

13.074  
Esp.

# SEMINARIOS INTERNOS



Serie SE-20-78  
Noviembre 24, 1978

ESTUDIO DE LOS ECOSISTEMAS DE LA REGION CENTRO-OCCIDENTAL  
DEL BRASIL

Thomas T. Cochrane

## RESUMEN

El relevamiento de los sistemas de tierras de la región centro-occidental del Brasil, basado en las imágenes de satélite con reconocimiento en el terreno como una parte de la investigación del Area de Impacto del Proyecto de Ganado de Carne del CIAT, prácticamente se ha completado. Algunos datos básicos de la información fueron:

1. El uso del total de la evapotranspiración potencial estimada en la época de lluvias provee un criterio climático para la zonificación de la vegetación nativa.
2. De los 245 millones de ha. estudiadas, 60%, o sea 146 millones de ha., son sabanas. Estas corresponden a categorías completamente diferentes para la producción de ganado; 126 millones de ha., son sabanas bien drenadas, y 20 millones de ha., son sabanas inundadas temporalmente.

3. Mientras que un tipo de suelo predomina con frecuencia en cualquier sistema de tierra, se presentan invariablemente intrusiones de suelo de menor importancia con diferencias en términos de relaciones de humedad y fertilidad nativa.
4. La carencia de humedad en el suelo durante la estación seca en tierras bien drenadas indicaría la necesidad de una investigación más exhaustiva sobre forrajes tolerantes a la sequía.
5. La toxicidad de Al es común en los suelos de sabana. Se desarrolló una nueva ecuación para permitir a los agricultores aplicar cal de una manera más científica para solucionar este problema. Esto ahorraría muchos millones de dólares a los agricultores en los años venideros.
6. A través de toda la región se encontraron deficiencias minerales en el suelo, especialmente fósforo. Las aplicaciones relativamente pequeñas de P parecen ser suficientes para el crecimiento satisfactorio de muchos forrajes usados frecuentemente.
7. La computación de los datos del relevamiento como un banco de datos debería ayudar tanto a los científicos como a los economistas.

## INTRODUCCION

La región centro-occidental del Brasil puede apreciarse en la Figura 1. Este fué el primer área escogido para el estudio que forma parte del Area de Impacto del Proyecto de Ganado de Carne del CIAT, porque los mapas generalizados de vegetación de FAO-UNESCO y los Mapas de Suelos del Mundo (1971, 1975), indicaron que aproximadamente un 60% de las sabanas de Oxisoles y Ultisoles donde la producción de ganado de carne tenía lugar, se encontraban en esta región. Se extiende por más de 245 millones de ha. de tierra. La información publicada referente al clima, paisaje, vegetación y suelos de estas tierras estaban lejos de ser comprensiva y nunca fue reducida a una base común.

Los objetivos de este relevamiento fueron:

1. Clasificar y cartografiar los recursos de tierras de la zona de Oxisoles y Ultisoles como una base para la estrategia de desarrollo y transferencia de tecnología del Programa de Ganado de Carne del CIAT.
2. Identificar áreas geográficas prioritarias para la innovación tecnológica mediante estimaciones económicas.

Los productos del estudio fueron especificados como:

1. La compilación de un banco de datos conteniendo:
  - a) Mapas a escala de 1:1.000.000 mostrando los sistemas de tierras.
  - b) Información de clima, paisaje y suelo de los sistemas de tierras individuales.
  - c) Información sobre gramíneas y leguminosas seleccionadas y adecuadas para su cultivo en la región.
  - d) Información sobre manejo animal y problemas de enfermedades.

- e) Referencias bibliográficas y resúmenes.
2. Reseñas resumiendo información de tierras y la evaluación geográficamente orientada de áreas prioritarias para la producción de ganado de carne, de acuerdo a los estudios económicos.

#### METODOLOGIA

Con el fin de proporcionar un resumen geográfico de los recursos de tierras, se decidió modificar el método de sistemas de tierra desarrollado por Christian y Stewart (1953) en su estudio de los recursos de tierras de la región Katherine-Darwin al norte de Australia.

Para este estudio se definió un sistema de tierra como un área o grupo de áreas dentro del cual existe un patrón repetitivo de clima, paisaje y suelos. Estos parámetros ambientales se ordenan en la siguiente categoría con el fin de formar una verdadera clasificación de tierras:

1. Clima
  - a) Energía radiante recibida
  - b) Temperatura
  - c) Evapotranspiración potencial
  - d) Balance hídrico
  - e) Otros factores climatológicos
2. Paisaje
  - f) Forma del terreno
  - g) Hidrología
3. Suelos
  - h) Características físicas del suelo
  - i) Características de fertilidad del suelo

El análisis del balance hídrico se efectuó utilizando el método Hargreaves (1977). Los Dres. George Hargreaves y Karl Hancock, de la Universidad del Estado de Utah, fueron subcontratados para realizar este trabajo. En el Cuadro 2 se puede apreciar un ejemplo.

Para la definición de los patrones de paisaje se utilizaron imágenes de satélite, ERTS y LANDSAT, con reconocimiento aéreo y terrestre.

Las propiedades físicas del suelo se clasificaron mediante el uso de una modificación de la técnica descrita por Mansfield (1977) para facilitar la comparación de datos por computación.

Las características químicas del suelo fueron igualmente categorizadas para permitir su descripción en términos tales como el Sistema de Clasificación de la Capacidad de Fertilidad de Suelo, desarrollado por Buol y sus colaboradores (1975) en North Carolina.

Toda la información mencionada se registró en formatos antes de pasarla al banco de datos en el computador.

#### El Banco de Datos.

Los datos recolectados para los sistemas de tierras fueron grabados en cinta magnética para proporcionar una facilidad a los usuarios potenciales del estudio. Además de tener información detallada disponible para cualquier parte de la región, podrían ser comparados y correlacionados los datos seleccionados. Adicionalmente se hizo un sistema de mapas para permitir la recopilación automática de éstos, de acuerdo a un criterio dado. El sistema puede renovarse al obtenerse una nueva información. El Ing. Jorge Porras del Centro de Cómputo del CIAT es responsable de la elaboración de este sistema.

#### Los Estudios Económicos.

El Dr. G.A. Nores y su grupo de economistas están a cargo

de los estudios económicos de la región con el fin de ayudar a definir las prioridades en el desarrollo de la tecnología de ganado de carne para la región. Este trabajo será complementado con los estudios de campo en prácticas de manejo para ayudar a identificar los problemas de producción del Dr. Ingo Kleinheisterkamp y sus colaboradores.

El estudio se efectuó en colaboración del Dr. Luis Azevedo, Coordinador de EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias). Se inició en Junio de 1977; en el Centro de Cómputos del CIAT se encuentran disponibles los aspectos geográficos para los investigadores.

#### DATOS BASICOS

##### Clíma.

Se analizó y cartografió la información de 83 estaciones meteorológicas al oriente de la frontera Boliviana. Se observó que la región de sabana bien drenada está asociada con una estación seca que dura de 4 a 6 meses. De interés particular fue la observación de que el total de evapotranspiración potencial durante la estación de lluvias (meses con Índice de Disponibilidad de Humedad mayor que 0.33) es notablemente constante. El Índice de Disponibilidad de Humedad (MAI) es un término definido por Hargreaves (1977) como índice de adecuación de humedad al 75% del nivel de probabilidad de precipitación (o precipitación dependiente, PD). Se define como precipitación dependiente dividida por evapotranspiración potencial, ETP. La ecuación es:

$$MAI = \frac{PD}{ETP}$$

En el Cuadro 2 se resume esta información para las 25 estaciones meteorológicas que se encuentran en la región de sabana bien drenada.

La evapotranspiración potencial (ETP) fluctúa entre 923 a 1.112 mm. con un promedio de 1.001 mm. y una desviación estándar de 56 mm. Es lógico que la ETP durante la estación de lluvias, que en efecto constituye una medida de energía disponible para el crecimiento de la planta o el multiplicante de la radiación solar y la temperatura, debe correlacionarse con la cubierta vegetal natural, siempre y cuando otros factores que afectan al ecosistema tal como la fertilidad del suelo sean relativamente constantes.

#### Paisaje.

La región centro-occidente del Brasil muestra contrastes interesantes entre mesetas planas, colinas y valles, y planos de tierras bajas. Estas formaciones principales se han resumido en un mapa fisiográfico en pequeña escala. (Fig.2).

Un vuelo rápido a través de la región, comenzando en Brasilia mostraría las siguientes formaciones principales:

- a) Las tierras altas de la superficie de Pratinha. Colinas y mesetas cubiertas con sabanas o cerrados fluctuando de 1.000 a 1.200 m. de altitud.
- b) Volando al norte, la región de tierras altas de Tocantins; terrenos colinosos y quebrados, todavía cubiertos por sabana.
- c) Continuando al norte, los llanos de Tocantins, sabanas en tierras bajas.
- d) Volteando al occidente, el complejo de las tierras bajas de Xavantina, sabanas inundadas periódicamente.
- e) Continuando al occidente, el norte de Matogrosso, mesetas con bosques, selvas amazónicas, semi-verdes.
- f) Volteando al sur, sabanas arenosas del norte de Matogrosso a aproximadamente 2.000 m. de altitud.
- g) Hacia Cáceres al este. Principalmente planos aluviales cubiertos de bosques.

- h) Al este, cruzando los cerros calcáreos que forman un arco grande al norte y al occidente de Cuiába; principalmente sabanas.
- i) Más hacia el este, encima de la meseta de Alcantilados. Una meseta grande formada en piedras areniscas, principalmente cubiertas por sabanas.
- j) Todavía más al este, donde se sitúa Goiania en el así llamado (y probablemente equivocado, Depresión de Goiania), sabanas y bosques.
- k) Al sur del río Paraná por Tres Lagoas, principalmente sabanas.
- l) Otra vez al occidente cruzando la meseta balsáltica cubierta por arena con sabanas.
- m) Un poco hacia el sur de Campo Grande, sabanas.
- n) Al poniente sur hacia Dourados, tierras cubiertas originalmente con bosques.
- o) Y finalmente al norte y al occidente hacia el pantanal, un área de sabanas inundadas temporalmente .

Claramente, existen dos circunstancias edáficas completamente diferentes para la producción de ganado de carne en las sabanas de Oxisoles y Ultisoles cartografiadas.

La primera se caracteriza por la producción ganadera en tierras bien drenadas, principalmente Oxisoles, donde el mayor factor que limita la producción es la carencia de forraje adecuado durante la estación seca. Estos son suelos ácidos, con un horizonte del subsuelo óxico o un horizonte con contenido de proporciones significantes de sesquióxidos de Fe y Al.

La segunda circunstancia se caracteriza por la producción ganadera en tierras con drenaje deficiente, principalmente Ultisoles, de topografía plana. Estos son suelos ácidos con un horizonte en el subsuelo de textura pesada que impide el drenaje de

bajo de un suelo superficial de textura más liviana. Con la llegada de la estación de lluvias, la capa superior del suelo se satura rápidamente con agua y la tierra se inunda de tal manera que obliga al ganado a buscar tierras más altas. Frecuentemente la disponibilidad de tierras de mayor altura dentro de una distancia razonable está limitada y origina una escaz de forraje en la estación húmeda. Sin embargo, actualmente dichas tierras parecen permitir una densidad de carga mayor por unidad de superficie que las tierras bien drenadas y los ganaderos las consideran satisfactorias.

En la región centro-occidental del Brasil, aproximadamente un 52%, o sea 126 millones de ha., se clasificarían como sabanas bien drenadas (principalmente Oxisoles), un 8 %, o sea 20 millones de ha., como sabanas periódicamente inundadas (principalmente Ultisoles) y el resto como otras formaciones incluyendo 21 millones de ha. de caatingas de Entisoles (arenosas).

### Vegetación.

Una revisión de la literatura indica que se ha dedicado mucho tiempo y esfuerzo al estudio de las tierras de sabanas del Brasil. Sin embargo, hasta los mapas de vegetación más recientes omiten representar la zona de sabanas de drenaje deficiente a lo largo del río Araguaia, en la región central del Brasil.

Existe un gradiente de vegetación variante en las sabanas secas o "Cerrados". Las formas fisionómicas reconocidas localmente se describen por lo regular como Campo Limpo (praderas), Campo Sujo (praderas con matorrales esporádicos), Campo Cerrado (sabana abierta), Cerrado (sabana cerrada con formas arbustivas de poca altura) y Cerradao (sabana con poblaciones densas de formas arbustivas de mayor tamaño).

Tanto la terminología como las descripciones específicas varían de autor a autor, y solamente unos pocos investigadores,

como Goodland (1969) han descrito los tipos fisionómicos en términos cuantitativos, tales como porcentaje de la cubierta vegetal, número de elementos componentes y alturas. En la Fig.3 se aprecian los matorrales y los arbustos xeromórficos y semidecíduos típicamente retorcidos.

Eiten (1972) presentó una excelente relación de la vegetación del Cerrado, resumió el conocimiento existente y anotó que "dentro de su propia condición climatológica, el Cerrado se adapta a suelos seniles, pobres y bien drenados". Con todo, existe una controversia considerable en cuanto al origen de la vegetación del Cerrado, cuya historia la proporciona Goodland (1970). Hill (1965) resumió la opinión de varios autores teniendo en cuenta sus preferencias generales en cuanto a los aspectos climáticos, pedológicos o edáficos, geomórficos y bióticos, y antrópicos o combinaciones de éstos.

El presente estudio ha demostrado claramente que la vegetación del Cerrado se encuentra solamente en la zona climática donde la evapotranspiración total de la estación de lluvias fluctúa entre aproximadamente 900 y 1.050 mm. Dentro del Cerrado el gradiente de fertilidad tiende a seguir su forma fisionómica. Esto fué demostrado inicialmente por Goodland (1969, 1971) y se encuentra ilustrado en el Cuadro 3 de Lopez y Cox (1977).

Una característica de importancia común a los Cerrados, es que muchas de las especies arbustivas y de matorrales permanecen verdes aún hasta los últimos meses de la estación seca. Rawitsher et al (1943) y Ferri (1944) demostraron que estas plantas transpiran normalmente. Sin embargo, ni ellos ni otros investigadores posteriores, hicieron estimativos sobre el total del área foliar transpirante como porcentaje de la cubierta vegetal total; más aún, los resultados obtenidos por ellos en relación con la humedad del suelo y la altura del nivel freático son específicos para cada sitio. Está comprobado que las gra-

míneas y las yerbas bajo los arbustos se secan rápidamente al inicio de la estación seca, debido a que el primer metro de la capa superior del suelo se seca casi totalmente.

Resultó interesante observar que el ganado de carne ramonea activamente arbustos y árboles de Cerrado especialmente durante la estación seca. Neto et al (1976) demostraron que en el momento más pronunciado de la estación seca (Septiembre) más de un 60% de la ingestión de los animales proviene del ramoneo de arbustos y árboles. Desde el punto de vista de producción ganadera, el suministro de forraje de buen nivel proteínico durante el verano es crítico en las tierras de buen drenaje. Se ha visto que en la de Cerrados, los cultivos de *Andropogon gayanus* y *Stylosanthes capitata* se encontraban en buen estado de crecimiento en el mes de Septiembre.

#### Suelos.

Prácticamente todos los sistemas de tierras cartografiados contienen áreas con suelos contrastantes. Estos contrastes se consideran, siempre y cuando se trate de diferencias de importancia considerable, describiendolos como facetas distintas dentro de los sistemas de tierras.

Los niveles freáticos varían en las sabanas bien drenadas, esos, según lo indicó Eiten (1972), generalmente son profundos, fluctuando entre 10 y 30 metros. La capacidad de retención de humedad de los Oxisoles, según lo informado por el mismo autor, es también baja, a pesar del contenido de arcilla relativamente alto. Sin embargo, dentro de una unidad topográfica determinada, existen por lo regular áreas importantes de suelos, tales como las vegas de los arroyos, cuyas características físico-químicas son totalmente diferentes y podrían utilizarse para reducir el stress por falta de agua en la estación seca. En las zonas de drenaje deficiente sucede lo contrario.

La variabilidad de suelos dentro de unidades del paisaje en lo que se refiere a propiedades químicas fué ilustrada por

Lepsch et al (1977) en su estudio de la Meseta Occidental, Sao Paulo. La descripción de una intrusión calcárea pequeña, pero de mucha importancia para la nutrición del ganado, fué claramente significativa.

Como tendencia general, existe un gradiente de fertilidad entre las sabanas y los bosques adyacentes. Lo mismo sucede dentro de las sabanas; como se indicó en el Cuadro 3, aquellas con biomasa mayor, generalmente tienen un estado de fertilidad más alto.

Para la evaluación de la fertilidad del suelo, el enfoque seguido fué el siguiente:

- a) La identificación de problemas de toxicidad, particularmente Al, Mn y Fe.
- b) La identificación subsiguiente de los problemas de deficiencias.

A lo largo de gran parte de la región de sabanas, los niveles de saturación de Al en el suelo se les encontró altos. Además se ha notado que muchos agricultores gastaban grandes sumas de dinero aplicando cal en cantidades masivas esperando solucionar los problemas de toxicidad de Al, basados en la neutralización de Al. Sin embargo, los cultivos y forrajes varían en su tolerancia al Al, el grado del cual puede ser expresado aproximadamente en términos del porcentaje de la saturación de Al de la capacidad de intercambio catiónica. Por consiguiente, para muchos cultivos no es necesario neutralizar todo el Al cambiante, pero simplemente debe aplicarse suficiente cal para disminuir el porcentaje de la saturación de Al a niveles que no afecten la producción. Para facilitar la estimación de cal se desarrolló una ecuación con la ayuda de los colaboradores del autor, Drs. Sánchez y Salinas:

$$\text{meq Ca/100g de suelo} = 1.5 \left[ \frac{\text{Al-RAS (Al+Ca+Mg)}}{100} \right]$$

requeridos para encalar

Los valores para los elementos al lado derecho de la ecuación se expresan en términos de meq/100g de suelo en el complejo original del suelo sin encalar. RAS = % saturación requerida de Al. En caso de que la necesidad estimada de cal usando el factor 1.5 fuese mayor que el equivalente químico de cal del Al cambiante, un ajuste más exacto para la medida del dato se obtiene sustituyendo el factor 1.5 por 2.

La ecuación puede utilizarse para estimar el requerimiento aproximado de cal a campo, simplemente cambiando la expresión meq Ca/100g de suelo a toneladas de cal/ha. y multiplicando la parte opuesta de la ecuación por la gravedad específica aparente del suelo. El uso de la ecuación no requiere análisis especiales de suelos, solamente una extracción 1N KCl para determinar al Al, Ca y Mg de cambio. Esta ecuación podría ahorrar mucho dinero en el uso de la cal, no solo en la región de interés, sino también en todo el mundo. Este es un desarrollo práctico de la filosofía de gastos mínimos del CIAT.

Como se puede ver en el Cuadro 3 la posibilidad de toxicidad de Mn y/o Fe no puede despreciarse. Sin embargo, no fué posible obtener suficientes datos geográficos específicos para estimar la amplitud de dichas toxicidades.

Aparte del nitrógeno, el fósforo fué la deficiencia mineral más común. Sin embargo, para muchas especies de forrajes que están siendo cultivadas en esta región, las aplicaciones de  $P_2O_5$  en cantidades relativamente pequeñas, 50 kg o menos, parecen dar respuestas satisfactorias, una vez que se hayan solucionado los problemas de toxicidad de Al.

Se ha reportado deficiencia de Zinc, pero solo en el contexto de sobre-encaladura, aunque los niveles del suelo son por lo regular bajos como lo son los niveles de Mg, K y S. McClung y de Freitas (1959) han reportado una deficiencia de azufre. B, Mo son deficientes en algunos suelos para algunos cultivos. El nivel de Na es muy bajo en los suelos de Cerrado y esto indica

indudablemente la necesidad de utilizar sal común para mejorar la nutrición del ganado de carne en esta región.

Los Mapas de Sistemas de Tierras y el Banco de Datos.

La Fig.4 es un ejemplo del mapa de sistemas de tierras de Tocantins, uno de los 9 mapas que cubren la región, que ha sido producido como una cubierta sobrepuesta a los mapas topográficos del Brasil. Estos mapas se han almacenados en cintas magnéticas para reproducirlos por computador. La imprenta del computador permitirá la confección no de un solo mapa sino de varios mapas de acuerdo a los criterios especificados y requeridos.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que todos los datos básicos recolectados para este estudio han sido colacionados y almacenados en cintas magnéticas y están disponibles para facilitar una variedad de estimaciones y correlaciones a los estudios hechos tanto por científicos como por economistas.

## LITERATURE CITED

- Buol, S.W., Sánchez, P.A., Cate, R.B. and Granger, M.A. 1975. Soil fertility capability classification. In: Bornemiza, E. and A. Alvarado, Soil Management in Tropical America. North Carolina State University, Raleigh, N.C. pp.126-141.
- Christian, C.S. and Stewart, S.A. 1953. Survey of Katherine-Darwin Region, 1946. Land Research Series No.1. CSIRO, Melbourne, Australia.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Botan. Rev. 38:201-341.
- FAO-UNESCO, 1975. Soil Map of the World. Vol 4. South America. UNESCO, Paris.
- FAO-UNESCO. 1975. Soil Map of the World. Vol 3. Mexico, Central America and Caribbean. UNESCO, Paris.
- Ferri, M.G. 1944. Transpiração de plantas permanentes dos Cerrados. Bol. Fac. Fil. Cienc. Letr. 45p 41 Botanica 4: 159-224.
- Goodland, R. 1969. An ecological study of the Cerrado vegetation of South Central Brazil. PhD Thesis, Botany Dept., McGill University, Montreal. 224pp.
- Goodland, R. (ed) 1970. The savanna controversy. McGill University Savanna Research Project Publication No.15. Montreal. 66p.
- Goodland, R. 1971. The cerrado Oxisols of the Triangulo Mineiro Central Brazil. Anais. Acad. Brasil. Ci. 43:407-414.

- Hargreaves, G.H. 1977. World water for agriculture. Climatic, precipitation probabilities and adequacies for rainfed agriculture. Utah State University, Logan.
- Hill, T.L. 1965. Savannas. A review of the major research problems in tropical geography. Savanna Research Series No.3. Dept. of Geography, McGill University, Montreal, 6pp (also, *Canad. Geogr.* 9:4).
- Lepsch, I.F., Buol, S.W. and Daniels, R.B. 1977. Soil-landscape relationships in the Occidental Plateau of Sao Paulo State, Brazil: II. Soil morphology, genesis and classification. *Soil Sc. Soc. Am. J.*, 41:109-115.
- Lopes, A.S. and Cox, F.R. 1977. Cerrado vegetation: an edaphic gradient. *Agron. J.*, 69:828-831.
- Mansfield, J.E. 1977. Land capability for annual rainfed arable crops in Northern Nigeria based on soil physical limitations. Int. Conf. on "Role of Soil Physical Properties in Maintaining Productivity of Tropical Soil". IITA, Ibadan, Nigeria.
- McClung, A.C. and de Freitas, L.M.M. 1959. Sulphur deficiency in soils from Brazilian Campos. *Ecology* 40(2):315-317.
- Neto, M.S., Escuder, J.C., Rodriguez, N.M., de Almeida Lima, M., Rodriguez Medina, A. 1976. Estudos em pastagens nativas em area de Cerrado usando novilhos com fistula esofagia. II. Disponibilidade e selectividade botânica. *Sociedad Bras. de Zootecnia. Anais XIII Reunião, Salvador, Bahia.* pp 254-256.
- Rawitsher, F.K., Ferri, M.G., Rachid, M. 1943. Profundidade dos solos e vegetação em Campos Cerrados do Brasil. Meridional. *An. Acad. Brasil. Cienc.* 15:267-294.

1 Table 1.  
 2 An example of Hargreaves Provisional Water Balance Analysis.

3  
 4 Metereological Station Porto Nacional Goias Lat.10°31' Long. 48° 43' Alt. 237 mts.

	Temp Med	H.R. Med	PCT Sol	RS Med	Prec.	Et Pot	Def Prec.	Dep Prec.	MAI
8 Jan.	25.3	84.	42.	471.	274.	146.	-128.	182.	1.24
9 Feb.	25.3	85.	40.	452.	229.	127.	-103.	151.	1.19
10 Mar.	25.4	85.	40.	435.	272.	135.	-137.	181.	1.33
11 Apr.	26.0	81.	57.	474.	150.	145.	- 5.	95.	.66
12 May	25.8	75.	77.	497.	36.	156.	119.	15.	.10
13 Jun.	24.8	67.	85.	489.	1.	145.	144.	- 9.	-.05
14 Jul.	24.8	62.	89.	513.	2.	157.	155.	- 8.	-.04
15 Aug.	26.4	53.	87.	559.	3.	178.	175.	- 8.	-.04
16 Sept.	27.9	57.	66.	540.	35.	172.	137.	14.	.08
17 Oct.	27.0	73.	52.	510.	142.	164.	23.	39.	.54
18 Nov.	25.9	81.	42.	468.	233.	142.	- 91.	153.	1.08
19 Dec.	25.5	84.	38.	447.	284.	139.	-144.	189.	1.35
20 Annual	25.8	74.	60.	448.	1663.	1808.	145.		

19 K E Y

- 20 TEMP MED Mean temperature in degrees Celcius.
- 21 H.R. MED Mean relative humidity in percent.
- 22 PCT SOL Mean percentage of possible sunshine.
- 23 RS MED Incident solar radiation estimated from PCT SOL.
- 24 PRECIP Mean precipitation in mm.
- 25 ET POT Estimated potential evapotranspiration.
- 26 DEF PREC ET POT Minus PREC.
- 27 DEP PREC (0.70 x PREC) minus 10.
- 28 MAI Moisture availability index (DEP PREC/ET POT)

1 Table 2. Potential evapotranspiration - Cerrado region, Brazil.

2

3 Stations	4 Latitude (S)	5 Longitude (W)	6 Potential Evapotrans- piration
			7 mm.
8 Carolina	5°30'	43°21'	1058
9 Imperatriz	5°32'	47°30'	1110
10 Belo Horizonte	19°56'	43°56'	954
11 Curvelo	18°46'	44°26'	929
12 Frutal	20° 2'	48°56'	1098
13 Itabira	19°37'	43°13'	984
14 Monte Alegre	18°52'	48°52'	1024
15 Muriae	21° 8'	42°22'	1050
16 Oliveira	20°41'	44°49'	997
17 Paracatu	17°13'	46°52'	940
18 Pedra Azul	16° 0'	41°17'	952
19 Catalao	18°10'	47°58'	987
20 Formosa	15°32'	47°18'	935
21 Goiania	16°41'	49°17'	989
22 Lucilania	16°15'	47°56'	995
23 Pirenopolis	15°51'	48°58'	934
24 Porto Nacional	10° 3'	48°43'	998
25 Taguatinga	12°16'	45°54'	1112
26 Caceres	16° 3'	57°41'	1028
27 Cuiaba	15°36'	56° 6'	1058
Meruri	15°43'	51°44'	1024
Pres. Murtinho	15°38'	53°55'	965
Goiias	15°56'	50° 8'	989
Paraná	12°33'	47°47'	923
Franca	20°33'	47°26'	1002
Minimum			923
Maximum			1112
Mean			1001.4
Standard deviation			55.9

Table 3. Relationship between types of native cerrado vegetation in central Brazil and average topsoil characteristics. <sup>a/</sup>

Soil Property	Campo limpo 64 <sup>b</sup>	Campo cerrado 148 <sup>b</sup>	Cerrado 255 <sup>b</sup>	Cerradao 45 <sup>b</sup>	Forest 16 <sup>b</sup>
pH (H <sub>2</sub> O)	4.87a	4.94ab	5.00b	5.14b	5.28c
pH (KCl)	4.16a	4.25b	4.25b	4.32b	4.35b
Δ pH	-0.71ab	-0.69a	-0.76bc	-0.82dc	-0.93d
Organic matter (%)	2.21a	2.33a	2.35a	2.32a	3.14b
Exch. Ca (meq/100 cc)	0.20a	0.33ab	0.45b	0.69c	1.50d
Exch. Mg (meq/100 cc)	0.06a	0.13a	0.21b	0.38c	0.55d
Extr. K <sup>c</sup> (meq/100 cc)	0.08a	0.10ab	0.11b	0.13b	0.17c
Exch. Al (meq/100 cc)	0.74a	0.63a	0.66a	0.61a	0.78a
Eff. CEC (meq/100 cc)	1.08a	1.19a	1.43b	1.81c	3.00d
Al saturation (%)	66a	58b	54b	44c	40c
Extr. P <sup>c</sup> (ppm)	0.5a	0.5a	0.9b	2.1c	1.4bc
Extr. Zn <sup>c</sup> (ppm)	0.58a	0.61a	0.66b	0.67b	1.11c
Extr. Cu <sup>c</sup> (ppm)	0.60a	0.79ab	0.94b	1.32c	0.95b
Extr. Mn <sup>c</sup> (ppm)	5.4a	10.3b	15.9c	22.9d	24.1d
Extr. Fe <sup>c</sup> (ppm)	35.7a	33.9a	33.0a	27.1b	37.2c
Clay (%)	33a	36a	34a	32a	37a
Silt (%)	20a	16b	15b	16b	16b
Sand (%)	46a	48a	51a	53a	47a
Hue	7.3YRa	6.7YRa	5.4YRb	4.4YRc	4.4YRc
Value	4.3a	4.2a	3.8b	3.5c	3.6bc
Chroma	4.5a	4.7a	4.9a	4.7a	5.7a

Source: Lopes and Cox (1977).

<sup>a</sup>Means for each line not followed by the same letter are significantly different at the 0.05 probability level.

<sup>b</sup>Number of samples.

<sup>c</sup>Extracted by 0.05 N HCl + 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

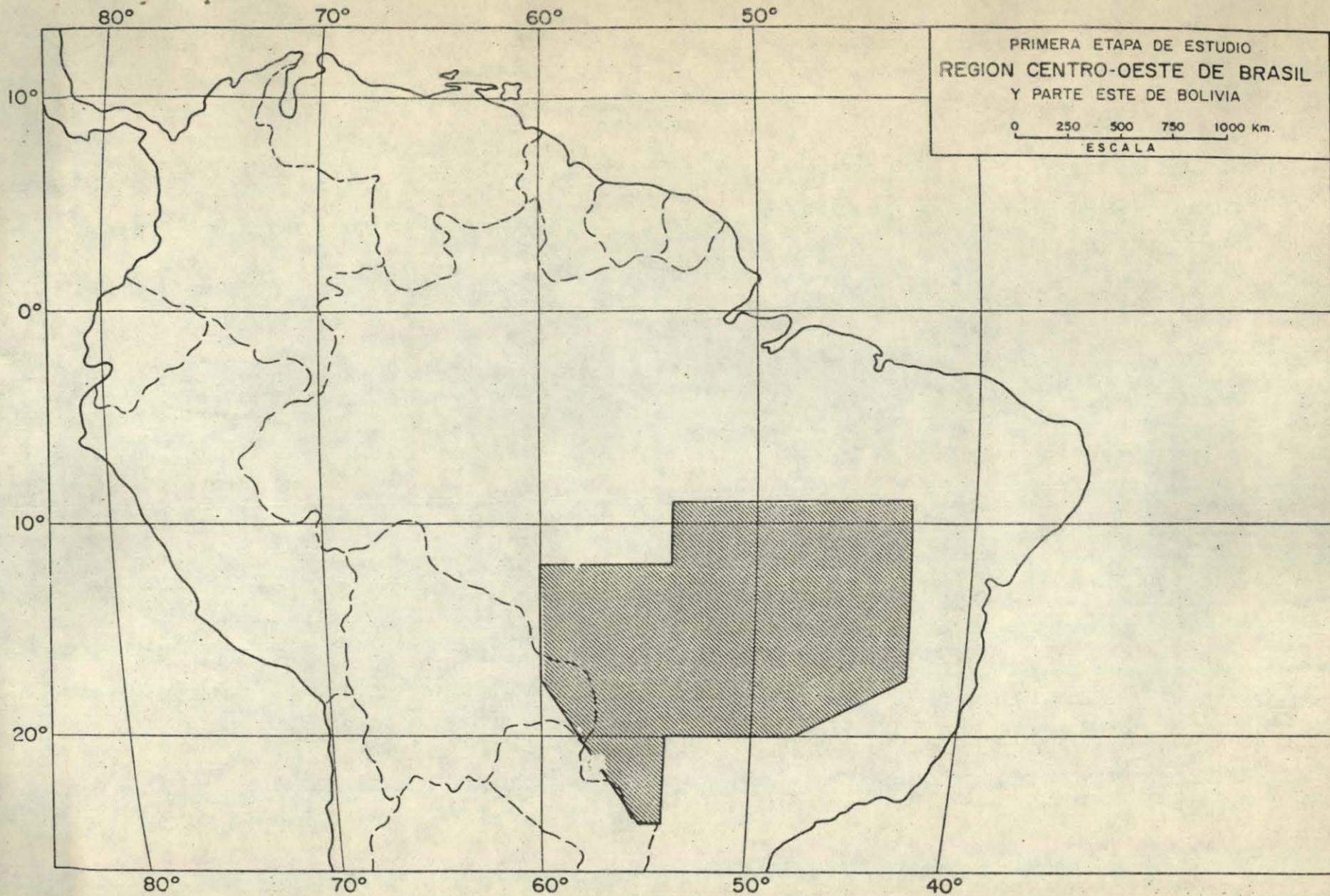


Figure 1. Region Centro-Oeste de Brasil

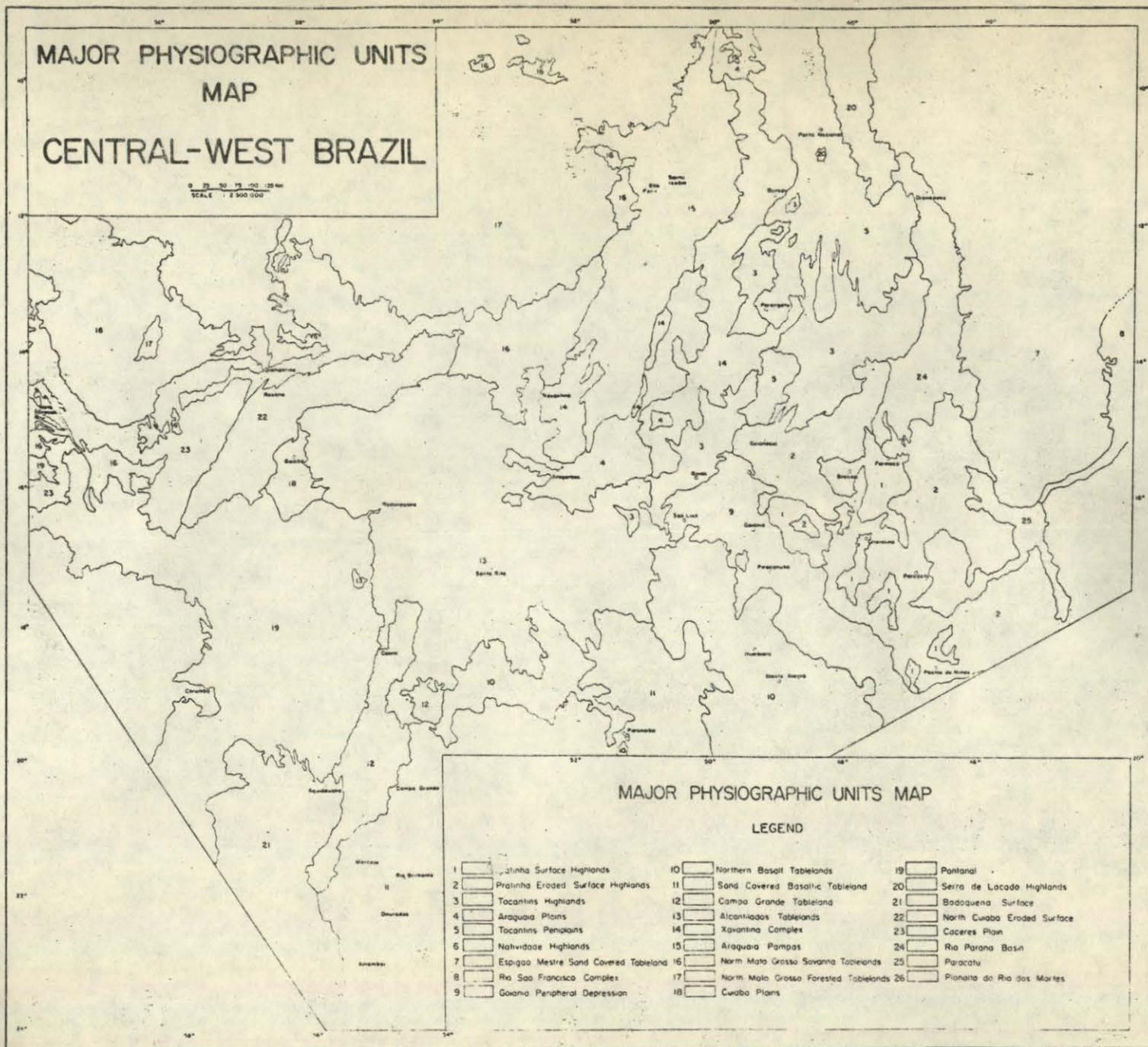


Figure 2. Central-West Brazil.



Fig.3. The Campos Cerrados Vegetation.