

Les sols de savane des llanos vénézuéliens et le sol ferrugineux tropical de Barinas

Los suelos de sabanas de los llanos venezolanos y el alfisol de Barinas

Jean-Marie HÉTIER (1), Richard SCHARGEL (2), Oswaldo VALLEJO-TORRES (2),
Guillermo SARMIENTO (3), Cecilia GOMEZ (4)

(1) Orstom, apartado 68183, 1062 - A Caracas - Venezuela.

(2) Unellez Nucleo Guanare.

(3) Cielat Facultad de Ciencias ULA.

(4) Unellez Jardin botanique.

RÉSUMÉ

Les savanes constituent une des dernières ressources en terres dont la mise en culture est relativement facile malgré de faibles réserves organiques et minérales qui ne leur assurent qu'un équilibre assez fragile.

La station expérimentale du Jardin botanique de l'université expérimentale des Llanos à Barinas sert de cadre depuis 1977 à des expériences effectuées sur un sol ferrugineux tropical lessivé.

Le présent travail est consacré à la description :

– du contexte régional de la station ;

– du profil du sol utilisé en comparaison avec d'autres sols de savanes ;

– de quelques résultats obtenus dans la station et dans la région sur des types de sol voisins.

Avant de conclure est discutée la représentativité de la station de Barinas au niveau des savanes en général en vue d'établir la portée des expériences qui y sont ou y seront effectuées.

MOTS CLÉS : Savane – Sols ferrugineux – Sols acides – Llanos – Venezuela.

RESUMEN

Las sabanas constituyen uno de los últimos recursos de tierras relativamente fáciles de cultivar, a pesar de sus limitadas reservas orgánicas y minerales que solo aseguran un frágil equilibrio para estos suelos.

La Estación Experimental del Jardín Botánico de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora en Barinas se utiliza, desde 1977, en la realización de experimentos agronómicos sobre un Kandic Paleustalf. El presente trabajo está dedicado a mostrar :

– el contexto regional de la Estación – el perfil del suelo utilizado en comparación con otros suelos de sabana. - algunos resultados agronómicos obtenidos en dicha estación y en la zona.

Antes de concluir, se discute la representatividad de la estación de Barinas a nivel de las Sabanas en general para evaluar el alcance de los resultados de los actuales o futuros experimentos allí realizados.

PALABRAS CLAVES : Savana – Alfisol – Suelos acidos – Llanos – Venezuela.

ABSTRACT

SOILS OF SAVANNA OF THE VENEZUELIAN WESTERN LLANOS AND THE ALFISOL OF BARINAS

The savannas are one of the last easily cultivable land resources, taking account of the fragile equilibrium related to the low level of organic and mineral reserves of their soils.

The Experimental station organized in the Botanical Garden of the National Experimental University of Occidental Llanos, Barinas, was used during the last fifteen years in agronomical and ecological experiments on the Kandic Paleustalf representative of many oligotrophic soils of the venezuelian savannas.

The present work aims to describe:

- the regional context of the Station*
- the soil profile of the station in comparison with other savannas soils*
- the main results got in the Station*

Before the conclusion the representativity of the Station is established in relation to a comprehensive classification system of the savannas for an evaluation of the results of the present and future experiments of this Station.

KEY WORDS: Savanna – Alfisol – Acides soils – Llanos – Venezuela.

INTRODUCTION

La station expérimentale du Jardin botanique de la Unellez (Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora située entre 8° 37' 52" L.N. et 70° 13' 15,6" Long. O à une altitude de 160 m) existe depuis 1977. L'intention initiale des fondateurs était de créer des conditions favorables pour appuyer les activités agricoles de la région. Mais sa situation et ses caractéristiques pourraient lui donner une portée plus que locale, grâce à sa position dans les savanes des llanos occidentaux vénézuéliens en particulier, et dans les savanes latino-américaines en général.

Il est bon de rappeler tout d'abord que la préoccupation d'évaluer la capacité d'utilisation agricole des sols acides tropicaux est de toute première importance au niveau mondial (LATHAM *et al.*, 1985). Pour y parvenir, il serait important de disposer de quelques stations expérimentales où pourrait être appliquée une méthodologie appropriée. Les recherches réalisées au Pérou sur des sols de forêt amazonienne (SANCHEZ *et al.*, 1983) ont permis de démontrer qu'il est possible d'organiser avec succès une utilisation agricole de certains sols acides tropicaux à condition de ne pas lésiner sur les intrants. Mais la transposition automatique de ces résultats n'est pas possible, et une étude détaillée de chaque unité édapho-climatique demeure indispensable (LATHAM *et al.*, 1985).

Une proportion importante des sols de savane sont également acides et pauvres en éléments nutritifs mais faciles à travailler. Ils représentent la plus grande réserve de terres facilement cultivables du monde. Cette importance provient du fait que les savanes tropicales représentent 28 % des terres en

INTRODUCCION

La estación experimental del Jardín Botánico de la Unellez (Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora localizada entre los 8° 37' 52" L.N. y los 70°13' 15,6" Long. O a una altitud de 160 m s.n.m.) existe desde 1977. La intención inicial de los fundadores fue crear condiciones para brindar apoyo a las actividades agrícolas de la región. Pero su localización y características podrían darle una mayor proyección fuera del ámbito local gracias a su posición en las sabanas de los llanos occidentales venezolanos en particular y de las sabanas latino americanas en general.

*Es necesario recordar que la preocupación de evaluar la capacidad de uso agrícola de los suelos ácidos tropicales es de primera importancia a nivel mundial (LATHAM *et al.*, 1985) y que para lograrlo, seria importante disponer de algunas estaciones experimentales donde pudiese aplicarse una metodología apropiada. Los esfuerzos realizados en Perú sobre suelos de selva amazónica (SANCHEZ *et al.*, 1983) demostraron que una utilización agrícola exitosa de algunos suelos ácidos tropicales es posible a condición de realizar inversiones costosas en insumos. Pero la transposición automática de estos resultados no es posible y un estudio detallado de cada categoría de unidad edafo-climática resulta indispensable (LATHAM *et al.*, 1985).*

Una proporción importante de los suelos de sabana también son ácidos y pobres en nutrientes pero fáciles de trabajar. Ellos representan la reserva más grande de tierras fácilmente cultivables en el mundo. Su importancia mundial se desprende del hecho que las sabanas tropicales representan 28 %

Amérique tropicale, 57 % en Afrique et 34 % en Asie (PIERI, 1985). La croissance qui caractérise les populations de la majeure partie de ces zones tropicales doit être accompagnée d'une amélioration notable de la productivité des sols pour que les nations de ces régions atteignent un meilleur niveau de vie et une nécessaire indépendance alimentaire.

À cause de la pauvreté de leurs réserves minérales et organiques, ces sols sont normalement peu productifs et, en cas de mauvaise utilisation, un grand risque de dégradation et d'érosion peut apparaître (LATHAM *et al.*, 1985). En conséquence, il est indispensable d'étudier les précautions à prendre pour augmenter leur productivité actuelle et éviter une perte irréversible de leur fertilité.

Grâce aux travaux réalisés sur les savanes latino-américaines, en particulier ceux de SARMIENTO (1983, 1984, 1990), COCHRANE (1990), GOEDERT (1986, 1990) et BLANCANEUX (1982), nous rappellerons tout d'abord les éléments de classification des savanes latino-américaines, pour pouvoir ensuite caractériser la station de Barinas au niveau géomorphologique, climatique, édaphique et agronomique. Enfin, un bref récapitulatif du développement agricole passé et présent de la région et un rappel des expériences réalisées dans la station et ses environs immédiats nous permettront en conclusion de situer les priorités de recherche dans le contexte d'une intensification générale de l'utilisation agricole de ces terres de savane.

LES SAVANES DU VENEZUELA

Système de classification (SARMIENTO, 1990)

En vue d'évaluer la représentativité du site de Barinas dans l'ensemble des divers types de savanes, il est indispensable de se situer dans une typologie bio-édapho-climatique des savanes. Pour cela, nous utiliserons le système de classification proposé par SARMIENTO (1990).

La répartition des pluies et les réserves hydriques des sols conduisent l'auteur à proposer tout d'abord une classification basée sur l'hydropériodisme édaphique. Mis à part les écosystèmes arides et palustres constamment secs ou inondés, on peut définir facilement trois types de savanes tropicales : les savanes saisonnières avec une saison sèche de trois à quatre mois, les hypersaisonnières avec une période per-humide durant la saison plu-

de las tierras en América tropical, 57 % en Africa y 34 % en Asia (PIERI, 1985). El crecimiento que caracteriza las poblaciones humanas de la mayor parte de estas zonas tropicales debe acompañarse de un notable mejoramiento de la productividad de los suelos para que las naciones de estas regiones alcancen un mejor nivel de vida y una necesaria independencia alimenticia.

Por sus escasas reservas minerales y orgánicas, dichos suelos presentan normalmente una baja productividad inmediata y, en caso de manejo inadecuado se corre un alto riesgo de degradación y erosión (LATHAM et al., 1985). Por lo tanto, se hace indispensable estudiar las precauciones que deben tomarse para aumentar su productividad actual y evitar una irreversible reducción de su fertilidad.

Gracias a los trabajos realizados sobre las sabanas latino-americanas, en particular los de SARMIENTO (1983, 1984, 1990) COCHRANE (1990) y GOEDERT (1986, 1990), trataremos de dar primero los elementos de clasificación de las Sabanas Latino-americanas para poder luego caracterizar la Estación de Barinas a nivel geomorfológico, climático, edáfico y agronómico. Para terminar, un breve recuento del desarrollo agrícola pasado y actual de la región y de los experimentos realizados en la estación y sus alrededores inmediatos, nos permitirá ubicar en conclusión las prioridades de investigación en el contexto de una intensificación general del uso agrícola de estas tierras de sabana.

LAS SABANAS DE VENEZUELA

Sistema de clasificación (SARMIENTO 1990)

Al momento de examinar el grado de representatividad del suelo de Barinas en el conjunto de los suelos de sabana, se hace indispensable situarse en un sistema de clasificación que integre las características bioclimáticas y edáficas de las sabanas. Por eso pensamos utilizar el sistema de clasificación propuesto por SARMIENTO en 1990.

La repartición de las lluvias y la capacidad de almacenaje hídrico de los suelos conduce al autor a proponer primero una clasificación basada en el hidropériodismo de los suelos. Fuera de los ecosistemas áridos y palustres constantemente secos o inundados, se pueden definir fácilmente tres tipos de sabana tropicales, las Estacionales con una estación seca de tres a cuatro meses, las Hiper-

vieuse et les semi-saisonnières où alternent simplement des périodes humides et per-humides.

Dans le cas des savanes tropicales saisonnières, le système de classification consiste à séparer en outre quatre catégories basées sur quatre valeurs de S, la somme des cations échangeables à pH 7 (STS hyperdystrophiques, $S < 1 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, dystrophiques, S entre 1 et 5 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ de sol, mésotrophiques et eutrophiques).

La tentative que représente l'évaluation de la représentativité d'un site à travers un système de classification de savanes tropicales présente deux avantages. Tout d'abord, un tel système intègre des caractéristiques pédoclimatiques et géochimiques d'une manière plus continue que par interpolation entre quelques profils analysés en conditions pas toujours comparables. En second lieu, le seul critère analytique utilisé dans le système de SARMIENTO est le degré d'oligotrophisme exprimé par la somme des bases échangeables. Ce paramètre n'a pas de relation directe et simple avec la nutrition minérale des plantes, mais peut servir à faire des comparaisons et des classifications.

Les savanes saisonnières (saison sèche bien marquée) au Venezuela sont surtout dystrophiques et hyperdystrophiques. Le faible niveau de bases échangeables des sols de ces savanes est dû à une faible capacité d'échange cationique très désaturée, résultant du faible contenu de matière organique et à la dominance de kaolinite. Du point de vue taxinomique (Soil Survey Staff, 1990), ces sols sont surtout des entisols, alfisols, ultisols et oxisols. Les critères analytiques qui servent de base à la classification de ces sols sont résumés dans l'annexe I.

Du point de vue de leur origine, les savanes naturelles sont réduites aux zones caractérisées par les sols les plus pauvres et souffrant les stress hydriques les plus sévères durant la saison sèche, conditions qui ne permettent pas le maintien d'une végétation forestière ou même arbustive. Beaucoup d'autres savanes, actuellement occupées par des prairies artificielles ou des cultures annuelles, sont probablement secondaires. En effet, BLANCANEUX et ARAUJO (1982) ont observé en Amazonie que seuls les îlots forestiers installés sur des sols argileux et possédant une réserve hydrique suffisante, peuvent résister à l'action conjuguée du climat et des brûlis d'origine naturelle ou anthropique. Ils ont conclu de leur étude des différents types de savane que, si dans les cas extrêmes de sols sableux et compactés dépourvus de toute réserve en éléments nutritifs, la savane pouvait être natu-

estacionales con un período perhúmedo dentro de la estación lluviosa y las Semiestacionales donde solo alternan períodos húmedos y perhúmedos. En el caso de las Sabanas Tropicales Estacionales, el sistema de clasificación de SARMIENTO (1988) consiste en separar cuatro categorías relacionadas con S, la suma de cationes intercambiables a pH 7 (hiperdistróficas $S < 1 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, dis, S entre 1 y 5 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ de suelo, meso y eutróficas).

La tentativa que representa la evaluación de la representatividad de un sitio a través de un sistema de clasificación de sabanas tropicales presenta dos ventajas. Primero, un sistema como este, integra características edafoclimáticas y geoquímicas de una manera más continua que por interpolación entre unos perfiles de suelos analizados en condiciones que no son siempre comparables. En segundo lugar, el único criterio analítico utilizado en el sistema de SARMIENTO es el grado de oligotrofia expresado por la suma de bases intercambiables. Dicho parámetro no tiene relación directa y sencilla con la nutrición mineral de las plantas, pero puede ser de utilidad para comparaciones y clasificaciones.

Las sabanas estacionales (con una estación seca marcada) en Venezuela son predominantemente distróficas e hiperdistróficas. El bajo contenido de bases intercambiables de los suelos de estas sabanas está relacionado a una capacidad de intercambio catiónico baja y muy desaturada, originada por bajos contenidos de materia orgánica, y por el predominio de arcillas caoliníticas. Del punto de vista de la clasificación taxonómica (Soil Survey Staff, 1990), estos suelos se ubican principalmente en los ordenes entisoles, alfisoles, ultisoles y oxisoles. Los criterios analíticos que sirven de base a la clasificación de dichos suelos se encuentran resumidos en el Anexo I.

Del punto de vista de su formación, las Sabanas naturales se limitan a las zonas caracterizadas por los suelos más pobres y que padecen los stress hídricos más estrictos. Muchas otras sabanas, actualmente ocupadas por praderas artificiales o cultivos anuales son probablemente secundarias. En efecto BLANCANEUX y ARAUJO (1982) observaron en Amazonia que solamente las « matas » instaladas sobre suelos arcillosos con suficientes reservas hídricas, pueden resistir a la doble acción del clima y de las quemadas naturales o antrópicas. Del estudio de los distintos tipos de sabana, concluyeron que si bien es cierto que en los casos extremos de suelos arenosos y compactados sin ninguna reserva de

relle ou héritée d'une époque antérieure plus sèche, dans beaucoup d'autres cas, les extensions actuelles sont le résultat d'actions anthropiques qui viennent renforcer les effets climatiques et édaphiques décrits plus haut.

Répartition géographique (fig. 1 et 2)

Du point de vue de la taxonomie des sols (fig. 2), les zones non inondables sur les matériaux les plus anciens des llanos vénézuéliens se répartissent entre ultisols, oxisols et alfisols (48 % du total des llanos, soit 70 % de la partie non inondable). On y trouve les savanes saisonnières des deux catégories les plus pauvres, dystrophiques et hyperdystrophiques. Les inceptisols et mollisols des alluvions récents non inondables supportent les savanes méso- et eutrophiques qui sont les moins fréquentes (5 % du total, soit 8 % de la partie non inondable).

Dans le tableau I ont été réunies quelques caractéristiques physico-chimiques des sols qui vont servir d'exemple pour la description des savanes vénézuéliennes en général, en insistant pour terminer sur le cas des llanos occidentaux où se situe la station de Barinas.

nutrientes, la sabana podía ser natural o heredada de una época anterior más seca, en muchos otros casos, su extensión actual resulta de acciones antrópicas que acentúan los efectos climáticos y edáficos anteriormente señalados.

Repartición geográfica (Fig. 1 y 2)

Desde el punto de vista de la taxonomía de los suelos, las zonas altas no inundables de los llanos venezolanos son compartidas entre ultisoles, oxisoles y alfisoles, la mayoría sobre los materiales más antiguos (48 % del total de los llanos o sea 70 % de la parte no inundable). Ahí se encontrarán Sabanas estacionales de las dos categorías más pobres distróficas e hiperdistróficas. En los inceptisoles y molisoles de los aluviones recientes no inundables, se pueden encontrar las sabanas meso y eutróficas que son las minoritarias (5 % del total o sea 7 % de la parte no inundable).

En la tabla I se muestran algunas características fisicoquímicas de suelos que van a servir de ejemplo para la breve descripción de Sabanas venezolanas en general terminando por examinar más detalladamente el caso de los llanos occidentales donde se situa la estación de Barinas.

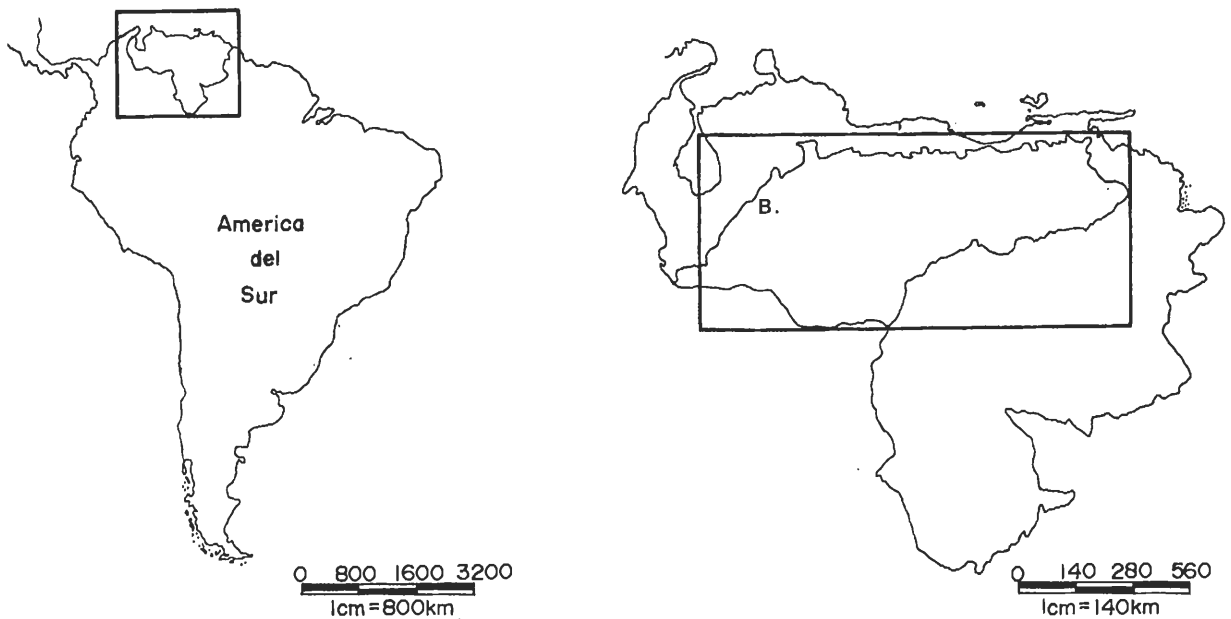


FIG. 1. — Situation de la zone étudiée en Amérique latine et au Venezuela.
Situación de la zona estudiada en America latina y en Venezuela.
Localization of the studied area in Latin America and Venezuela.

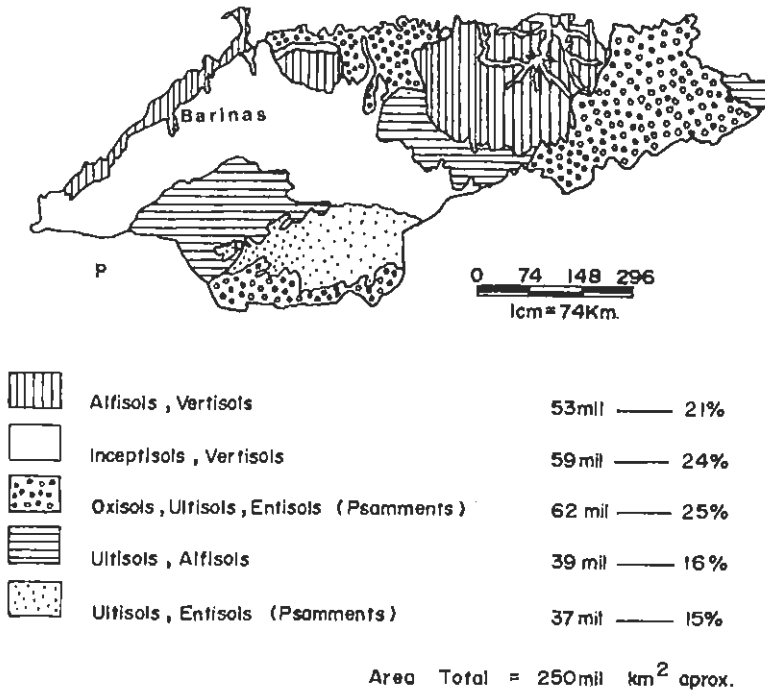


FIG. 2. – Principaux types de sol dans les llanos vénézuéliens.
Principales tipos de suelo en los llanos venezolanos.
Main soil types in the venezuelian llanos.

TABLEAU Ia
Exemples de sols de savanes du Venezuela
Ejemplos de suelos de sabanas de Venezuela
Examples of savanna soils in venezuela

Types de sol Tipos de suelos	Prof. cm	Préc. mm/an	Argille Arcilla	pH H2O	C %	N %	C/N	P(l) mg/Kg-1
1 Typic Kandlustult	0-20	1 000	11	4,9	0,44	-	-	-
2 Kandic Paleustult	0-11	1 200	12	4,8	1,09	0,05	22	3
3 Grossarenic Kandlustult	0-06	1 000	3	5,9	0,23	0,02	15	9*
4 Typic Haplustalf	0-10	1 300	26	5,9	1,59	0,12	14	5*
5 Typic Kanhaplustult	0-15	1 300	22	5,3	0,83	-	-	6**
6 Petrofemic Haplustox	-	1 300	-	5,3	1,01	-	-	1
7 Typic Kandlustult	0-12	1 300	19	4,4	0,82	0,05	16	6
8 Kanhaplic Haplustult	0-10	1 300	11	4,8	0,59	0,05	12	5**
9 Typic Haplustalf	0-15	1 300	13	5,6	0,62	0,07	10	16*
10 Plinthic Kandlustult	0-10	2 000	17	4,7	1,63	0,06	26	6**
11 Acrustoxic Kandlustult	0-05	2 000	24	4,8	0,66	0,02	33	1
12 Typic Acrustox	0-06	1 500	24	4,7	0,59	0,04	14	3
13 Typic Haplustox	0-10	2 000	5	4,5	0,45	0,02	26	6**
14 Rhodic Haplustox	0-22	1 300	21	4,5	0,52	0,07	7	-
15 Typic Kandlustult	0-28	1 000	18	4,4	1,04	0,06	16	-

(1) P. BRAY (bas <15 mg.kg-1), A. citrique (bas <65 mg.kg-1)*, Olson (bas < 11 mg.kg-1)** t: <0,05 mg.kg-1

TABLEAU Ib
Exemples de sols de savanes du Venezuela
Ejemplos de suelos de sabanas de Venezuela
Exemples of savanna soils in Venezuela

Type de sol Tipos de suelos	Prof. cm	COMPLEXE D'ÉCHANGE (COMPLEJO DE INTERCAMBIO)										S	Al % Al-S
		Al	Ca	Mg	K	S	CEC	CEC E	CEC 7	CEC 7	S		
		----- mé1					----- -cmol(+)/kg.-1						
1	Typic Kandistult	0-20	0,54	0,3	0,2	0,04	0,62	1,16	10,5	1,9	17,3	33	47
2	Kandic Paleustult	0-11	1,2	0,6	0,4	0,1	1,2	2,4	20,0	3,6	30,0	33	50
3	Grossarenic Kandistult	0-06	0	0,36	0,35	0,03	0,76	-	-	1,8	60,0	43	-
4	Typic Haplustalf	0-10	0	5	3	0,18	8,35	-	-	12,9	49,6	65	-
5	Typic Kanhaplustult	0-15	-	-	0,8	0,5	0,17	1,57	-	-	6,5	29,5	24
6	Petroferric Haplustox	-	0,55	0,43	0,31	0,05	0,82	1,37	-	-	-	-	40
7	Typic Kandistult	0-12	1,3	0,4	0,4	0,2	1,1	2,4	12,6	3,8	20,0	29	54
8	Kanhaplic Haplustult	0-10	-	1,6	0,8	0,12	2,64	-	0,0	5,2	47,3	51	-
9	Typic Haplustalf	0-15	-	3,54	1,39	0,12	5,18	-	0,0	7,6	58,1	69	-
10	Plinthic Kandistult	0-10	0,88	0,2	0,1	0,06	0,38	1,26	7,4	6,8	39,9	6	70
11	Acrustoxic Kandistult	0-05	0,4	0,2	0	0,1	0,3	0,7	2,9	2,2	9,2	14	43
12	Typic Acrustox	0-06	0,3	0,4	0,3	0,1	0,9	1,2	5,0	3,9	16,3	23	25
13	Typic Haplustox	0-10	0,44	0,1	0,1	0,05	0,27	0,71	14,2	2,7	53,4	10	62
14	Rhodic Haplustox	0-22	0,61	0,4	0	0,28	0,72	1,33	6,3	3,3	15,6	22	46
15	Typic Kandistult	0-28	1,32	0,8	0,6	0,5	1,96	3,28	18,2	6,6	36,7	30	40

CEC E : Somme des bases et de l'Al échangeables

CEC 7 : par acétate d'ammonium ou somme des bases + acidité à pH 8,2 par BaCl₂ triethanol amine

CEC 7 A : id rapport à l'argile dans ce dernier cas, les valeurs élevées correspondent aux cas où le complexe d'échange est surtout composé d'hydroxides et de substances organiques

LES SAVANES DES LLANOS ORIENTAUX

Il s'agit d'un paysage de plateaux délimités par les ravins des vallées des rivières et ruisseaux avec des dénivellations de plus de 200 m. La savane à *Trachypogon* est prédominante sur les plateaux alors que dans les vallées on trouve des forêts-galeries et des palmeraies. Les plateaux de sédiments accumulés par épandage ont été constitués au début du Pléistocène, soit à partir de la Cordillère orientale (ZINCK et URRIOLA, 1970), soit à partir du Bouclier guyanais (COMERMA et CHIRINOS, 1976). Ces plateaux ont été affectés par des déformations tectoniques provoquant des effondrements et des basculements, induisant les processus d'érosion et l'accumulation de colluvions (ZINCK et URRIOLA, 1970).

À partir des informations réunies dans le rapport de COPLANARH (1974), nous pouvons conclure que sur les plateaux se trouvent des sols sableux profonds, principalement des Quartzipsamments et des Grossarenic Kandistults, ces derniers avec un horizon argilic ou kandic à moins de 100 cm contrastant avec les textures superficielles limono-sableuses à sableuses. Ces sols sont généralement classés comme Kandistults ou Paleustults selon la capacité d'échange cationique dans l'horizon B.

SABANAS DE LOS LLANOS ORIENTALES

Se caracterizan por un paisaje de mesas delimitadas por los farallones de los valles de ríos y caños con desniveles de hasta más de 200 m. La sabana de *Trachypogon* predomina sobre las mesas, mientras que en los valles se encuentran bosques de galería y morichales. Las mesas de sedimentos acumulados por explayamiento fueron constituídas a inicios del Pleistoceno, derivados tanto de la Cordillera Oriental (ZINCK y URRIOLA, 1970), como del escudo de Guayana (COMERMA y CHIRINOS, 1976). Estas mesas fueron afectadas por deformaciones tectónicas en forma de hundimientos y basculamientos, las cuales favorecieron los procesos erosivos y la acumulación de coluviones (ZINCK y URRIOLA, 1970).

Analizando la información de COPLANARH (1974), podemos concluir que sobre las mesas, se encuentran suelos arenosos profundos, con un horizonte argilic ó kandic a menos de 100 cm de profundidad y con texturas superficiales franco arenosa a arenosa. Estos se clasifican como Kandistults ó Paleustults de acuerdo a la capacidad de intercambio catiónico en el horizonte B. Los subgrupos principales son los Typic, Arenic ó Plinthic, los últimos con plintita a menos de

Les sous-groupes principaux sont les Typic, Arenic ou Plinthic, les derniers dans le cas de présence de plinthite à moins de 150 cm de profondeur. Les Haplustox dont l'augmentation de teneur en argile en profondeur est nulle ou très progressive sont moins communs. En général, les savanes de la zone nord sont hyperdystrophiques, ou proches des dystrophiques. Le minéral dominant la fraction argileuse est la kaolinite et dans les sables, le quartz. Les contenus d'argiles 2/1 sont supérieurs dans le secteur nord, ce qui donne lieu à des capacités d'échange plus élevées. Les niveaux d'aluminium échangeable sont équivalents à celui des bases échangeables et le phosphore est très peu disponible. Les sols 1 et 3 (COMERMA et CHIRINOS, 1976) représentent les sols de la partie centre-sud alors que le sol 2 vient de la zone nord (SCHARGEL, 1977).

SAVANES DES LLANOS CENTRAUX

Elles occupent tout l'État du Guárico et la partie orientale de l'État de Cojedes. Elles présentent une grande diversité écologique (SARMIENTO et MONASTERIO, 1968), occupent soit des collines de piedmont, soit des surfaces d'érosion plus ou moins disséquées sur grès et lutites du Pléistocène inférieur, soit des plaines alluviales plus ou moins inondables et des bancs de sable. Sur les collines et les surfaces d'érosion se trouvent des sols peu profonds reposant sur la roche dure ou altérée, comme dans le cas du sol 4 (MARNR, 1979), sur une pente de 3 à 8 % reposant sur des grès altérés affleurant à 50 cm sous le sol. Il s'agit d'un Haplustalf mésotrophe, avec une faible capacité de rétention pour l'eau utilisable et très peu de phosphore disponible.

Les profils 5 (MARNR, 1979), 6 (SAN JOSÉ et MIRAGAYA, 1979) et 7 (SCHARGEL, 1977) représentent des sols sur des plateaux peu disséqués avec des pentes inférieures à 2 %. Les ultisols sont dominants sur les oxisols. On y trouve souvent de la plinthite, des concrétions de fer ou des cuirasses latéritiques (contact pétroferrique) à faible profondeur, comme dans le cas du profil 6 où se trouve ce contact à 80 cm.

Ce sont des savanes à la limite entre hyperdystrophiques et dystrophiques, avec, par rapport aux bases échangeables, des niveaux élevés d'aluminium échangeable, non seulement dans les horizons superficiels, mais encore plus dans les horizons profonds. Les profils 8 (MARNR, 1979) et 9 (Profil 12 de SILVA, 1968-1972) correspondent

150 cm de profundidad. Menos comunes son los Haplustox, los cuales presentan incremento de arcilla en profundidad nulo o muy gradual.

En general son suelos hiperdistróficos, ó apenas pasando el límite a distróficos. El mineral dominante en la fracción arcilla es la caolinita y en la arena, el cuarzo. Los contenidos de arcillas 2 : 1 son mayores en el sector norte originando niveles más altos de la capacidad de intercambio de la arcilla. Los niveles de aluminio intercambiable son equivalentes a las bases intercambiables y el fósforo disponible es bajo. Los suelos 1 y 3 (COMERMA y CHIRINOS, 1976) representan suelos de la parte centrosur de las mesas orientales, mientras que el suelo 2 (SCHARGEL, 1977) es de la zona norte.

SABANAS DE LOS LLANOS CENTRALES

Abarcan el Estado Guárico y la parte oriental del Estado Cojedes. Presentan una importante diversidad ecológica (SARMIENTO y MONASTERIO, 1968), ocupando colinas de piedemonte y superficies de erosión sobre areniscas y lutitas del Pleistoceno inferior, disectadas en mayor ó menor grado; planicies aluviales con inundación variable y médanos.

Sobre las colinas y superficies de erosión son comunes suelos poco profundos hasta la roca alterada ó dura, como en el caso del suelo 4 (MARNR, 1979), sobre areniscas alteradas a 50 cm, con una pendiente entre 3 y 8 %. Se trata de un Haplustalf mesotrófico, con una baja capacidad de retención de humedad aprovechable y bajo contenido de fósforo disponible. Predominan los ultisoles y en menor proporción oxisoles.

Los perfiles 5 (MARNR, 1979), 6 (SAN JOSE y MIRAGAYA, 1979) y 7 (SCHARGEL, 1977) representan suelos sobre la mesa poco disectada con pendientes inferiores a 2 %. Frecuentemente presentan plintita, concreciones de hierro ó corazas lateríticas (contacto petroférrico) a poca profundidad, como es el caso del perfil 6 donde se encuentra a 80 cm.

Son sabanas en el límite entre hiperdistróficas y distróficas, en los horizontes superficiales, con niveles de aluminio intercambiable elevados en relación a las bases y mayores aún en las capas profundas. El fósforo disponible es bajo, al igual que la capacidad de retención de humedad aprovechable. Los perfiles 8 (MARNR, 1979) y 9 (Perfil 12 de SILVA, 1968-1972) corresponden a

à des sols situés sur plateaux correspondant à des plaines alluviales du Pléistocène supérieur. On y trouve surtout des alfisols, parfois mésotrophes, mais aussi des ultisols, avec des niveaux de bases échangeables supérieurs à celui des sols situés sur matériaux plus anciens. Ces sols de « bancos » sont associés avec des sols à caractère vertique qui occupent les zones plus basses.

SAVANES DES LLANOS OCCIDENTAUX

En première approximation, le système de relief constitue la référence la plus pertinente pour subdiviser les savanes des llanos occidentaux et interpréter le fonctionnement de ces écosystèmes, bien que l'amplitude des différences d'altitude soit minime (SILVA *et al.*, 1971).

Les savanes de la région de Barinas, comme le reste des savanes latino-américaines, sont des écosystèmes tropicaux humides (SARMIENTO et MONASTERIO, 1975), caractérisés par une alternance saisonnière bien marquée. Ces contrastes saisonniers s'expriment par des modifications de la structure et du fonctionnement de l'écosystème au cours de l'année (SARMIENTO, 1990). Ces modifications concernent en premier lieu le régime hydrique des sols. En fonction de leurs caractéristiques texturales et structurales, différentes séries de sol que nous examinerons plus loin peuvent laisser s'infiltrer facilement les précipitations ou, au début et durant la saison des pluies, provoquer des épisodes de ruissellement plus ou moins violents. De la même manière, les sols peuvent accumuler des réserves hydriques variables qui pourront ou non assurer la permanence de la végétation durant la saison sèche. Le jeu de ces facteurs hydriques fait que la variabilité spatiale de la couverture végétale est moins complexe que la répartition des séries de sol (SILVA et SARMIENTO, 1976).

SAVANES DE GUYANE ET TERRITOIRE AMAZONIEN

La caractéristique principale de ces savanes est la dominance de surfaces d'érosion avec des affleurements rocheux, des croupes et des glacis sur roches métamorphiques ignées. Mis à part les podzols qui peuvent résulter d'une évolution forestière antérieure à la savane (GAVAUD *et al.*, 1986), on y trouve principalement des oxisols et ultisols donc des savanes hyperdystrophiques, dont le complexe d'échange est quasi saturé d'aluminium. L'argile est d'abord kaolinique, puis gibbsitique dans les sols les plus évolués. Sur les collines et les croupes, les sols présentent d'abondantes concrètes

suelos ubicados sobre bancos de planicies aluviales del Pleistoceno superior. En esta posición predominan los alfisoles, algunas veces mesotróficos, pero también se presentan ultisoles distróficos, con niveles de bases intercambiables superiores a los suelos de la formación Mesa. Estos suelos de bancos están asociados con suelos a caracter vertico en los bajos.

SABANAS DE LOS LLANOS OCCIDENTALES

*En primera aproximación, el sistema de relieve constituye la referencia mas pertinente para subdividir las sabanas de los llanos occidentales e interpretar el funcionamiento de estos ecosistemas a pesar de la amplitud minima de las desnivelaciones (SILVA *et al.*, 1971).*

Las sabanas de la región de Barinas, como el resto de las sabanas latino-americanas son ecosistemas tropicales húmedos (SARMIENTO y MONASTERIO, 1975) caracterizados por un contraste estacional muy marcado. Dichos contrastes provocan modificaciones tanto de la estructura como del funcionamiento del ecosistema en el transcurso del año (SARMIENTO, 1990). Estas modificaciones conciernen en primer lugar al regimen hídrico de los suelos. Según sus características texturales y estructurales, las distintas series de suelo que examinaremos más adelante, pueden dejar infiltrarse las precipitaciones fácilmente o provocar episodios de escurrimiento más o menos violentos al inicio y durante la estación de lluvia. Del mismo modo pueden almacenar reservas hídricas variables que pueden asegurar o no la permanencia de la vegetación durante el verano. El juego de estos factores hace que la variabilidad espacial de la cobertura vegetal sea menos compleja que la repartición de las series de suelos.

SABANAS DE GUAYANA Y TERRITORIO AMAZONAS

*Se caracterizan por el predominio de superficies de erosión con afloramientos rocosos, lomeríos y glacis sobre rocas metamórficas e ígneas. Dejando aparte los podzoles que a veces pueden resultar de una evolución forestal anterior a la sabana (GAVAUD *et al.*, 1986) predominan oxisoles y ultisoles que agrupan estas sabanas en la categoría hiperdistrófica, con elevada saturación con aluminio. La arcilla es predominantemente caolinítica, seguido por gibsita en los suelos más evolucionados. Sobre las colinas y lomeríos son comunes suelos con abundantes*

tions de fer et des fragments de roche. Le profil 10 décrit au nord de Puerto Ayacucho sur d'épaisses couches d'altération à plinthite (BLANCANEUX *et al.*, 1977) contient environ 80 % de concrétions de fer et des fragments de roche jusqu'à 60 cm de profondeur. Il est situé sur une croupe hémisphérique avec une pente de 5 %. La végétation est du type savane à Trachypogon. Le profil 11 se situe au sud de Puerto Ayacucho, sur une surface d'érosion de pente inférieure à 2 % (SCHARGEL, 1977). Il a environ 20 à 40 % de concrétions de fer et de fragments de roche imprégnées d'oxydes précipités. À partir de 107 cm apparaît une arène granitique, dont les feldspaths sont totalement altérés en kaolinite. Les sols 12 et 13 (SCHARGEL, 1977 ; BLANCANEUX *et al.*, 1977) se situent sur glacis de moins de 2 % de pente, formés de matériaux colluviaux, avec quelques rares fragments ou concrétions de plus de 2 mm de diamètre. Les sols 12 et 13 ont des textures superficielles limono-argilo-sableuses avec une augmentation graduelle du contenu d'argile, aboutissant à une texture plus argileuse à un mètre de profondeur.

SAVANES DE LA CORDILLÈRE DE LA CÔTE

Ces savanes se situent sur sols pierreux et peu profonds sur pentes, mais aussi sur vieilles terrasses alluviales (Pléistocène). Les profils 14 et 15 représentent les sols sur terrasses à environ 700 m d'altitude. Les alluvions dérivent surtout de schistes micacés (COMERMA, 1967). Les sols sont désaturés avec beaucoup d'aluminium échangeable : les savanes seront donc dystrophiques à hyperdystrophiques.

LA ZONE DE BARINAS DANS LES LLANOS VÉNÉZUÉLIENS

Les llanos de Colombie et du Venezuela représentent au total un demi million de km², soit la plus grande surface des savanes néotropicales situées au nord de l'équateur (SARMIENTO, 1984). Au Venezuela, ces savanes représentent approximativement 250 000 km², soit presque le tiers de la surface totale du pays.

Les savanes des llanos représentent une exception par rapport aux autres savanes latino-américaines du fait que leur proportion de terres inondables atteint presque 40 % du total. La partie haute non inondable est constituée principalement d'ultisols (ferrugineux tropical à ferrallitique) et d'oxisols (ferrallitiques) et accessoirement d'alfisols (ferrugi-

concreciones de hierro y fragmentos de roca. El perfil 10 descrito al norte de Puerto Ayacucho (BLANCANEUX et al., 1977) tiene alrededor de 80 % de concreciones de hierro y fragmentos de roca, hasta 60 cm de profundidad, sobre capas gruesas con plintita. Está ubicado sobre un lomerío con modelado en media naranja con 5 % de pendiente. La vegetación es de sabana de Trachypogon. El perfil 11 se ubica al sur de Puerto Ayacucho, sobre una superficie de erosión con pendiente inferior a 2 % (SCHARGEL, 1977). Tiene alrededor de 20 a 40 % de concreciones de hierro y fragmentos de roca impregnados de óxidos. A partir de 107 cm se presenta saprolita de granito, con los feldespatos totalmente alterados a caolinita. Los suelos 12 y 13 (SCHARGEL, 1977 ; BLANCANEUX et al., 1977) se ubican sobre glacis con menos de 2 % de pendiente, formados por materiales coluviales, con pocos fragmentos ó concreciones mayores de 2 mm. Los suelos 12 y 13 tienen texturas superficiales franco arcillo arenosas con un incremento gradual en el contenido de arcilla, hasta alcanzar una textura mas arcillosa a un metro de profundidad.

SABANAS DE LA CORDILLERA DE LA COSTA

Estas sabanas se ubican sobre suelos poco profundos y pedregosos en vertientes y también sobre terrazas aluviales antiguas (Pleistoceno). Los perfiles 14 y 15 representan suelos sobre terrazas con elevaciones de alrededor de 700 msnm. Los aluviones derivan principalmente de esquistos micáceos (COMERMA, 1967). Los suelos son desaturados con niveles altos de aluminio intercambiable y por lo tanto, las sabanas se clasificarán como distróficas a hiperdistróficas.

LA ZONA DE BARINAS EN LOS LLANOS VENEZOLANOS

Los llanos colombianos y venezolanos totalizan medio millón de Km² o sea la superficie más extensa de sabanas neotropicales situadas al norte del Ecuador (SARMIENTO, 1984). En Venezuela estas sabanas representan aproximadamente 250 000 Km², casi la tercera parte de la superficie total del país.

Las sabanas de los Llanos representan una excepción en relación a las demás sabanas latino-americanas por tener una parte inundable que cubre cerca de 40 % del total. La parte alta no inundable constituída de ultisoles, oxisoles y mino-

neux tropical lessivé) (Ult. 16 %, Ox. 25 %, Alf. 20 %). Cette situation reflète, à peu de choses près, les récapitulations de COCHRANE (1987) au niveau de l'ensemble du continent latino-américain.

La situation des llanos occidentaux vénézuéliens où dominent les zones inondables avec des inceptisols (sol alluviaux et bruns alluviaux) et des vertisols est donc un peu différente. Les llanos occidentaux occupent une surface approximative de 120 000 km² qui représentent 44 % des llanos vénézuéliens et constituent une des régions de culture et d'élevage les plus prometteuses du pays (AVILAN et PEREZ, 1979). Dans la plus grande partie des zones non inondables (25 000 km²), prédominent les alfisols (15 000 km²) sur les oxisols et ultisols moins fréquents. Au sein du groupe des alfisols, la Série (1) Barinas est la plus importante en surface relative.

Caractéristiques géographiques, géomorphologiques et minéralogiques des formations superficielles des llanos occidentaux

La surface située entre le piedmont des Andes et le Bouclier guyanais peut être subdivisée en trois zones principales :

(a) les terrasses et éventails d'alluvions anciennes constitués en majeure partie par des matériaux altérés et résistants aux intempéries, tels que de la kaolinite, des oxydes de fer et du quartz. À cause de la subsidence des llanos occidentaux et de la surrection des Andes, ces terrasses anciennes se situent en position haute le long du piedmont sud des Andes.

Dans la région occidentale de Barinas, les matériaux des terrasses anciennes du río Santo Domingo, correspondant au Pléistocène inférieur, sont des sédiments mal classés, dérivés en majeure partie de formations sédimentaires du versant sud des Andes. On y trouve une matrice argileuse ou argilo-sableuse entourant une charge variable de galets de taille variant de un à dix centimètres (OCHOA, 1983). Les mouvements tectoniques liés à la surrection des Andes ont ensuite affecté ces formations, provoquant des dénivellations importantes et donnant des pentes supérieures à 1 % aux niveaux les plus élevés (Q3 et Q4) qui sont des nappes de débordement, de surface limitée et, en général, encore réduites par l'érosion.

ritariamente de alfisoles (Ult. 16 %, Ox. 25 %, Alf. 20 %), refleja aproximadamente las recapitulaciones de COCHRANE (1987) a nivel latino-americano.

La situación de los llanos occidentales donde dominan las zonas inundables con inceptisoles y vertisoles es distinta. Los llanos occidentales ocupan una superficie aproximada de 120 000 Km² que representan 44 % de los llanos venezolanos y constituyen una de las regiones agrícolas y ganaderas más promisorias del país (AVILAN y PEREZ, 1979). En la mayor parte de las zonas altas (25 000 Km²), predominan alfisoles (15 000 Km²) siendo menos frecuentes los oxisoles y ultisoles. Dentro de estos alfisoles, la Serie (1) Barinas es una de la más importantes en superficie.

Caractéristiques géographiques, géomorphologiques et minéralogiques de las formaciones superficiales de los llanos occidentales

La superficie situada entre el piedemonte de los Andes y el Escudo de Guyana se divide en tres zonas principales :

(a) Las terrazas y abanicos de aluviones antiguos constituídas predominantemente por materiales alterados y resistentes al intemperismo, tales como arcillas caoliniticas, oxidos de hierro y cuarzo. Por la subsidencia de los llanos occidentales, estas terrazas antiguas se localizan en posición alta a lo largo del piédemonte sur de los Andes.

En la region occidental de Barinas, los materiales de las terrazas antiguas del río Santo Domingo, correspondiente al Pleistoceno inferior son sedimentos mal clasificados derivados predominantemente de formaciones sedimentarias del flanco surandino, presentándose con una matriz arcillosa o arcillo arenosa acompañada de una carga variable de cantones de tamaño centimétrico y decimétrico (OCHOA, 1983) . Los movimientos tectónicos relacionados a la elevación de los Andes afectaron estas formaciones, originando desniveles importantes y pendientes superiores al 1 % en los niveles más altos (Q3 y Q4) que son napas de desborde, de superficie limitada y reducida aún más por la erosión.

(1) Série est un terme de valeur locale désignant un ensemble de sols défini au voisinage de la localité mentionnée. Plusieurs taxa peuvent donc être inclus dans une même série.

(1) Série es un término de valor local que corresponde a un conjunto de suelos definidos alrededor de la localidad mencionada. Varias unidades taxonómicas pueden entonces ser incluidas en una misma serie.

Le matériel détritique apporté ensuite par le río Santo Domingo et réparti dans la région de Barinas durant le Pléistocène supérieur (40 000 à 100 000 A.C.) représente un mélange des sédiments du Miocène (conglomérats, grès et lutites principalement) provenant des collines miocènes de piedmont et de roches métamorphiques altérées (schistes et phyllites dominantes sur les granites et quartzites) provenant du centre des Andes (ZINCK et STAGNO, 1966). Ces alluvions, parmi lesquelles se trouve la Série Barinas, ont été déposés par le río Santo Domingo en une suite d'épandages qui ont formé une grande terrasse adjacente au piedmont, avec un décalage maximum de 20 mètres par rapport aux alluvions récentes.

Ce niveau moyen (Q2) est de pente nulle ou de l'ordre de 0,5 %. Cette terrasse, qui n'a pas été affectée par la surrection des Andes et la subsidence des llanos, constitue le plus haut niveau qui soit resté horizontal durant les derniers millénaires. Sa surface actuelle correspond, en grande partie, à un niveau sableux qui recouvre les horizons plus argileux par accumulation sédimentaire ou par lessivage pédologique.

Vers le sud-est, cette formation prend une allure de bancs décalés de 5 à 6 mètres seulement en altitude, et qui s'étendent vers le sud sur des dizaines de kilomètres dans les llanos.

En position externe par rapport à ces axes d'épandage, se trouvent des matériaux plus fins à partir desquels se forment des sols moins perméables et généralement caractérisés par la présence d'hydroxydes de fer hydratés de type limonite ou goethite au lieu de l'hématite rouge caractéristique des sols de la série Barinas ;

(b) les plateaux et bancs en position moyenne en majeure partie se trouvent recouverts de sédiments éoliens déposés à la fin du Pléistocène (ROA, 1979 ; MIRAGAYA V. et G., 1989). Ils occupent de grandes surfaces dans l'Apure entre les ríos Cinaruco et Meta et en Colombie où ils forment la « altillanura » (GOSSEN, 1964) ;

(c) les alluvions anciennes partiellement inondables : les sols qui s'y forment présentent une dominance de quartz et de kaolinite avec des nodules de plinthite et des concrétions constituées d'oxydes de fer et de manganèse (SCHARGEL et GONZALEZ, 1973 ; MARN, 1982). À cause de leur position dans le paysage et la texture plus fine de leurs matériaux, ces sols relativement plus imperméables sont affectés par des phénomènes

El material detrítico aportado posteriormente por el mismo Río Sto. Domingo y repartido en la región de Barinas durante el Pleistoceno superior (40 000 a 100 000 A.C.) representa una mezcla de sedimentos del Mioceno (conglomerados, areniscas y lutitas principalmente) de las colinas miocenas de Piedemonte y de rocas metamórficas alteradas (esquistos y filitas dominantes sobre granitos y cuarzitas) proveniente de la parte central de los Andes (ZINCK y STAGNO, 1966). Estos aluviones, donde se ubica la Serie Barinas, fueron depositados por el río Santo Domingo por procesos de explayamiento formando una terraza amplia adyacentes al piedemonte, con un desnivel máximo de 20 metros en relación a los aluviones recientes.

Este nivel medio (Q2), tiene una pendiente nula o del orden de 0,5 %. Dicha terraza constituye el más alto nivel que ha permanecido horizontal, durante los últimos milenios, por no haber sido afectado por la elevación de los Andes y la subsidencia de los llanos. La superficie actual del nivel Q2 corresponde, en gran parte, a un nivel arenoso que cubre horizontes más arcillosos ya sea por acumulación sedimentaria o por lavado de tipo edáfico.

Hacia el sureste, esta formación toma una configuración de bancos y bajíos con desniveles de solo 5 a 6 metros, extendiéndose por decenas de kilómetros dentro del llano.

En posición externa en relación a los ejes de explayamiento, se encuentran materiales más finos dando lugar a la formación de suelos menos permeables y generalmente caracterizados por presencia de hidroxidos de hierro hidratados tipo limonita o goethita en lugar de la hematita roja característica de los suelos de la serie Barinas.

b) Las mesas y bancos en posición mediana en su mayor parte, se encuentran cubiertos por sedimentos eólicos depositados al final del Pleistoceno (ROA, 1979 ; MIRAGAYA V. y G., 1989). Ocupan superficies extensas en el Estado Apure entre el río Cinaruco y Meta y en Colombia forman la altillanura (GOSSEN, 1964).

c) Los aluviones antiguos pero parcialmente inundables : los suelos presentan predominio de cuarzo y de caolinita con nódulos de plintita y concreciones constituidos por óxidos de hierro y de manganeso (SCHARGEL y GONZALEZ, 1973, MARN, 1982). Por su posición en el paisaje y la textura más fina de sus materiales, estos suelos relativamente más impermeables son afectados por fenómenos de hidromorfia o sea por la presencia

d'hydromorphie, par la présence temporaire de nappes perchées ou à cause de la proximité de la nappe phréatique ;

(d) les alluvions récentes, accumulées depuis la fin du Pléistocène, occupant des niveaux bas partiellement inondables. Ces matériaux récents contiennent des quantités importantes de micas, feldspaths et d'argiles 2/1.

Les relations entre ces trois zones se retrouvent dans la coupe schématique n° 1, qui va depuis Barinitas dans le piedmont sud des Andes jusqu'à Puerto Paez au confluent des ríos Orinoco et Meta (fig. 4).

Selon les études granulométriques du matériel alluvial de ces diverses terrasses (POUYLLAU *et al.*, 1980) ces résidus de l'érosion des Andes ont été affectés par un transport de courte durée sans doute de type coulée boueuse généralisée. Par la suite, ces alluvions ont été recoupées par l'érosion et ont évolué sous l'influence de processus pédogénétiques variables selon la position topographique. Dans les positions hautes, les processus dominants ont été la rubéfaction et le lessivage

temporal de nappes freáticas colgantes o sea por la proximidad de la napa freática.

d) Los aluviones recientes, acumulados desde fines del Pleistoceno, ocupando niveles bajos parcialmente inundables. Estos materiales recientes contienen cantidades importantes de micas, feldspatos y de arcilla 2/1.

Las relaciones entre estas tres zonas se señalan en el corte esquemático 1, desde Barinitas en el piedemonte hasta Puerto Paez en la confluencia de los ríos Orinoco y Meta (Fig. 4).

Según el estudio granulométrico del material aluvial de estas diversas terrazas (POUYLLAU *et al.*, 1980) estos residuos de la erosión de los Andes han sido afectados por un transporte corto, tal vez de tipo colada de barro generalizada. Posteriormente estos aluviones fueron cortados por la erosión y evolucionaron bajo influencia de procesos pedogenéticos variables en relación con la posición topográfica. En posición de bancos altos los procesos dominantes fueron la rubefacción y el lavado induciendo la formación de un horizonte Bt

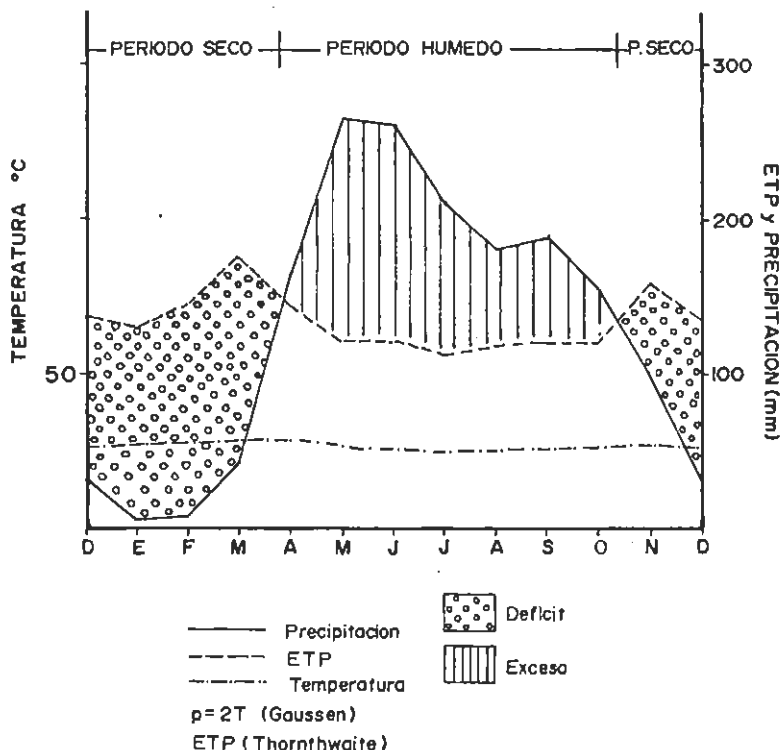


FIG. 3. - Diagramme climatique de la région de Barinas.
Climadiagrama de la región de Barinas.
Climatic diagram of the Barinas region.

induisant la formation d'un horizon Bt (série Barinas). Dans les positions intermédiaires et basses dominant progressivement l'hydromorphie ancienne (à partir de la nappe phréatique) ou actuelle (à partir de nappes perchées) que caractérisent les séries de sols (Gasperi, Garza et Jaboncillo) dérivées de matériaux plus fins déposés ou transportés par des processus rythmés plus lents (ZINCK et STAGNO, 1966).

Caractéristiques climatiques des llanos occidentaux et des autres savanes vénézuéliennes (fig. 3)

La région de Barinas où se trouve le Jardin botanique de la Unellez présente un régime climatique caractérisé plus par la répartition des pluies que par les températures mensuelles. Les précipitations sont abondantes durant seulement sept mois mais les températures sont élevées, 26 °C de moyenne annuelle, et relativement constantes durant toute l'année.

Les données climatiques des années 1975-1986 (station météorologique de Barinas-Aeropuerto, à 8 km au NE du Jardin botanique) reproduites par ACEVEDO (1987) indiquent des précipitations moyennes annuelles de 1 700 mm avec de grandes variations : de 1 200 mm en année sèche à quasiment 2 000 mm en année humide. La distribution annuelle des pluies est pratiquement unimodale avec une saison pluvieuse de 7 mois, d'avril à octobre, où se concentrent 95 % des précipitations annuelles. Les précipitations les plus importantes se produisent en mai et juin. Cependant, il est important de signaler ici une brève rémission dans la période des pluies qui se produit presque toujours en juillet ou en août car ce « veranito », petite période de sécheresse relative, peut affecter le bon déroulement de la floraison du maïs. Au commencement et à la fin de la saison des pluies, les mois de transition, mars et novembre, sont caractérisés par une grande irrégularité pluviométrique. La majeure partie (54 %) des précipitations se produisent sous forme de violentes averses (30 à 50 mm), dont les grosses gouttes peuvent favoriser le ruissellement.

Les pluies de basse et moyenne intensité sont les plus nombreuses mais au total apportent moins d'eau. La saison sèche dure de décembre à mars, durant cette période se produisent moins de 3 % des précipitations annuelles et l'humidité est inférieure de 78 % à la moyenne annuelle.

Les températures moyennes mensuelles sont quasi invariables, plus ou moins 3 °C autour d'une

(Série Barinas). En position intermedia y baja dominan progresivamente los procesos de hidromorfismo antiguos (a partir de la napa freática) o actuales (a partir de napas colgantes) que caracterizan las series de suelo (Gasperi, Garza y Jaboncillo) derivados de materiales mas finos depositados o transportados por procesos rítmicos más lentos.

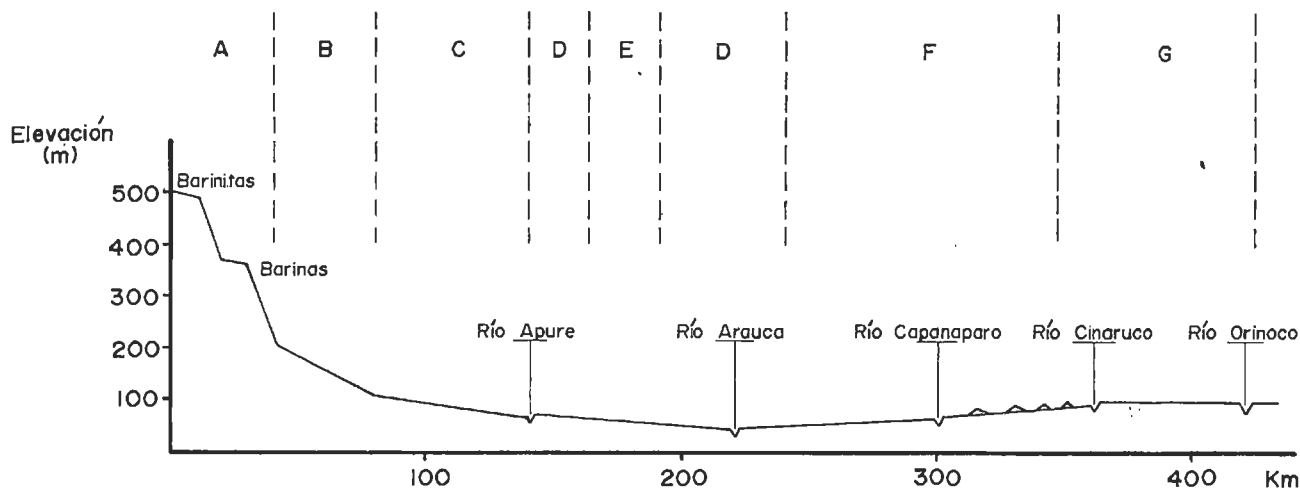
Características climáticas de los llanos occidentales y de las otras sabanas venezolanas (fig 3)

La región de Barinas donde se encuentra el Jardín Botánico de la UNELLEZ presenta un régimen climático que se caracteriza más por la repartición de las lluvias que por las temperaturas mensuales. Las precipitaciones son abundantes durante solamente siete meses pero las temperaturas son altas, 26 °C de promedio y relativamente constantes durante todo el año.

Los datos climáticos de los años 1975-1986 (estación meteorológica Barinas-Aeropuerto, 8 Km al NE del Jardín Botánico) descritos por ACEVEDO (1987), indican una precipitación media anual de 1 700 mm con amplias variaciones : de 1 200 mm en años secos a casi 2 000 mm en años húmedos. La distribución anual de las lluvias muestra un patrón prácticamente unimodal con una estación lluviosa de 7 meses, de abril a octubre, donde se concentra el 95 % de la precipitación anual. Los meses de mayor precipitación son Mayo y Junio. Sin embargo es importante señalar aqui una breve interrupción de las lluvias que se produce casi siempre en Julio o Agosto este « veranito », puede afectar el correcto desarrollo de la floración del maíz. Al comienzo y final de la época húmeda, se ubican los meses de transición caracterizados por una gran irregularidad pluviométrica. La mayoría (54 %) de las precipitaciones llega en forma de aguaceros violentos (30 a 50 mm), con grandes gotas que pueden favorecer el escurrimiento.

Las lluvias de baja y mediana intensidad son las más numerosas pero aportan menos agua. La época seca se extiende de Diciembre a Marzo, período durante el cual se registra menos del 3 % de la precipitación anual y una humedad inferior al promedio anual de 78 %.

Las temperaturas medias mensuales son casi invariables, (más o menos 3 °C) alrededor de una media anual de 26 °C. Las máximas temperaturas se alcanzan en el mes de Marzo y las mínimas en Julio. Estas pequeñas variaciones contrastan con



- A. Piedmont comportant des terrasses du pléistocène inférieur et des collines d'âge variable. Les ultisols sont dominants sur les terrasses, avec un mélange d'ultisols et d'alfisols dans les collines. La végétation peut être forestière ou de savane.
Piedemonte con terrazas del Pleistoceno inferior y colinas de edad variable. Predominan ultisoles sobre las terrazas, alfisoles y ultisoles en las colinas. Vegetación de bosque y sabana.
- B. Basse plaine traversée de bancs* où alternent les alluvions du pléistocène supérieur avec ceux de l'holocène. Dans le premier cas les sols sont surtout des alfisols (série Barinas) sur les bancs avec des faciès hydromorphes dans les zones basses*. La formation végétale dominante est la savane. Dans le second cas, on trouve surtout des inceptisols sur les bancs où la végétation forestière est dominante et des faciès hydromorphes et des vertisols dans les zones basses. La végétation de savane reste dominante par rapport aux surfaces de forêt-galerie, sauf sur les vertisols.
Llanuras con bancos y bajíos, donde alternan zonas con predominio de aluviones del pleistoceno superior con áreas de aluviones holocénicos. En el primer caso los suelos son predominantemente alfisoles (serie Barinas) sobre los bancos y alfisoles hidromórficos y vertisoles en los bajíos. Predomina la vegetación de sabana. En el segundo caso predominan inceptisoles en los bancos e inceptisoles hidromórficos y vertisoles en los bajíos. Predominio de vegetación boscosa en los bancos. En los bajíos es común la sabana, algunas veces bosques, excepto sobre los vertisoles.
- C. Plaines de bancs* et zones basses* sur alluvions holocènes apportés par le Río Apure sur sa rive nord. Les inceptisols (et quelques mollisols) sont dominants sur les bancs, les inceptisols hydromorphes et les vertisols dans les zones basses. La végétation est encore principalement la savane avec quelques taches de forêt sur les bancs.
Llanura de bajíos y bancos sobre aluviones holocénicos aportados por afluentes del río Apure por el lado norte. Predominio de inceptisoles (y algunos mollisoles) en los bancos e inceptisoles hidromórficos y vertisoles en los bajíos. Predominio de vegetación de sabana, con bosque ó sabana sobre los bancos.
- D. Plaine de bancs* et zones basses* sur des alluvions fines du pléistocène et de l'holocène apportées par les Rios Apure et Arauca. On trouve des alfisols sur les bancs et des alfisols hydromorphes et des vertisols dans les zones basses. La végétation dominante reste la savane. Un peu de forêt sur quelques bancs.
Llanura de bajíos y bancos sobre aluviones de fines del pleistoceno y holoceno, aportados por los ríos Apure y Arauca. Alfisoles sobre los bancos y alfisoles hidromórficos y vertisoles en los bajíos. Predominio de vegetación de sabana. Bosques sobre algunos bancos.
- E. Plaine composée surtout de zones basses* sur alluvions pléistocènes partiellement recouvertes de minces couches de sédiments éoliens limoneux. On trouve surtout des ultisols hydromorphes à plinthite. La savane est la formation dominante.
Llanura con predominio de bajíos sobre aluviones del pleistoceno, parcialmente cubiertos por delgadas capas de sedimentos eólicos limosos. Predominan ultisoles hidromórficos con plintita. Predominio de sabana.
- F. Plaine couverte de sédiments éoliens sableux de la fin du pléistocène. On trouve des entisols sur dunes stabilisées et des ultisols hydromorphes à plinthite dans les zones basses*. La savane est la végétation principale.
Llanura cubierta por sedimentos eólicos arenosos de fines del pleistoceno. Entisoles arenosos sobre dunas estabilizadas. En los bajíos ultisoles hidromórficos con plintita. Predominio de sabana.
- G. Plateau* non inondable avec dominance d'oxisols et d'ultisols sous végétation de savane.
Altillanura no inundable con predominio de oxisoles y de ultisoles con vegetación de sabana.

* Traduction approchée des termes locaux « bancos » et « bajíos » En fait les bancos actuels seraient d'anciens lits majeurs colmatés qui se trouvent maintenant en position haute par rapport aux sites actuels de circulation de l'eau.
 « Altillanura » terme difficilement traduisible désigne des plateaux non inondables dans une région dont une grande partie est inondée à la saison des pluies.

FIG. 4. -- Coupe topographique N.S. des llanos occidentaux.
 Corte topográfico N.S. de los llanos occidentales.
 Topographic cross section of western llanos.

moyenne annuelle de 26 °C. Les températures maximales se produisent au mois de mars et les minimales en juillet. Ces faibles variations contrastent avec l'amplitude thermique nyctémérale qui fluctue de 6 à 9 °C durant la saison des pluies et de 10 à 12 °C durant la période sèche et ceci en fonction de l'insolation dont la moyenne annuelle est de 6 heures par jour.

La température, la durée d'insolation et l'humidité relative déterminent une forte évapotranspiration potentielle plus ou moins affectée par les vents provenant en majorité de l'Est et du Nord-ouest (vitesse moyenne de 8 à 9 km/h). L'évaporation annuelle (bac type A) est de l'ordre de 2 200 mm, 1,3 fois supérieur aux précipitations. Durant les 4 mois secs se produit plus de 40 % de l'évaporation totale annuelle.

Dans les autres savanes du Venezuela, les précipitations annuelles peuvent présenter une valeur et une répartition différente ; celles des llanos occidentaux se situant dans une position intermédiaire. Par exemple, les savanes de Puerto Ayacucho reçoivent 2 144 mm de pluie, moyenne annuelle, durant une saison pluvieuse qui va d'avril jusqu'à la mi-décembre (NAZOA et LOPEZ-HERNANDEZ, 1981). Au contraire, les savanes de la partie centrale du pays (Calabozo et Mantecal) reçoivent des précipitations moyennes annuelles de 1 300 mm à 1 400 mm et la saison pluvieuse se prolonge d'avril ou mai à novembre (SARMIENTO et MONASTERIO, 1969 ; BULLA *et al.*, 1979). Dans les savanes orientales du Venezuela les précipitations peuvent varier de 900 à 1 600 mm et les périodes sèches de 3 à 6 mois selon l'exposition et l'altitude (COPLANARH, 1974).

Végétation

La végétation trouvée sur les sols de la série Barinas est du type de savane ouverte, caractérisée par des arbres et des arbustes isolés ou en petits groupes, couvrant moins de 2 % de la surface totale (SARMIENTO, 1984). Dans ces savanes, il n'existe qu'une seule espèce arborescente, *Curatella americana* et trois espèces ligneuses basses, *Casearia setvestris*, *Psidium guineense* et *Byrsonima verbascifolia*. Les espèces dominantes de graminées se réduisent à trois : *Axonopus purpusii*, *Leptocoryphium lanatum* et *Trachypogon vestitus* (SARMIENTO et VERA, 1977).

Les pâturages actuels sont presque toujours améliorés par des espèces exotiques telles que *Hyparrhenia rufa*, *Panicum maximum*, *Brachiaria*

la amplitud térmica diaria que fluctúa de 6 a 9 grados en la época de lluvia y de 10 a 12 grados en la época seca variando con la insolación cuyo promedio anual es de 6 horas diarias.

La temperatura, la duración de la insolación y la humedad relativa, determinan las altas demandas evapotranspirativas más o menos afectadas por los vientos provenientes del Este y del Nor-Oeste (velocidad promedio de 8 a 9 Km/h). La evaporación anual de tina (medida en tanque tipo A) es del orden de los 2 200 mm, 1,3 veces superior a las precipitaciones. En los 4 meses secos se produce más del 40 % de la evaporación total anual.

*En las otras sabanas de Venezuela, las precipitaciones anuales pueden presentar un valor y una repartición diferente situándose las de los llanos occidentales en una posición intermedia. Por ejemplo, las sabanas de Puerto Ayacucho reciben 2 144 mm de lluvia, media anual, durante una estación lluviosa que va de Abril hasta mediados de Diciembre (NAZOA y LOPEZ-HERNANDEZ, 1981). Al contrario, las sabanas de la parte central del país (Calabozo y Mantecal) presentan una precipitación media anual de 1 300 mm a 1 400 mm y la estación lluviosa se prolonga desde Abril o Mayo a Noviembre (SARMIENTO y MONASTERIO, 1969 ; BULLA *et al.*, 1979). En las sabanas orientales de Venezuela las precipitaciones pueden variar de 900 a 1 600 mm y los periodos secos de 3 a 6 meses según exposición y altura (COPLANARH, 1974).*

Vegetación

*La vegetación encontrada sobre los suelos de la Serie Barinas es del tipo de sabana abierta, caracterizada por árboles y arbustos aislados o en pequeños grupos, cuya cobertura total es menor del 2 % (SARMIENTO, 1984). En estas sabanas existe una sola especie arbórea, *Curatella americana* y tres especies leñosas bajas, *Casearia sylvestris*, *Psidium guineense* y *Byrsonima verbascifolia*. Las especies dominantes de gramíneas también se reducen a tres : *Axonopus purpusii*, *Leptocoryphium lanatum* y *Trachypogon vestitus* (SARMIENTO y VERA 1977).*

*Las sabanas naturales se han visto reducidas a suelos más pobres y con mayores limitaciones hídricas debido al establecimiento de pastizales mejorados en especies tales como *Hyparrhenia rufa*, *Panicum maximum*, *Brachiaria sp.* y *Digitaria**

sp., *Digitaria* sp. Le reste de l'espace est occupé par des cultures annuelles : maïs, sorgho, coton principalement.

Répartition géographique des sols de la région de Barinas

Les études de sols réalisées dans les llanos occidentaux indiquent une étroite correspondance entre la géomorphologie et les unités pédologiques (ZINCK et STAGNO, 1966 ; SCHARGEL et GONZALEZ, 1973 ; QUINTERO de BRICENO et al., 1974 ; PINT, 1982 ; OCHOA, 1983 ; SARMIENTO, 1984).

Les coupes schématiques 2 et 3 illustrent la position de la série Barinas à la hauteur du Jardin botanique et de l'agglomération de Torunos (fig. 5 et 6).

Dans le tableau II se trouvent les caractéristiques des horizons superficiels de sols de savane non inondables. Ce sont donc des sols de savanes saisonnières en majorité dystrophiques ou hyperdystrophiques par rapport aux savanes eutrophes qui sont l'exception.

SOLS DE PIEDMONTE

Les profils 1 (SOSA et FERMIN, 1989), 2 (LARREAL et al., 1978) et 3 (GRANADOS et al., 1972) se situent en position de haute terrasse. Sur ces terrasses

sp. y cultivos anuales principalmente maíz, sorgho, algodón.

Repartición geográfica de los suelos de la región de Barinas

Los estudios de suelos realizados en los Llanos Occidentales indican que existe una estrecha correspondencia entre la geomorfología y las unidades edafológicas (ZINCK y STAGNO, 1966 ; SCHARGEL y GONZALEZ, 1973 ; QUINTERO de BRICEÑO et al., 1974 ; PINT, 1982 ; OCHOA, 1983 ; SARMIENTO, 1984).

Los cortes esquemáticos 2 y 3 muestran la posición de la Serie Barinas a la altura del Jardín Botánico y de la población de Torunos (Fig. 5 y 6).

En la tabla II se indican características de horizontes superficiales de suelos bajo sabana correspondientes a posiciones fisiográficas no inundables. Son por lo tanto suelos de sabanas estacionales en su mayoría distróficas o hiperdistróficas en relación a las excepcionales sabanas eutróficas.

SUELOS DE PIEDEMONTE

Los perfiles 1 (SOSA y FIRMIN, 1989), 2 (LARREAL et al., 1978) y 3 (GRANADOS et al., 1972) corresponden a suelos ubicados en terrazas altas. En estas

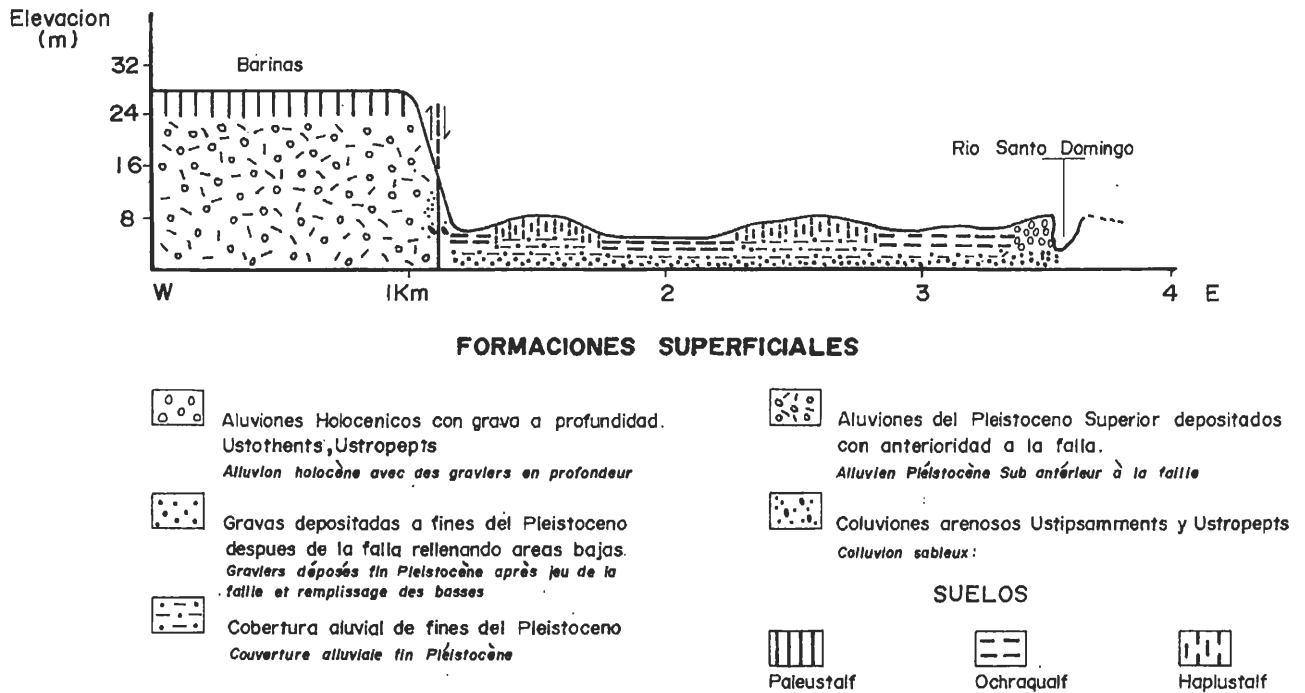


FIG. 5. - Coupe schématique W.E. à la hauteur du Jardin Botanique de Barinas.
Corte esquemático W.E. al altura del Jardín.
Schematic cross section through the Botanic Garden of Barinas.

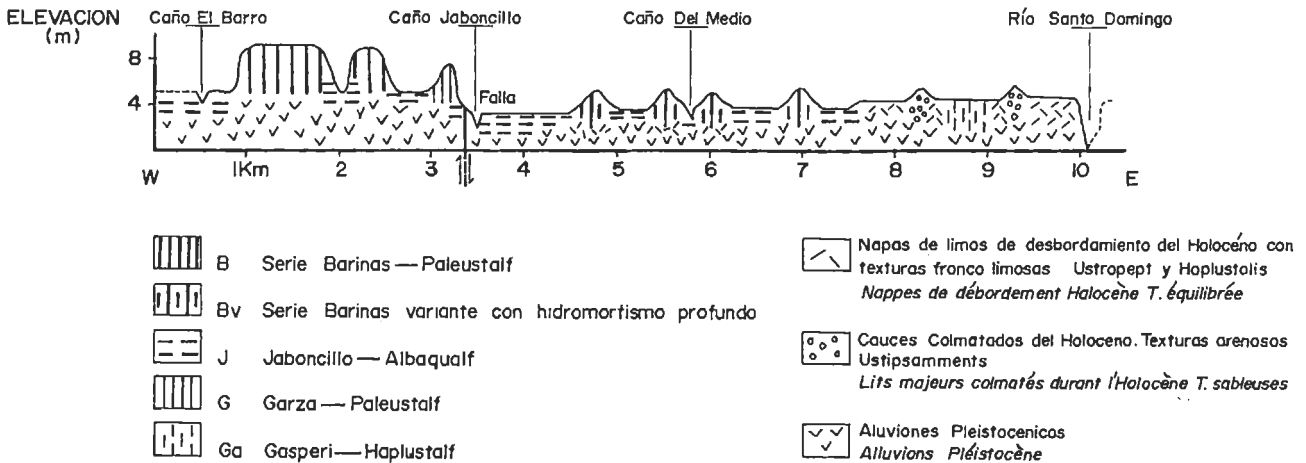


FIG. 6. - Coupe schématique W.E. à 18 km au sud de Barinas.
 Corte esquemático W.E. a 18 km al sur de Barinas.
 Schematic cross section 18 km south of Barinas.

TABLEAU II
 Sols de savanes saisonnières des llanos occidentaux
 Suelos de sabana de los llanos occidentales
 Seasonal savanna soils in western llanos

Type de Sol Tipos de Suelos	Prof.	Préc.	Arg. %	pH H2O	C %	N %	C/ N	P(1)	Al	Ca+K cmol(+)/kg.-1	Sum	CEC pH7	Sat %	Al % Al+S
1 Typic Kandiuustult	0-12	1 600	32	4,5	1,1	-	-	22	1,9	0,6	1,0	10,2	10	66
2 Kandic Paleuustult	0-08	1 600	23	4,9	1,8	-	-	2	1,0	1,4	2,1	14,2	15	32
3 Typic Haplustox	0-20	1 600	43	4,7	1,5	0,10	15	10*	-	0,6	0,9	9,6	9	-
4 Typic Haplustult	0-11	1 600	27	4,6	2,2	0,31	7	9*	-	1,7	1,9	14,6	13	-
5 Ultic Haplustalf	0-08	1 600	21	4,8	0,7	0,09	7	17*	-	1,6	1,8	6,4	28	-
6 Ultic Haplustalf	0-12	1 600	19	5,7	2,0	-	-	t	-	6,0	7,9	13,6	58	-
7 Kandic Paleuustult	0-15	1 500	8	5,0	0,6	0,13	5	9*	-	0,9	1,2	3,7	31	-
8 Typic Haplustalf	0-10	1 500	2	5,0	0,3	0,02	17	-	0,6	1,7	2,8	5,8	49	18
9 Typic Kandiuustult	0-12	1 500	9	5,8	0,2	0,03	7	44*	-	1,4	2,5	3,8	67	-
10 Typic Kandiuustult	0-20	1 700	11	4,8	0,9	-	-	3	0,7	0,9	1,5	5,8	26	32
11 Kanhaplic Haplustalf	0-07	1 500	12	6,0	1,6	0,31	5	97*	-	4,9	5,3	12,3	43	-
12 Ustic Dystropept	0-12	1 500	10	5,4	1,0	0,22	5	31*	-	1,9	2,1	8	27	-
13 Ustic Quartzipsamment	0-24	1 500	4	5,5	0,5	0,13	4	61*	-	1,0	1,3	4,8	27	-
14 Typic Haplustoll	0-30	1 500	15	5,5	1,2	0,09	13	132*	-	6,3	8,5	11,3	75	-
15 Ultic Haplustalf	0-16	1 600	6	5,3	1,2	0,10	12	t	0,4	1,4	2,1	7,5	28	16
16 Typic Haplustox	0-15	2 000	5	5,2	0,6	-	-	t	0,3	0,1	0,2	7,8	3	59
17 Ustic Quartzipsamment	0-08	1 700	2	4,4	0,6	-	-	5**	0,2	0,3	0,4	1,2	33	33

(1) P. BRAY (bas<15 mg/kg), Ac.citrique (bas<65 mg/kg)*, OLSON (bas<11 mg/kg)**

prédominant les ultisols et localement on trouvera des oxisols, quand les textures sont plus fines dès la surface.

Du fait du niveau des bases échangeables, on trouvera sur ces terrasses des savanes hyperdystrophiques ou dystrophiques. Les taux de saturation en aluminium échangeable sont élevés dans ces sols de terrasses. Ils augmentent encore en profon-

terrazas predominan los ultisoles y localmente los oxisoles, cuando las texturas son mas o menos finas desde la superficie.

Por el nivel de bases intercambiables, se presenta sobre estas terrazas tanto la condición de sabana hiperdistrófica como la distrófica. Los niveles de saturación con aluminio intercambiable son altos en los suelos sobre las terrazas e incre-

deur à cause de la diminution relative de la quantité de bases échangeables. Le profil 4 (STAGNO et GRANADOS, 1969) correspond à une terrasse intermédiaire. C'est un ultisol dystrophique avec une capacité d'échange cationique dans l'horizon B légèrement plus élevée que sur les sols des hautes terrasses.

Les profils 5 (STAGNO et GRANADOS, 1969) et 6 (LARREAL *et al.*, 1972) correspondent à des sols de collines avec de fortes pentes. Ce sont des surfaces d'érosion sculptées dans des roches sédimentaires de la fin du Tertiaire. Les alfisols sont prédominants, avec des variations considérables du contenu de bases échangeables. Le phosphore disponible est généralement bas dans ces sols mais, dans le cas du profil 1, on observe un effet résiduel de la fertilisation appliquée à une culture de sorgho.

Les savanes mésotrophes se trouvent souvent sur des sols bien représentés par le profil 6. Dans ce cas précis, il s'agit d'un sol sur un matériau original peu altéré à 80 cm de profondeur. Dans les sols des collines de piedmont, les bases échangeables augmentent généralement en profondeur.

SOLS DE TRANSITION PIEDMONT-LLANOS : « SÉRIE BOCONOÍTO »

Les profils 7 et 8 (STAGNO et GRANADOS, 1969 ; ZINCK et STAGNO, 1966) représentent des sols situés sur des plans inclinés au contact piedmont-llanos. Ils se sont formés à partir d'alluvions pléistocènes, déposées par épandage des ruisseaux issus du piedmont. Ce sont principalement des alfisols et des ultisols sableux, surtout en surface et les profils comportent fréquemment des couches de graviers à moins de 1 m de profondeur. Ces sols contiennent peu de phosphore disponible et une faible réserve d'eau utile.

BANCS SUPÉRIEURS ET MOYENS : « SÉRIES BARINAS, GARZA ET CAMORUCO »

Les profils 9 (profil 80 de SILVA, 1968-72), 10 (décrit à 15 km au sud-ouest de Barinas) et la série Barinas correspondent aux plus hauts niveaux des llanos occidentaux près du piedmont à une altitude de 20 à 25 m au-dessus des zones inondables. Le profil 9 est très représentatif de la série Barinas décrite par plusieurs auteurs (WESTEIN, 1964 ; ZINCK et STAGNO, 1966), cependant, il a une capacité d'échange cationique plus basse dans l'horizon B et moins de mica et de feldspaths dans la fraction sableuse. Il en va de même pour le profil 10 alors que la moyenne de la série Barinas est

mentan en profundidad debido a la disminución relativa de la cantidad de bases intercambiables. El perfil 4 (STAGNO y GRANADOS, 1969) corresponde a una terraza intermedia. Es un ultisol distrófico con una capacidad de intercambio catiónico en el horizonte B mayor que lo usual en los suelos de las terrazas altas.

Los perfiles 5 (STAGNO y GRANADOS, 1969) y 6 (LARREAL et al., 1972), corresponden a los suelos sobre colinas con fuertes pendientes. Son superficies de erosión esculpidas en rocas sedimentarias de fines del Terciario. Predominan los alfisoles, con variaciones considerables en el contenido de bases intercambiables. El fósforo disponible es bajo en estos suelos. En el caso del perfil 1 se observa el efecto residual de la fertilización aplicado a una siembra de sorgo.

La condición mesotrófica representada por el perfil 6 es bastante común. En este caso, se trata de un suelo con un lecho rocoso poco alterado a 83 cm de profundidad. En los suelos sobre colinas, usualmente se incrementan las bases intercambiables en profundidad.

SUELOS DE TRANSICION PIEDMONTE-LLANOS : «SERIE BOCONOITO»

Los perfiles 7 y 8 (STAGNO y GRANADOS, 1969) y (ZINCK y STAGNO, 1966) representan suelos ubicados sobre planos inclinados en el contacto piedmonte-llano. Se han formado a partir de aluviones pleistocénicos, depositados por procesos de explayamiento de caños que nacen en el piedmonte. Predominan alfisoles y ultisoles con elevados contenidos de arena, especialmente en los horizontes superficiales y frecuentemente se presentan estratos de grava a menos de 1 m de profundidad. Son suelos con bajos niveles de fósforo disponible y baja retención de humedad aprovechable.

BANCOS ALTOS Y MEDIANOS : « SERIES BARINAS, GARZA Y CAMORUCO »

Los perfiles 9 (perfil 80 de SILVA, 1968-1972) ; 10 (descrito 15 km al suroeste de Barinas) y la serie Barinas corresponden a los bancos altos de los llanos occidentales en la franja adyacente al piedmonte con una altura de 20 a 25 m más alta que las zonas inundables. El perfil 9 es muy parecido a la serie Barinas descrita por varios autores (WESTEIN, 1964 ; ZINCK y STAGNO, 1966), con la cual ha sido correlacionada, sin embargo, tiene una capacidad de intercambio catiónico más bajo en el horizonte argílico y menores contenidos de mica y de feldspatos en la fracción arena. Lo mismo se puede decir del per-

bien représentée par le profil du Jardin botanique décrit en détail ci-dessous.

Les bancs de niveau moyen n'ont qu'une altitude relative de 5 à 10 mètres par rapport aux zones inondables. Les sols se caractérisent surtout par une hydromorphie plus marquée que celle de la série Barinas, ce qui peut se traduire par des couleurs plus pâles où le rouge est remplacé plus ou moins progressivement par le jaune et les taches indicatrices de l'hydromorphie.

Pour conclure, il faut retenir que les sols des terrasses hautes et moyennes du piedmont, les plans inclinés du contact piedmont-llanos et les bancs supérieurs et moyens des llanos ont comme caractéristiques communes les faibles contenus de bases échangeables et de phosphore disponible et une rétention de l'eau utile faible à très faible. Cette dernière caractéristique provient à la fois des textures grossières en surface et de la dominance des argiles kaoliniques et des faibles teneurs en matière organique. Les ultisols et les alfisols sont les ordres prédominants, alors que les oxisols n'occupent que des surfaces mineures dans les hautes terrasses.

BANCS INFÉRIEURS ET ZONES BASSES DU SUD DE BARINAS ET DU NORD DE L'APURE : « SÉRIE JABONCILLO » ET SOLS MÉSOTROPHES

Les profils 11, 12 et 13 (STAGNO et GRANADOS, 1969), 14 (PINT, 1982) et 15 (décrits dans le périmètre du module Unellez de l'Apure) se situent sur les bancs inférieurs des llanos occidentaux avec une végétation de savane et de petites surfaces boisées (matas). Ils ne sont surélevés que de 2 à 3 m par rapport aux surfaces basses voisines. Sur les bancs, les sols les plus communs sont les alfisols (Haplustalf n° 11) dystrophiques à mésotrophiques et, dans une moindre proportion, les inceptisols dystrophiques (Dystropept n° 12).

Les entisols sableux (Quartzipsamments n° 13 et Ustipsamments) sont peu étendus : ils occupent des lits colmatés, en association avec des inceptisols et des alfisols. La formation végétale normale de ces bancs correspond aux savanes saisonnières. Mais à ces savanes sont associées des extensions égales ou supérieures de savanes hyper-saisonnières, où prédominent les sols argileux et inondables (surtout alfisols mal drainés de textures fines de la série Jaboncillo, mais aussi parfois inceptisols et vertisols).

Les mollisols des savanes mésotrophes à eutrophes se trouvent localisés principalement au sud de l'État de Barinas entre le caño « Guanare

fil 10 mientras que el promedio de la serie Barinas esta bien representado por el perfil del Jardin Botánico descrito detalladamente más adelante.

Los llamados bancos medianos solo tienen una altura relativa de cinco a diez metros en relación a las zonas inundables. Se caracterizan mas que todo por una hidromorfía más marcada que la de la Serie Barinas lo que se puede traducir por colores más pálidos donde el rojo es sustituido de manera más o menos progresiva por el amarillo y la invasión de manchas indicadora de la hidromorfía.

Podemos concluir diciendo que los suelos de terrazas altas y medianas del piedemonte, los de los planos inclinados del contacto piedemonte-llano y de los bancos altos del llano, tienen como características comunes los bajos contenidos de bases intercambiables y de fósforo disponible y una retención de agua aprovechable baja a muy baja. Esta última característica se desprende tanto de las texturas usualmente gruesas de los horizontes superficiales, como del predominio de arcillas caoliníticas y de los bajos contenidos de materia orgánica. Los ultisoles y alfisoles son los ordenes predominantes, mientras que los oxisoles ocupan extensiones menores en las terrazas altas.

BANCOS BAJOS Y BAJIOS DEL SUR DE BARINAS Y DEL NORTE DE APURE : « SERIE JABONCILLO » Y SUELOS MESOTROFICOS

Los perfiles 11, 12 y 13 (STAGNO y GRANADOS, 1969), 14 (PINT, 1982), y 15 (descrito en el Módulo de la UNELLEZ en Apure) se ubican sobre los bancos bajos en los llanos occidentales con vegetación de sabana y con pequeñas áreas boscosas (matas). Tienen una elevación de 2 a 3 m solamente sobre los bajios vecinos. Sobre los bancos los suelos más comunes son los alfisoles (Haplustalf n° 11), distróficos a mesotróficos y en menor proporción los inceptisoles distróficos (Dystropept n° 12). Los entisoles arenosos (Quartzipsamment n° 13 y Ustipsamments) son poco extensos, ocupando cauces colmatados, asociados con inceptisoles y alfisoles. La formación vegetal normal de estos bancos son sabanas estacionales. Pero, a estas sabanas se asocian extensiones equivalentes ó mayores de sabanas hiperestacionales, donde predominan suelos arcillosos e inundables (principalmente alfisoles de texturas finas y drenaje pobre de la serie Jaboncillo, pero también a veces inceptisoles y vertisoles).

Los mollisoles mesotróficos a eutróficos bajo sabana, se encuentran localizados principalmente al

viejo » et le río Acequia. La présence de végétation sylvestre en quantité appréciable, accompagnant les savanes sur sols mésotrophes à eutrophes, paraît indiquer que, au moins dans ce cas, le sol ne détermine pas le type de végétation présente. Dans les zones basses, où la végétation arborée ne peut pas s'établir à cause de l'alternance d'humidité et de sécheresse excessives au cours de l'année, la savane serait originelle (BLANCANEUX *et al.*, 1982). À partir de ces positions basses, la formation secondaire des savanes saisonnières pourrait être favorisée dans les positions hautes non inondables par l'action du feu qui partirait des savanes hypersaisonnnières primaires des zones basses.

Certains de ces sols ont des niveaux élevés de bases échangeables et de phosphore disponible et sont de plus en plus utilisés pour la production agricole.

BANCS DE SABLE ET PLATEAU DU SUD DE L'APURE

Les profils 16 (décrits par le MARNR, près de Puerto Páez) et 17 (MARNR, 1982) se situent dans des savanes à *Trachypogon* dans le sud de l'État d'Apure. Le n° 16 correspond à un sol situé dans la partie haute du plateau entre les ríos Cinaruco et Meta. Il s'agit d'un sol de texture sableuse à limono-sableuse dont le contenu d'argile augmente très graduellement en profondeur. Le profil 17 est représentatif des bancs de sable quartzueux profonds qui occupent des surfaces importantes entre les ríos Capanaparo et Cinaruco. À ces deux sols, qui retiennent très peu d'eau utile et dont les bases échangeables diminuent en profondeur au profit de l'aluminium, correspondent des savanes hyperdytrophiques typiques.

Les possibilités d'utilisation de ces sols sont très limitées. Les pâturages naturels sont pauvres et ne supportent qu'une faible charge animale, et il est difficile d'introduire des espèces fourragères de meilleure qualité. Le développement de l'élevage est affecté par une sévère déficience des éléments nutritifs minéraux, qui donne lieu à des troubles physiologiques chez les animaux et provoque de fréquentes fractures osseuses. Le potentiel agricole est également très limité à cause de la faible capacité de rétention d'eau utile et d'éléments nutritifs minéraux, sans parler des risques sévères d'érosion éolienne.

LE PROFIL DU JARDIN BOTANIQUE

Une fois défini le contexte régional, il est maintenant possible de donner une description plus

sur de Estado Barinas entre el caño Guanare viejo y el río Acequia. La presencia tanto de bosque como de vegetación de sabana sobre suelos mesotróficos a eutróficos, parece indicar que, por lo menos en este caso, el suelo no determina el tipo de vegetación presente. En los bajíos, donde la vegetación arbórea no puede establecerse por la alternancia de exceso y falta de humedad durante el transcurso del año, la sabana sería primaria. A partir de estas posiciones bajas se pudiera favorecer la formación secundaria de las sabanas estacionales en los bancos, por acción del fuego que se originaría en las sabanas hiperestacionales de los bajíos.

Algunos de estos suelos de bajo tienen niveles de bases intercambiables y de fósforos disponible elevados y se utilizan cada día más para la producción agrícola.

MÉDANOS Y ALTILLANURA DEL SUR DE APURE

*Los perfiles 16 (descritos por el MARNR, cerca de Puerto Páez) y 17 (MARNR, 1982) se ubican en sabanas de *Trachypogon* en el sur del Estado Apure. El 16 corresponde a un suelo ubicado en la parte alta de la altillanura entre los ríos Cinaruco y Meta. Es un suelo cuyo contenido de arcilla incrementa en forma muy gradual en profundidad desde una textura arenosa hasta una textura franco arenosa. El perfil 17 es representativo de los médanos constituidos por arenas cuarzosas profundas, los cuales ocupan superficies importantes entre los ríos Capanaparo y Cinaruco. Ambos suelos corresponden a sabanas hiperdistróficas y retienen muy poca humedad aprovechable. En profundidad disminuyen los niveles de bases intercambiables y predomina aún más el aluminio intercambiable.*

Las posibilidades de utilización de estos suelos son muy limitadas. Los pastos naturales son pobres originando una baja capacidad de carga animal y es difícil introducir pastos de mejor calidad. La ganadería es afectada por la severa deficiencia de nutrientes minerales, la cual origina trastornos fisiológicos en los animales y fracturas de huesos con gran facilidad. La agricultura se restringe por la baja cantidad y capacidad de retención de nutrientes minerales, baja humedad aprovechable y riesgos severos de erosión eólica.

EL PERFIL DEL JARDIN BOTÁNICO

Una vez definido de una manera general el contexto regional se puede dar una descripción mas detallada y precisa del perfil del suelo del Jardín Botánico. Sobre el suelo representado por el perfil de dicha estación, se ubicaron muchos de

détaillée et précise du profil du sol du Jardin botanique. Sur le sol représenté par le profil de cette station se sont déroulés beaucoup des essais agronomiques réalisés dans la zone comme nous le verrons plus loin.

ZINCK et STAGNO (1966) reconnaissent dans les alfisols de la série Barinas quatre types de sol, différenciés par la texture et la présence d'un hydromorphisme profond qui affecte moins de 10 % de la surface totale, surtout dans les bancs inférieurs. Les études de sol réalisées ultérieurement n'ont pas changé ces déterminations, si ce n'est au niveau de l'évolution du vocabulaire taxinomique.

Outre le profil prélevé dans le jardin même qui appartient au type le plus argileux et le moins affecté par l'hydromorphie, deux profils situés dans les environs immédiats de Barinas (niveau Q2 mentionné ci-dessus) ont été utilisés pour sa description, les analyses de laboratoire et sa classification comme Kandic Paleustalf selon le dernier document émis par le *Soil Survey Staff* (1990). La justification précise de cette classification taxinomique fait l'objet de l'annexe II.

La principale différence avec les sols de savane mentionnés dans le tableau II est que le sol du Jardin botanique (n° 3) a un taux de saturation en bases plus élevé que la majorité des sols, à cause du chaulage initial effectué au moment du défrichage et de la fertilisation pratiquée chaque année sur les lieux du prélèvement.

Le couleur rouge qui caractérise la série Barinas est due à la libération du fer de la biotite présente en grandes quantités dans le matériel sous-jacent (ZINCK et STAGNO, 1966). Ce fer libéré joue sans doute un rôle important dans l'édification et la stabilité de la structure, mais il faudrait encore faire une étude micromorphologique et physico-chimique détaillée pour pouvoir visualiser et vérifier cela.

Les horizons Ap1 et Ap2, qui peuvent atteindre 30 cm de profondeur, sont très sableux, avec une structure fragile qui varie au cours de l'année. Cette structure est d'habitude plus grumeleuse en fin de saison pluvieuse et se désagrège à la fin de la saison sèche quand toute l'activité biologique est apparemment paralysée par manque d'eau. Les argiles des horizons supérieurs subissent un lessivage probablement accéléré par le labour, qui à la fois mélange la partie supérieure du Bt et la partie compacte en formant une semelle de labour très dense (densité apparente 1,8 g/cm³).

los ensayos realizados en la zona como lo veremos más adelante.

ZINCK y STAGNO (1966) reconocen en la Serie Barinas cuatro tipos de suelo del orden alfisol, diferenciados por la textura y la presencia de hidromorfismo profundo que afecta a menos del 10 % de la superficie total, especialmente los bancos bajos. Los estudios siguientes no han cambiado las determinaciones ulteriores que solo tomaron en cuenta la evolución del vocabulario taxonómico.

Además del perfil muestreado en el mismo Jardín que pertenece al tipo más arcilloso y menos afectado por la hidromorfía, dos perfiles situados en los alrededores inmediatos de Barinas (nivel Q2 más arriba mencionado), fueron utilizados para su descripción, análisis en laboratorio y clasificación como Kandic Paleustalf según el último documento emitido por el Soil Survey Staff (1990). Se encuentra en el Anexo II la justificación precisa de esta clasificación taxonómica.

La principal diferencia con los suelos de sabana mencionados en la tabla II, es que el suelo de Barinas tiene una tasa de saturación de bases más alta que la mayoría de los suelos, probablemente por haber sido encalado al momento del cultivo inicial y fertilizado cada año en el lugar de muestreo.

El color rojo que caracteriza la serie Barinas se debe al hierro de la biotita presente en cantidades importantes en el material sub-yacente (ZINCK y STAGNO, 1966). Este hierro liberado tiene ciertamente un papel importante en la edificación y la estabilidad de la estructura pero falta todavía un estudio físico-químico y micromorfológico detallado para poder visualizar y comprobar el hecho.

Los horizontes Ap1 y Ap2, de aproximadamente 30 cm de profundidad, son muy arenosos, con una estructura frágil que varía durante el año. Esta estructura suele ser más grumosa al final de la estación lluviosa y desagregada al final del verano cuando aparentemente se paraliza toda la actividad biológica por falta de agua. Las arcillas de los horizontes superiores sufren un lavado probablemente acelerado por el laboreo, que a la vez mezcla la parte superior del Bt y lo compacta formando un piso de arado muy denso como lo muestra la alta densidad aparente (1.8 g/cm³).

Este lavado superficial, se superpone a un lavado mucho más antiguo que provocó la formación del actual Bt. Estos horizontes B poseen una

Ce lessivage superficiel se superpose à un lessivage plus ancien qui a provoqué la formation de l'actuel Bt. Ces horizons Bt ont une capacité de rétention d'eau relativement élevée (25 % à 27 %) à cause de leur forte teneur en argile. Mais plus de la moitié des réserves hydriques de ces horizons n'est pas utilisable — ou difficilement — comme on a pu le vérifier par les valeurs élevées du point de flétrissement (entre 10 et 15 % à pF 4,2 au laboratoire).

Des essais en parcelles d'érosion montrent que la série Barinas est généralement résistante à l'érosion, grâce aux textures grossières ou moyennes qui ne permettent pas l'orientation des argiles, la formation de films et la fermeture de la porosité, empêchant ainsi le transport des particules éventuellement détachées par la pluie (PAEZ, 1985 ; ACEVEDO, 1987). Cependant, faute de porosité moyenne, le sol se sature rapidement (35 % d'humidité à la saturation), ce qui peut provoquer une imperméabilisation temporaire du système et le ruissellement dans le cas de pluies torrentielles, ce qui favorise la perte latérale de matériel organo-minéral.

Le contenu de matière organique est de 1,4 % dans l'horizon de surface, c'est-à-dire supérieur au « niveau critique » détecté en Afrique dans des sols similaires (0,8 %). Le concept de « niveau critique » se réfère au fait que au-dessous de ce niveau on observe une réduction drastique de la fertilité (FELLER *et al.*, 1988).

Compte tenu des déterminations de phosphore disponible par la méthode « Olsen », la matière organique de ce sol doit avoir une capacité d'échange anionique appréciable. Au contraire, la C.E.C. est basse et fluctue de 1 à 3 cmol(+).kg⁻¹ de sol vers le fond du profil, ce qui réduit la capacité de ce sol à accumuler des réserves minérales à partir des fertilisants.

En conclusion, on doit retenir que le sol de la station expérimentale du Jardin botanique représente le meilleur des sols de savane dystrophiques en raison de son statut chimique favorable et d'une rétention d'eau utile qui, bien que limitée, est cependant suffisante pour résister relativement bien aux stress hydriques. Ceux-ci sont toujours possibles, en particulier ceux que provoquent les « veranitos », petites périodes sèches qui interrompent parfois la saison pluvieuse. Il faut cependant rappeler que les phénomènes sporadiques de ruissellement provoqués parfois par les propriétés hydriques de ce sol devraient être étudiés plus en détail et comparés avec des zones non cultivées.

capacidad de retención de agua relativamente alta (25 % a 27 %) como resultado de su alto contenido de arcillas. Pero, más de la mitad de las reservas hídricas de estos horizontes no son utilizables por la vegetación o son difícilmente utilizables, como lo sugieren los altos valores del punto de marchitez medidas a pF 4,2 en el laboratorio (entre 10 y 15 % de humedad a pF 4,2 al laboratorio).

Pruebas en bandejas de erosión muestran que la Serie Barinas es generalmente resistente a la erosión debido a que las texturas gruesas a medias dificultan la orientación de las arcillas, la formación de films y el sellado de la superficie y el subsecuente transporte de las partículas separadas por la lluvia (PAEZ, 1985, ACEVEDO, 1987). Sin embargo, por falta de porosidad mediana, el suelo se satura rápidamente (35 % de humedad a la saturación), lo que puede provocar una impermeabilización temporal del sistema y el escurrimiento en el caso de lluvias torrenciales, favoreciendo la pérdida lateral de material organo-mineral.

*El contenido de materia orgánica es de 1,4 % en el horizonte de superficie, superior al « nivel crítico » detectado en Africa en suelos similares (0,8 %). El concepto de « nivel crítico » se refiere al hecho que por debajo de este nivel se reduce drásticamente la fertilidad (FELLER *et al.*, 1988).*

De acuerdo a las determinaciones de fósforo disponible mediante la prueba « Olsen », la materia orgánica de este suelo debe tener una capacidad de intercambio aniónico apreciable. Por lo contrario, la baja C.I.C. fluctúa de 1 a 3 cmol (+).kg⁻¹ de suelo a medida que se avanza en el perfil, lo que reduce la capacidad de este suelo de acumular reservas minérales a partir de los fertilizantes.

En conclusión, se debe recordar que el suelo de la Estación Experimental del Jardín Botánico representa el mejor de los suelos de sabanas distróficas por tener un estatus químico favorable y una retención de agua que aún limitada, es suficiente para resistir relativamente bien los siempre posibles stress hídricos provocados por los « veranitos », cortos períodos de sequía que a veces interrumpen la estación lluviosa. Sin embargo es conveniente señalar que los fenómenos esporádicos de escurrimiento que pueden provocar sus propiedades hídricas, deberían estudiarse mas detalladamente en comparación con otras zonas no cultivadas.

TABLEAU III
 Comparaison d'horizons de surface d'autres sols de savane d'Amérique latine et d'Afrique
 Comparación de horizontes superficiales, de otros suelos de sabana de América latina y África
 Comparison between surface horizons from other savanna soils in Latin America and Africa

Localisation et types de sol	Préc. mm/an	Argile %	pH eau	C %	N %	CN	P mg/kg	Al (KCl) cmol (+) kg. ⁻¹	CEC cmol (+) kg. ⁻¹ sol tot.	pH7 argile	Ca+K = S	Sat. %	Al% Al+S
1 Barinas VEN kandic Paleustalf	1600	18	5,4	0,90	0,06	15	0,7	-	1,4	7,80	0,72	63	-
2 Barinas VEN Haplustox	1700	27	4,9	1,00	0,05	20	1,3	2,3	3,4	12,59	0,09	6,4	96
3 Guarico VEN tipic Quartzipsamment	1200	3,5	5,6	0,08	0,004	20	2,0	0,1	0,7	20,00	0,08	27	56
4 Amazonas VEN Aquox	2900	0	4,5	1,20	0,08	15	0,5	-	5,2	-	0,16	3,5	-
5 Boyaca COL tipic Tropept	2000	9,8	3,9	0,98	0,07	14	8,7	1,83	4,2	42,86	0,54	27	77
6 Meta COL tipic Normudult	3000	21	4,4	1,33	0,13	10	4,4	2,37	9	42,86	0,43	11	85
7 Meta COL tropeptic Haplustox	1700	27	4,9	1,00	0,05	20	1,3	2,3	3,4	12,59	0,09	6,4	96
8 Cerrado BRA Paleustalf	1500	26	5,9	2,10	0,14	15	-	0,1	9,8	37,69	2,26	41	4
9 Cerrado BRA Latosol rojo oscuro	1500	41	5,5	1,55	0,13	12	1,0	1,2	8,2	20,00	1,84	26	39
10 Cerrado BRA tipic Haplustox	1700	49	4,6	1,16	0,09	13	-	1,2	7,5	15,31	0,36	7	71
11 Cerrado BRA anionic Acrudox	1500	32	4,7	0,93	0,08	12	1	0,6	4,4	13,75	0,14	5	75
12 Cerrado BRA anionic Acrustox	1500	72	4,6	2,2	0,14	16	1	1	7,4	10,28	0,07	3	83
13 Cerrado BRA rhodic Haplustox	1500	45	4,9	1,76	0,21	8	2	1,9	10,2	22,67	0,14	5	79
14 Sabana RWANDA kandic Paleustalf	800	23	5,7	1,23	0,113	11	-	0	7	32,17	3,6	69	0
15 Sabana COL tipic Haplustox	1800	35	4,7	2,37	0,16	15	4	2,9	13,6	38,86	0,4	5	81

COMPARAISON AVEC D'AUTRES SAVANES
DU VENEZUELA ET D'AUTRES PARTIES DU
MONDE : POTENTIEL DE LA STATION DE
BARINAS

Comparaison des caractéristiques analytiques

En vue de comparer le sol de la station de Barinas avec des sols d'autres savanes d'Amérique latine et du monde, nous avons réuni dans le tableau III une collection de résultats analytiques correspondant à des horizons superficiels comme il est habituel de le faire dans les multiples tentatives d'évaluation de « fertilité » des sols en se basant sur les paramètres analytiques d'une collection de profils (DABIN, 1986). Le simple examen de ces résultats suffirait à établir clairement la représentativité de la station de Barinas au niveau des savanes saisonnières dystrophiques. Un autre paramètre pédochimique de première importance pour l'utilisation agricole est la présence d'aluminium échangeable capable de provoquer des phénomènes de toxicité sur les plantes cultivées communes. Ce paramètre n'est pas toujours mesuré en routine, mais il est assez étroitement corrélé avec le pH et la nature minéralogique de la phase argileuse (DABIN, 1985). Cette corrélation ($y = -1,09 + 6,62$ avec $r = 0,68$) se retrouve dans les llanos comme on peut le voir dans la fig. 7. Mais la faible valeur du coefficient de corrélation donne l'occasion de rappeler que cette corrélation doit être utilisée avec prudence, surtout lorsque les analyses ne proviennent pas du même laboratoire.

L'inconvénient de ces évaluations de fertilité potentielle des sols est qu'elles peuvent difficilement appuyer des décisions d'utilisation parce qu'elles sont peu accessibles au non-spécialiste. Mais surtout elles ne donnent aucune garantie sur le résultat d'une politique d'utilisation des sols de toute une région menée en se basant sur les résultats analytiques d'un profil isolé dont la signification dans le paysage est rarement évoquée dans les rapports. Cette signification peut seulement être obtenue au prix d'une étude détaillée de zones choisies de manière à réunir, sur une surface réduite, tous les éléments reconnus dans le paysage régional et qui représentent les principaux termes du processus évolutif reliant entre elles les unités de la couverture pédologique. Un travail de ce type pourrait s'inspirer d'une étude réalisée sur une séquence sol ferrallitique-podzol par BOULET *et al.* (1985) en Guyane française.

COMPARACION CON OTRAS SABANAS DE
VENEZUELA Y DE OTRAS PARTES DEL
MUNDO : POTENCIAL DE LA ESTACION DE
BARINAS

Comparación de las características analíticas

Con la finalidad de comparar el suelo de la Estación de Barinas con suelos de otras Sabanas de América Latina y del mundo, hemos reunido en la Tabla III, una colección de resultados analíticos correspondientes a horizontes superficiales como se suele hacer en las múltiples tentativas de evaluación de « fertilidad » de los suelos basadas en los parámetros analíticos de una colección de perfiles (DABIN, 1986). Solo el examen de estos resultados dejaría claramente establecida la representatividad de la Estación de Barinas a nivel de las Sabanas estacionales distróficas.

Otro parámetro edáfico de primera importancia para el uso agrícola es la presencia de aluminio intercambiable capaz de provocar fenómenos de toxicidad sobre las plantas comúnmente cultivadas. Este parámetro no es tan rutinario, pero tiene una correlación bien establecida con el pH y la naturaleza mineralógica de la fase arcillosa (DABIN, 1985). Dicha correlación ($y = -1,09 + 6,62$ con $r = 0,68$) se vuelve a encontrar en los suelos de los llanos como se puede notar en la figura 7. El coeficiente de correlación es solamente de 0,68 lo que demuestra que dicha correlación debe ser utilizada con prudencia más que todo cuando todos los análisis no provienen del mismo laboratorio.

El inconveniente de dichas tentativas de evaluación de la fertilidad potencial de los suelos es que difícilmente pueden dar apoyo a las decisiones de uso por ser poco accesibles al no especialista. Además no dan ninguna garantía sobre el resultado de una política de utilización de los suelos basada sobre resultados analíticos de un perfil cuyo significado en el paisaje está pocas veces evocado en los informes. Este significado solo puede resultar de un estudio detallado de las zonas más significativas escogidas por reunir, en una superficie reducida, todos los elementos reconocidos en el paisaje regional y que representan los principales pasos del proceso evolutivo de la cobertura pedológica. Un trabajo de este tipo podría hacerse según el estilo de los estudios realizados por BOULET *et al.* (1985), en la Guyana francesa.

En efecto, si uno observa las relaciones entre los alfisoles de la serie Barinas, incluyendo su degra-

En effet, si on observe les relations entre les alfisols de la série Barinas — y compris leur dégradation par hydromorphie — les alfisols des séries Gasperi, Garza, Jaboncillo et les ultisols associés, il semble plausible que les sols de cette région forment une série évolutive bien que le matériel déposé initialement par les processus d'épandage en nappes ait pu se classer granulométriquement depuis l'axe des rivières jusqu'aux zones périphériques où sont arrivées les particules les plus fines.

Selon les observations initiales de ZINCK (1966), ces matériels pourraient avoir passé par au moins deux épisodes de dégradation sous l'effet des alternances de dessiccation et hydratation. Il observe dans tous les profils les effets d'un hydromorphisme ancien, qui donne au fer dérivé de l'altération des minéraux primaires, en particulier la biotite, une forme hydratée de type goethite. Dans les sols des bancs supérieurs bien drainés, seules resteraient de ces phases hydromorphes initiales des concrétions ferro-manganiques noires. Postérieurement, tout le fer du profil aurait été transformé en hématite par le processus de rubéfaction caractéristique de la série Barinas et dû à la dessiccation extrême qui se produit durant la saison sèche. Les lessivages durant les saisons pluvieuses ont ensuite formé le B textural caractérisant ces alfisols.

À cet hydromorphisme ancien pourrait se superposer un autre plus récent lié soit à la nappe phréatique en profondeur dans les positions basses, soit aux nappes perchées qui ont pu se former ou qui se forment encore à cause de la faible perméabilité des horizons B de ces sols. Pour ZINCK, les sols des séries Gasperi, Garza et *a fortiori* Jaboncillo n'ont jamais été affectés par la rubéfaction. Leur position topographique basse ne donnerait pas aux profils l'occasion de passer par des phases de dessiccation aussi poussées que la série Barinas, même pendant la saison sèche. De plus, il observe premièrement une invasion latérale des profils des bancs par des phénomènes d'hydromorphisme caractérisant habituellement les parties basses. Deuxièmement, il note dans les nombreuses dépressions fermées qui affectent une grande partie de la surface des bancs la présence de profils très similaires à ceux des séries de sol des positions basses.

À ces observations de ZINCK, nous pouvons ajouter le fait notable que la grande majorité de ces dépressions ont une forme parfaitement circulaire.

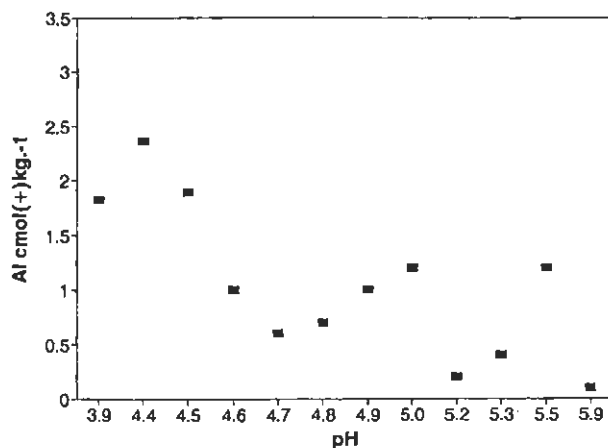


FIG. 7. — Correlation pH, Al⁺⁺⁺ échangeable dans les sols des llanos occidentaux du Venezuela.

Correlación pH, Al⁺⁺⁺ intercambiable en los suelos de los llanos occidentales de Venezuela.

Correlation pH, exchangeable Al⁺⁺⁺ in the soils of the western llanos of Venezuela.

dación hidromórfica, los alfisoles de las series Gasperi, Garza, Jaboncillo y ultisoles asociados, parece posible que los suelos de esta región formen una serie evolutiva aún si el material depositado inicialmente por los procesos de explayamiento y napas ha podido clasificarse granulométricamente desde el eje de los ríos hasta las partes periféricas donde llegaron las partículas más finas.

Según las observaciones iniciales de ZINCK (1966) dichos materiales podrían haber sufrido por lo menos dos episodios de degradación bajo efecto de alternancia de desecación e hidratación. El observa los efectos de un hidroformismo antiguo en la totalidad de los perfiles, dando al hierro, derivado de la alteración de los minerales primarios en particular biotita, una forma hidratada tipo goethita. En los suelos de los bancos altos bien drenados, solo quedaban de estas fases hidromórficas iniciales concreciones ferro mangánicas negras. Posteriormente, todo el hierro del perfil había sido transformado en hematita por el proceso de rubefacción característico de la serie Barinas y relacionado con la extrema desecación que se produce durante la estación seca. El lavado de las estaciones lluviosas formó el B textural caracterizando estos alfisoles.

A este hidroformismo antiguo, se podría superponer uno más reciente relacionado ya sea con la napa freática en profundidad en las posiciones más bajas o ya sea con las napas colgantes que se

Cette forme et le modelé des contours permet d'écarter l'hypothèse de lagunes artificielles. Ces sites très favorables pour l'interprétation géochimique du phénomène seront mis à profit dans un travail ultérieur.

Cette interprétation pourrait se construire à partir d'hypothèses similaires à celles qui ont guidé SOUBIES et CHAUVEL (1985) dans l'explication de certains systèmes de sol observés au Brésil, où le latosol initial est détruit par une succession de phénomènes de réduction du fer et de ferrolyse et xerolyse des argiles.

Dans le cas de la série Barinas et des séries voisines, il est possible que nous soyons en présence du début d'un processus de destruction progressive de la structure initialement basée sur des ciments ferrugineux sous l'influence combinée des processus réducteurs durant la saison humide et de la forte dessiccation des profils durant la saison sèche. Ce processus en serait seulement à sa phase initiale, ce qui pourrait expliquer les dépressions circulaires qui se forment à la surface des bancs des positions moyennes et basses sous l'effet d'un processus d'altération isotrope dans un milieu homogène.

Ultérieurement, lorsque les dépressions initiales se rejoindront, le banc pourrait se trouver dans un état similaire à celui décrit par le même CHAUVEL (1977) au Sénégal où le sol initial subsiste seulement sous forme de relique.

HISTOIRE AGRONOMIQUE DE LA RÉGION ET DE LA STATION DE BARINAS

Développement agricole des llanos occidentaux

À la fin de la période coloniale, les alentours de la ville de Barinas produisaient en abondance la canne à sucre, le tabac, le coton, le cacao et l'indigotier. On y pratiquait aussi l'élevage des bovins, des chevaux et des mules (DE ALCEDO, 1789). L'activité agricole se concentrait probablement surtout en sous-bois au long du río Santo Domingo sur les sols alluviaux récents. L'usage des savanes était limité à l'élevage. La dégradation de l'économie des llanos durant le XIV^e siècle en raison de la guerre d'indépendance et des guerres civiles qui ont suivi a provoqué une diminution considérable de la population.

Au début des années cinquante, l'activité agropastorale se limitait encore essentiellement à l'éle-

puieron formar o se forman todavía debido a la reducida permeabilidad del horizonte B de estos suelos. Para ZINCK, los suelos de las Series Gasperi, Garza y a fortiori Jaboncillo no han sido nunca afectados por la rubefacción. Su posición topográfica baja no daría oportunidad a los perfiles de sufrir procesos de desecación tan intensos como en la Serie Barinas aún en la estación seca. Además él observa primero una invasión lateral de los perfiles de banco por el hidromorfismo que caracteriza los bajos. Segundo, nota en las numerosas depresiones cerradas que afectan la superficie de los bancos, que se encuentran perfiles de suelo muy similares a los de las series de posición baja.

A estas observaciones de ZINCK, podríamos agregar el hecho destacado que consiste en que la gran mayoría de estas depresiones tienen una forma perfectamente circular. Esta forma y el modelado de los bordes permite descartar la hipótesis de lagunas artificiales. Estas condiciones parecen muy favorables y para la interpretación geoquímica del fenómeno se utilizarán en un trabajo ulterior.

Dicha interpretación podría construirse a partir de hipótesis similares a las que sirvieron de guía a SOUBIES y CHAUVEL (1985) en la interpretación de algunos sistemas de suelo observados en Brasil donde el latosol inicial se ve destruido por una sucesión de fenómenos de reducción del hierro y de ferrólisis y xerólisis de las arcillas.

En el caso de la serie Barinas y de las series vecinas, podríamos estar en presencia del inicio de un proceso de destrucción progresiva de la estructura inicialmente construida con el hierro bajo la influencia de los procesos reductivos durante la estación húmeda y de la fuerte desecación de los perfiles durante la estación seca. Este proceso estaría solamente en una fase inicial lo que podría explicar la forma circular de las depresiones que se forman en la superficie de los bancos medianos y bajos por un proceso de alteración isotrópica en un medio homogéneo. Más adelante, al juntarse las depresiones iniciales el banco podría llegar a un estado similar al descrito por el mismo CHAUVEL (1977) en Senegal donde el suelo inicial solo subsiste en forma de reliqua.

HISTORIA AGRONOMICA DE LA REGION Y DE LA ESTACION DE BARINAS

Desarrollo agrícola de los llanos occidentales

Para fines del período colonial abundaba alrededor de la ciudad de Barinas la producción de caña

vage bovin extensif. La production végétale ne dépassait pas les nécessités de la consommation locale.

À partir de 1960, l'activité agricole se développe avec la mécanisation et la production animale s'intensifie grâce aux fourrages introduits qui déplacent progressivement les espèces spontanées. On assiste également à l'établissement de systèmes d'irrigation et de nouveaux hameaux paysans, dans le cadre de la Réforme agraire.

La nouvelle activité agricole commence de préférence sur les sols alluviaux récents au prix d'une intense déforestation. Les principales cultures sont le maïs, le coton, le riz (principalement dans les savanes mal drainées), le sorgho, les musacées et le manioc. Durant les quinze dernières années, grâce à l'utilisation de fertilisants subventionnés et de pratiques culturelles inspirées des techniques en usage sous d'autres latitudes, les cultures mécanisées et les fourrages artificiels ont occupé des superficies croissantes de savane bien drainée, à commencer par la série Barinas. Cependant, dans la majorité des cas, la productivité est restée relativement faible.

En conséquence, la première priorité de recherche devrait actuellement consister à effectuer de nouvelles observations de terrain en se basant sur les études antérieures afin de mieux comprendre les relations entre les différentes unités pédologiques. De telles études devraient se consacrer tout d'abord à établir les lois de variation spatiale des propriétés édaphiques les plus étroitement reliées à l'utilisation agricole des sols : les propriétés hydrodynamiques, les activités biologiques et leur relation avec la disponibilité des éléments nutritifs, la toxicité aluminique.

La station expérimentale de l'université des Llanos

La Unellez, fondée en 1975, compte parmi ses objectifs celui de contribuer au développement de l'agriculture régionale grâce à la recherche, à la vulgarisation et à la formation de techniciens agricoles. Le Jardin botanique de Barinas a été établi pour contribuer à la connaissance et à la protection de la flore régionale tout en consacrant une partie de sa surface à servir de station expérimentale pour l'agriculture. Dans ce périmètre ont été organisées, par exemple, des plantations d'arbres fruitiers tropicaux de climat chaud. Grâce à une convention avec une fondation privée (Fondation Polar) ont été réalisés également des essais de fertilisation et de chaulage du maïs visant au développement et à

de azúcar, tabaco, algodón, cacao y añil. También ganado vacuno, mular y caballar (De ALCEDO, 1789). Probablemente la actividad agrícola se centraba principalmente sobre los suelos aluviales recientes, bajo bosque, depositados por el río Santo Domingo, limitándose las sabanas a la producción pecuaria. El deterioro de la economía llanera durante el siglo XIX como consecuencia de la guerra de independencia y de las guerras civiles, origina una considerable disminución de la población.

Para inicios de los años 1950, la actividad agropecuaria se limitaba principalmente a la explotación extensiva del ganado vacuno, reduciéndose la producción agrícola a la subsistencia y consumo local.

A partir de 1960 se desarrolla la actividad agrícola mecanizada y se intensifica la producción pecuaria con la siembra de pastos introducidos que desplazan progresivamente a los nativos. También incrementa la construcción de sistemas de riego y el establecimiento de asentamientos campesinos, dentro del marco de la reforma agraria.

La nueva actividad agrícola se localiza inicialmente con preferencia en los suelos aluviales recientes, deforestándose grandes extensiones. Los principales cultivos son maíz, algodón, arroz (principalmente en sabanas pobremente drenadas), sorgo, musáceas y yuca. En los últimos 15 años, gracias a la utilización de fertilizantes subsidiados y prácticas culturales inspiradas en las prácticas en uso en otras latitudes, la agricultura mecanizada y los pastos cultivados han ocupado cada vez mayores extensiones de sabanas bien drenadas, incluyendo en primer lugar la serie Barinas. Sin embargo, en la mayoría de los casos la productividad permaneció relativamente baja.

Por lo tanto, la primera prioridad de investigación debería consistir ahora en utilizar los estudios anteriores realizados en la región y nuevas observaciones para entender mejor las relaciones entre las diversas unidades de suelo. Dichos estudios deberían dirigirse en prioridad a la variación espacial de las propiedades mas relacionadas con el uso agrícola de los suelos como las propiedades hidrodinámicas, las actividades biológicas y sus relaciones con la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad aluminica.

La estación experimental de la Universidad de Los Llanos

La Unellez fundada en 1975 tiene entre sus objetivos el de contribuir al desarrollo de la agricultura regional mediante la investigación, extensión y capacitación de agrotécnicos. El Jardín Botánico de Barinas se fundó para colaborar en la preser-

l'amélioration technique de cette culture considérée comme prioritaire.

Depuis 1986 a été prise la décision d'installer dans le périmètre du Jardin une station permanente destinée à effectuer une série d'études permettant d'évaluer de diverses manières l'impact de l'intensification potentielle de l'utilisation agricole des sols de savane.

Tout d'abord ont été développés une série de travaux portant sur la croissance et la production de fourrages spontanés et cultivés diversement conduits. CHACON et SARMIENTO (1991), CHACON, RADA et SARMIENTO (1991) ont analysé les modèles saisonniers de croissance des parties aériennes, production de tiges et feuilles, photosynthèse, contenu d'azote foliaire, relations tige-racines de *Panicum maximum* soumis à divers types de coupe. L'intensité optimale de défoliation a été déterminée en vue d'améliorer la production de feuilles et la qualité nutritive du matériel végétal produit. Une seconde série d'expériences (CHACON *en préparation*, CHACON, SARMIENTO et ACEVEDO, 1991) analysera les réponses de cette graminée sous différentes conditions de fertilisation quand elle est soumise à des coupes mensuelles.

ACEVEDO (1988), ACEVEDO et SARMIENTO (1990) et SARMIENTO et ACEVEDO (1991) ont déterminé toutes les composantes du bilan hydrique de deux parcelles, une sous prairie permanente, et l'autre avec un système de culture annuelle-jachère. Ont été mesurés la précipitation effective, l'interception, le ruissellement le long des tiges de maïs, le ruissellement superficiel et l'érosion associée, l'évaporation depuis la surface du sol, l'humidité du sol dans toute la zone racinaire, la transpiration des plantes (par différence) et le drainage profond (par lysimétrie) durant deux années consécutives.

SARMIENTO, CHACON et ACEVEDO (1991) ont suivi durant trois ans les variations de composition, production aérienne et souterraine et l'évolution du contenu des éléments nutritifs minéraux des plantes et du sol dans une prairie naturelle soumise à différentes conditions de coupe et de fertilisation. Le résultat est qu'en optimisant les conditions un fourrage indigène peut être aussi productif qu'une espèce introduite.

MALDONADO (1991) a mesuré dans cette même prairie le taux de décomposition des parties aériennes et souterraines, la minéralisation et la nitrification *in situ* et la respiration globale du sol

vación y conocimiento de la flora regional, dedicándose una parte de su superficie a las funciones de estación experimental. Allí se han realizado plantaciones de frutales tropicales de piso cálido y ensayos de fertilización y encalado para la producción de maíz, cultivo prioritario, cuyo desarrollo y tecnificación se está promoviendo gracias a un convenio con la Fundación Polar.

Desde 1986 se decidió instalar en el perímetro del Jardin una estación permanente para desarrollar una serie de estudios dedicados a evaluar, de diversas maneras, el impacto potencial de la intensificación del uso agrícola de los suelos de sabana.

*Primero, se ha venido desarrollando una serie de trabajos sobre crecimiento y producción de pastos nativos y cultivados sometidos a diferentes condiciones de manejo. CHACON y SARMIENTO (1991), CHACON, RADA y SARMIENTO (1991) analizaron los patrones estacionales del crecimiento aéreo y la producción de hojas y vástagos, la asimilación fotosintética, el contenido de nitrógeno foliar y las relaciones vástago-raíz en *Panicum maximum* sometido a varios tratamientos de corte. Se determinó la intensidad óptima de defoliación para optimizar la producción de hojas y la calidad nutritiva del material producido. Una segunda serie de experimentos (CHACON *en preparación*, CHACON, SARMIENTO y ACEVEDO, 1991) analizará las respuestas de esta graminée bajo diferentes condiciones de fertilización cuando es sometida a cortes mensuales.*

ACEVEDO (1988), ACEVEDO y SARMIENTO (1990) y SARMIENTO y ACEVEDO (1991) determinaron todos los componentes del balance hídrico en dos parcelas, una bajo una pastura permanente, y la otra con un sistema de cultivo anual y barbecho. Se midió la precipitación efectiva, la interceptación, el escurrimiento por los tallos, la escorrentía superficial y la erosión, la evaporación desde la superficie del suelo, el contenido de agua del suelo en toda la zona radical, la transpiración de las plantas y el drenaje profundo durante dos años consecutivos.

SARMIENTO, CHACON y ACEVEDO (1991) siguieron durante tres años las variaciones en composición, producción aérea y subterránea y cambios en contenido de nutrientes de plantas y suelo en una pastizal natural sometido a diferentes condiciones de corte y fertilización. Bajo condiciones óptimas de manejo, se demostró que un pastizal natural puede ser tan productivo como una pastura introducida.

*MALDONADO (1991) midió en este mismo pastizal las tasas de descomposición aérea y subterránea, la nitrificación y mineralización *in situ* y la respira-*

sous les différentes conditions mentionnées ci-dessus. Dans ce travail, l'attention a porté en particulier sur l'influence possible de la coupe sur la mortalité radicaire et le recyclage des éléments nutritifs dans le sol.

Dans le cadre d'une thèse de doctorat, RAVENTOS analyse la compétition de graminées locales, en cultivant trois espèces soit isolément soit en groupe de deux ou trois, pour démontrer l'effet de la compétition aérienne et souterraine en fonction des caractéristiques des espèces.

Une autre série d'études a été réalisée qui a consisté tout d'abord à établir durant quatre années consécutives des bilans du fertilisant azoté marqué (15N) sous maïs et sous prairie permanente, y compris volatilisation (SILVA, 1989) et lixiviation (HÉTIER *et al.*, 1989). En prévision d'une simulation du cycle de l'azote sous maïs le potentiel génétique d'extraction et de translocation de l'azote par trois variétés locales a été étudié (URBINA, 1990).

Avec la préoccupation de chercher une manière de compenser le déficit d'azote provoqué par la culture de maïs, on a étudié, de plus, l'effet de la densité de semis (PEREZ, 1989), du mode d'apport de l'urée (MONTILLA, 1990) et de l'enrichissement que peut représenter la biomasse radicaire du Pangola (*Digitaria decumbens*) (PINO, 1990).

Tous ces travaux, dont beaucoup sont encore en plein développement, visent à comprendre le fonctionnement annuel du système sol-plante, que la savane originelle des sols de la série Barinas soit utilisée pour la production de fourrage ou remplacée par des agro-systèmes tels que pâturages permanents ou cultures annuelles.

L'expérience accumulée par tous ces travaux pourra dans l'avenir servir de base à des comparaisons et extrapolations, dans la mesure où se stabilisera la vocation de la station du Jardin botanique de Barinas : être une station expérimentale permanente dont l'objectif général soit l'étude de l'usage agricole des sols de savane qui combine amélioration de la productivité immédiate et stabilisation de la fertilité obtenue.

CONCLUSION

En se basant sur une interprétation détaillée de l'évolution de la couverture pédologique présente dans les llanos occidentaux, la portée des résultats agronomiques déjà obtenus ou à établir à Barinas pourrait être mieux valorisée par des comparaisons

ción edáfica bajo diferentes condiciones de manejo. En particular, se puso énfasis en la posible influencia del corte sobre la mortalidad radical y el ciclado de los nutrientes en el suelo.

En el marco de una tesis doctoral, RAVENTOS analiza el comportamiento competitivo de gramíneas nativas, cultivando tres especies ya sea aisladamente o en grupo de dos o tres, demostrando el efecto de la competencia aérea y subterránea en función de las características de las especies.

*Se realizó también una serie de estudios que constitieron primero en establecer durante cuatro años consecutivos, balances del fertilizante nitrogenado marcado (15N) bajo maíz y bajo pasto permanente, incluyendo volatilización (SILVA, 1989) y lixiviación (HÉTIER *et al.*, 1989). En previsión de una simulación del ciclo del nitrógeno bajo maíz se estudió, también, el potencial genético de extracción y translocación del nitrógeno por tres variedades locales (URBINA, 1990).*

*Con la preocupación de buscar una manera de compensar el déficit de nitrógeno provocado por el cultivo de maíz se estudió, además, el efecto de la densidad de siembra (PEREZ, 1989), del modo de distribución de la urea (MONTILLA, 1990) y del aporte que puede representar la biomasa radicular del pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) (PINO, 1990).*

Todos estos trabajos, muchos aún en pleno desarrollo, tienden a comprender el sistema suelo planta en su funcionamiento anual, cuando la sabana original sobre los suelos de la Serie Barinas, es manejada para producción de pasto o reemplazada por agrosistemas como pasturas permanentes o cultivos anuales.

La experiencia acumulada por todos estos trabajos podrá servir de base a comparaciones y extrapolaciones en el futuro en la medida que se establezca la vocación de la estación del Jardín Botánico de Barinas como una estación experimental permanente cuyo objetivo general sea el estudio del uso agrícola de los suelos de sabana que combine las preocupaciones de mejorar la productividad inmediata y de estabilizar la fertilidad obtenida.

CONCLUSION

Basándose sobre una interpretación comprobada de la cobertura pedológica presente en los llanos occidentales, el alcance de los resultados agrónomos obtenidos o por obtener en Barinas podría valorizarse mejor, dentro de comparaciones

avec ceux d'autres stations établies dans d'autres savanes du Venezuela et du reste du monde.

Nous pourrions dire que la station de Barinas est située dans les llanos occidentaux du Venezuela d'une manière telle qu'elle peut servir à réaliser des expériences agronomiques dont les résultats seraient applicables aux meilleurs sols acides des savanes dystrophiques telles qu'elles sont définies dans la classification proposée par SARMIENTO (1990).

Dans d'autres stations organisées sur des sites voisins de savanes saisonnières hyperdystrophiques, le travail expérimental pourrait être utilement orienté vers les processus d'élimination de la toxicité aluminique ou la stabilisation de la structure.

Un réseau d'échanges expérimentaux tels que le propose l'Ibsram (1) et dans lequel pourraient s'incorporer des équipes de chercheurs vénézuéliens serait susceptible d'accélérer la nécessaire évaluation du potentiel de ces terres de savane appelées par P. GOUROU (1982) « Terres de bonne espérance ».

Manuscrit accepté par le Comité de rédaction le 11 décembre 1992.

con otras estaciones establecidas en otras sabanas de Venezuela y del resto del mundo.

Podemos decir que la estación de Barinas está ubicada en los llanos occidentales de Venezuela de una manera tal que podría servir para realizar estudios agronómicos cuyos resultados podrían aplicarse a los mejores suelos ácidos de sabana distrófica definidas según el sistema propuesto por SARMIENTO (1990).

Las relaciones del suelo de dicha estación demuestran que en otras estaciones organizadas en sitios de sabanas estacionales hiperdistróficas vecinas, el trabajo experimental podría ser utilmente orientado hacia los procesos de eliminación de la toxicidad aluminica o de estabilización de la estructura.

Una red de intercambios experimentales como la que propone el Ibsram y en la cual podrían incorporarse equipos de investigadores venezolanos sería susceptible de acelerar la necesaria evaluación del potencial de estas tierras de sabana llamadas por P. GOUROU (1982) « Tierras de buena esperanza ».

BIBLIOGRAPHIE

- ACEVEDO (D.), 1988. – *Economía hídrica de dos agrosistemas tropicales, una pastura permanente y un cultivo de maíz*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- ACEVEDO (D.), SARMIENTO (G.), 1990. – Intercepción de la lluvia, escorrentia superficial y drenaje profundo en una pastura tropical y un cultivo de maíz en Barinas, Venezuela. *Ecotrópicos*, 3 : 12-32.
- AVILAN (J.), PEREZ (O.), MAZZI (L.), 1978. – *Clasificación interpretativa de los suelos del Estado Barinas en base a su fertilidad*. Doc. multigr. FONAJAP-CENIAP.
- BULLA (L.), PACHECO (J.), MIRANDA (R.), 1980. – Ciclo estacional de la biomasa verde, muerta y raíces en una sabana inundada de estero en Mantecal (Venezuela). *Acta Cientif. Venezolana*, 31 : 339-334.
- BLANCANEUX (P.), ARAUJO (J.), 1982. – L'action déterminante de l'homme et du climat actuel sur l'évolution des sols et des savanes du sud du Venezuela, territoire fédéral de l'Amazone. *Cah.Orstom, sér. Pédol.*, vol. XIX n° 2 : 131-150.
- BLANCANEUX (P.), HERNANDEZ (S.), ARAUJO (J.), 1977. – *Estudio edafológico preliminar, Sector Puerto Ayacucho. Territorio Federal Amazonas*. Serie de Informes Científicos DGIIA/10/01 MARNR Caracas, 120 p.
- CHACON (E.), RADA (F.), SARMIENTO (G.), 1994. – Dinámica del crecimiento y producción primaria en poblaciones de *Panicum maximum* sometido a diferentes frecuencias de corte. *Turrialba* (en prensa).
- CHACON (E.), (en preparación). – *Crecimiento compensatorio de Panicum maximum sometido a corte frecuente y fertilización*. Tesis de Maestría en Ecología tropical. Facultad de Ciencias Universidad de los Andes.
- CHACON (E.), SARMIENTO (G.), ACEVEDO (D.), 1991. – Crecimiento compensatorio de *Panicum maximum* I. Producción primaria bajo corte y fertilización. *Comm. 1^{er} Congreso venezolano de Ecología*, Caracas 15-17 abril 1991.
- CHAUVEL (A.), 1976. – *Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saison contrastée*. Thèse Sci. Strasbourg, Trav. et Doc. Orstom n° 62, 532 p.

(1) International Board for soil Research and Management.

- COMERMA (J.), 1967. – *Characteristics and genesis of two soil associations in North Central Venezuela*. Ph.D thesis North Carolina State University Raleigh, 110 p.
- COCHERANE (T.), 1990. – « Regional Soil differentiation of neotropical savannas » en *Las sabanas americanas*, F. ed. Acta Cientif. Ven. (G. SARMIENTO Comp.) : 99-125.
- COMERMA (J.), CHIRINOS (A.), 1976. – *Características de algunos suelos con y sin horizonte argílico en las mesas orientales de Venezuela IV*. Congreso Nacional de la Ciencia del Sol Maturín Doc. multigr. FONAIAP-CENIAP 29 p.
- Coplanarh, 1974. – *Inventario nacional de tierras regiones centro oriental y oriental*. Publicación n° 35. Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento des Recursos Hidráulicos, Caracas, 415 p.
- DABIN (B.), 1984-1985. – Les sols tropicaux acides. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXI n° 1 : 7-19.
- De ALCEDO (A.), 1789. – *Diccionario Geográfico-Histórico de las Indias Occidentales ó América*. Extracto relativo al territorio de Venezuela por la Fundación Promoción Cultural de Venezuela, Caracas, 1988, p. 30.
- FELLER (C.) et al., 1988. – *Fertilité des sols dans les agricultures paysannes caribéennes. Effet des restitutions organiques*. Rapport final contrat CEE-Orstom, partie III, chap. VII.
- GAVAUD (M.), BLANCANEUX (P.), DUBROEUCQ (D.), POUYLLAU (M.), 1986. – Les paysages pédologiques de l'Amazonie vénézuélienne. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXII n° 3 : 265-284.
- GOEDERT (W.J.) (ed), 1986. – Solos dos cerrados : tecnologías e estrategias de manejo Sao Paulo ; Nobel ; Brasilia ; Embrapa Centro de Pesquisa agropecuaria dos cerrados 1985.
- GOEDERT (W.J.), 1990. – « Estrategias de manejo das savannas », en *Las sabanas americanas*, F.ed. Acta Cientif. Ven. (G. SARMIENTO Comp.).
- GOSSEN (P.), 1964. – Geomorfología de los llanos orientales. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 12 (46) :129-142.
- GOUROU (P.) 1982. – *Terres de bonne espérance*. Le monde tropical, Paris, Plon (coll. Terre humaine), 456 p.
- GRANADOS (F.), LARGADE (M.F.), CANO, 1972. – *Estudio Agrológico tipo reconocimiento del Estado Portuguesa. Distrito Ospino*. Proyecto MAC-CIA, FUDECO, Gobernación, Sección de sols, Centro de Investigaciones Agronómicas, Maracay, 266 p.
- HÉTIER (J.M.), SARMIENTO (G.) ALDANA (T.), ZUVIA (M.), ACEVEDO (D.), THIERY (J.M.), 1989. – The fate of nitrogen under maize and pasture cultivated on an alfisol in the western llanos savannas, Venezuela. *Plant and Soil*, 114 : 295-302
- LARREAL (M.), SALAZAR (E.), SCHARGEL (R.), CHAAVEC (E.), DIAZ (M.), JIMENEZ (A.), SANCHEZ (T.), 1978. – *Clasificación taxonómica y características mineralógicas, físicas y químicas de algunos suelos de la cuenca alta del río Guanare*. MARNR, Zona 8, Guanare, 33 p. plus anexos.
- LATHAM (M.), KILIAN (J.), PIERI (C.), 1985. – Fertilité des sols acides tropicaux. Une approche pour les projets Ibsram. *Cah. Orstom, sér. Pedol.* vol. XXI n° 1 : 33-41.
- MALDONADO (H.G.), 1991. – *Influencia de algunas prácticas de manejo sobre la fertilidad de las Sabanas*. Tesis de Doctorado Ecología tropical, Facultad de Ciencias Universidad de los Andes.
- MARNR, 1979. – *Inventario Nacional de Tierras. Llanos Centro Occidentales*. Serie de informes Científicos Zona 2/IC/22, Maracay, 199 p. plus anexos.
- MARNR, 1982. – *Estudio agrológico gran visión Estado Apure. Serie de informes técnicos DGSIIA/IT/110*. Caracas, 140 p.
- MONTILLA (J.), 1990. – *Extracción y translocación del nitrógeno en un cultivo de maíz (Zea mays L.) var.PB8*. Trabajo de grado IUTE, Ejido, 45 p.
- OCHOA (G.), 1983. – *Caracterización mineralógica y génesis de una secuencia de suelos desarrollada en depositos aluviales del Rio Socopó, Ticoporo Estado Barinas*. Talleres gráficos universitarios ULA, Mérida, 180 p.
- PEREZ (J.), 1989. – *Respuesta del maíz (Zea mays.L) a diferentes poblaciones de plantas y a la aplicacion de cuatro niveles de nitrógeno*. Trabajo de grado IUTE Ejido, 53 p.
- PIERI (C.), 1985. – *Fertilité des terres de Savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara*. (ed.) Min. Coop. et Cirad-Irat.
- PINO (F.), 1990. – *Aporte de la Biomasa radicular del pasto pangola (Digitaria decumbens) a la Materia orgánica de un alfisol de savana*. Trabajo de grado IUTE Ejido, 33 p.
- PINT ZONA II/IC/41 1982. – *Los suelos de los llanos occidentales Escala 1:250.000*. Informe de avance. Serie de Informes científicos, Programas de inventario de tierras MARNR, Maracay, 121 p.
- POUYLLAU (D.), SEURIN (M.), COZAS (P.), POUYLLAU-PITIE (M.F.), POUYLLAU (M.), 1980. – *Estudio geomorfológico del piedemonte andino entre Guanare y Barinas, Venezuela (Primeros resultados)*. Doc multigr. VI Congreso de la Sociedad Venezolana de Ciencia del Suelo.
- QUINTERO DE BRICEÑO (P.), SCHARGEL (R.), URRIOLA (P.J.), STROBIN (J.), 1974. – *Informe interpretativo de la zona Guanare Masparro. Estado Portuguesa y Barinas*. División de Edafología Ministerio de Obras Públicas Caracas, 48 p.
- RAVENTOS (J.), 1993. *Estudio de la interferencia competitiva en tres gramíneas de una savana estacional*. Tesis de Doctorado Ecología tropical, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes.
- ROA (P.), 1979. – Estudio de los médanos de los llanos centrales de Venezuela : Evidencias de un clima desértico. *Acta Biol. Venez.* 10 (1) : 19-49.

- SANCHEZ (P.A.), VILLACHICA (J.H.), BANDY (D.E.), 1983. – Soil fertility dynamics after clearing tropical rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 47 : 1171-1178.
- SANJOSE (J.J.), GARCIA MIRAGAYA (J.), 1979. – Contenido de nutrientes en el suelo y en la fitomasa de comunidades de la sabana de Trachypogon, Calabozo, Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 34 (136) : 113-122.
- SARMIENTO (G.), 1983. – « The Savannas of Tropical America ». In F. Bourlière (ed.) : *Ecosystems of the World. 13 Tropical Savannas* Elsevier Amsterdam : 245-288.
- SARMIENTO (G.), 1984. – *The ecology of neotropical savannas*. Harvard University Press, Cambridge Ma.
- SARMIENTO (G.), 1990. – « Ecología comparada de ecosistemas de sabana en America del Sur ». In *Las sabanas americanas*, F.ed. Acta Cientif. Ven. (G. Sarmiento Comp.) : 15-56.
- SARMIENTO (G.), ACEVEDO (D.), 1991. – Dinámica del agua en el suelo, evaporación y transpiración en una pastura y un cultivo de maíz sobre un alfisol en los llanos occidentales de Venezuela. *Ecotrópicos* 4 : 27-42.
- SARMIENTO (G.), CHACON (E.), ACEVEDO (D.), 1991. – Producción aérea de una pastura sometida a diferentes tratamientos de corte y fertilización. Comm. 1^{er} Congreso venezolano de Ecología, Caracas 15-17 abril 1991.
- SARMIENTO (G.), MONASTERIO (M.), 1969. – Corte Ecológico del Estado Guárico. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 28 (115/116) : 83-106.
- SARMIENTO (G.), MONASTERIO (M.), 1975. – « A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America : In E. MEDINA and F.B. GOLLEY eds *Tropical ecological systems*, New-York, Springer Verlag : 223-250.
- SARMIENTO (G.), VERA (M.), 1977. – La marcha anual del agua en el suelo, en sabanas y bosques tropicales de los llanos de Venezuela. *Agron.Trop.*, 27 : 629-649.
- SCHARGEL (R.), 1977. – *Soils of Venezuela with low activity clays, characteristics and clasification of selected soil profiles*. Ph.D Thesis North Carolina State University Raleigh, 413 p.
- SCHARGEL (R.), GONZALEZ (R. A.), 1973. – *Estudio Agrológico preliminar sectores Brusual y Mantecal, Estado Apure*. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas, Caracas, 144 p. annexes.
- SCHARGEL (R.), GONZALEZ (A.), STREBIN (S.), 1980. – *Estudio Agrológico Gran Vision Sector Caicara del Orinoco. Estado Bolívar*. Serie de Informes Científicos, DGPU/IC/05 MARNR, Caracas, 147 p., annexes.
- SILVA (J.), SARMIENTO (G.), 1976. – La composición de las Sabanas en Barinas en relación con las unidades edáficas. *Acta Cien. Venezolana*, 27 : 67-78.
- SILVA (G.), 1968-1972. – *Descripcion y análisis de calicatas*, n° 1-250. Division de Edafología, Ministerio de Obras Publicas, 5 vol.
- SILVA (B.), 1989. – Determinación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización en una parcela de maíz (Zea maíz L.). Trabajo de grado IUTE Ejido, 32 p. mas anexos.
- SOUBIES (F.), CHAUVEL (A.), 1985. – Présentation de quelques sols observés au Brésil. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXI n° 4 : 237-251.
- SOSA (M.), FERMIN (F.), 1989. – *Levantamiento de suelos con fines forestales en le núcleo « El Toco-Tigrera de la empresa Smurfit Carton de Venezuela »*. Aplicación de conocimiento del X semestre de Ingeniería de Recursos Naturales Renovables, Unellez, Guanare, 62 p.
- STAGNO (P.), GRANADOS (F.), 1969. – *Estudio edafológico del Estado Portuguesa. Area Piloto n° 1*. Proyecto MAC-CIA, MOP Gobernación del Estado, Sección de Suelos, Centro de Investigaciones agronómicas, Maracay, 215 p. mas anexos.
- URBINA (P.), 1990. – *Algunos datos de campo para ser utilizados en los modelos de simulación CERES, EPIC, NCSWAP*. Trabajo de grado IUTE Ejido, 68 p.
- VAZ (J.E.), GARCIA-MIRAGAYA (J.), 1989. – Thermoluminescence dating of fossil sand dunes in Apure (Venezuela). *Acta Cient. Venez.*, 40 (1) : 81-82.
- WESTEIN (F.C.), AVILAIN (R.), BUSTAMANTE (A.), 1964. – *Los principales suelos de Venezuela*. Univ. del Zulia Fac.de Agronomía, multigr., 34 p.
- ZINCK (A.), STAGNO (P.), 1966. – *Estudio edafológico de la zona Santo Domingo-Paguey Estado Barinas*. Estudios Agrológicos de Occidente, Guanare Estado Portuguesa, Ministerio de Obras Públicas, Division de Edafología : 67-140.
- ZINCK (A.), URRIOLO (P.), 1970. – *Origen y evolución de la formación Mesa. Un enfoque ecológico*. Primera Reunión Nacional de la Ciencia de Sol, Maracaibo Division de Edafología MOP, 70 p. mas anexos.

ANNEXES

ANNEXE I

Classification taxonomique des principaux sols des savanes saisonnières

AI.1. Entisols et Inceptisols

Dans le groupe des entisols, les sables quartzeux profonds, avec de petites quantités d'argiles kaoliniques et

ANEXO I

Clasificación taxonómica de los suelos predominantes de las sabanas estacionales

AI. 1. Entisoles e Inceptisoles

Entre los entisoles, ocupan grandes extensiones las arenas cuarzosas profundas, con pequeñas cantidades de arcillas

d'oxydes de fer occupent de grandes surfaces (Quartzipsamments). On trouve aussi dans les savanes saisonnières des entisols peu profonds ou squelettiques (Ustorthents).

Les principaux inceptisols présents dans les savanes saisonnières sont les Dystropepts, caractérisés par un bas taux de saturation en bases, en particulier les sous-groupe Ustic Dystropepts, qui restent secs 90 jours ou plus presque tous les ans. Les Ustoxic Dystropepts ont en plus une faible capacité d'échange cationique ($16-2 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ d'argile) et les Lithic Dystropepts sont caractérisés par la présence d'une roche dure à moins de 50 cm de profondeur.

AI.2. Alfisols et Ultisols

Les grands groupes et sous-groupes les plus communs sont caractérisés par la prédominance d'argiles kaoliniques dont la capacité d'échange cationique est faible. Dans les horizons profonds, les alfisols présentent des taux de saturation en bases supérieurs à ceux des oxisols et des niveaux d'aluminium échangeable habituellement inférieurs.

Bien qu'ils appartiennent à des ordres différents, les alfisols et ultisols des savanes saisonnières ont beaucoup de caractéristiques communes, comme par exemple les forts accroissements des taux d'argile en profondeur et les faibles niveaux de bases échangeables dans les horizons superficiels.

Il n'est pas inutile de rappeler ici que la différence entre ultisol et alfisol repose essentiellement sur la détermination d'un horizon (B) argilique présentant des évidences d'illuviation pour l'alfisol, au lieu d'un simple B cambique pour l'ultisol. Dans ce dernier cas, l'augmentation du taux d'argile de l'horizon B peut être due à des discontinuités lithologiques, à un appauvrissement d'argile dans les horizons de surface ou à des phénomènes d'illuviation antérieurs, dont les traces ont été effacées par l'activité biologique et/ou d'autres processus.

Les ultisols des savanes saisonnières peuvent avoir des horizons kandic ou argilic* de faible CEC, sont classés principalement comme Kandistults et Kanhaplustults, les premiers avec un horizon argilique ou kandic plus épais. Quand la Capacité d'échange cationique à pH 7 (CIC7A) de l'horizon argilique est supérieure à $16 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ d'argile, les grands groupes équivalents sont les Paleustults (argilique épais) et les Haplustults (argilique mince). Une CIC7A de 16 à $24 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ de l'argile sert de base à la définition des sous-groupes kandic paleustults et kanhaplic Haplustults. Les Plinthustults avec présence de plinthite, à moins de 150 cm de profondeur, sont relativement communs, et donnent lieu à la création des sous-groupes Plinthic Kandistults, Plinthic Haplustults, etc.

Pour les alfisols, la définition des grands groupes est similaire à celle indiquée pour les ultisols. Dans les savanes saisonnières on trouvera fréquemment les Paleustalfs, Haplustalfs, Kandistalfs et Kanhaplustalfs.

(*) L'horizon argilique présente des contenus d'argile supérieurs à celui des horizons superficiels et des traces évidentes d'illuviation d'argile. Le (B) kandic présente aussi des contenus d'argile supérieurs à ceux des horizons superficiels mais sans présenter de traces d'illuviation. La capacité d'échange cationique de l'horizon kandic est toujours basse, du même niveau que l'horizon oxic.

caoliníticas y de óxidos de hierro (Quartzipsamments). También se encuentran en las sabanas estacionales entisols poco profundos hasta la roca o esqueléticos (Ustorthents).

Los principales inceptisoles presentes en las sabanas estacionales son los Dystropepts, caracterizados por una baja saturación de bases, especialmente los subgrupos Ustic Dystropepts, que permanecen secos por 90 días ó más en la mayoría de los años, Ustoxic Dystropepts que tienen además una baja capacidad de intercambio catiónico ($16 \text{ a } 24 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ de arcilla) y Lithic Dystropepts con roca dura a menos de 50 cm de profundidad.

A1. 2. Alfisoles y Ultisoles

En cuanto a los alfisoles y ultisoles, los grandes grupos y subgrupos más comunes son aquellos caracterizados por el predominio de arcillas caoliníticas con baja capacidad de intercambio. En los horizontes profundos, los alfisoles tienen saturaciones con bases mayores a los oxisoles y también usualmente son menores los niveles de aluminio intercambiable.

Aunque pertenecientes a diferentes ordenes, los alfisoles y ultisoles de las sabanas estacionales tienen muchas características comunes, con fuertes incrementos de arcilla en profundidad y contenidos bajos de bases intercambiables en los horizontes superficiales.

Conviene recordar aquí que la diferencia que se hace entre ultisol y alfisol descansa esencialmente sobre la determinación de un horizonte (B) argilico con evidencias de iluviación para el alfisol, en lugar de un simple B cambico para el ultisol. En este último caso, el incremento de arcilla del horizonte B puede deberse a discontinuidades litológicas, empobrecimiento de arcilla en los horizontes superficiales ó eventos pasados de iluviación, cuyas evidencias han sido borradas por la actividad biológica y otros procesos.

Los ultisoles de las sabanas estacionales con horizontes kandic o argilic* de baja CIC, se clasifican principalmente como kandistults y kanhaplustults, los primeros con un horizonte argilic ó kandic grueso. Cuando la Capacidad de Intercambio catiónico a pH 7 (CIC7A) del argilic es mayor de $16 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ de arcilla, los grandes grupos equivalentes a los anteriores son los Paleustults (argilic grueso) y los Haplustults (argilic delgado). Una CIC7A de 16 a $24 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ de arcilla define los subgrupos kandic paleustults y kanhaplic Haplustults. Los Plinthustults con plintita, a menos de 150 cm de profundidad, son relativamente comunes, determinando los subgrupos Plinthic Kandistults, Plinthic Haplustults, etc.

En los alfisoles, la definición de los grandes grupos es similar a la indicada para los ultisoles y son comunes en las sabanas estacionales los Paleustalfs, Haplustalfs, Kandistalfs y Kanhaplustalfs.

(*) El B argilic tiene mayores contenidos de arcilla que los horizontes superficiales y evidencias de iluviación de arcilla. El (B) kandic tiene mayor contenido de arcilla que los horizontes superficiales sin presentar evidencias de acumulación de arcilla iluvial. La capacidad de intercambio catiónico del horizonte kandic siempre es baja, del mismo nivel del horizonte oxic.

Les alfisols comme les ultisols peuvent aussi comporter fréquemment des couches superficielles sableuses de plus de 50 cm d'épaisseur, définissant les sous-groupes arenic et grossarenic.

AI.3. Oxisols

Les oxisols se caractérisent par une faible capacité d'échange cationique, égale ou inférieure à $16 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ d'argile par la méthode de l'acétate d'ammonium à pH7 (CIC7A) et égale ou inférieure à $12 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ d'argile par la méthode de la somme des bases plus l'aluminium échangeable (CICEA).

Ces sols présentent des textures limono-sableuses à limono-argileuses, sans ou avec une faible augmentation du taux d'argile en profondeur, à moins que les horizons superficiels ne contiennent plus de 40 % d'argile, auquel cas on peut rencontrer une forte augmentation, mais sans la présence de pellicules d'argile orientée. Les grands groupes les plus communs sont les Haplustox et les Acrustox, ces derniers ayant une CICA extrêmement basse, inférieure à $1,5 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ d'argile.

ANNEXE II

Le profil du Jardin botanique : classification taxonomique

Ordre : Alfisol

En raison de la présence d'un horizon argilique et d'un taux de saturation en bases (somme des cations égale ou supérieure à 35 %), à une profondeur de 125 cm au dessous de la limite supérieure de l'horizon argilique.

Sous-ordre : Ustalf

En raison d'un régime hydrique de type ustic, la couche de contrôle de l'humidité (approximativement entre 15 et 45 cm) reste sèche (c'est à dire que l'humidité correspond à des tensions égales ou supérieures à 1500 KPa) en tout ou en partie durant un total de 90 jours, presque tous les ans.

Grand Groupe : Paleustalf

En raison de l'absence de contact lithic ou paralithic à moins de 150 cm de la surface du sol et de la présence d'un horizon argilique dont la distribution d'argile est telle que le pourcentage d'argile ne décroît pas en profondeur à moins de 20 % du maximum, dans les premiers 150 cm de sol. La plus grande partie de l'horizon argilique ayant une capacité d'échange cationique (pour 100 g d'argile par la méthode de l'acétate d'ammonium pH7 (CIC7A)) inférieure à $16 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ et/ou une capacité d'échange cationique effective pour 1 kg d'argile (CICEA) inférieure à $12 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, un des trois profils serait classé comme Kandiuustalf et les deux autres comme Paleustalf proche des Kandiuustalf.

Sous-groupe : Kandic Paleustalf

En raison d'une CIC7A inférieure à $24 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ d'argile dans la plus grande partie de l'horizon argilique.

Famille : Kandic Paleustalf de texture équilibrée fine, mixte, isohyperthermique

La mention de texture équilibrée fine correspond à une teneur moyenne d'argile comprise entre 18 et 34 %, une quan-

Tanto en los alfisoles como en los ultisoles son también comunes suelos con capas superficiales arenosas de más de 50 cm de espesor, constituyendo los subgrupos arenic y grossarenic.

AI. 3. Oxisoles

Los oxisoles se caracterizan por una baja capacidad de intercambio catiónico, igual ó menor de $16 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ de arcilla por el método del acetato de amonio pH7 (CIC7A) e igual ó menor de $12 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ de arcilla por el método de suma de bases más aluminio intercambiable (CICEA).

Presentan texturas franco arenosas a arcillosas, sin ó con débil incrementos de arcilla en profundidad, a menos que los horizontes superficiales tengan más de 40 % de arcilla, en cuyo caso puede presentarse un incremento fuerte, pero sin la presencia de películas de arcilla. Los grandes grupos más comunes son los Haplustox y los Acrustox, los últimos con una CICA extremadamente baja, inferior a $1.5 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ de arcilla.

ANEXO II

El perfil del Jardín Botánico : Clasificación taxonómica

Orden : Alfisol

Por poseer un horizonte argilico y una saturación con bases por suma de cationes igual ó mayor a 35 %, a una profundidad de 125 cm debajo del límite superior del horizonte argilic.

Suborden : Ustalf

Por poseer un régimen de humedad ustic, ya que la sección control de humedad (aproximadamente entre 15 y 45 cm) permanece seca en alguna ó todas sus partes, por 90 días acumulativos, en la mayoría de los años (seco quiere decir que la humedad se retiene a tensiones iguales ó mayores que 1 500 KPa).

Gran Grupo Paleustalfs

Por no tener un contacto lithic ó paralithic a menos de 150 cm de la superficie del suelo y el horizonte argilic tiene una distribución de arcilla tal, que el porcentaje de arcilla no decrece en profundidad del máximo valor, en un 20 % ó más de ese máximo, dentro de 150 cm de la superficie del suelo. La mayor parte del horizonte argilic tiene una capacidad de intercambio catiónico por 100 g de arcilla por el método del acetato de amonio pH7 (CIC7A) menor de $16 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ y una capacidad de intercambio catiónica efectiva por kg de arcilla (CICEA) menor de $12 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, en uno de los tres perfiles que se clasifica como Kandiuustalf. Los dos otros perfiles se clasifican entonces como Paleustalfs, pero cercanos a los Kandiuustalfs.

Subgrupo : Kandic Paleustalf

Por poseer una CIC7A menor de $24 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ de arcilla en la mayor parte del horizonte argilic.

Familia : Kandic Paleustalf francosa fina, mixta, isohypertermica

Francosa fina por promediar entre 18 y 34 % de arcilla y poseer 15 % ó más de arena fina y más gruesa, en los

tité de sables fins et grossiers supérieure à 15 % dans les 50 premiers cm de de l'horizon argilique. L'adjectif mixte signifie que le sol ne contient pas plus de 90 % de quartz ou plus de 40 % de mica dans les fractions de 0,02 à 2 mm. Le qualificatif iso-hyperthermique veut dire que la température moyenne du sol à 50 cm de profondeur est au moins de 22° C et que l'amplitude des variations annuelles est inférieure à 5° C.

50 cm de superiores del horizonte argilic. Mixta por no poseer más de 90 % de cuarzo ó más de 40 % de mica en las fracciones de 0,02 a 2 mm. Isohipertémica por tener una temperatura media del suelo a 50 cm de profundidad de 22 °C á mayor y diferencias durante en año menores de 5 °C.

$\delta = 1,50 - 1,40$

ANNEXE II

Caractéristiques analytiques de trois sols de la série Barinas
 Características analíticas de tres suelos de la serie Barinas
 Analytical characteristics of three soils in the Barinas series

Profil Perfil	Horizon Horizonte	Prof.	Sable Arena	Limon Limo	Argille Arcilla	C %	N %	C/N	pH H2O	pH KCl	P mg/Kg	Ca	Mg cmol (+) kg.-1	K kg.-1	CEC	SAT %
1	Ap	0-22	73,1	10,1	16,8	0,55	0,05	11	5,0	-	10,0	1,0	0,5	0,4	2,7	22,0
	AB	22-41	61,1	11,8	26,8	0,59	0,05	12	4,4	-	t	1,2	-	0,2	2,6	16,0
	BT1	41-61	57,6	10,6	31,8	0,43	0,04	11	4,7	-	t	1,5	0,5	0,2	2,8	25,0
	BT2	61-90	54,2	11,5	34,3	0,23	0,02	12	5,4	-	t	1,5	0,5	0,1	2,1	26,0
	BT3	90-110	52,8	10,4	36,8	0,12	0,01	12	5,0	-	t	1,0	-	0,2	2,4	30,0
	BT4	110-125	50,1	10,6	39,3	0,08	0,01	8	5,8	-	t	1,8	1,0	0,2	3,0	36,0
	BT5	125-146	49,4	11,3	39,3	0,04	-	-	5,7	-	t	1,9	1,5	0,3	3,7	39,0
BT6	146-170	52,7	10,5	36,8	-	-	-	5,5	-	t	2,0	2,1	0,3	4,4	42,0	
2	A1	0-8	73,8	12,1	17,1	1,01	0,08	13	5,7	4,8	2,0	2,1	1,4	0,4	5,1	49,0
	A2	8-26	63,5	14,5	22,0	0,74	0,35	15	5,4	4,5	1,0	1,4	0,9	0,2	4,9	34,0
	BA	26-47	57,0	15,0	28,0	0,55	0,05	11	5,2	4,3	1,0	0,9	0,6	0,1	5,7	24,0
	BT1	47-160	49,4	14,6	36,0	0,23	0,03	8	5,4	4,6	t	1,0	0,7	0,2	6,9	26,0
	BT2	100-160	44,1	15,0	40,9	0,08	0,03	3	5,6	5,0	t	1,6	1,4	0,3	6,9	43,0
	BT3	160-180	48,8	15,8	35,6	0,04	-	-	5,6	4,9	t	1,9	1,8	0,3	7,4	45,0
	BT4	180-240	53,1	12,6	34,3	-	-	-	5,7	5,0	t	2,0	1,8	0,3	7,6	49,0
3	AP	0-20	69,0	12,0	18,0	0,69	0,05	13	5,6	4,0	4,0	0,4	0,1	0,3	1,4	64,4
	BT1	20-30	61,0	5,0	33,0	0,69	0,05	14	5,5	4,3	1,8	0,7	0,3	0,3	2,4	55,7
	BT2	30-60	53,0	23,0	24,0	0,54	0,04	14	6,0	4,6	1,6	1,0	0,5	0,3	2,3	79,5
	BT3	60-90	51,0	21,0	28,0	0,28	0,03	8	6,3	5,1	-	1,0	0,7	0,5	3,4	65,5
	BT4	90-105	51,0	9,0	40,0	0,23	0,04	6	6,5	5,3	-	1,0	0,7	0,3	3,3	61,8
	BC1	105-145	47,7	18,7	33,6	0,20	0,03	7	8,6	5,3	-	1,1	0,8	0,4	3,6	64,2
	BC2	145-180	48,6	15,4	36,0	0,18	0,04	5	6,5	5,3	-	1,0	1,2	0,6	3,6	79,5
	C	> 180	56,4	7,6	36,0	0,13	0,04	4	8,7	4,9	-	1,1	1,1	0,7	3,5	83,7

CEC 7 : Capacité d'échange à l'acétate d'ammonium ou somme des bases et de l'Al échangeable valeur employée dans le cas du profil où ont été mesurés 0,4, 0,6, et 0,3 cmol (+) kg.-1 dans les trois premiers horizons.