas: ha x 10 <sup>6</sup>							Physical Constraints**	
			Toxicity		Deficiencies					MH	S
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.		
OXISOL (66.5% of class)	Haplustox	19.24	7.53	7.72	14.07	11.93	8.04	13.40	9.89	9.48	4.80
	Acrustox	17.57	14.64	6.44	17.57	17.57	5.31	17.38	9.83	16.50	
	Haplorthox	6.02	1.94	1.68	5.65	3.45	4.99	4.28	3.46	5.67	
	Eustrustox	5.03	0.76	1.01	0.76		0.46	0.30	0.30	1.01	
	Subtotals	47.9	24.87	16.85	38.05	32.95	18.8	35.36	23.48	32.66	4.80
	% of Oxisols with const.		51.9%	35.2%	79.4%	68.8%	39.2%	73.8%	49.0%	68.2%	10.0%
ENTISOL (23.1% of class)	Quartzipsamments	12.71	0.28	4.60	12.71	12.71	11.23	12.63		12.71	12.71
	Tropofluvents	1.88									
	Ustipsamments	1.49			1.49	1.49	1.49			1.49	1.49
	Ustifluvents	0.51									
	Subtotals	16.6		4.60	14.20	14.20	12.72	12.63		14.2	14.2
	% of Entisols with const.		27.7%	88.8%	85.5%	76.6%	76.1%		85.5%	85.5%	
ALFISOL (6.7% of class)	Rhodustalfs	2.44			0.17	0.17	0.17	0.17			
	Haplustalfs	2.43									
	Subtotals	4.8			0.17	0.17	0.17	0.17			
	% of Alfisols with const.				3.5%	3.5%	3.5%	3.5%			
ULTISOL (2% of class)	Plinthudults	1.48	1.48		1.48	1.48	1.48	1.48			1.48
	% of Ultisols with const.		100%		100%	100%	100%	100%			100%
INCEPTISOL (< 1% of class)	Dystropepts	0.66			0.66					0.66	0.66
	Eutropepts	0.14									
	Subtotals	0.80			0.66					0.66	0.66
	% of Inceptisols with const.				77.6%					77.6%	77.6%
MOLLISOL (< 1% of class)	Haplustolls	0.32									
	TOTALS	72.00	26.6	21.45	54.6	48.9	33.2	49.6	23.5	47.5	21.14
	% of topographic class		37%	30%	76%	68%	46%	69%	33%	66%	29%
	Order of importance***		2°	2°	1°	1°	2°	1°	2°	1°	2°

## b) ISO-HYPERTHERMIC SAVANNAS, Topographic class 8-30%

Order	Great Group	Area ha x 10 <sup>6</sup>	Chemical Constraints*, Areas: ha x 10 <sup>6</sup>							Physical Constraints**	
			Toxicity		Deficiencies					MH	S
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.		
OXISOL (78.0% of class)	Haplustox	7.51	2.26	0.48	5.18	4.95	2.48	4.95	2.34	4.58	0.19
	Eustrustox	1.64		0.11	0.11						
	Acrustox	0.05			0.05	0.05		0.05			
	Subtotals	9.2	2.26	0.59	5.34	5.00	2.48	5.0	2.34	4.58	0.19
	% of Oxisols with const.		24.6%	6.4%	58.0%	54.3%	27.0%	54.3%	25.4%	49.8%	2.1%
ENTISOL (11.0% of class)	Troporthent	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77		0.77	
	Quartzipsamments	0.56			0.56	0.56	0.30	0.26		0.56	0.56
	Subtotals	1.3	0.77	0.77	1.33	1.33	1.07	1.03		1.33	0.56
	% of Entisols with const.		59.2%	59.2%	100%	100%	82.3%	79.2%		100%	43.1%
ALFISOL (7.1% of class)	Paleustalfs	0.84						0.84			
	% of Alfisols with const.							100%			
ULTISOL (3.2% of class)	Haplustults	0.38						0.38			
	% of Ultisols with const.							100%			
INCEPTISOL (< 1% of class)	Dystropepts	0.11			0.11			0.05			
	% of Inceptisols with const.				100%			45.5%			
	TOTALS	11.8	3.03	1.36	6.78	6.33	3.55	7.3	2.34	5.91	0.75
	% of topographic class		26%	11.5%	58%	54%	30%	62%	20%	50%	6%
	Order of importance***		2°	3°	1°	1°	2°	1°	3°	1°	1°

## c) ISO-HYPERTHERMIC SAVANNAS. Combined topographic classes 0-8 and 8-30%

	Chemical Constraints*, Areas: ha x 10 <sup>6</sup>							Physical Constraints**	
	Toxicity		Deficiencies					MH	S
	Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.		
(Combined total area = 83.8 x 10 <sup>6</sup> ha)	29.63	22.81	61.38	55.23	36.75	56.9	25.84	53.41	21.89
% of combined area with constraint.....	35%	27%	73%	66%	44%	68%	31%	64%	26%
Order of importance*** .....	2°	2°	1°	1°	2°	1°	2°	1°	2°

\* Refers to topsoil, except Al ss = % Sat. Al, subsoil.

Al = % Sat. Al &gt; 70%; K = &lt; 0.15 meq/100gm; Ca = &lt; 0.4 meq/100gm; Mg = &lt; 0.2 meq/100 gm; P = &lt; 3 ppm; P-fix = high P fixation. Refer: Cochrane et al (1979) for details.

\*\* MH = Low moisture holding capacity, &lt; 75 mm/100 cm; S = sandy topsoils.

\*\*\* 1° = &gt; 50% of area, 2° = 25-50% of area, 3° = &lt; 25% of area.

Table 2.  
(Cont.) d) ISO-THERMIC SAVANNAS. Topographic class 0-8%

Soils			Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 <sup>6</sup>							Physical Constraints**
Order	Great Group	Area ha x 10 <sup>6</sup>	Toxicity		Deficiencies					MH
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
OXISOL (95.6% of class)	Acrustox	9.75	9.75	3.03	9.75	9.75	2.86	9.75	8.37	6.52
	Eustrustox	7.62	3.07	0.38	3.07	1.38		2.69	4.07	3.29
	Haplustox	6.74	3.73	1.64	6.74	6.74	4.02	6.74	1.91	6.74
	Subtotals	24.1	16.55	5.05	19.56	17.87	6.88	19.18	14.35	16.55
	% of Oxisols with const.		68.6%	21.0%	81.1%	74.1%	28.5%	80%	60%	68.6%
ULTISOL (3.5% of class)	Rhodustults	0.87								
ALFISOL (0.9% of class)	Rhodustalfs	0.23			0.23					
	% of Alfisols with const.				100%					
ENTISOL (<0.1 of class)	Ustifluvents	0.02								
	TOTALS	25.2	16.55	5.05	19.79	17.87	6.88	19.18	14.35	16.55
	% of topographic class		66%	20%	79%	71%	29%	76%	57%	66%
	Order of importance		1°	3°	1°	1°	2°	1°	1°	1°

e) ISO-THERMIC SAVANNAS. Topographic class 8-30%

Soils			Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 <sup>6</sup>							Physical Constraints**
Order	Great Group	Area ha x 10 <sup>6</sup>	Toxicity		Deficiencies					MH
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
OXISOL (96.9% of class)	Haplustox	5.57	1.98	1.05	5.57	3.39	1.61	4.57		5.57
	Acrustox	3.01	3.01			3.01		3.01	2.01	2.01
	Eustrustox	0.35	0.13	0.13	3.01					0.13
	Subtotals	8.9	5.12	1.18	8.58	6.40	1.61	7.58	2.01	7.71
	% of Oxisols with const.		57.3%	13.3%	96.1%	71.7%	18.0%	84.9%	22.5%	86.3%
ALFISOL (3.1% of class)	Rhodustalf	0.29								
	% of Alfisols with const.									
	TOTALS	9.2	5.12	1.18	8.58	6.40	1.61	7.58	2.01	7.71
	% of topographic class		56%	13%	93%	69%	17%	82%	22%	84%
	Order of importance		1°	3°	1°	1°	3°	1°	3°	1°

f) ISO-THERMIC SAVANNAS. Combined topographic classes 0-8 and 8-30%

			Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 <sup>6</sup>							Physical Constraints**
			Toxicity		Deficiencies					MH
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
(Combined total area = 34.4 x 10 <sup>6</sup> ha)			21.67	6.23	28.37	24.27	8.49	26.76	16.36	24.26
% of area with constraint			63%	18%	82%	71%	25%	78%	48%	71%
Order of importance			1°	3°	1°	1°	3°	1°	2°	1°

Table 2b  
(Cont.) g) SEMI-EVERGREEN SEASONAL FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Topographic class 0-8%

Order	Great Group	Area ha x 10 <sup>6</sup>	Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 <sup>6</sup>							Physical Constraints**
			Toxicity		Deficiencies					
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
OXISOL (48.5% of class)	Acroorthox	38.80	22.07	28.31	30.06	30.06	4.04	28.52	7.99	22.07
	Haplorthox	26.62	18.42	21.81	17.42	5.61	4.78	16.46	4.36	23.49
	Umbrorthox	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31			4.31
	Eutroorthox	0.35						0.35		0.35
	Subtotals	70.1	44.8	54.43	51.79	39.98	13.13	45.33	12.35	50.22
	% of Oxisols with const.		63.9%	77.6%	73.9%	57.0%	18.7%	64.7%	17.6%	71.6%
ULTISOL (40.5% of class)	Tropudults	41.75	26.09	41.68	30.10	30.73	11.67	34.77	9.78	
	Paleudults	15.47	14.11	14.11	6.00	15.47	14.11	4.07	0.22	
	Haplustults	0.89		0.69	0.89	0.07				0.21
	Plinthudults	0.35	0.35	0.35	0.07		0.07	0.07		
	Subtotals	58.5	40.55	56.83	37.06	46.26	25.85	39.6	10.0	0.21
	% of Ultisols with const.		69.3%	97.1%	63.4%	79.1%	44.2%	67.7%	17.1%	0.4%
ENTISOL (6.6% of class)	Quartzipsamments	4.79	4.35	4.58	0.55	4.52	4.33	4.53		4.79
	Tropofluvents	3.13			1.30	0.37	0.37	0.25		0.63
	Ustipsamments	1.21	0.71	0.71	0.21	0.18	0.18	0.71		1.11
	Ustifluvents	0.26								
	Tropopsamments	0.16			0.06					0.14
	Subtotals	9.6	5.04	5.29	2.12	5.07	4.88	5.49		6.67
	% of Entisols with const.		52.5%	55.1%	22.1%	52.8%	50.8%	57.2%		69.5
ALFISOL (3.5% of class)	Hapludalfs	4.55			2.12			0.89		
	Haplustalfs	0.47			0.47			0.47		
	Subtotals	5.0			2.59			1.36		
	% Alfisols with const.				51.8%			27.2%		
INCEPTISOL (0.9% of class)	Eutropepts	0.75								
	Ustropepts	0.37								
	Dystropepts	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24				
	Subtotals	1.36	0.24	0.24	0.24	0.24				
	% of Inceptisols with const.		17.6%	17.6%	17.6%	17.6%				
MOLLISOL (<0.1% of class)	Argiudolls	0.02						0.02		
	% of Mollisols with const.							100%		
TOTALS		144.6	90.7	116.8	93.8	91.6	43.9	91.8	22.4	57.1
% of topographic class			62.7%	80.8%	64.9%	63.3%	30.3%	63.5%	15.5%	39.5%
Order of importance			1°	1°	1°	1°	2°	1°	3°	2°

h) SEMI-EVERGREEN SEASONAL FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Topographic class 8-30%

Order	Great Group	Area ha x 10 <sup>6</sup>	Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 <sup>6</sup>							Physical Constraints**
			Toxicity		Deficiencies					
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
OXISOL (56.6% of class)	Haplorthox	38.49	36.32	31.92	28.36	23.15	28.05	30.19	6.18	36.65
	Acroorthox	14.39	12.85		12.85	3.17	2.59	12.27		3.17
	Haplustox	0.07		0.07				0.07	0.07	
	Subtotals	53.0	49.17	31.99	41.21	26.32	30.64	42.53	6.25	39.82
	% of Oxisols with const.		92.8%	60.4%	77.8%	49.7%	57.8%	80.3%	11.8%	75.1%
ULTISOL (36.5% of class)	Tropudults	27.08	3.05	15.63	12.87	12.53	2.77	12.23	0.91	
	Rhodudults	4.43								
	Paleudults	2.54		2.44						
	Haplustults	0.14			0.04			0.10		0.01
	Subtotals	34.2	3.05	18.07	12.91	12.53	2.77	12.33	0.91	0.01
	% of Ultisols with const.		8.9%	52.9%	37.9%	36.7%	8.10%	36.01%	2.7%	0.03%
ENTISOL (4.1% of class)	Troporthent	3.82			0.34	0.34	0.34	3.82		3.82
	Quartzipsamments	0.02			0.02	0.02	0.02	0.02		0.02
	Subtotals	3.8			0.36	0.34	0.36	3.84		3.84
	% of Entisols with const.				9.38%	8.85	9.38%	100%		100%
INCEPTISOL (1.8% of class)	Dystropepts	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65		1.65
	% of Inceptisols with const.		100%	100%	100%	100%	100%	100%		100%
ALFISOL (1.0% of class)	Hapludalfs	0.86						0.28		
	Haplustalfs	0.06								0.02
	Subtotals	0.9						0.28		0.02
	% of Alfisols with const.						30.43%			2.17%
TOTALS		93.6	53.9	51.7	56.1	40.9	35.4	60.6	7.16	45.34
% of topographic class			57.6%	55.2%	60.0%	43.6%	37.8%	64.8%	7.6%	48.4%
Order of importance			1°	1°	1°	2°	2°	1°	3°	2°

i) SEMI-EVERGREEN SEASONAL FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Combined topographic classes 0-8% and 8-30%

	Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 <sup>6</sup>							Physical Constraints**
	Toxicity		Deficiencies					
	Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
(Combined total area 238.2 x 10 <sup>6</sup> ha)	144.6	168.5	149.9	132.5	79.3	152.4	29.6	102.4
% of area with constraint	60.7%	70.7%	62.9%	55.6%	31.3%	64.0%	12.4%	43.0
Order of importance	1°	1°	1°	1°	2°	1°	3°	2°

Table 2b.

(Cont.) j) TROPICAL RAIN FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Topographic class 0-8%

Soils			Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 <sup>6</sup>						
Order	Great Group	Area ha x 10 <sup>6</sup>	Toxicity		Deficiencies				
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.
ULTISOL (66.5% of class)	Paleudult	26.05	26.05	26.05	26.05	22.56	25.16	8.42	
	Plinthudult	21.47	21.47	21.47	21.47			6.87	
	Tropudult	10.83	10.21	10.21	10.27	1.79	1.80	8.42	
	Subtotals	58.4	57.73	57.73	57.79	24.35	26.96	23.71	
	% of Ultisols with const.		99.9%	98.9%	99.0%	41.3%	46.2%	40.6%	
INCEPTISOL (14.3% of class)	Dystrupepts	6.72	6.72	6.72	0.92			6.11	
	Eutropepts	4.26			4.26				
	Dystrandeps	1.58	0.45	0.45	1.39	0.61	0.45	0.94	1.13
	Subtotals	12.6	7.17	7.17	6.57	0.61	0.45	0.94	1.13
	% of Inceptisols with const.		57.1%	51.1%	52.3%	4.9	3.6%	7.5%	9.0%
ALFISOL (10.7% of class)	Hapludalf	9.41			9.41			9.41	
	% of Alfisols with const.				100%			100%	
OXISOL (4.3% of class)	Acrorthox	2.76	2.76	1.27	2.76	2.76	2.76	1.27	0.45
	Haplorthox	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01		
	Subtotals	3.8	3.77	2.28	3.77	3.77	3.77	1.27	0.45
	% of Oxisol		100%	60.5	100%	100%	100%	33.7%	11.9%
ENTISOL	Tropofluvent	3.63			3.13				
	% of Entisols with const.				86.2%				
TOTALS		87.7	68.7	67.18	80.7	28.7	31.2	35.3	1.58
% of Topographic class			78. %	77. %	92 %	33 %	36 %	40 %	2 %
Order of importance			1°	1°	1°	2°	2°	2°	3°

k) TROPICAL RAIN FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Topographic class 8-30%

Soils			Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 <sup>6</sup>						
Order	Great Group	Area ha x 10 <sup>6</sup>	Toxicity		Deficiencies				
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.
OXISOL (74.7% of class)	Haplorthox	33.53	31.42	31.42	33.53	13.60	13.20	32.68	11.48
	Acrorthox	7.47			7.47	7.47	7.47		
	Subtotals	41.00	31.42	31.42	41.00	21.07	20.67	32.68	11.48
	% of Oxisols with const.		76.6%	76.6%	100%	51.4%	50.4%	79.7%	28.0%
ULTISOL (6.6% of class)	Paleudults	2.14	2.14	1.88	2.14			1.88	
	Tropudults	1.51	1.51	1.51	1.51			1.51	
	Subtotals	3.65	3.65	3.39	3.65		3.39		
	% of Ultisols with const.		100%	92.9%	100%		92.9%		
INCEPTISOL (13.3% of class)	Dystrupepts	7.32	6.40	4.79	7.32		6.40	1.61	1.61
	% of Inceptisols with const.		87.4%	65.4	100%		87.4%	22.0%	22.0%
ALFISOL (5.4% of class)	Hapludalf	2.96		0.23	2.96			2.73	
	% of Alfisols with const.			7.8	100%			92.2%	
TOTALS		54.9	41.5	39.83	54.9	21.1	30.5	37.0	13.1
% of topographic class			75%	72%	100%	38%	55%	67%	24%
Order of importance			1°	1°	1°	2°	2°	1°	3°

l) TROPICAL RAIN FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Combined topographic classes 0-8% and 8-30%

Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 <sup>6</sup>								
	Toxicity		Deficiencies					
	Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
(Combined total area = 143 x 10 <sup>6</sup> ha)	110.2	107.0	135.6	49.8	61.7	72.3	14.7	
% of area with constraint	77%	15%	95%	35%	43%	51%	10%	
Order of importance	1°	1°	1°	2°	2°	2°	3°	

